

Территория геотехники

2016 1

всероссийский научно-практический журнал

Уважаемый читатель!

Представляем Вашему вниманию первый выпуск журнала «Территория Геотехники».

Специфика информации, представленной в нашем журнале, достаточно обширна, но в тоже время мы постарались сделать ее максимально практически полезной для инженеров проектных организаций, строительных компаний, эксплуатирующих служб и служб заказчика работающих в транспортной отрасли и не только. Тщательно осмыслив и подготовив основные ингредиенты в виде статей сотрудников ведущих технических вузов нашей необъятной страны, аккуратно добавив щепотку результатов научно-исследовательской деятельности в области геотехники, заправив журнал информацией о наиболее передовых технологиях строительства, а также добавив, для создания приятного послевкуся, практических советов по использованию различных программных продуктов (Autocad Civil3d, plaxis, geonics, geo5 и т.д.), мы надеемся, что получили весьма привлекательное и полезное блюдо для пытливого ума инженеров.

Хочется подчеркнуть, что мы открыты для общения и готовы принять участие в дискуссиях по основным направлениям освещаемым в журнале. Результатам наиболее продуктивных обсуждений мы обязательно будем выделять отдельную колонку в следующих номерах журнала.

С легкостью делимся всей имеющейся информацией, не пряча ее в «черный ящик». Мы будем рады Вашим откликам о нашем журнале, чтобы максимально учесть пожелания и замечания. Для этой цели просим желающих отправлять свои отзывы на электронную почту office@tgeo.pro или через форму обратной связи на интернет-сайте <https://tgeo.pro> в разделе контакты.

С уважением и искренним желанием сотрудничества,
Коллектив редакции журнала «Территория Геотехники»

Нормативная документация

- 4 *Геосинтетические материалы в соответствии с классификацией ГОСТ Р 55028-2012 «Материалы геосинтетические для дорожного строительства»*

Транспортное строительство

- 7 *Результаты инженерных изысканий как основа для проектирования транспортных сооружений*
- 11 *К вопросу о методах расчетах дорожных одежд с применением геосинтетических материалов*
- 16 *Обзор экспериментальных исследований влияния геосинтетических материалов на армирование балластной призмы*

Великие люди

- 19 *Кандауров Иван Иванович
Соколовский Вадим Васильевич*

Другой взгляд

- 21 *Распределение вертикальных напряжений в зернистой среде, в том числе армированной геосинтетическими материалами*

Интересные изобретения

- 32 *Способ и устройство создания безостановочного и безопасного проезда автомобилями перекрестка, лежащего на одном уровне*
- 34 *Способ осушения торфяных болот при строительстве взлетно-посадочных полос аэродромов*
- 36 *Водопронупное сооружение на вечномерзлых грунтах*
- 41 *Конструкция и способ возведения автомобильных дорог*

Искусство изобретать

- 44 *Актуальные проблемы отечественной науки в железнодорожной отрасли в XXI веке*

Инженерная практика

- 48 *Учет газонных решеток в расчетах конструкций нежестких аэродромных покрытий и пожарных проездов*

Программное обеспечение

- 52 *Практические вопросы применения современных программных продуктов в проектировании*
- 52 *Способ расчета площадей геосинтетических материалов, уложенных с определенным шагом по высоте насыпи*
- 54 *Расчет площади геотекстиля, уложенного на некоторую поверхность – подстилающий грунт (земляное полотно)*
- 55 *Расчет площади объемной георешетки, укладываемой на откос*

ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ В СООТВЕТСТВИИ С КЛАССИФИКАЦИЕЙ ГОСТ Р 55028-2012

«Материалы геосинтетические для дорожного строительства»

Наверняка те, кому приходилось иметь дело с геосинтетическими материалами для дорожного строительства, сталкивались с отсутствием четкого определения его названия, из-за чего во многих случаях происходит путаница. Так, например, многие годы термин «геотекстиль» тождественно приравнивался названию «Дорнит», даже не предполагая все разнообразие этого типа материала. Прочно закрепилось название *Stabilenka* («Стабиленка») для высокопрочного тканого геотекстиля иностранной фирмы-производителя, также тождественно приравняв тип продукта и его название, хотя производство этого вида материала представлено и на российском рынке.

редакция журнала «ТГ»

Ниже перечислены существующие нормативные и рекомендательные документы, дающие определения геосинтетическим материалам:

- ОДМ 218.5.002-2008 «Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов».

- ГОСТ Р 53225-2008 «Материалы геотекстильные. Термины и определения».

- ОДМ 218.5.001-2009 «Методические рекомендации по применению геосеток и плоских георешеток для армирования асфальтобетонных слоев усовершенствованных видов покрытий при капитальном ремонте и ремонте автомобильных дорог».

- ОДМ 218.5.005-2010 «Классификация, термины, определения геосинтетических материалов применительно к дорожному хозяйству».

- ГОСТ Р 55028-2012 «Материалы геосинтетические для дорожного строительства. Классификация, термины и определения».

При изучении этих документов можно прийти к однозначному выводу о том, что они существенно противоречат друг другу при том, что остаются действующими.

До сих пор неясно, почему долгое время применяемый термин «геосетка» для материала лабильной формы из полиэфирных нитей в итоге заменен на «георешетка», и сейчас может применяться только к дренажному ядру.

Ниже представлен перечень материалов, максимально соответствующий определениям данным им в ГОСТ Р 55028-2012. При чем разделение продукции выполнено по классам.

С целью исключения лабиринта интересов конкретного производителя геосинтетических материалов, в статье не представлены названия продукции.

ГЕОКОМПОЗИТ НЕПРЕРЫВНО УПРОЧНЕННЫЙ



Геокompозит в виде матрицы из геомата пластмассового экструдированного и армирующего компонента в виде полиэфирной георешетки вязаной, имеющей разрывную прочность от 20 кН/м и выше. Применяется в качестве противозрозионного материала в случаях, когда укрепляемый откос характеризуется большой протяженностью, крутизной, отсутствием условий для закрепления и пророста в откосе растительности (глинистые и скалистые откосы).



Геокompозит из армирующего компонента в виде георешетки вязаной полиэфирной, скрепленной рашельным способом, с матрицей из нетканого геополотна. Геокompозит сочетает функции нетканого геотекстиля и имеет высокую (до 600кН/м) прочность.

ГЕОПЛАСТМАССА ЭКСТРУДИРОВАННАЯ



Георешетка пластмассовая экструдированная двухосноориентированная полипропиленовая. Этот геосинтетический материал находит свое применение преимущественно при армировании дорожных одежд.



Геомат пластмассовый экструдированный, имеющий пространственную пронизываемую структуру в виде трех экструдированных геосеток из полиэтилена, скрепленных термическим способом. Применяется в качестве противоэрозионного материала и обладает хорошей эластичностью, что дает ему преимущество укладки при отрицательных температурах.



Геомат пластмассовый экструдированный, имеющий пространственную пронизываемую структуру из хаотично переплетенных полипропиленовых мононитей. Применяется в качестве противоэрозионного материала.

ГЕОТЕКСТИЛЬ ВЯЗАНЫЙ



Георешетка вязаная полиэфирная с пропиткой. Двухосноориентированная георешетка применяется для армирования дорожных одежд, одноосноориентированная – для усиления насыпей и возведения подпорных стен. Прочность одноосноориентированной георешетки может достигать 1000 кН/м.



Георешетка двухосноориентированная вязаная полиэфирная с пропиткой. Применяется для армирования асфальтобетона – увеличивает срок службы асфальтобетонного покрытия, уменьшает вероятность появления на нем отраженных трещин и сдвиговых трещин по границе примыкания новой проезжей части к существующей.



Геомат, изготовленный трикотажным переплетением нескольких полиэфирных нитей. Применяется в качестве противоэрозионного материала.

ГЕОПЛАСТМАССА СКРЕПЛЕННАЯ



Геосотовый материал (ГСТ): пространственная конструкция, имеющая сквозные ячейки, образованная из полиэтиленовых геополос, соединенных в перпендикулярной плоскости относительно плоскости материала, высота ребер которого соизмерима с размером ячейки. При правильном подборе вида заполнителя материал может быть использован для защиты откосов и склонов от ветровой и водной эрозии, усиления конструкций земляного полотна и дорожной одежды и для возведения подпорных стен.

ГЕОТЕКСТИЛИ ТКАНЫЕ



Высокопрочное геополотно тканое из полиэфирных нитей, способное выдерживать большие разрывные нагрузки (до 1000 кН/м).

Чаще всего находит применение при возведении насыпей на слабых основаниях, в конструкциях гибкого ростверка и армогрунтовых сооружениях.



Геополотно тканое из полипропиленовых нитей, характеризуется устойчивостью к агрессивным грунтовым средам и имеет ограниченную разрывную прочность, как правило, до 100 кН/м.

Находит широкое применение при строительстве временных автомобильных дорог.

ГЕОТЕКСТИЛИ НЕТКАНЫЕ



Геотекстиль нетканое геополотно; самый распространенный вид геосинтетического материала в строительстве, служит отличным материалом для разделения слоев грунта и дорожной одежды, может быть использован как обратный фильтр в дренажных конструкциях. Два варианта изготовления: иглопробивной, термоскрепленный

ГЕОМАТЕРИАЛ КОМБИНИРОВАННЫЙ



Комбинированный геоматериал из армирующей георешетки вязаной полиэфирной, механически соединенного со слоем тонкого нетканого геополотна, который обеспечивает надежную фиксацию георешетки на укладываемое основание, что исключает налипание на колеса и гусеницы технологического транспорта и укладываемых асфальт механизмов. Подложка при контакте с горячим асфальтобетоном выгорает, не ухудшая сцепление слоев асфальтобетона.



Комбинированный геоматериал из армирующей георешетки вязаной полиэфирной с пропиткой, соединенного со слоем из нетканого геополотна клеевым способом. Покрытие обеспечивает большую устойчивость к агрессивным грунтовым средам.



Дренажный комбинированный геосинтетический материал с дренажным ядром из геосетки пластмассовой экструдированной, соединенным с нетканым геополотном, прикрепляемым клеевым способом с одной или с двух сторон. Эффективно проводит воду в плоскости при нагрузках свыше 100 кПа.

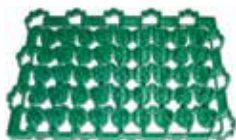


Дренажный комбинированный геосинтетический материал с дренажным ядром из геомата пластмассового экструдированного, соединенным с нетканым геополотном, прикрепляемым клеевым или термическим способом с одной или с двух сторон. Эффективно проводит воду в плоскости при нагрузках, не превышающих 100 кПа.

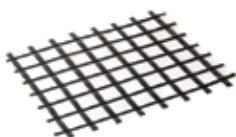


Комбинированный геоматериал из армирующей геосетки из стекловолокна и тонкого нетканого геополотна. Находит применение при армировании асфальтобетонных покрытий.

Два вида продукции, которые мы не смогли отнести к какому-либо классу ГОСТа:



Газонная решетка, применяемая в следующих конструкциях: экопарковки, пожарные проезды, заполнения межрельсового пространства трамвайных путей, на летных полях аэродромов малой авиации.



Геосетка из стекловолокна. Имеет высокую точку плавления и может применяться для армирования литого асфальтобетона, температура которого превышает 200° С.

Ввиду того что номенклатура предлагаемых товаров на рынке геосинтетических материалов постоянно увеличивается, редакция искренне надеется, что представленная информация по классификации может оказаться полезной для инженеров

РЕЗУЛЬТАТЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИЗЫСКАНИЙ КАК ОСНОВА ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СООРУЖЕНИЙ

В статье затрагиваются проблемы взаимодействия инженерных изысканий и проектирования транспортных сооружений. Указывается на сокращение затрат на изыскательские работы, приводящее к ухудшению качества проектных решений. Выделяются две основные стадии инженерных изысканий, существенно влияющие на результаты проектирования (с точки зрения геотехники) – получение данных о геологическом строении территории и определение характеристик грунта, необходимых для расчетов. Кратко рассматриваются основные современные методы исследований, используемые на этих этапах. Подчеркивается, что новейшее лабораторное оборудование и современные программные комплексы позволяют решать очень сложные геотехнические задачи и выполнять более достоверное прогнозирование. Даются некоторые рекомендации по снижению стоимости инженерно-геологических изысканий и повышению их информативности, достоверности и качества.

Федоренко Е. В., Вавринюк Т. С., ООО «Миакон СПб»

Введение

Современная транспортная геотехника как наука, представляющая собой синтез знаний в области инженерной геологии, механики грунтов, проектирования дорожных конструкций и геотехнологий, претерпела значительные изменения по сравнению с той областью знаний, которая зародилась более 50 лет назад, сформировавшись под влиянием двух академических направлений – почвоведения и горного дела. Последние представления позволяют определять для каждого слоя грунтов величины, адекватно характеризующие их жесткость, прочность, предварительное напряжение, водопроницаемость, реологические свойства и анизотропию. Набор параметров для геотехнических расчетов может включать более 30 величин!

На сегодняшний день в мировой практике проектирования транспортных сооружений появились мощные геотехнические программные комплексы (Plaxis, Phasa2, Z-Soil и др.) (рис. 1), работающие на основе численного моделирования (МКЭ – метод конечных элементов) и позволяющие решать различные задачи. Например, опре-

делять величину осадки с учетом взвешивающего действия грунтовых вод; учитывать в расчетах наличие существующего земляного полотна и его консолидированного основания при уширении и увеличении размеров насыпей; определять возможность быстрого и медленного возведения насыпей; вычислять коэффициент стабильности слабых оснований земляного полотна и водопропускных труб; оценивать общее состояние сложных склонов, с большим количеством различных противоположных сооружений (например, Олимпийские объекты в Сочи). С помощью таких программ можно осуществлять контроль расчетов по инженерным методам (методы предельного равновесия) устойчивости земляных сооружений, в том числе на слабых основаниях, а также армогрунтовых подпорных структур, выполнять динамические (сейсмические) и фильтрационные расчеты и пр. Считается, что численный анализ более достоверный в случаях учета геосинтетических армирующих прослоек.

С другой стороны, методы лабораторных испытаний также не стоят на месте, и возможности современных приборов позволяют получать ха-

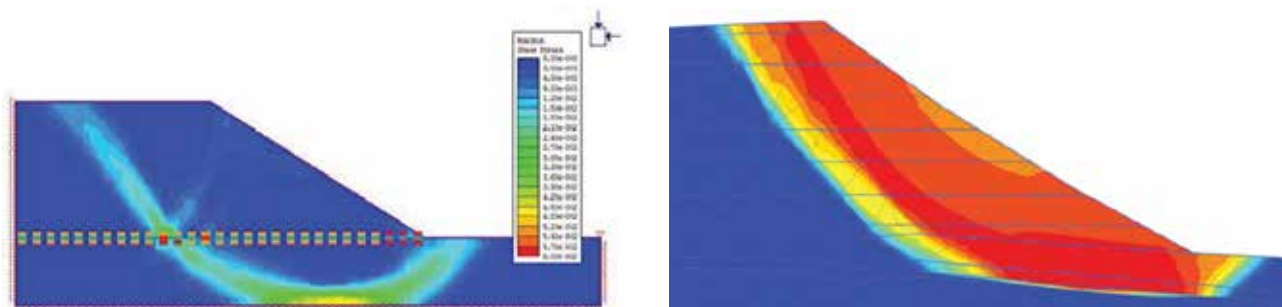


Рис. 1. Программы численного моделирования: слева – Phase2, справа – Plaxis

характеристики более точно и полно. Таким образом, имеются все возможности для расчетов и проектирования сооружений, работа которых будет надежной и безопасной.

Двадцать первый век внес существенные изменения в развитие транспортной инфраструктуры. Рост скоростей, интенсивности движения, грузонапряженности требует соответствующего развития принципов проектирования. При этом в основе любого проектирования лежат результаты инженерных изысканий, качество которых напрямую влияет на точность расчетов, а следовательно, на безопасность эксплуатации сооружения. Можно привести большое количество примеров разрушения транспортных объектов, причиной которого стало низкое качество изыскательских работ.

В целом можно выделить две стадии инженерных изысканий, существенно влияющие на результаты проектирования (с точки зрения геотехники): (1) получение данных о геологическом строении территории; (2) определение характеристик грунта, необходимых для расчетов.

Получение данных о геологическом строении территории

Основным методом получения информации о том, что расположено ниже дневной поверхности, является бурение скважин. Этот способ позволяет достаточно точно определить геологическое строение, однако информация при этом является точечной. Дальнейшая обработка данных – интерполяция между скважинами – носит субъективный характер, что часто приводит к серьезным проблемам. Как правило, при расчетах приходится довольствоваться одной скважиной, пробуренной по оси сооружения, и экстраполировать результаты на всю ширину подошвы насыпи (а это может быть несколько десятков метров). Конечно, при этом не учитываются возможное наличие линз, выклинивание слоев слабых грунтов или другие особенности.

В современной практике транспортного строительства уже давно находят применение геофизические методы, к которым относятся мало-глубинная сейсморастворка и георадиолокация (зондирование с использованием георадара). Эти методы позволяют получать полноценные разрезы с достаточным для проектирования количеством информации. При этом необходимо понимать, что опорные скважины все же необходимы. Основное различие двух методов заключается в том, что сейсморастворка требует дополнительное время на камеральную обработку результатов, а георадарное зондирование является экспресс-методом.

К преимуществам применения инженерной геофизики можно отнести:

- Сокращение объема буровых работ (когда по результатам геофизических исследований

разрез имеет однородное строение и бурение нескольких скважин через определенное расстояние друг от друга по нормам не требуется);

- Выявление «плохих» мест (на геофизических разрезах можно выявить аномальные области с отклонениями от однородности, – например, при использовании георадаров аномальные зоны соответствуют изменениям диэлектрической проницаемости грунтов, которая, в свою очередь, связана с изменениями влажности, приводящими к переменам в прочностных характеристиках, отвечающих за устойчивость и влияющих на деформации), что также дает экономию;

- Определение не круглоцилиндрических поверхностей скольжения сложных оползней.

Методы мало-глубинной сейсморастворки позволяют осуществлять прогнозирование поведения искусственных земляных сооружений. Так, на основе распределения скоростей сейсмических волн, используя эмпирические зависимости, можно получить распределение прочностных характеристик в насыпях. Таким образом, можно прогнозировать вероятные сплывы откосов и другие «болезни» земляного полотна. Георадарное зондирование позволяет определять влажность песчаных грунтов в естественном залегании.

Получение характеристик грунта, необходимых для расчетов

После выполнения буровых работ производятся лабораторные испытания грунтов. Современные геотехнические программные комплексы используют для расчетов модели грунтов, которые позволяют максимально реалистично описать их поведение при нагружении и разгрузке. Это позволяет рассчитывать устойчивость и осадки насыпей без искусственного разделения основания на зоны по характеру деформаций (по оси – трехосное сжатие, под откосной частью – простой сдвиг, за пределами подошвы – трехосное расширение). Однако для применения современных программных продуктов необходимо использовать новейшие достижения механики грунтов и приборы для лабораторных и полевых исследований (рис. 2).

В последнее время значительное развитие получили методы полевых испытаний, позволяющие путем погружения зондов и приборов получать необходимые геотехнические параметры на месте. Кроме того, в мировой практике для грунтов, характеризующихся сложным поведением, принято устраивать экспериментальные площадки. Наблюдения, измерения и моделирование грунтов на таких площадках ведутся на протяжении более пятидесяти лет, а их результаты представляют большую практическую и научную ценность. Стоит сказать, что в геотехнике сегодня не существует универсального подхода к интерпретации лабораторных и полевых данных для оценки несущей способности сооружений на слабых грунтах. Однако несомненная польза от наблюдений

на экспериментальных площадках заключается в стимулировании развития методов анализа и корректировки численных моделей.



Рис. 2. Принципы взаимосвязи результатов лабораторных испытаний и геотехнических

Самой представительной базой в мире по наблюдению за осадками зданий организована ведущими российскими геотехниками из Санкт-Петербурга (ГК «Геореконструкция»). По результатам наблюдений установлено, что метод послойного суммирования имеет погрешность около 30% [5]. А последние данные для Исаакиевского собора, обобщающие большой накопленный опыт, свидетельствуют о его незатухающей во времени осадке (так называемой вековой), скорость которой составляет 0,7 мм/год [1]. В этом отношении показательным является пример аэропорта Кансай (Япония), территория которого (размером 4 км на 1,2 км) представляет собой намывное сооружение. Учитывая то, что будущий остров будет проседать, первоначально его насыпали на 30 метров над уровнем моря. За первые 5 лет искусственный остров просел на 8 метров, что намного превысило расчетные величины инженеров, планировавших это суперсооружение. Расчет был выполнен только на фильтрационную осадку, а ползучесть грунта учтена не была. В настоящее время осадка продолжается с меньшей интенсивностью (менее 7 см в год) [6].

Это реологические свойства грунтов, называемые ползучестью и описываемые вторичной консолидацией. Учет этой особенности в расчетах возможен в программах численного моделирования, но для этого необходимы соответствующие консолидационные испытания. В практике бывает так, что при имеющихся консолидационных испытаниях нет возможности использовать их в расчетах. Причина заключается в том, что испытания производятся при нагрузке, значительно отличающейся от расчетной (от веса насыпи).

Независимое развитие оборудования для испытаний грунтов способствовало тому, что их результаты интерпретируются различными методами – аналитическими, численными, по эмпирическим зависимостям (например, испытания

сдвигомером-крыльчаткой базируются на теории предельного равновесия, а штамповые тесты – на теории пластичности). Это приводит к получению отличающихся друг от друга результатов. Например, сравнение значений коэффициента недренированной прочности ($s=cu/\sigma'_v$) по данным испытаний девятью лабораторными методами [4] показало, что минимальное значение (0,14 кПа) было получено при тестировании на одноосное сжатие, а максимальное (0,34 кПа) – при испытании на сжатие в условиях плоской деформации. Таким образом, был получен большой разброс важной величины, позволяющей определять устойчивость насыпей при быстрой отсыпке. Если же данные лабораторных испытаний сравнить с полевыми, расхождение результатов будет еще больше (до 6 раз) [4] (рис. 3).

Стоит отметить, что понятие недренированной прочности включено в ГОСТ 12248-2010 как сопротивление недренированному сдвигу, однако использование этого показателя в практике расчетов затруднено в связи с недостаточным объемом информации о применимости. В действительности значение недренированной прочности, которое получают по результатам трехосных испытаний или при использовании крыльчатки, представляет собой прочность грунта при полном водонасыщении. Этот показатель применяется для проверки быстрого возведения насыпи, а трудности его восприятия связаны с устоявшейся в нашей стране теорией «плотности-влажности».

Все это свидетельствует о насущной необходимости дальнейшего развития и совершенствования методов определения характеристик грунтов. И если в новейшей мировой геотехнической практике, вооруженной современными приборами и компьютерными программами и развиваемой ведущими мировыми специалистами, существуют такие недостатки, то что можно сказать о состоянии этого вопроса в нашей стране? Для нас стало нормой принимать табличные значения. В лучшем случае проводятся компрессионные испытания, реже – тестирование в приборе одноплоскостного среза. Но даже в тех случаях, когда имеются результаты трехосных и консолидационных испытаний, при расчетах становится ясно, что сотрудники лабораторий при их проведении не имели представления о том, для чего они выполнялись, т.е. основная проблема заключается в отсутствии прямой связи между геологами и геотехниками (проектировщиками-расчетчиками).

Немаловажным является определение исходного природного состояния грунтового основания, которое может быть описано такими параметрами, как начальный коэффициент пористости e_0 , эффективное напряжение σ'_v , гидростатическое давление поровой воды U_0 и коэффициент бокового давления K_0 . Для этих целей рекомендуется использование таких малоприменимых мето-

Метод испытаний / Тип	$S = (s_u/\sigma_{vo})_{NC}$
Сжатие в условиях плоской деформации (PSC)	0,34
Трёхосное сжатие (CK0UC)	0,33
Трёхосное сжатие изотропно консолидированных образцов (CIUC)	0,32
Трёхосное растяжение изотропно консолидированных образцов (CIUE)	0,24
Простой прямой сдвиг (DSS)	0,20
Растяжение в условиях плоской деформации (PSE)	0,19
Неконсолидированно недренированное испытание (UU)	0,185
Трёхосное растяжение (CK0UE)	0,16
Одноосное сжатие (UC)	0,14

Разница 2,4 раза!



Разница до 6 раз!

Рис. 3. Сравнение результатов различных лабораторных и полевых испытаний грунтов из работы [4]

дов зондирования, как испытания dilatометром, прессиометром и динамометрическим зондом.

По-прежнему первостепенное значение имеет процесс извлечения, консервации и транспортирования образцов. Извлечение образцов должно производиться с максимальной осторожностью – тогда можно говорить об условно ненарушенной структуре и соответствии результатов натурным условиям. Однако всегда существует вероятность определенного нарушения структуры при отборе и транспортировке. В случае слабых глин или илов оно зависит от метода бурения, типа грунтоноса, метода его извлечения, уровня снятия напряжений, способа консервации, особенностей транспортировки, времени хранения, условий влажности, метода установки образца и лабораторного обслуживания.

В связи с отсутствием (на момент создания) доступной и мощной новейшей вычислительной техники все принятые в нашей стране методы обработки результатов лабораторных испытаний и построенные на их основе методы расчетов используют теорию полных напряжений, что связано со сложностями определения порового давления и, соответственно, эффективных напряжений.

Развитие компьютерных технологий позволило объединить разные подходы – и на основе совместного учета полных и эффективных напряжений были разработаны широко известные и продвинутое модели, реализованные в программах численного моделирования. Теория совместного расчета была впервые предложена в 1968 году и получила название «Механика грунтов критических состояний» (Critical State Soil Mechanics – CSSM) [4]. В ее основе лежит модель К. Терцаги, в соответствии с которой выделяют полные и эффективные напряжения, различающиеся на ве-

личину порового давления. В нашей стране была принята упрощенная модель, основанная только на полных напряжениях, – модель «плотности – влажности» Н. Н. Маслова.

При проектировании насыпей на слабых водонасыщенных грунтах необходимо выполнять оценку стабильности сооружения путем проверки устойчивости при быстром возведении, и в случае медленной отсыпки. Принятая методика расчета базируется на теории «плотности-влажности» Н. Н. Маслова. В этом случае величиной меры консолидации является не поровое давление, а влажность, а определение порового давления не требуется, это обстоятельство предопределило практическое преимущество применения указанного подхода.

Однако применение некоторых положений этой теории на практике невыполнимо. Речь идет о расчетах быстрого и медленного возведения насыпей на слабых водонасыщенных основаниях, для чего необходимо иметь зависимость прочностных характеристик от влажности. В действительности достаточно трудоемкие и длительные испытания не выполняются, что приводит к невозможности производить расчеты в соответствии с «Пособием по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах» [3].

Заключение

Сложившаяся в нашей стране обстановка в области взаимодействия инженерных изысканий и проектирования транспортных сооружений, связанная прежде всего с приостановкой развития строительной сферы после распада Советского союза и с другими более современными проблемами, приводит к снижению качества изысканий и проектных решений, а соответственно, к снижению надежности построенных объектов.

Использование наряду с традиционными (шурфованием, бурением) менее дорогих геофизических методов (сейсмических, георадиолокационных, электромагниторазведочных и др.) позволяет снизить стоимость инженерно-геологических изысканий, обеспечив при этом более высокие информативность, достоверность и качество, а стало быть, точность расчетов и безопасность эксплуатации сооружений.

Одними из общих путей решения связанных с этим проблем являются проведение курсов повышения квалификации сотрудников проектных и изыскательских организаций, а также обеспечение их нормативно-технической литературой, обобщающей последний мировой опыт. Инженерно-технический отдел группы компаний «Миаком» принимает самое непосредственное участие в этом процессе и надеется на поддержку в этом отношении со стороны других организаций, небезразличных к судьбе транспортной отрасли Российской Федерации.

Список литературы

1. Васенин В. А. Оценка современных вертикальных движений земной поверхности для целей определения устойчивости исходных пунктов nivelirной сети г. Санкт-Петербурга и определения длительных осадок зданий и сооружений // Развитие городов и геотехническое строительство. 2012. № 14. С. 37–59.
2. Методические рекомендации по применению георадаров при обследовании дорожных конструкций. М.: Росавтодор, 2003. 37 с.
3. Пособие по проектированию земляного полотна автомобильных дорог на слабых грунтах. М.: Минтранс России, 2003.
4. Mayne P. W., Coop M. R., Springman S., Huang A. B., Zornberg J. State-of-the-art paper (SOA-1): Geomaterial behavior and testing // Proceedings of the 17-th International Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, ICSMGE, Alexandria, Egypt, 2009. Rotterdam, the Netherlands: Millpress/IOS Press, 2009. V. 4. P. 2777–2872.
5. Улицкий В. М., Шашкин А. Г., Шашкин К. Г. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям) / ПИ «Геореконструкция» – СПб. 2010. – 208 с.
6. Федоренко Е. В. Вавринюк Т. С. Современное представление о геотехнике применительно к расчетам аэродромных конструкций. Airports International, выпуск №3, март 2014.

К ВОПРОСУ О МЕТОДАХ РАСЧЕТАХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Широкое применение геосинтетических материалов в дорожных одеждах требует наличия соответствующих методов расчета. За более чем двадцатилетний период применения синтетических прослоек в нашей стране было предложено несколько различных подходов к расчетам дорожных одежд. Исходя из предположения о том, что наиболее удачные из них были рекомендованы к применению в нормативных документах, в статье приводится анализ именно тех методов, которые нашли отражение в отраслевых дорожных документах. Результаты анализа свидетельствуют о том, что на сегодняшний день нет подходящего метода расчета дорожных одежд с прослойками из геосинтетических материалов, а нормативные документы издаются с предложениями двадцатилетней давности.

Федоренко Е. В., ООО «Миаком СПб»

Введение

В нашей стране направление, связанное с разработкой и внедрением новых технических решений и новых эффективных материалов, повышающих прочность и надежность дорог, снижающих затраты на их строительство и эксплуатацию, зародилось в 70-х годах прошлого века. Появившиеся решения связаны с применением полимерных материалов в виде прослоек, предотвращающих перемешивание переувлажненного глинистого грунта с материала-

ми дорожной одежды, распределяющих нагрузку от колес на большую площадь подстилающего грунта, снижающих неравномерность деформаций дорожной одежды и позволяющих более полно реализовать прочность грунтов и дорожно-строительных материалов, снизить объем работ по транспортировке и уплотнению привозных материалов. Первыми видами материалов были тканые и нетканые синтетические материалы, армированная битумированная бумага, отработанные синтетические сук-

на и сетки бумагоделательных машин. Наибольшей популярностью пользовались нетканые геотекстилы, на основе которых и были разработаны первые методики расчетов [5, 6].

Одними из первых были работы М.М. Филоненко-Бородич, предложившего подход к учету влияния прослойки на мембранной модели упругого основания, (1940 г); проф. В.Д. Казарновского, получившего инженерное решение, основанное на предположении о недопущении превышения заданной глубины колеи (1983 г); В.Н. Трибунского, который рассматривал применение прослоек в лесовозных дорогах (1986 г.). Много работ по применению синтетических нетканых прослоек в автомобильных дорогах выполнено сотрудниками Гипродорнии: Фоминым А.П., Перковым Ю.Р., Александрович В.Ф., Барвашовым В.А., Федоровским В.Г. и др.

Наиболее общепринятые и устоявшиеся методы включали в состав соответствующих нормативных документов. Развитие методов расчета можно проследить по выпуску отраслевых дорожных документов, посвященных геосинтетическим материалам. Таким образом, можно выделить четыре этапа, соответствующих четырем выпущенным за прошедшее время нормативным документам.

1 этап. В 1986 году вышли в свет «Указания по повышению несущей способности земляного полотна и дорожных одежд с применением синтетических материалов» (ВСН 49-86). В этом документе впервые было введено понятие «коэффициент усиления», который принимается по таблицам, в зависимости от модулей деформации слоев грунта и относительной глубины. Общий модуль упругости армированной дорожной конструкции определяется с учетом коэффициента усиления.

Анализ таблицы с коэффициентом усиления свидетельствует о том, что этот метод расчета не является достоверным, хотя и дает определенные результаты. Так, в процессе анализа, рассматривалась следующая схема: основание с различными значениями модуля упругости, на которое укладывается слой дородной одежды различной мощности с синтетической прослойкой. Производилось сравнение, во сколько раз изменится коэффициент улучшения армированной дорожной одежды, если ее модуль упругости увеличится в 10 раз. Например, элемент диаграммы, обозначенный цифрой 1 (рис. 1), показывает, что при увеличении модуля упругости армированного слоя дорожной одежды мощностью 0,444 м (при модуле упругости слабого основания 20 МПа) в 10 раз, коэффициент усиления армированной дородной одежды увеличится в 1,1 раза. В целом на сравнительном графике (рис. 1) видно, что коэффициент усиления не имеет четко выраженных закономерностей (одни ряды возрастают, другие убывают), соответственно методика ВСН 49-86 положившая начало развитию методов расчета не была проработана до конца и не является достоверной.

2 этап. В. Д. Казарновским была предложена методика расчета минимальной толщины насыпного слоя [5], которая через 20 лет была принята к внедрению в «Рекомендациях по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог» ОДМ 2003 [3]. Вышедший ОДМ 2003 отменил предыдущий ВСН 49-86. Такой большой перерыв в разработке нормативной документации по применению геоматериалов, вероятно, связан с переменами и сложностями в нашей стране во время и после «перестройки».

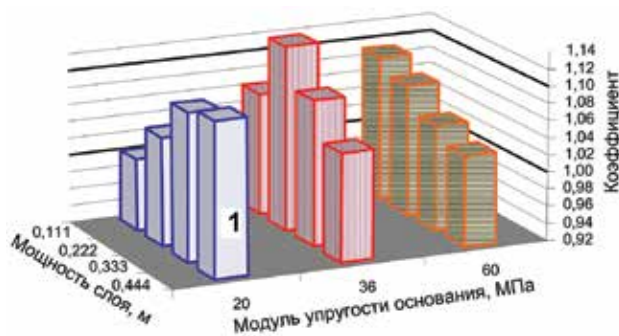


Рис. 1. Сравнительная диаграмма коэффициентов улучшения дорожных одежд в зависимости от модуля упругости основания и вышерасположенного слоя с синтетической прослойкой между ними

За прошедшее время появились новые геосинтетические материалы, обладающие свойствами, отличными от рассматриваемых в методике В.Д. Казарновского геотекстилей, – это интегральные георешетки. Особенности работы георешеток в щебенистых средах является увеличение угла распределения напряжений (эффект блокировки). Крупномодельные экспериментальные исследования дорожных одежд нежесткого типа, армированных георешетками, проведенные Военным инженерно-техническим университетом (Санкт-Петербург) в 2001 году, показали, что угол распределения напряжений составляет для интегральных геоматериалов – 52–57°.

В 2009 г. в ДВГУПС были проведены лотковые испытания, для чего в металлический лоток размером 2×2×1,8 м был засыпан песок мощностью 0,5 м и щебеночно-песчаная смесь С5 мощностью 0,3 м. Штаповые испытания производились для указанной конструкции дорожных одежд и для конструкции с добавлением в слой С5 армирующего элемента в виде интегральной георешетки.

По результатам испытания установлено, что наличие интегральной георешетки в слое дорожной одежды, кроме снижения величины осадки, за счет распределения напряжений (мембранный эффект), значительно повышает сдвигустойчивость (эффект блокировки). Момент наступления третьей фазы деформаций грунта, согласно положениям механики грунтов, в армированной конструкции начинается

позднее, чем в конструкции без армирования. Это наглядно видно по данным, полученным в результате измерений горизонтальных напряжений (рис. 2).

Первые три ступени вертикальной нагрузки вызывают практически одинаковые напряжения на датчике бокового давления. На рисунке 2 очень хорошо видно, что в конструкции без армирования (левый график) напряжения на датчике бокового давления, после приложения четвертой и последующих ступеней, начинают снижаться, это объясняется тем, что дальнейшее увеличение вертикальной нагрузки переводит грунт во вторую фазу, во время которой развиваются непрерывные поверхности скольжения – возникает полное предельное напряженное состояние и начинают преобладать боковые смещения частиц. Т.е. датчик бокового давления начинает смещаться в сторону вместе с частицами грунта, что и приводит к снижению фиксируемых им напряжений. В конструкции с армирующей прослойкой (правый график) наблюдается совершенно иная картина, ступени нагрузки с четвертой по восьмую вызывают увеличение напряжений на датчике бокового давления. Наличие интегральной двухосной георешетки в слое щебенистого грунта создает геоконструктивную плиту, образованную в результате блокировки частиц грунта в ячейках георешетки. Таким образом, эффект блокировки увеличивает контактные напряжения у поверхности армирующей прослойки и приводит к повышению сдвигоустойчивости.

Методика В.Д. Казарновского разрабатывалась для геотекстильных материалов, характеризующихся сплошностью и низкими контактными напряжениями: величина коэффициента трения грунта по геотекстилю меньше, чем грунта по грунту. Методика предполагает распределение напряжений с учетом соответствующего коэффициента в зависимости от относительной глубины и влияние прослойки из интегральных материалов не учитывает. Т.е. использо-

вание этой методики для расчетов дорожных одежд с применением георешеток не представляется возможным.

3 этап. После появления на рынке отечественных производителей геоматериалов, отчетливо прослеживается их влияние на издание нормативных документов. Так, в 2008 году выходят «Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов» (ОДМ 218.5-002-2008). Этот документ в корне отличается от предыдущих, замечен явный переход от нетканых материалов к интегральным, предложено несколько методик для различных вариантов расчетов: по допустимому упругому прогибу, на сдвигоустойчивость, на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе, а также расчеты армирования дорожных одежд переходного типа и др. Отличительной особенностью является наличие многочисленных примеров расчетов и информации о методах испытаний. Однако при всех кажущихся плюсах, детальное рассмотрение позволяет сделать определенные выводы.

За основу принят уже известный подход с использованием коэффициента усиления, только на этот раз величина коэффициента более 1, и поправка осуществляется путем перемножения с общим модулем упругости. В основу расчета положена очень громоздкая формула с большим количеством регрессионных коэффициентов. Причем одни и те же регрессионные коэффициенты применяются и при расчете по упругому прогибу, и при расчете на сдвигоустойчивость.

Анализ формулы для определения коэффициента усиления (коэффициент увеличения общего модуля упругости армированной дорожной конструкции) показывает, что она имеет недостатки. В частности при расчете дорожных одежд капитального и облег-

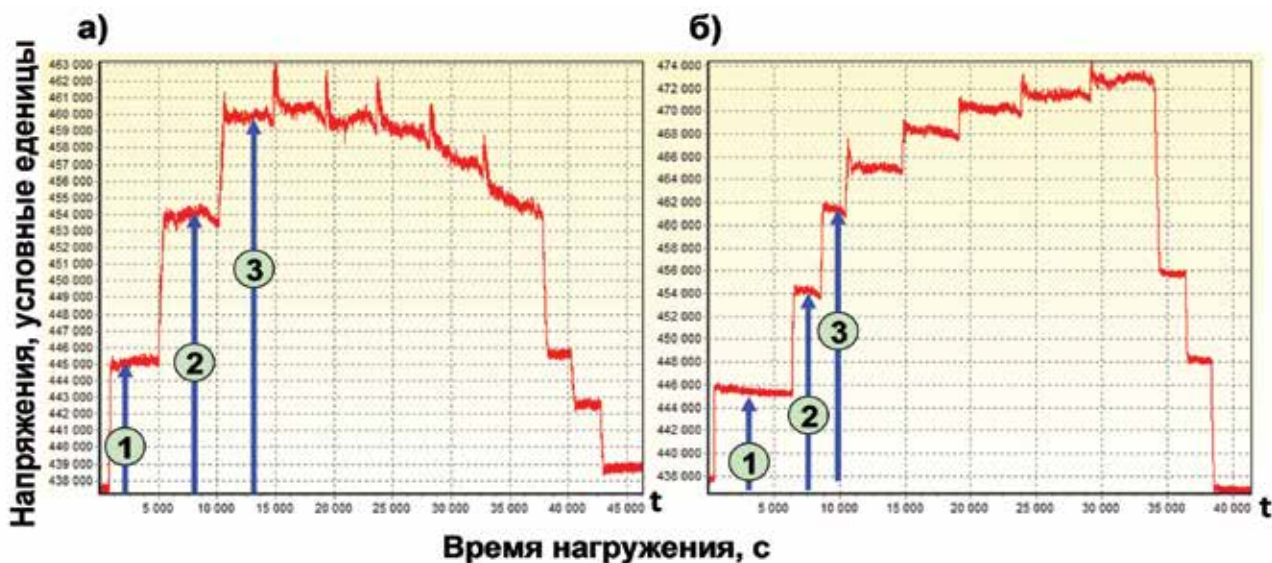


Рис. 2. Сравнительные графики горизонтальных напряжений: а – обычная конструкция дорожных одежд; б – армированная конструкция

ченного типов по допускаемому упругому прогибу увеличение мощности дисперсных слоев на определенном диапазоне может приводить к снижению коэффициента усиления, что противоречит логике. Наглядно это видно на рисунке 3.

Например, сравнительный расчет двух конструкций дорожных одежд, армированных георешетками, дает следующие результаты: конструкция с мощностью слоя щебня 30 см имеет коэффициент улучшения $\alpha_1=1.12$, а конструкция с мощностью слоя щебня 60 см – $\alpha_1=1.04$. Т.е. увеличение слоя щебня на 30 см снижает модуль упругости дорожной одежды. Увеличения слоя щебня армированной конструкции с 60 до 80 см вообще не приводит к улучшению деформационных характеристик (коэффициент улучшения для всех промежуточных значений $\alpha_1=1.04$).

Такая же ситуация складывается при расчете по допускаемому упругому прогибу дорожных одежд переходного и низшего типов, результаты расчетов представлены на рисунке 4 (верхний график). Дальнейший анализ показывает, что в формуле есть ошибки: после того, как мощность дисперсного слоя достигает 1 метра, формула теряет физический смысл, это видно по рисунку 5 (нижний график).

Кроме того, вызывает большие сомнения величины условного модуля упругости композитного слоя «зернистый материал + георешетка» E4: согласно таблице приложения, его величина варьируется в зависимости от условного показателя деформативности. Анализ таблицы показывает, что использование в слое щебня георешетки с прочностью 40 кН/м, вместо георешетки с прочностью 20 кН/м приводит к увеличению условного модуля упругости композитного слоя более чем в 1,5 раза. Теоретически работа георешетки заключается в создании эффекта блокировки, а при одинаковых условиях (близкие геометрические параметры ячеек) замена материала на более прочный на этот эффект влиять не будет, за исключением случаев, когда прочность георешетки близка к критической, т.е. горизонтальные напряжения превышают разрывную прочность материала. Как показывают исследования, повышение прочности композитного слоя «георешетка-щебень» зависит от геометрических размеров ячейки

и фракции щебня, а не от прочности армирующего материала.

В целом, предложенная формула не совсем корректна – она должна раскрывать смысл работы геоматериала в дорожной одежде в зависимости от различных факторов. Выходит, что составляющих в формуле много, а самое важное, относящееся непосредственно к механизму работы георешетки, заключается в трех значениях условного модуля упругости композита. Кроме того, расчет по предлагаемой методике предполагает, что сначала необходимо выполнить определение общего модуля упругости (приведение многослойной к эквивалентной однослойной) для конструкции, а затем внести поправку с учетом коэффициента улучшения. Однако в формуле присутствуют величины модулей упругости составляющих слоев, следовательно, послойный расчет выполняется повторно, что вызывает сомнения в предложенном подходе.

4 этап. 1 февраля 2010 года взамен ОДМ «Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог» 2008 г. был выпущен новый ОДМ 218.5.003 – 2010. С момента издания первого нормативного документа по геосинтетическим материалам (ВСН 49-86) прошло более 20 лет, за это время очень многое изменилось в области применения геосинтетических материалов: в мире каждый год проходит множество конференций, проектируется и строится огромное количество разнообразных объектов с применением геоматериалов, разрабатываются соответствующие программные средства, совершенствуются методики расчетов...

ОДМ 218.5.003-2010 в части расчетных методик полностью повторяет ВСН 1986 года, разработанного для нетканых геотекстилей, как в таблицах, так и в отсканированных расчетных схемах и графиках.

Анализ этой методики рассмотрен ранее при описании ВСН 49-86, очевидно, что использование этого метода на сегодняшний день не приемлемо для расчетов дорожных одежд с геоматериалами. А попытки коммерческих структур, занимающихся продажами геоматериалов, изменить нормативные документы «под себя» приводят не к развитию расчетно-нормативной базы, а к обратному процессу.

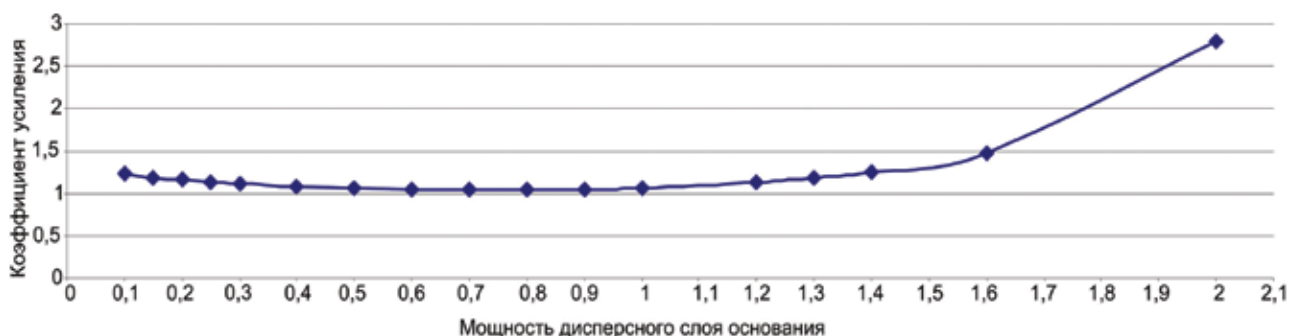


Рис. 3. Зависимость коэффициента усиления от мощности дисперсного слоя дорожной одежды

Список литературы

1. ОДМ 218.5-002-2008. Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (герешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов. – Введ. 2008-06-01. – М.: Информавтодор, 2008.
2. Проектирование нежестких дорожных одежд. ОДН 218.046-01. – Введ. 2001-01-01. – М.: Информавтодор, 2001.
3. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. – Введ. 2003-08-01. – М.: Информавтодор, 2003
4. ОДМ 218.5.003-2010. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строи-

тельстве и ремонте автомобильных дорог. – Введ. 2010-01-02. – М.: Информавтодор, 2010.

5. Казарновский В.Д. Синтетические текстильные материалы в транспортном строительстве / В. Д. Казарновский, А. Г. Полуновский, В. И. Рувинский. – М.: Транспорт, 1984.

6. Трибунский В. М. Изолирующие прослойки лесовозных дорог / В. М. Трибунский. – М.: Лесн. пром-сть., 1986.

7. ВСН 49-86. Указания по повышению несущей способности земляного полотна и дорожных одежд с применением синтетических материалов. – Введ. 1987-01-01. – М.:Транспорт, 1986.

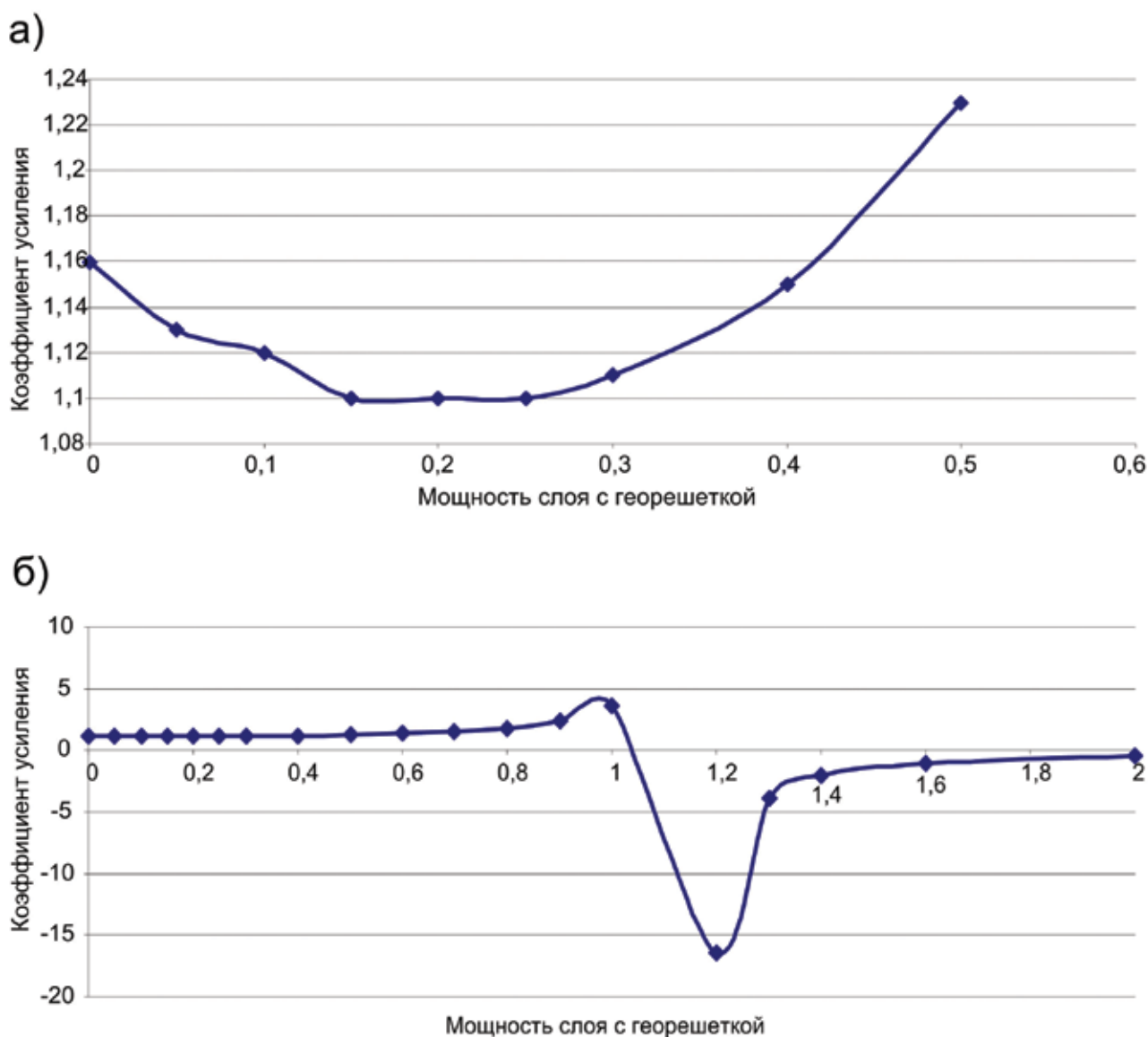


Рис. 4. Зависимость коэффициента усиления от мощности дисперсного слоя дорожной одежды, содержащего георешетку: а – детализация; б – общий вид

ОБЗОР ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВЛИЯНИЯ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА АРМИРОВАНИЕ БАЛЛАСТНОЙ ПРИЗМЫ

В статье представлен обзор отечественных и зарубежных экспериментальных работ по изучению влияния геосинтетических материалов на армирование балластной призмы железнодорожного пути. Даны общие рекомендации по перспективным направлениям в изучении эффективности армирования балласта.

редакция журнала «ТГ»

Введение

В конструкции железнодорожного пути балластная призма является наиболее важным элементом. Балласт воспринимает через рельсошпальную решетку вертикальные поездные нагрузки и распределяет их на нижнее строение пути – земляное полотно. В результате циклического приложения динамических нагрузок, природно-климатических факторов, влияющих на температурно-влажностный режим, в балластном слое возникают и накапливаются деформации, вызванные не только вертикальными, но и горизонтальными напряжениями. При этом балласт представляет собой сыпучий материал, не обладающий способностью сопротивляться растяжению и имеющий ограниченные величины сопротивления сдвигу твердых частиц относительно друг друга [1]. Поскольку частицы щебня не обладают правильной геометрической формой и не имеют бесконечной прочности, их трение друг о друга в местах контакта приводит к частичному разрушению, т.е. происходит процесс истирания частиц и загрязнения балластного слоя. Очевидно, что чем больше происходит локальных разрушений частиц, тем быстрее происходит процесс осадки и уменьшается сопротивляемость сдвигу, что приводит к нарушению ровности пути.

По результатам исследований, выполненных Техническим университетом Граца (Австрия), с загрязненным, очищенным, новым щебнем и окатанным гравием [2], можно сделать вывод – характеристика сопротивления сдвигу загрязненного щебня такая же, как у окатанного гравия. Очищенный щебень обладает значительно большей сопротивляемостью сдвигу, однако в результате округления граней частиц этот показатель несколько ниже, чем у нового щебня. Из полученных данных следует, что чем больше количество загрязнителей в балласте, тем ниже сопротивляемость сдвигу. Еще одной причиной загрязнения является проникновение грунта земляного полотна в балластный слой, что также ведет к снижению сопротивляемости сдвигу.

Наиболее эффективным и распространенным способом решения данных проблем является армирование балластной призмы геосинтетическими

материалами, положительно зарекомендовавшими себя в области транспортного строительства.

Основная часть

На сегодняшний день представлено большое количество эффективных инженерных решений по армированию балластной призмы различными геосинтетическими материалами [3, 4].

Большой вклад в теорию армирования зернистых сред внесли специалисты автодорожной отрасли. В своей работе В.Ю. Гладков [5] исследовал влияние геосинтетических материалов на напряженно-деформированное состояние зернистых сред. Им были испытаны конструкции с капитальным типом покрытия циклическим приложением нагрузки через штамп диаметром 20 см в режиме 35 нагружений в минуту при максимальной нагрузке на штамп 0,5 МПа.

По результатам проделанной работы установлено:

- армирование геосинтетическими материалами сыпучих сред, повышая прочность конструкции по сдвигу в грунте, при многократном приложении нагрузки увеличивает ее долговечность;

- армирующий эффект сетки проявляется в ее способности воспринимать касательные напряжения в плоскости контакта зернистого материала с подстилающим грунтом, изменяя тем самым напряженное состояние в грунте.

В 2002 году Санкт-Петербургским университетом путей сообщения были выполнены исследования по определению эффективности применения различных видов геосинтетических материалов при усилении балластного слоя путем проведения штамповых испытаний на полевом стенде. Сравнимые варианты представлены балластным слоем без армирования и с армированием. В качестве материалов для армирования применялись экструзионные и объемные георешетки, а также силовые ткани. По результатам выполненных испытаний был сделан вывод, что применение геосинтетических материалов приводит к снижению величины вертикальных деформаций. Наиболее технологичными и эффективными для армирования балластного слоя оказались двухслойные георешетки, уложенные в два слоя через 10 см.

В данной работе вертикальные деформации были определены осадкой штампа, но не было проанализировано влияние геосинтетических материалов на изменение горизонтальных напряжений и деформаций в слое щебня, поэтому полученные данные недостаточны для утверждения об эффективности применения геосинтетических материалов для армирования.

Не менее важной характеристикой армирующего материала является его осевая жесткость, т.е. усилие, вызывающее удлинение на 2%. На рынке появляются новые геосинтетические материалы с различными ориентацией и размером ячеек, необходимые расчетные характеристики которых содержатся в ограниченном количестве на интернет-ресурсах компаний-производителей [6]. На рис. 1 (слева) представлена круговая диаграмма жесткости материала с треугольными ячейками, по которому ввиду отсутствия цифр трудно сделать однозначный вывод о преимуществе мультиориентированной георешетки.

Для того чтобы разобраться в этом вопросе можно обратиться к исследовательской работе [7], результатом которой стала иная круговая диаграмма, представленная на рисунке 1 справа. Оказалось, прочность даже при диагональном растяжении у двусно-ориентированных георешеток может быть выше, чем у мульти-ориентированных.

В 2010 г. специалистами инженерного факультета Университета Вуллонгонг (Австралия) была выполнена серия экспериментальных исследований деформационных характеристик балластной призмы, усиленной геосинтетическими материалами [8].

Испытания проводились с циклическим приложением нагрузки к смоделированному железнодорожному пути в приборе истинного трехосного сжатия. Измерялись вертикальные и горизонтальные деформации балласта, армированного различными типами геосинтетических материалов, которые сравнивались с результатами испытаний неармированного балласта.

Измеренные относительные боковые деформации (ϵ_2 , ϵ_3) наблюдались в меньшей степени у бал-

ластного слоя, армированного геокompозитом, представленным нетканым иглопробивным геотекстилем, упроченным высокомолекулярными полиэфирными нитями с низким удлинением. В этом эксперименте была проделана большая работа по моделированию условий испытания, приближенных к реальным. Были получены данные, относительно точно описывающие поведение армированного и неармированного балласта при приложении циклической нагрузки.

Сегодня появляются все большие возможности для проведения различных исследовательских работ при помощи компьютерного моделирования, в том числе с дискретными средами.

Специалистами Университета штата Иллинойс (Эрбана, США) был выполнен ряд экспериментов на сдвигустойчивость зернистого грунта армированного георешетками с квадратной (двусноориентированной) и треугольной (мультиориентированной) ячейкой [9]. Экспериментальные работы были выполнены в сдвиговом приборе, смоделированном на компьютере (рис. 2) и в полевых условиях.

Оказалось, что частицы зернистой среды имеют большую устойчивость на сдвиг при армировании мультиориентированными георешетками. В отчете о проделанной работе присутствуют графики о высокой сходимости результатов компьютерного моделирования и реального эксперимента, но не приводится информация о способах формирования структуры армированного слоя в каждом из вариантов. Также отсутствует информация о количестве выполненных экспериментов для проведения статистического анализа.

Согласно стратегии развития железнодорожного транспорта РФ до 2030 года ОАО «РЖД» предусматривает повышение грузооборота за счет увеличения осевых нагрузок. В этом случае применение типовых решений для балластной призмы будет не достаточно. В свою очередь, выполнение индивидуальных расчетов балластного слоя для отдельных участков пути под увеличенные осевые нагрузки потребует усовершенствования имеющихся или со-

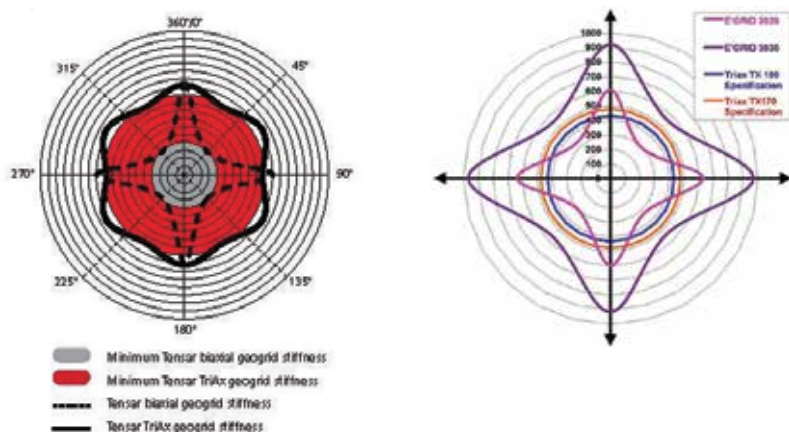


Рис. 1. Круговые диаграммы жесткости мульти- и двусноориентированных георешеток. Слева – компания производитель; справа – повторный эксперимент

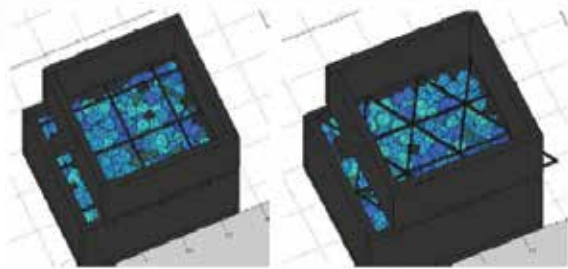


Рис. 2. Модель сдвигового прибора; слева – георешетка с прямоугольными ячейками; справа – георешетка с треугольными ячейками

здания новых расчетных методик, учитывающих сыпучесть щебня.

По результатам выполненных многочисленных экспериментов специалистами кампании «МИА-КОМ» с компьютерной моделью слоя зернистого материала были получены эпюры передачи усилий на боковые грани модели (рис. 3) от действия вертикальной нагрузки.

Одной из целей экспериментальной работы являлось получение качественного характера распределения горизонтальных напряжений по боковым граням модели. Согласно рис. 3 распределение напряжений не одинаково на обеих сторонах модели. Как уже отмечалось выше – это связано со структурой слоя. Из данного эксперимента видно – подобное распределение напряжений носит случайный характер и подлежит учету в расчетах только при помощи инструментария теории вероятностей. На сегодняшний день, одной из наиболее полно описывающих природу дискретной среды является механика зернистых сред [10]. В теории используется системный подход и вероятностные методы, учитывающие передачу давления от одних зерен к другим через точки контактов.

Заключение

Необходимость армирования балластной призм обусловлена повышением сдвигустойчивости, снижением загрязнения и в меньшей степени уменьшением вертикальных деформаций. Согласно проведенному анализу рассмотренных исследовательских работ, наиболее полно удовлетворяет критериям эффективности геоконкомпозит. Однако полной ясности в этом вопросе пока нет.

Перспективными направлениями в изучении эффективности армирования балласта являются:

- выполнение экспериментальных работ в части исследования влияния свойств геосинтетических материалов, таких как жесткость, размер ячеек, повреждаемость и способность воспринимать динамические нагрузки, на эксплуатационные показатели;
- использование и развитие теории И.И. Кандаурова [10] для математического описания физических процессов армированной сыпучей среды;
- применение компьютерного моделирования для исследования поведения армированного балласта под действием нагрузки.

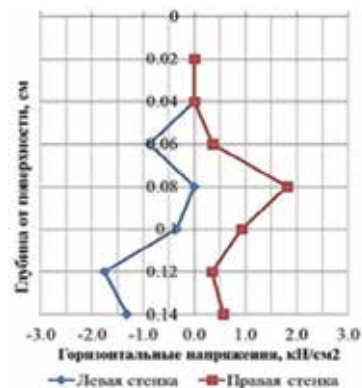
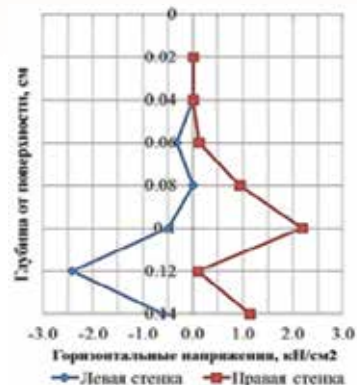


Рис. 3 Распределение горизонтальных усилий в неармированной дискретной среде на границах модели: сверху – до приложения нагрузки; снизу – после приложения нагрузки

Список литературы

1. Попов С.Н. Балластный слой железнодорожного пути. – М.: Транспорт, 1965.
2. Klotzinger E. // Eisenbahntechnische Rundschau. – 2008. – № 1/2. – S. 34–41. – № 3. – S. 120–125.
3. Стандартные проектные решения и технологии усиления подбалластного слоя георешетками. – СПб., 2001.
4. Ашпиз Е.С. Усиление площадки земляного полотна железных дорог // Инновации в строительстве. Дороги. – 2012. – № 16.
5. Gladkov V.Yu. Армирование зернистых оснований жестких дорожных одежд геотекстильными прослойками в виде сеток. – М.: Диссертация, 1985.
6. The properties and performance advantages of Tensar TriAx™ geogrids. – Режим доступа: <http://www.tensar.co.uk>.
7. The confinement effect of different geogrids: 4: the development of an index test. N.E. Wrigley NewGrids Ltd. 5th European Geosynthetics Congress. Spain, 2012.
8. Buddhima Indraratha, Sanjay Nimbalkar (2010). Deformation Characteristics of Railway Ballast Stabilised with Geosynthetics. Testing and consulting Report.
9. Erol Tutumluer, Hai Huang & Xuecheng Bian. Research on the behavior of geogrids in stabilisation applications.
10. Кандауров И.И. Механика зернистых сред и ее применение в строительстве. – Ленинград, 1966.

КАНДАУРОВ ИВАН ИВАНОВИЧ (РОД. 05.07.1923)



Ученый-математик, генерал-майор технических войск (1968), заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1984). Уроженец с. Головановка Щигровского уезда Курской губернии. Во время Великой Отечественной Войны в 1943 окончил Мичуринское военно-инженерное училище, в звании лейтенанта был направлен на Северо-Кавказский фронт командиром саперного взвода 9-й горнострелковой дивизии. С ноября 1943 – полковой инженер 1-го гвардейского полка 2-й гвардейской Таманской дивизии. В 1951 окончил Военно-транспортную академию. В 1955 году стал кандидатом технических наук, доктором технических наук в 1959. Является автором более 400 научных работ. Является автором механики зернистых сред. Академик Академии транспорта, член

зарубежных научных и технических обществ. Награжден орденом Отечественной войны 2 ст. (3), Красной Звезды (3), медалями. В 1998 отмечен высшей научной наградой Санкт-Петербурга «Звездой Прометея»

СОКОЛОВСКИЙ ВАДИМ ВАСИЛЬЕВИЧ (17.10.1912–08.01.1978)



Окончил МИСИ (1933). С 1936 года по 1939 год сотрудник МИАН имени В. А. Стеклова, в 1939–1965 годах в ИМАН (с 1971 года ИПМАН).

Во время Великой Отечественной войны сотрудничал в ЦАГИ, в эвакуированной в Казань его части.

Один из создателей Московского физико-технического института, вошел в состав первого Совета ФТФ МГУ – предшественника МФТИ (1947), преподавал в МФТИ (1947–1971), заведующий кафедрой. Профессор с 1940 года.

Область научных интересов теория пластичности, статика сыпучей среды, теория оболочек. Предложил решение некоторых задач плоского пластического деформированного состояния (сжатие пластических масс, вдавливание штампов, волочение пластических полос). Построил теорию плоского пластического напряжённого состояния, предложил новые методы аналитического решения задач теории пластичности. Разработал общий метод решения задач плоского предельного равновесия сыпучей среды (несущая способность оснований, форма устойчивых откосов, давление на подпорные стенки). Избран в первый состав Национального комитета по теоретической и прикладной механике СССР (1956).

Сталинская премия второй степени (1943) за научный труд «Статика сыпучей среды» (1942); Сталинская премия второй степени (1952) за научный труд «Теория пластичности» (1950; 2-е издание); четыре ордена Трудового Красного Знамени; орден «Знак Почёта»; Заслуженный деятель науки и техники РСФСР (1971); член-корреспондент АН СССР (1946); Иностраннный член Польской Академии Наук (1959).

МЕХАНИКА ЗЕРНИСТЫХ СРЕД, КАК АЛЬТЕРНАТИВА ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

В эпоху постоянного увеличения спроса на перевозку грузов и пассажиров непрерывно происходит процесс повышения требований, предъявляемым к транспортной отрасли. Последнее, в свою очередь, связано с обеспечением безопасности движения на автодорожном и железнодорожном транспорте; увеличением долговечности мостовых конструкций и водопропускных сооружений; изменением в большую сторону межремонтных периодов; повышением скоростей и осевых нагрузок и т.д. Очевидно, что для решения данных вопросов необходим комплексный подход, учитывающий множество факторов таких как инженерно-геологические, топографические, экономические и пр. При этом не последнее место занимает нормативно-правовое обеспечение деятельности инженеров в различных процессах обслуживания отрасли. Действующие и будущие нормативные документы должны являться «флагманом» в развитии транспортной инфраструктуры, учитывать особенности текущего уровня развития человечества, максимально соответствовать всем современным требованиям, предъявляемым к содержащимся в них расчетным методикам, а также предвидеть перспективные направления развития отрасли. Но, к сожалению, это не так, поскольку зачастую нормы по проектированию, строительству и эксплуатации носят консервативный сдерживающий характер. Например, принятые в расчетных методиках действующих нормативных документов по проектированию дорожных одежд за основу предпосылки традиционных теорий, некоторым из которых уже более 200 лет, не позволяют сегодня с достаточной долей вероятности прогнозировать поведение сооружений из сыпучих материалов под действием различных факторов в процессе строительства и эксплуатации. Именно по этой причине у нас появилась идея поделиться своими знаниями и мыслями с читающими этот журнал специалистами своего дела в части применения других теорий для интеграции с текущими проблемами проектирования сооружений из малосвязных грунтов (насыпи, дорожные одежды, основания, каменные наброски и т.д.).

В настоящем разделе журнала мы будем выкладывать информацию в виде статей, разъяснений и размышлений касательно нашего видения применения расчетных методик для проектирования сооружений из малосвязных грунтов преимущественно с позиции механики зернистых сред, основоположником которой является Иван Иванович Кандауров. Первые выпуски будут посвящены разъяснению некоторых предпосылок и «инструментов» теории. В последующих номерах мы будем печатать новые наработки в части интеграции данной теории с действующими расчетными методиками.

Не пройдем мимо дискретно-элементного метода (DEM), активно развивающимся на западе.

Надеемся данный раздел журнала окажется полезным для специалистов проектных подразделений и служб Заказчика всех уровней, а также позволит расширить горизонты мышления пытливого ума инженера.

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЗЕРНИСТОЙ СРЕДЕ, В ТОМ ЧИСЛЕ АРМИРОВАННОЙ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

В статье рассмотрены особенности распределения вертикальных напряжений в армированном слое зернистого материала. Представлен сравнительный анализ данных полученных экспериментальным путем и аналитическим на основе теории зернистых сред и теории упругости. Предложен новый подход к аналитическому учету особенностей формирования структуры армированного слоя на разных этапах его уплотнения при помощи промежуточных коэффициентов распределительной способности. Даны общие рекомендации по перспективным направлениям в изучении эффективности армирования слоев зернистого материала.

редакция журнала «ТГ»

Введение

Эффективность армирования геосинтетическими материалами слоёв из зернистого материала проверена и доказана многочисленными экспериментальными работами в полевых и лабораторных условиях. Но, к сожалению, на сегодняшний день нет расчетной модели и математического аппарата, достаточно полно описывающих природу армированного слоя зернистого материала для целей расчетно-теоретического обоснования проектных решений.

В теории деформации слой сыпучего материала рассматривается как сплошной и изотропный, а связь между вертикальными и горизонтальными напряжениями выражается через коэффициент бокового давления грунта, зависящий от коэффициента Пуассона, не учитывающего всех особенностей природы дискретной среды. Эпюры распределения по глубине горизонтальных напряжений по боковым граням модели представлены на рисунке 1. При

этом наличие армирующих прослоек никак не влияет на характер распределения горизонтальных напряжений от собственного веса грунта (рис. 1 а). В случае б) разница обуславливается перестройкой сетки модели при добавлении армирующего элемента.

Согласно [1] горизонтальные напряжения связаны с вертикальными в общем виде тоже через коэффициент бокового давления, но изменяющийся по глубине. Это связано с тем, что в массиве частицы не имеют одинаковой геометрической формы, «упакованы» друг относительно друга случайным образом и между ними возникают силы трения разные по величине. Таким образом, частица передает усилия не на две нижележащие частицы, а на их большее количество. Очевидно, что при учете особенностей структуры зернистого слоя эпюра горизонтальных напряжений будет выглядеть иначе (рис. 3). На рисунке 2 представлена компьютерная модель зернистой среды, выполнен-

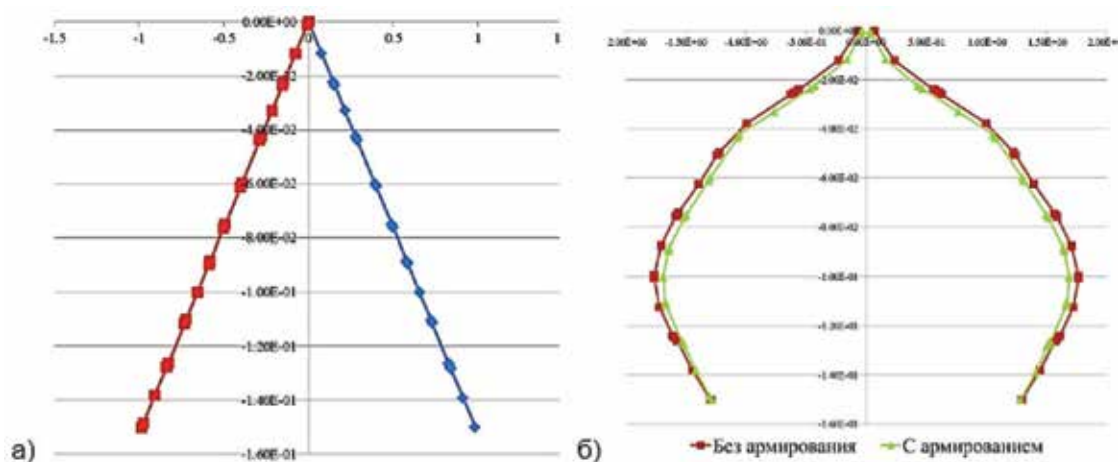


Рис. 1. Распределение горизонтальных напряжений на границах модели (на основе моделирования в программном комплексе Plaxis 2D): а) – до приложения нагрузки; б) – после приложения нагрузки

Другой взгляд

ная в программном комплексе «Универсальный механизм» (разработчик ООО «Вычислительная механика», г. Брянск) [2].

На рисунке 3 сверху представлена фаза сформированной случайным образом структуры зернистого слоя с эпюрами распределения горизонтальных напряжений от собственного веса по боковым стенкам модели. Напряжения распределяются не линейно как в сплошных средах. После приложения нагрузки произошла переупаковка частиц, вследствие чего возникло изменение величин горизонтальных напряжений (рис. 3 снизу). При добавлении армирующих элементов в компьютерную модель зернистой среды были получены эпюры горизонтальных

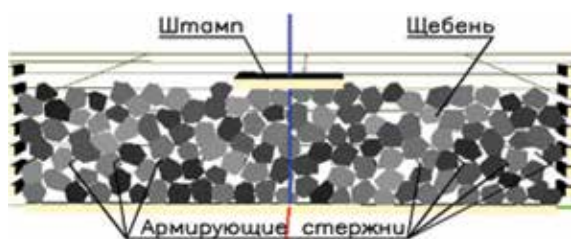


Рис. 2. Компьютерная модель дискретной среды

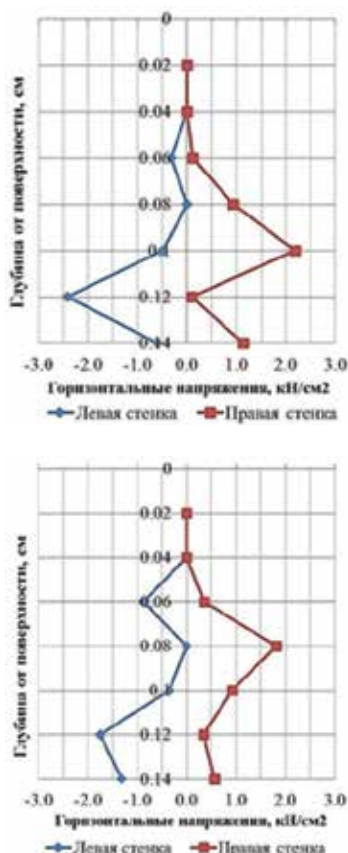


Рис. 3. Распределение горизонтальных усилий в неармированной дискретной среде на границах модели: сверху — до приложения нагрузки; снизу — после приложения нагрузки

усилий на боковых гранях модели (рис. 4) качественно отличающиеся от эпюр, полученных в экспериментах с неармированной средой (рис. 3).

Анализируя эпюры распределения горизонтальных усилий до и после приложения вертикальной нагрузки в неармированной (рис. 3) и армированной (рис. 4) сыпучих средах можно сделать вывод о том, что во втором случае обеспечивается большая устойчивость среды к изменению структуры, т.е. упаковки частиц. Таким образом подтверждается предположение высказанное в работе [3] о создании геосинтетическими материалами более устойчивой структуры слоя к горизонтальным деформациям под действием вертикальной нагрузки.

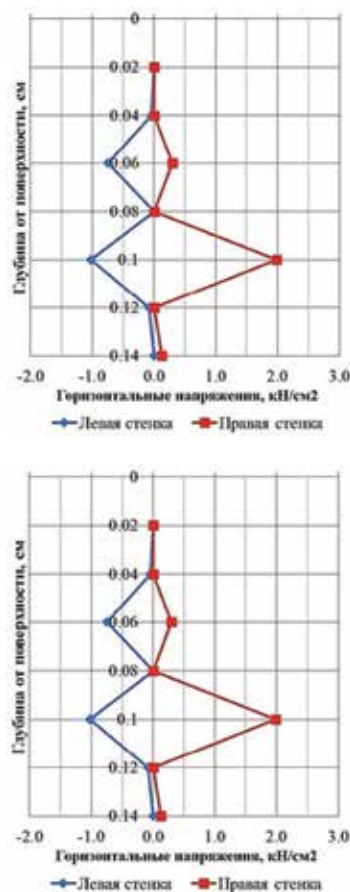


Рис. 4. Распределение горизонтальных усилий в армированной дискретной среде на границах модели: сверху — до приложения нагрузки; снизу — после приложения нагрузки

В ходе выполнения экспериментальной работы с компьютерной моделью армированного слоя зернистого материала были также получены эпюры распределения вертикальных напряжений по горизонтали (рис. 5) от действия нагрузки передаваемой штампом. В качестве расчетной использовалась формула (1).

$$\sigma_z = \frac{\rho}{4} \left(\Phi \left(\frac{x+b}{z\sqrt{2v}} \right) - \Phi \left(\frac{x-b}{z\sqrt{2v}} \right) \right) \times \left(\Phi \left(\frac{y+a}{z\sqrt{2v}} \right) - \Phi \left(\frac{y-a}{z\sqrt{2v}} \right) \right) \quad (1)$$

где ρ - интенсивность прикладываемого давления, kH/m^2 ; v - коэффициент распределительной способности грунта слоя или основания; b, a - половина ширины полосы загрузки вдоль оси X и оси Y соответственно, м; x, y, z - координаты исследуемой точки в осях XOZ и YOZ , м; σ_z - вертикальные напряжения, kH/m^2 ; Φ - интеграл ошибок.

Кривые распределения вертикальных напряжений, полученные с использованием решений [1], показывают большую сходимость с результатами эксперимента, в отличие от значений, полученных по теории деформации [4] по формуле (2).

$$\sigma_z = \frac{P}{\pi} \left(\arctg \left(\frac{a-x}{z} \right) + \arctg \left(\frac{a+x}{z} \right) \right) - \frac{2aP}{\pi} \cdot \frac{z(x^2 - z^2 - a^2)}{(x^2 + z^2 - a^2) + 4a^2 z^2} \quad (2)$$

где x, z - координаты исследуемой точки в массиве в осях XOZ ; P - интенсивность равномерно распределенной нагрузки; a - половина ширины полосы загрузки.

В формуле (1) неизвестной величиной является v - коэффициент распределительной способности зернистого грунта. В своих работах автор механики зернистых сред определяет v экспериментальным путем, по величине вертикального напряжения σ_z , измеренного на датчике давления, размещенном в грунте, по которому, решая обратную задачу, получает искомый коэффициент.

Для сравнения величин вертикальных напряжений определенных по формуле (1) и полученных экспериментальным путем были использованы исследования выполненные специалистами Гипродорнии с участием НИИОСП им. Н. М. Герсеванова [5]. Испытания выполня-

лись в лотке размером $4 \times 14 \times 6$ м. Поведение армированных песчаных грунтов изучали статическим нагружением их через жесткий металлический штамп диаметром 50 см нагрузкой до 0,45 МПа, которую, прикладывали ступенями 0,025–0,05 МПа. На рисунке 6 представлены графики распределения вертикальных напряжений по горизонтали в неармированном и армированном песчаном слоях.

В данном примере неизвестная величина v определялась для трех случаев - не армированного $v^{6/a} = 0,2290$, армированного фильтровальным полотном $v^{\phi.n} = 0,2514$ и армированного нетканым материалом $v^{h.m} = 0,3018$ песка.

Анализируя полученные результаты можно сделать следующие выводы.

- Кривые, построенные по решениям механики зернистых сред, показывают высокую сходимость с экспериментальными данными;
- В случаях с применением геосинтетических материалов в), г), д), е) наблюдается уменьшение величин вертикальных напряжений, что соответствует увеличению коэффициента;
- При приложении нагрузки равной 0,3 МПа во всех случаях б), г), е) наблюдается недобор величин напряжений по оси штампа, полученных теоретическим путем, в отличие от экспериментальных. Данный факт обусловлен принятием в расчетах, при определении величины v , постоянного расстояния 35 см от штампа до датчика давления в грунте, хотя данное значение, очевидно, будет переменным;

В 2009 году в Дальневосточном государственном университете путей сообщения были выполнены лотковые испытания, для чего в металлический лоток размером $2 \times 2 \times 1,8$ м был засыпан песок мощностью 0,5 м и щебеночно-песчаная смесь С5 мощностью 0,3 м. Штаповые испытания выполнялись для указанной конструкции дорожных одежд и для конструкции с добавлением в слой готовой смеси С5 армиру-

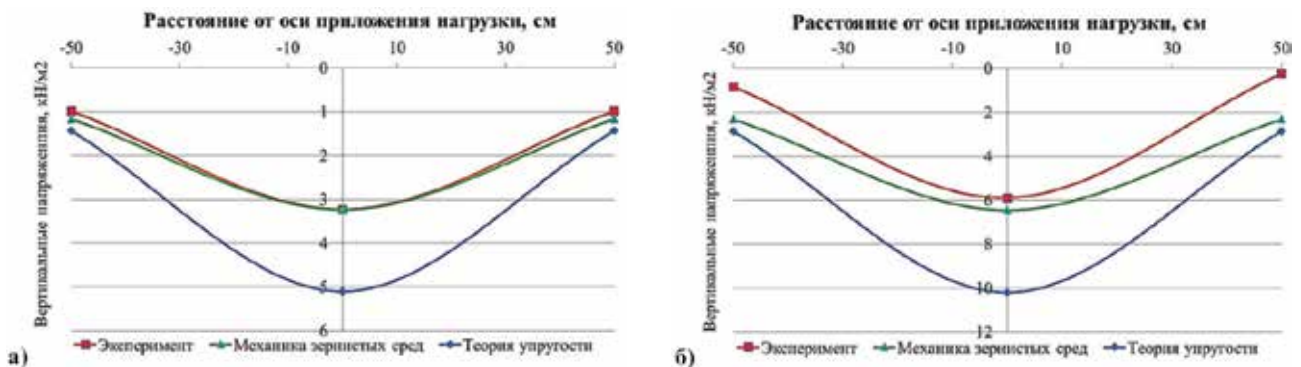


Рис. 5. Распределение вертикальных напряжений по горизонтальному сечению на глубине 50 см в армированном сыпучем грунте: а) при приложении нагрузки $14,15 \text{ kH/m}^2$; б) - $28,29 \text{ kH/m}^2$

Другой взгляд

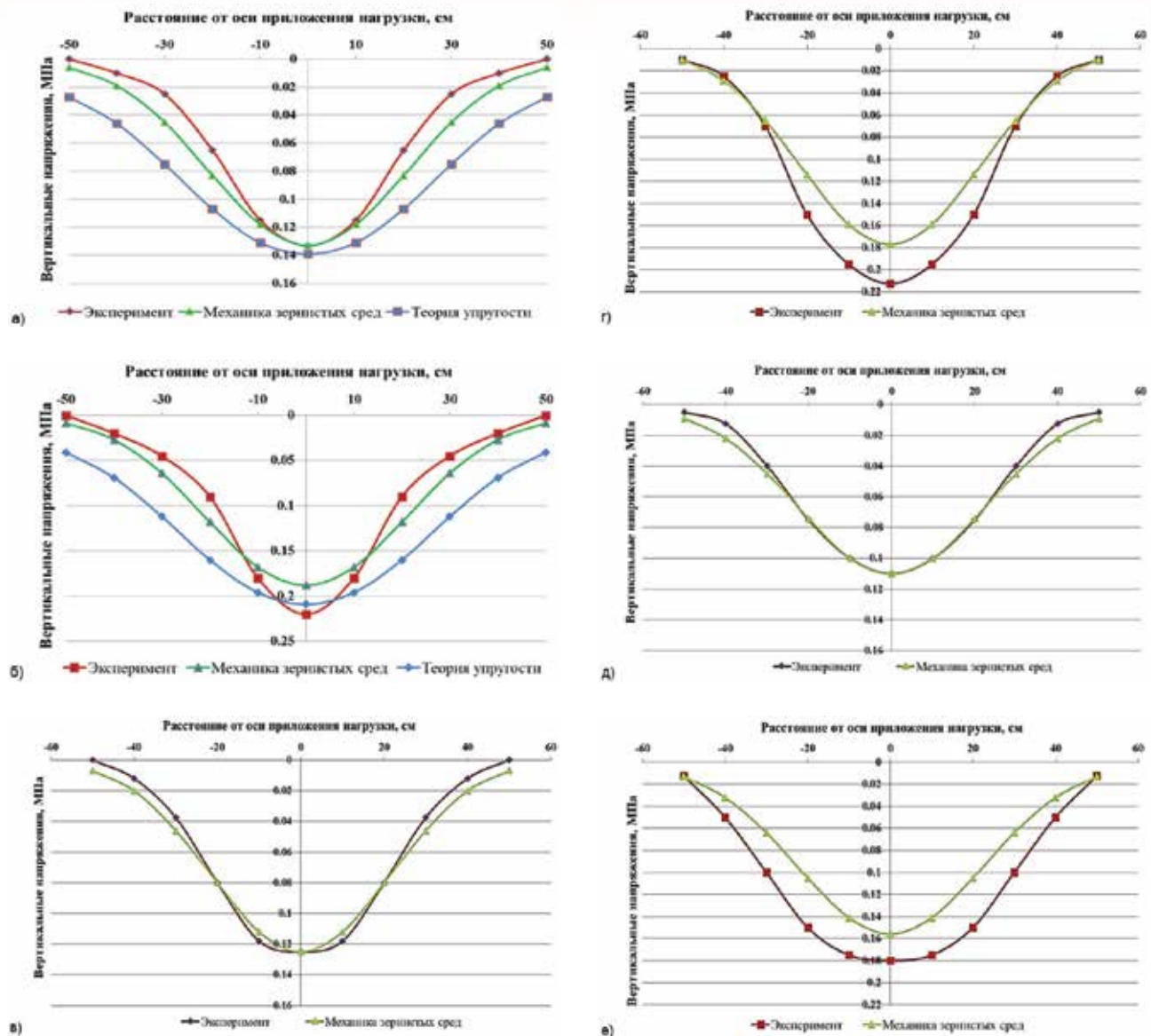


Рис. 6. Распределение вертикальных напряжений по горизонтальному сечению на глубине 35 см в неармированном песчаном грунте: а) – при приложении нагрузки 0,2 МПа (без армирования); б) – 0,3 МПа (без армирования); в) – 0,2 МПа (с армированием фильтровальным полотном); г) – 0,3 МПа (с армированием фильтровальным полотном); д) – 0,2 МПа (с армированием нетканым материалом); е) – 0,3 МПа (с армированием нетканым материалом)

ющего элемента в виде интегральной георешетки [6]. На рисунке 7 представлены экспериментальные и теоретические кривые вертикальных напряжений, по оси прикладываемой нагрузки, в зависимости от величины давления на штамп.

На рисунке 8 представлены графические зависимости изменения коэффициента в зависимости от интенсивности прикладываемого давления, а также участки с линейным приращением коэффициента ν .

Анализируя графические зависимости для неармированного грунта (рис. 7 а) – 8 а) можно сделать следующие выводы

– Согласно механики зернистых сред [1] сыпучий грунт под нагрузкой должен иметь толь-

ко вертикальную деформацию, т.е. «работать» в упругой стадии. Поэтому в теоретических расчетах были приняты постоянные величины для неармированной конструкции и для армированной, вычисленные как средние от каждой ступени нагрузки. На рисунке 7 а) отчетливо видно расхождение экспериментальной и теоретической кривых, т.е. в испытуемом грунте, по мере увеличения нагрузки на штамп, происходило нарушение предельного равновесия между частицами, что привело к их непрерывной переупаковке и, очевидно, изменению коэффициента ν ;

– Основываясь на предыдущем выводе – на рисунке 8 а) можно выделить три линейных

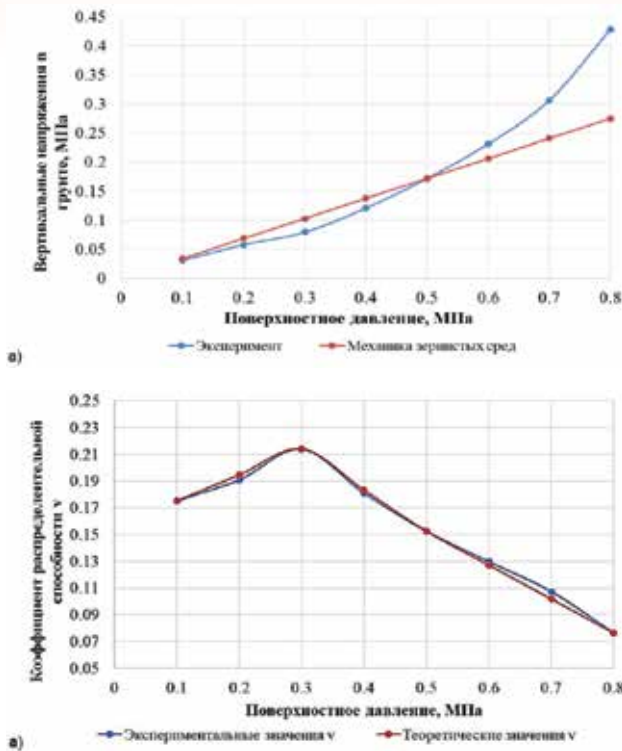


Рис. 7. Изменение вертикальных напряжений: а) – в неармированной, б) – армированной смеси С5

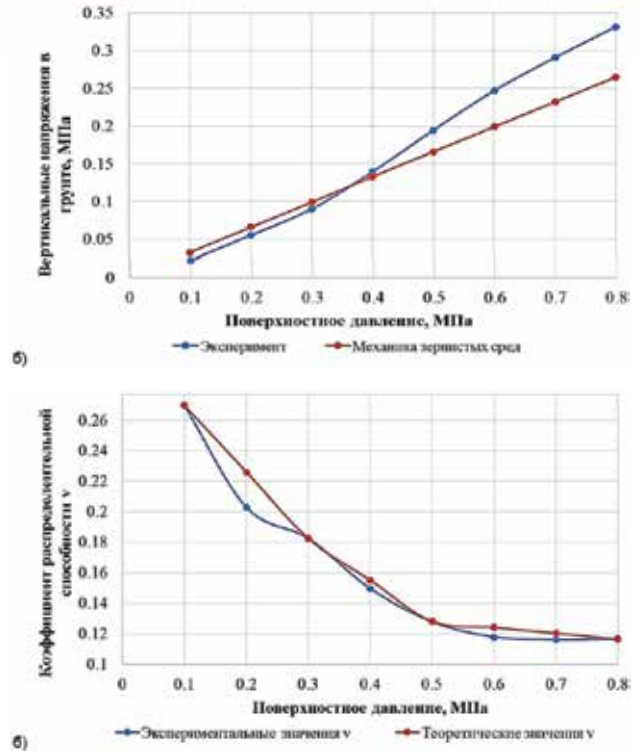


Рис. 8. Изменение коэффициента v в зависимости от интенсивности прикладываемого давления: а) – для конструкции без армирования; б) – для конструкции с армированием

участка для нагрузок 0,1 – 0,3; 0,3 – 0,5; 0,5 – 0,8 МПа между которыми происходило резкое изменение приращения коэффициента v , т.е. структура упаковки частиц менялась наиболее выразительно.

Анализируя графические зависимости для армированного грунта (рис. 7 б) – 8 б) можно сделать следующие выводы

- Наличие армирующей прослойки позволяет добиться более устойчивой к изменению структуры зернистого грунта, выражающееся в линейном соотношении между величинами прикладываемых нагрузок и фактических измеренных напряжений в слое в интервале давлений 0,1 – 0,3; 0,3 – 0,5; 0,5 – 0,8 МПа. Для данных интервалов давлений в структуре среды происходила переупаковка частиц, которая приводила к изменению приращения коэффициента v и, как следствие, характера распределения напряжений;

- Значимое изменение коэффициента v прекращается при приложении нагрузки 0,5 МПа. Это обусловлено реализовавшимся процессом уплотнения слоя зернистого материала и поздним включением в работу георешетки.

Основываясь на предположении об изменении v и на ранее сделанных выводах про интерполируем величины данного коэффициента

между начальным и конечным значениями для определенных ступеней приложения нагрузки. Таким образом, получим теоретические значения начального v_n , промежуточных v_{n+i} и конечного v_k коэффициентов для неармированного и армированного грунтов (рис. 8 а), б) для интервалов нагрузок 0,1 – 0,3; 0,3 – 0,5; 0,5 – 0,8 МПа.

Подставив значения v_n , v_{n+i} , v_k соответствующие определенным ступеням давления, в формулу (20), очевидно, получим иной характер изменения теоретических величин вертикальных напряжений (рис. 9).

Анализируя кривые рисунка 9 можно сделать вывод о высокой сходимости теоретических и экспериментальных данных. Таким образом, учитывая изменение коэффициента распределительной способности v в процессе уплотнения конкретного зернистого материала можно получить переменный характер распределения вертикальных напряжений в слое в зависимости от величины прикладываемой нагрузки.

Список литературы

1. Кандауров И. И. Механика зернистых сред и ее применение в строительстве: научное издание. – 2-е изд. испр. и перераб. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1988. – 280 с. ил.
2. Бидуля А. Л. Компьютерное моделирование железнодорожного балласта в плоской

Другой взгляд

твердотельной постановке [Электрон. ресурс] – 2004 / А. Л. Бидуля, Д. Г. Агапов, Д. Ю. Погорелов. – Режим доступа: http://umlab.ru/download/docs/rus/agarov_vestnik.pdf.

3. Журавлёв И. Н. Оценка влияния геоматериалов на напряженно-деформированное состояние железнодорожного земляного полотна: дис. ...канд. техн. наук / Петербургский государственный университет путей сообщения. СПб., 2005. 197 с.

4. Механика грунтов, основания и фундаменты: учеб. пособие / В. В. Семёнов и др.; под

общ. ред. С. Б. Ухова; МГСУ. – 2-е изд., стереотипное. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2005. – 528 с.

5. Синтетические текстильные материалы в транспортном строительстве: А. Г. Полуновский и др.; под ред. В. Д. Казарновского. – М.: Транспорт, 1984. – 159 с. ил.

6. Федоренко Е. В. Геотехнологии и геосинтетические материалы в транспортном строительстве: информационная книга. – СПб.: МИАКОМ, 2011. – 89 с.

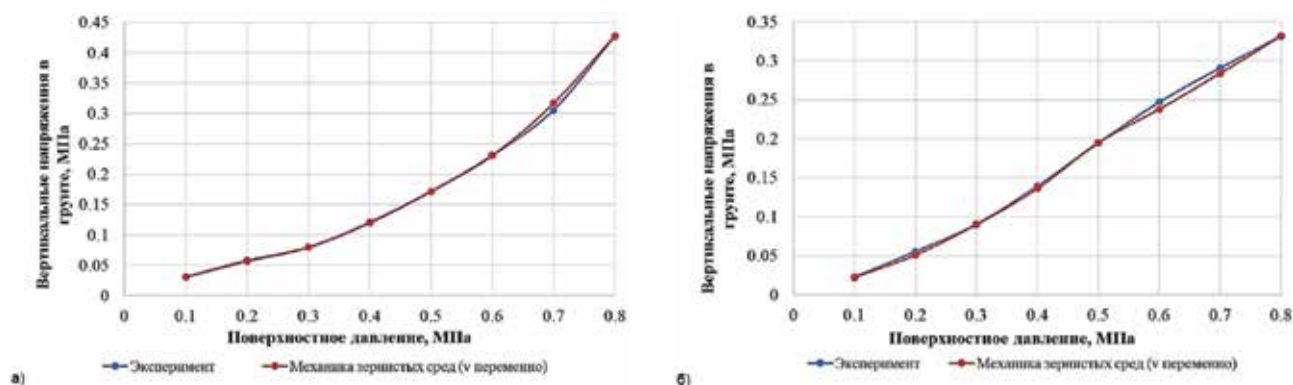


Рис. 9. Изменение вертикальных напряжений: а) в неармированной и б) в армированной смеси С5 при переменном значении v

НЕМНОГО О ТЕОРИИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ В МЕХАНИКЕ ЗЕРНИСТЫХ СРЕД

В продолжение темы о зернистых средах предлагаем немного затронуть теорию вероятностей, умело используемую Кандауровым И. И. в своей вероятностно-имитационной модели зернистой среды. Данный пример Иван Иванович представил в своей книге 1988 года о механике зернистых сред.

Рассмотрим простейшую задачу об определении реакций возникающих в опорах балки, расположенной на двух опорах, к которой приложена вертикальная сосредоточенная сила (рис. 1). Давайте попробуем немного поразмышлять на счет разницы в подходах к решению данной задачи: условием равновесия и теорией вероятностей.

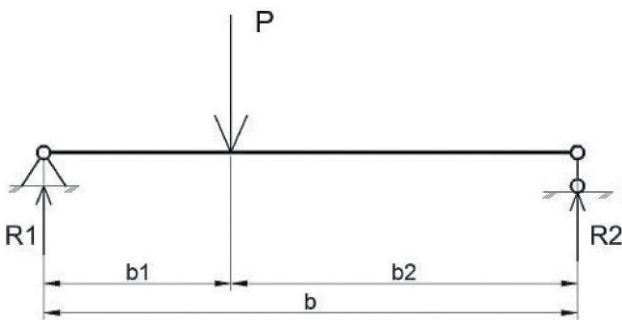


Рис. 1. Общий вид задачи о балке на двух опорах

При первом способе имеем

$$R_1 = \frac{Pb_2}{b}; \quad R_2 = \frac{Pb_1}{b}$$

Получив данные решения, проектировщик утверждает, что при приложении нагрузки P в опорах будут такие реакции. Обратите внимание – в данном случае не учитывается тот факт, что на самом деле на строительном объекте нам едва ли удастся получить таких значений реакций опор. Это может быть связано с разными причинами, например, с тем, что геометрия балки не идеальная, не точно приложена нагрузка в расчетном месте, да и опоры какие-то кривоватые оказались... Нет инструмента комплексной оценки фактических реакций опор с учетом действия различных негативных факторов. Конечно, можно возразить: «Мы же сделали запас при расчетах...».

В принципе да, но каков критерий назначения этого запаса? Не оказался ли он великоват или маловат?

При решении данной задачи с привлечением теории вероятностей мы получим следующее решение. Так как все точки балки пролетом b обладают равными возможностями в отношении приложения нагрузки, то плотность распределения

вероятности будет равномерной и равной частному от деления единицы на b :

$$f(x) = \frac{1}{b}$$

Определим вероятности распределения нагрузки между опорами 1 и 2:

$$q_1 = \int_{b_1}^b \frac{1}{b} dx = 1 - \frac{b_1}{b}$$

Помня о том, что q_1 и q_2 в сумме равны единице имеем:

$$q_2 = \frac{b_1}{b}$$

В итоге мы получим математические ожидания реакции опор от приложения нагрузки P :

$$R_1 = Pq_1$$

$$R_2 = Pq_2$$

В дальнейшем применяя распределение вероятностей, например, по Гауссу мы сможем учесть различные факторы на строительной площадке при помощи отклонения и получить более достоверные (честные!) результаты. Таким образом удастся оценить каков должен быть тот самый коэффициент запаса. При разных решениях численные значения результатов получаются одинаковые, но вот трактовка их может быть разной.

На этом простом примере И. И. Кандауров дает нам понять, что в зернистых средах, применяя детерминированный подход, достаточно точно сказать как распределяются различные компоненты напряжения в слое, например, щебня под нагрузкой не представляется возможным. Но, применяя вероятностный подход возможно максимально учитывать различные факторы, получать вероятности распределения напряжений и оценивать приемлемость.

РАСЧЕТ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД ПРОИЗВОДИТСЯ ПО ОДМ 218.5.002-2008

«Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожных одежд из зернистых материалов» и основан на условном показателе деформативности $E'R$, который определяется отношением растягивающего усилия RR к относительному удлинению ϵR .

Например геосетка ГЕО ДС 40/40, согласно техническим характеристикам, удлиняется на 2% при усилии 15 кН/м, следовательно, условный показатель деформативности $E'R = 15/0,02 = 750$ кН/м.

А знаете ли Вы, что?

Георешетка из полипропилена с прочностью на разрыв 30 кН/м имеет показатель $E'R=550$ кН/м.

Полиэфирная сетка, с близким значением $E'R$ должна обладать прочностью не менее 60 кН/м.

Из сказанного следует, что при расчете дорожных одежд не следует выбирать материалы, основываясь на их разрывной прочности, а так же удлинении при разрыве!

В настоящее время расчеты зернистых сред армированных геосинтетическими материалами (дорожные одежды и аналогичные им конструкции) осуществляется на основе ОДН 218.046-01 с учетом ОДМ 218.5.003-2010 и ОДМ 218.5.002-2008 путем проверки допускаемого упругого прогиба и сдвигоустойчивости. При расчете по допускаемому прогибу ОДН 218.046-01 не регламентирует применение геосинтетических прослоек, для учета их наличия необходимо обратиться к ОДМ 218.5.002-2008, который позволяет определить коэффициент армирования для расчетного общего модуля упругости неармированной конструкции (определяется по ОДН 218.046-01). В этом документе такие материалы как мультиориентированные и двухосноориентированные георешетки не разделяются. При расчете сдвигоустойчивости в ОДН 218.046-01 учет геосинтетических прослоек осуществляется применением коэффициента k_d , который зависит только от вида грунта армированного слоя и не зависит от типа применяемого геосинтетического материала. Таким образом, нормативно-методические документы не отличают георешетки двухосноориентированные от мультиориентированных. В принятых методиках расчета участвует только осевая жесткость, а геометрические параметры учитываются косвенно.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ РАСЧЕТОВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

В расчетах дорожных одежд в соответствии с ОДН 218.046-2001 «Проектирование нежестких дорожных одежд» используются следующие теоретические предпосылки – в качестве расчетной модели дорожной одежды, принято слоистое линейно-деформируемое (упругое) полупространство, на поверхность которого действует вертикальная нагрузка, распределенная равномерно по площади круга. Принятие такой модели дает основание использовать для теоретического исследования полного напряженно-деформированного состояния всех слоев дорожной одежды и грунта земляного полотна методы теории упругости, применяемые обычно для решения задач с осевой симметрией. Учет влияния соседних колес транспортных средств на распределение напряжений в конструкции дорожной одежды не выполняется. Применительно к геосинтетическим материалам – расчетная методика не учитыва-

ет изменение величины предельного активного напряжения сдвига $T_{пр}$ при закладке нескольких слоев армирующего материала. Учитывается только наличие одной прослойки в конструкции дорожных одежд при помощи коэффициента k_d .

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА УСТРОЙСТВА СЛОЕВ ОСНОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД И ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

В Российской Федерации для оценки качества уплотнения конструктивных слоев основания и подстилающего слоя применяется метод сравнения плотности выемки грунта с плотностью того же грунта полученной в лабораторном приборе стандартного уплотнения СоюздорНИИ. Результатом сравнения является коэффициент уплотнения K_u . Следует отметить, что коэффициент уплотнения или плотность грунта не позволяют оценивать долговечность дорожного полотна. Гораздо важнее контролировать в процессе строительства прочностные и деформационные свойства конструктивных слоев оснований дорожных одежд и грунта земляного полотна, поскольку именно они, согласно ОДН 218.046-01, используются при проектировании. Поэтому, более корректно и правильно, контролировать путем сопоставления прочностных и деформационных характеристик, измеренных фактически на строительном объекте с проектными. Для этих целей в соответствии с ОДМ 218.3.023-2012 может использоваться штамповое оборудование. Сущность метода заключается в определении обратимого прогиба нежесткой дорожной одежды, возникающего после снятия с нее статической нагрузки, приложенной через жесткий штамп. Методика штамповых испытаний с использованием статического жесткого штампа отличается сложностью и трудоемкостью, что связано с монтажом тяжелого оборудования, специальной подготовкой грунтов к испытаниям, затратами времени на изучение характера осадки. Поэтому в случаях, когда сложно или чрезмерно долго выполнять измерения уплотнения статическим методом, допускается применение динамических штамповых испытаний по ОДМ 218.2.024-2012, которые позволяют значительно быстрее оценить состояние контролируемого объекта. Также на применение данного способа для измерения модуля упругости грунтов указывается следующих нормативных документах:

СТО НОСТРОЙ 2.25.26-2011. Строительство земляного полотна автомобильных дорог. Часть 4. Разработка выемок в скальных грунтах и возведение насыпей из крупнообломочных пород.

СТ СЭВ 5497-86. Дороги автомобильные международные. Определение несущей способности дорожных конструкций и их конструктивных

слоев установкой динамического нагружения (УДН).

ОБ УГЛЕ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ

В механике грунтов, положенной в основу зарубежных программ типа Plaxis и GEO5 МКЭ, для нормально уплотненных грунтов считается, что сцепление равно нулю, а угол внутреннего трения зависит от типа грунта (увеличивается с уменьшением числа пластичности) [1]. Такое положение не увязывается с представлениями, принятыми в отечественной механике грунтов для инженеров транспортного строительства: глина всегда имеет сцепление.

Все дело в том, что при испытании на срез стандартная интерпретация результатов основана на использовании пиковой прочности (максимальной), а предельная прямая определяется известными параметрами прочности c' , ϕ' (прямая 1 на рис. И4 справа). Пиковая прочность соответствует малым деформациям (менее 1-5%) и не характерна для высокопластичных глин (с влажностью на границе текучести более 50%). Для таких грунтов используется критическая прочность и соответствующий угол трения ϕ_{cr} [1].

Критическая прочность применяется при расчете напряженно-деформированного состояния грунтовых оснований с помощью семейства моделей Cam-Clay [1]. На нижнем графике рисунка 1 критическая прочность показана линией 2. Также стоит отметить, что прочность, определяемая пиковым значением при малых величинах напряжений, не имеет линейного характера (на рис. 1 сверху показано пунктирной линией). Поэтому некоторые программы по расчетам устойчивости (например, SLOPE/W) предоставляют пользователю возможность кусочно-линейной аппроксимации или использование не касательного, а секущего угла внутреннего трения.

Помимо критической прочности выделяют остаточную (ϕ_{rest}). Эта прочность остается одинаковой при любом эффективном давлении для нормально уплотненных и переуплотненных глин, она не зависит от истории нагружения и может рассматриваться как фундаментальное свойство глинистых грунтов. Остаточную прочность рекомендуется применять при расчете склонов, уже имеющих определенные подвижки.

Список литературы

1. Болдырев Г. Г. Методы определения механических свойств грунтов. Состояние вопроса. Пенза: ПГУАС, 2008.

УДЕЛЬНЫЙ ВЕС ГРУНТА γ_{sat} и γ_{unsat}

Водонасыщенные грунты, имеющие в порах свободную воду и минимальную площадь контактов всех частиц, характеризуются восприятием

каждой частицей давления окружающей воды, равнодействующая сила направлена вверх. Таким образом, осуществляется полное взвешивание грунта.

В случае глинистых грунтов их нельзя считать имеющими точечные контакты между частицами, как в песках. Скорее эти контакты в виде площадок, по которым гидростатическое давление не передается. Таким образом, давление окажется меньше, чем в песчаных грунтах, и эффект взвешивания проявится в меньшей степени.

В.А. Флорин предложил учитывать взвешивание для всех грунтов, за исключением плотных глинистых разностей, считается, что в таком случае погрешности расчета идут в запас прочности.

Учет взвешивания грунтов приводит к уменьшению напряжений от собственного веса и снижению устойчивости. При взвешивании грунтов увеличивается мощность активной зоны, вследствие чего возрастает осадка [1].

Для тех, кто впервые столкнулся с программой Plaxis или начал осваивать GEO5, первый вопрос, который вызывает серьезные затруднения, – как задать показатель γ_{sat} или удельный вес водонасыщенного грунта. Вся проблема в том, что в классическом представлении (механика грунтов, описываемая Н. А. Цытовичем [2]) расчет осадки осуществляется для ее конечного состояния, то есть без порового давления и консолидации, а время реализации осадки – отдельная задача. Такой вариант предполагает относительно медленное возведение зданий на не полностью водонасыщенных грунтах (водонасыщенные грунты требуют свайного фундамента). Поэтому расчет напряжений от внешней нагрузки ведется в эффективных значениях, а для этого необходимо знать такую величину как γ_{sb} . Программы Plaxis и GEO5

$$\gamma_{sat} = \gamma_s(1 - n) + n\gamma_w,$$

МКЭ решает задачу путем определения порового давления, полных и эффективных напряжений, поэтому им требуется такой показатель удельного веса, чтобы можно было все эти расчеты выполнить, а именно γ_{sat} :

где γ_s – удельный вес частиц грунта; γ_w – удельный вес воды; n – пористость грунта,

$$n = 1 - \frac{\gamma_d}{\gamma_s},$$

где γ_d – удельный вес скелета грунта,

$$\gamma_d = \frac{\gamma}{1 + 0,01W},$$

где γ – удельный вес грунта ненарушенной структуры (γ_{unsat}),

А знаете ли Вы, что?

$$\gamma_d = K_{упл} \cdot \gamma_d^{max},$$

где γ_d^{max} – максимальный удельный вес скелета грунта (максимальная плотность); $K_{упл}$ – требуемый коэффициент уплотнения.

Пример 1:

По заданным основным характеристикам глинистого грунта $\gamma_s = 28,5 \text{ кН/м}^3$; $\gamma = 18,6 \text{ кН/м}^3$; $W = 8\%$ вычислить параметры γ_{sat} и γ_{unsat} . $\gamma_{unsat} = \gamma = 18,6 \text{ кН/м}^3$;

$$\gamma_d = \gamma / (1 + 0,01W) = 18,6 / (1 + 0,01 \cdot 8) = 17,22 \text{ кН/м}^3;$$

$$n = 1 - \gamma_d / \gamma_s = 1 - 17,22 / 28,5 = 0,40;$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_s (1 - n) + n \gamma_w = 28,5 (1 - 0,40) + 0,40 \cdot 10 = 21,1 \text{ кН/м}^3.$$

Пример 2:

По заданным основным характеристикам песчаного грунта

$\gamma_s = 26,6 \text{ кН/м}^3$; $\gamma_{d,max} = 17,41 \text{ кН/м}^3$; $W = 11,8\%$; $e = 0,61$; требуемый коэффициент уплотнения $K_{упл} = 0,95$ вычислить параметры γ_{sat} и γ_{unsat} .

$$\gamma_d = K_{упл} \cdot \gamma_{d,max} = 0,95 \cdot 17,41 = 16,54 \text{ кН/м}^3;$$

$$n = 1 - \gamma_d / \gamma_s = 1 - 16,54 / 26,6 = 0,378;$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_s (1 - n) + n \gamma_w = 26,6 \cdot (1 - 0,378) + 0,378 \cdot 10 = 20,3 \text{ кН/м}^3;$$

$$\gamma_{unsat} = \gamma_d (1 + w) = 16,37 \cdot (1 + 0,118) = 18,3 \text{ кН/м}^3.$$

В качестве наглядной иллюстрации ниже предлагается рис. 1.

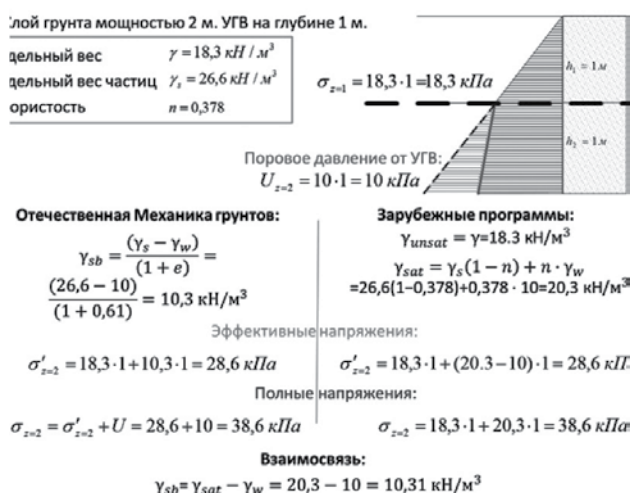


Рис. 1. Связь зарубежных программных комплексов и отечественной механики грунтов

В классическом представлении, направленном на расчеты фундаментов, осадка вычисляется, как правило, только конечная, поэтому расчет производится только для эффективных напряжений ($\sigma' = 28,6 \text{ кПа}$). Транспортные сооружения не имеют критерия для ограничения величины осадки, критичным считается время ее реализации (консолидация), поэтому программы по расчету должны знать полные напряжения ($\sigma = 38,6 \text{ кПа}$). Как видно, разница между зарубежным весом обводненного грунта γ_{sat} и отечественным γ_{sb} заключается в удельном весе воды.

Другие зависимости для определения γ_{sat} :

$$\gamma_{sat} = \gamma_d + \left(\frac{e}{1 + e} \right) \gamma_w;$$

$$\gamma_{sat} = \gamma_d + n \cdot \gamma_w$$

В качестве практической рекомендации можно привести следующие соображения (каждый геотехник должен решать сам, как ему поступать): влияние разницы в удельных весах сухого и водонасыщенного состояния грунта наиболее существенно сказывается на результатах расчетов осадки с учетом взвешивающего воздействия (только при численном моделировании с опцией Update Mesh) и расчетов устойчивости пойменных насыпей. В остальных случаях (в запас) можно принимать $\gamma_{sat} = \gamma_{unsat}$ тем более, что не всегда проектировщик знает, какой удельный вес грунта занесен в таблицу физико-механических свойств. В СП 22.13330.2011 рекомендуется назначать γ_{sat} при коэффициенте фильтрации больше $1 \times 10^{-5} \text{ м/сут}$ и $IL > 0,25$ (для глинистых грунтов).

Список литературы

1. Дашко Р. Э., Коган А. А. Механика грунтов в инженерно-геологической практике М.:Недра, 1977. – 237с.
2. Цытович Н.А. Механика грунтов: Краткий курс: Учебник. Изд. 6-е. – Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2011. – 272 с.

ПАТЕНТЫ И АВТОРСКИЕ СВИДЕТЕЛЬСТВА

В настоящем разделе журнала будут представлены некоторые патенты и авторские свидетельства так или иначе связанные с транспортной отраслью. Мысль, по поводу размещения данной информации в журнале, пришла к нам после ознакомления с работами Г. С. Альтшуллера, являющегося автором теории решения изобретательских задач (ТРИЗ), в которых он призывает специалистов своего дела непрерывно повышать уровень творческого воображения. Ведь только в этом случае у инженера появляется возможность полностью сбросить с себя инерцию мышления и взглянуть на окружающий его мир, в том числе и на решение повседневных рабочих задач, совершенно иначе.

Сегодня, буквально захлебываясь от информации, которая нас наполняет, очень трудно найти время и силы для ознакомления с современными открытиями или инновационными технологиями, не говоря уже об изучении результатов интеллектуального труда в области инженерного дела. По этой причине мы решили размещать в нашем журнале некоторые, наиболее креативные и смелые, результаты интеллектуального труда из области транспортного строительства. На наш взгляд, данная информация может оказаться очень полезной при невозможности или трудной реализации решения текущих задач традиционными способами. Иногда, представленные решения могут иметь отличный от общепринятого представления вид. В этом случае важно всегда помнить о том, что любые открытия или новшества встречаются «в штыхы». Последнее является особенностью работы нашего головного мозга, которому иногда просто лень сбросить шаблоны мышления, воспринять что-то новое и перестроиться на другой режим работы.

Зачастую, фантазия изобретателя, ровно как и писателя-фантаста, может уходить далеко за пределы традиционного (шаблонного) восприятия окружающего мира. Но, существует масса свидетельств того, что недавние фантастические идеи сегодня были воплощены в жизнь. Хорошими показателями тому являются, например, кинематографический фильм «Назад в будущее» (1985 г.), режиссером которого является Роберт Земекис или произведение «Двадцать тысяч лье под водой» (1869 г) Жюль Верна...

Деятельность инженера в первую очередь является творческой и ни в коем случае – механической. Но, к сожалению, это не всегда так. Повседневная рутина, непрекращающийся поток, иногда вовсе не нужной, информации и прочее не оставляют времени для творчества, фантазии.

Редакция журнала «ТГ» искренне надеется, что данный раздел позволит разжечь или поддержать интерес читателей к новому, малоизвестному и малоизученному, уменьшит инерцию мышления и изменит традиционные взгляды, не всегда правильные и эффективные, специалистов на решение тех или иных инженерных задач.

Редакция журнала «ТГ»

СПОСОБ И УСТРОЙСТВО СОЗДАНИЯ БЕЗОСТАНОВОЧНОГО И БЕЗОПАСНОГО ПРОЕЗДА АВТОМОБИЛЯМИ ПЕРЕКРЕСТКА, ЛЕЖАЩЕГО НА ОДНОМ УРОВНЕ

Патентообладатель: Гамидов Магомедриза Салихович

Авторы: Гамидов Гамид Салихович, Гамидов Магомедриза Салихович, Гамидов Магомед Магомедризаевич, Гераев Ренад Славикович, Ибрагимов Фахрудин Исмаилович, Яхьяев Насридин Яхьяевич

В современных условиях интенсификации автомобильного движения, особенно на пересечениях дорог улично-дорожной сети крупных городов, остро стоит вопрос по обеспечению безопасности движения, уменьшению транспортных задержек и увеличению скорости движения. Применяемые в настоящее время способы проезда перекрестка не позволяют разрешить эту проблему. В данном изобретении предлагается способ и устройство по созданию безостановочного и безопасного проезда автомобилями перекрестка улично-дорожной сети, лежащего на одном уровне. Достигается это тем, что автомобиль не пересекает этот перекресток, а лишь обходит его, заезжая на прилегающую справа дорогу и там разворачиваясь, двигается обратно к перекрестку и так до тех пор, пока автомобиль не выберет ту дорогу, по которой ему необходимо двигаться. 2 н.п. ф-лы, 1 ил.

Изобретение относится к области организации автомобильного дорожного движения, а точнее к организации движения на перекрестке улично-дорожной сети.

В современных условиях интенсификации автомобильного движения особенно на пересечениях дорог улично-дорожной сети крупных городов остро стоит вопрос по обеспечению безопасности движения, уменьшению транспортных задержек и увеличению скорости движения. Одним из эффективных способов быстрого и безопасного движения (проезда) на перекрестке это строительство транспортных пересечений на разных уровнях. Но они требуют огромных капиталовложений и их не всегда можно использовать в существующих улично-дорожных сетях.

В настоящее время для организации дорожного движения на перекрестках, лежащих на одном уровне, широко применяются светофорное управление [1]. Но светофорное управление имеет ряд недостатков. Переменный режим движения автомобилей, частые остановки и их скопление на перекрестке приводит, в общем, к уменьшению скорости движения автомобилей, к уменьшению скорости доставки грузов и пассажиров до места

назначения, а также к повышенному загрязнению окружающей среды продуктами выхлопа автомобилей.

На перекрестке применяют также организацию кругового движения. Но при большой интенсивности потока автомобилей, особенно в часы-пик, автомобили не могут въезжать в круг, что приводит к транспортным заторам на дороге.

Целью предлагаемого изобретения является способ и устройство по созданию безостановочного и безопасного проезда автомобилями перекрестка улично-дорожной сети, лежащего на одном уровне.

Способ безостановочного и безопасного проезда автомобилями перекрестка улично-дорожной сети заключается в следующем.

Вне зависимости от того, сколько дорог примыкают к перекрестку, автомобиль, чтобы попасть на одну из них, не пересекает перекресток, а поворачивает направо (при правостороннем движении) и выезжает на ближайшую с правой стороны дорогу. Проезжает по ней некоторое расстояние, затем разворачивается налево, переходит на направление встречного движения и по ней двигается обратно до перекрестка. На перекрестке снова поворачивает на ближайшую с правой стороны дорогу и двигается по ней и т.д. В данном способе автомобиль не пересекает перекресток, а объезжает его. Если рассматривать все примыкающие к перекрестку дороги и автомобили на этих дорогах, то автомобилям, движущимся по этим дорогам, чтобы попасть на одну из дорог за перекрестком, необходимо повернуть направо на ближайшую с правой стороны дорогу и проехать по ней некоторое расстояние, затем повернуть налево, на направление встречного движения и проехать по ней обратно к перекрестку, снова повернуть направо на ближайшую справа дорогу, проехать по ней некоторое расстояние и повернуть налево на направление встречного движения и двигаться до перекрестка и т.д., до тех пор пока автомобиль не выберет примыкающую к перекрестку дорогу, по которой ему необходимо двигаться.

При этом на участке дороги, где автомобиль поворачивает налево и выезжает на левую крайнюю полосу направления встречного движения, устанавливаются направляющие островки безопасности, которые позволяют выехать автомобилю на эту отдельную крайнюю левую полосу без помех.

Таким образом, автомобилю, чтобы попасть на одну из примыкающих дорог к перекрестку, данный способ позволяет не пересекать перекресток, а объезжать его, обеспечивая безостановочное и безопасное движение. Этот способ также позволяет отказаться от использования, как кругового движения, так и светофорного управления, и обеспечивает бесконфликтный проезд перекрестка.

Устройство по созданию безостановочного и безопасного проезда перекрестка, лежащего на одном уровне, заключается в следующем. На перекресток, образованный пересечением нескольких примыкающих дорог, например пересечением двух дорог, который можно рассматривать как перекресток с четырьмя примыкающими дорогами 1, 2, 3, 4 (Рис.1), наносится дорожная разметка в виде пересекающихся сплошных линий 5 (или бордюров и др. сооружений), запрещающие проезд автомобиля через перекресток, а дает возможность поворачивать автомобилю только направо на прилегающую с правой стороны дорогу. При этом пересекающиеся сплошные линии 5 являются как бы продолжением сплошных линий 6 разделяющие каждую из дорог на направления встречных движений. На некотором расстоянии от перекрестка, на каждой из дорог, эти сплошные линии 6 прерываются и создаются зоны 7 для поворота автомобиля и перехода их на полосу 8 направления встречного движения, которые являются для этих направлений отдельными крайними левыми полосами. Таким образом, эти полосы 8, на данном направлении движения, слева ограничены стороной сплошных пересекающихся линий 5, а справа прерывистой линией 9.

В конце ширины зоны 7, где вновь начинается сплошная линия 6, разделяющая каждую из дорог на встречные направления движения, устанавливаются направляющие островки безопасности 10, которые дают возможность автомобилям поворачивать налево и без помех свободно выезжать на отдельную крайнюю левую полосу 8 встречного направления движения.

Для того чтобы автомобиль с дороги 1 мог попасть на дорогу 3, которая является в данном случае его продолжением (Рис. 1), автомобилю надо перестроиться и занять отдельную крайнюю левую полосу 8, проехать по ней, повернуть на ближайшую с правой стороны дорогу 2, проехать по ней до зоны 7, там повернуть налево на полосу 8 встречного направления движения, и двигаться по этой полосе к перекрестку. У перекрестка повернуть на правую прилегающую дорогу 3, на ко-

торую необходимо было попасть, и двигаться по ней прямо.

Таким образом, данное устройство только нанесением дорожной разметки позволяет управлять движением транспортного потока на перекрестке, не пересекая этот перекресток, а лишь обходя его, заезжая на прилегающую справа дорогу и там разворачиваясь, двигаться обратно к перекрестку. Затем опять заезжать на прилегающую справа дорогу и так до тех пор, пока автомобиль не выберет ту дорогу, по которой ему необходимо двигаться.

Применение этого устройства позволит обеспечить бесконфликтное, безостановочное и безопасное движение автомобилей на перекрестке, используя лишь маневр по перестройке автомобиля с одной полосы на другую на участке дороги одного направления движения. Кроме того, это устройство позволит отказаться от применения современных дорогостоящих систем светофорного управления, не всегда эффективного кругового движения на перекрестке и улучшить экологическую обстановку в городе.

Формула изобретения

1. Способ безостановочного и безопасного проезда перекрестка, лежащего на одном уровне, содержащий перекресток, примыкающие к нему дороги и дорожные разметки, отличающийся тем, что вне зависимости от того, сколько дорог примыкают к перекрестку, на перекрестке наносится дорожная разметка в виде пересекающихся сплошных линий (или бордюров и др. сооружений), запрещающих проезд через перекресток, а автомобили, движущиеся по этим дорогам, чтобы попасть на одну из дорог, расположенных за перекрестком, не пересекают этот перекресток, а поворачивают по левой крайней полосе, идущей вдоль пересекающихся сплошных линий, направо, на ближайшую с правой стороны дорогу, проезжают по ней некоторое расстояние, затем поворачивают налево, переходят на направление встречного движения и проезжают по ней обратно к перекрестку, снова поворачивают по левой крайней полосе, вдоль пересекающихся сплошных линий, направо, на ближайшую справа дорогу, проезжают по ней некоторое расстояние и поворачивают влево на направление встречного движения и двигаются по ней до перекрестка и т.д., до тех пор, пока не выберут примыкающую к перекрестку дорогу, по которой необходимо двигаться.

2. Устройство по созданию безостановочного и безопасного проезда перекрестка, лежащего на одном уровне, содержащее перекресток, примыкающие к нему дороги, дорожные разметки, направляющие островки безопасности, отличающееся тем, что сплошная линия каждой из дорог, разделяющая дорогу на направления встречного движения, продолжена до центра перекрестка, которые в итоге образуют на перекрестке сплош-

Интересные изобретения

ные пересекающиеся линии, при этом от центра перекрестка, в глубине каждой дороги, на расстоянии, позволяющем осуществить автомобилям перестроение с одной полосы на другую, эти сплошные линии прерваны и созданы зоны определенной ширины, для перехода автомобилей на

крайнюю левую полосу направления встречного движения, в конце этих зон, где вновь начинаются сплошные линии, на крайних левых полосах направления встречного движения установлены направляющие островки безопасности.

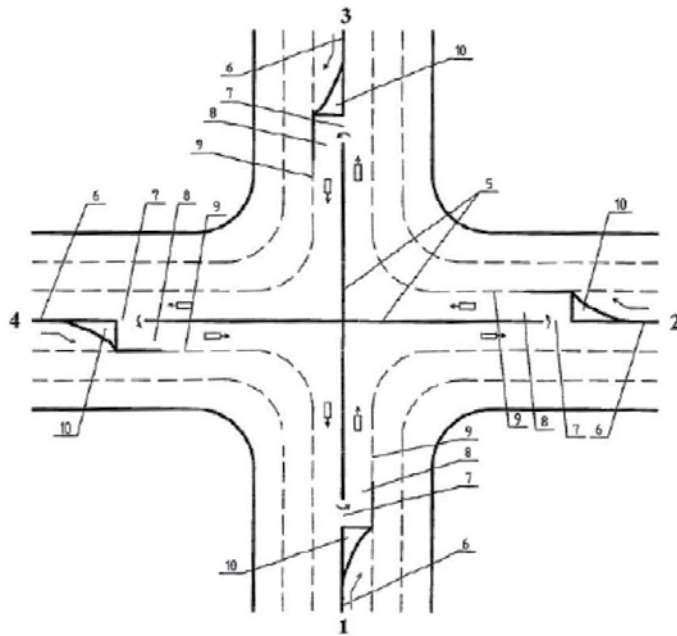


Рис. 1. Создания безостановочного и безопасного проезда автомобилями перекрестка, образованного пересечением нескольких примыкающих дорог

патент на изобретение № 2527033

СПОСОБ ОСУШЕНИЯ ТОРФЯНЫХ БОЛОТ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ПОЛОС АЭРОДРОМОВ

Патентообладатели: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный университет природообустройства»

Автор: Пчёлкин Виктор Владимирович

Изобретение относится к строительству и гидромелиорации и может быть использовано для осушения взлетно-посадочных полос аэродромов, автомобильных и железных дорог. Способ включает регулирование русла ручья в его вытекающей из болота нижней части и преграждение притока воды в болото с помощью устройства водопропускной трубы, которую сопрягают между собой с помощью оголовков. На берегу минеральной части болота выкапывают несколько котлованов на глубину торфяной залежи. В

котлованы устанавливают дренажные насосы с выводом напорных линий через колодцы-гасители в нижнюю часть ручья. Далее перекапывают перемычки и пускают воду из болота в котлованы, а затем включают насосы и откачивают ее в ручей. После того как поверхностные и частично грунтовые воды откачены и произошла осадка торфа, начинают копать открытую осушительную сеть, сопрягая ее через перемычки с котлованами и продолжая откачивать воду насосами. При этом от береговой линии торфяного болота начинают

проводить выторфовку и замену торфа минеральным грунтом, одновременно устанавливая в наиболее глубоких местах на дне бывшего торфяника перфорированные колодцы, обмотанные предварительно геотекстилем. В перфорированные колодцы помещают дренажные насосы и откачивают грунтовые воды в нижнюю часть ручья, понижая, таким образом, грунтовые воды и создавая условия для окончательной замены торфа минеральным грунтом. Уменьшаются сроки осушения торфяных болот, а также обеспечивается возможность засыпки минеральным грунтом образовавшегося после выторфовки углубления. 1 ил.

Изобретение относится к строительству и гидромелиорации и может быть использовано для осушения взлетно-посадочных полос аэродромов, автомобильных и железных дорог.

Известен способ осушения торфяных болот, состоящий из регулирования русла ручья и устройства регулирующей сети [Практикум по сельскохозяйственным гидротехническим мелиорациям. Под ред. Е. С. Маркова. М., Колос, с. 346–354].

Недостатком известного способа является то, что без устройства котлованов на глубину торфяной залежи и установки дренажных насосов для откачки воды время осушения торфяного болота значительно увеличится. Кроме того, в известном способе отсутствует устройство перфорированных колодцев, что делает невозможным засыпку образовавшегося после выторфовки углубления минеральным грунтом, так как этот грунт будет находиться в подтопленном состоянии.

Известен способ осушения торфяных болот, состоящий из устройства на ручье водопропускной трубы, сопряженной между собой оголовками, которая преграждает приток воды в болото [Ясинецкий В. Г., Фенин Н. К. Организация и технология гидромелиоративных работ. М., Агропромиздат, 1986, с. 318–321].

Недостатком известного способа является то, что при значительном притоке поверхностных и грунтовых вод в болото, который сопоставим с расходом воды в ручье, осушить торфяное болото невозможно. Кроме того, отсутствие регулирующей сети (открытые каналы) не позволит перехватить и отвести за пределы болота грунтовые воды.

Целью изобретения является уменьшение сроков осушения торфяных болот и выполнение засыпки образовавшегося после выторфовки углубления минеральным грунтом за счет устройства котлованов и установке в них дренажных насосов, а также установке в наиболее глубоких местах на дне бывшего торфяника перфорированных колодцев, с размещением в них дренажных насосов.

Поставленная цель достигается тем, что на берегу минеральной части болота выкапывают несколько котлованов на глубину торфяной залежи, после чего в котлованы устанавливают дренаж-

ные насосы с выводом напорных линий через колодцы-гасители в вытекающую часть ручья, далее перекапывают перемычки и пускают воду из болота в котлованы, затем включают насосы и откачивают ее в ручей, после того как поверхностные и частично грунтовые воды откачены и произошла осадка торфа, начинают копать открытую осушительную сеть, сопрягая ее через перемычки с котлованами и продолжая откачивать воду насосами, при этом от береговой линии торфяного болота начинают проводить выторфовку и замену торфа минеральным грунтом, одновременно устанавливая в наиболее глубоких местах на дне бывшего торфяника перфорированные колодцы, обмотанные предварительно геотекстилем, в которые помещают дренажные насосы, и откачивают грунтовые воды в вытекающую из болота часть ручья, понижая, таким образом, грунтовые воды и создавая условия для окончательной замены торфа минеральным грунтом.

Сущность изобретения поясняется чертежом (Рис. 1).

Способ осушения торфяных болот при строительстве взлетно-посадочных полос аэродромов заключается в следующем.

Осушение торфяных болот 1 при пересечении их взлетно-посадочными полосами 2 аэродромов, начинают с регулирования (углубления и уширения) русла ручья 3 в его нижней, вытекающей из болота части. При отсутствии ручья (реки) устраивают открытый канал, сопрягая его с болотом. Преграждение притока воды в болото 1 осуществляют путем устройства водопропускной трубы 4, которую сопрягают между собой с помощью оголовков 5. Далее на берегу минеральной части болота 1 выкапывают несколько котлованов 6 на глубину торфяной залежи. После этого в котлованы 6 устанавливают дренажные насосы 7 и выводят напорные водопроводные линии 8 в колодцы-гасители 9, которые соединяют безнапорной трубой 10 с нижней частью ручья 3. Затем перекапывают перемычки 11 и пускают воду из болота 1 в котлованы 6, после чего включают насосы 7 и откачивают воду в ручей 3. После того как поверхностные и частично грунтовые воды откачены и произошла частичная осадка торфа, начинают копать открытую осушительную сеть 12, сопрягая ее через перемычки 11 с котлованами 6 и продолжая откачивать воду насосами 7. При этом от береговой линии торфяного болота 1 начинают проводить выторфовку и замену торфа минеральным грунтом, одновременно устанавливая в наиболее глубоких местах, на дне бывшего торфяника перфорированные колодцы 13, обмотанные предварительно геотекстилем, в которые помещают дренажные насосы 14, и откачивают грунтовые воды в нижнюю часть ручья 3, понижая, таким образом, грунтовые воды и создавая условия для окончательной замены торфа минеральным грунтом.

Интересные изобретения

Формула изобретения

Способ осушения торфяных болот при строительстве взлетно-посадочных полос аэродромов, включающий регулирование русла ручья в его вытекающей из болота нижней части и преграждение притока воды в болото с помощью устройства водопропускной трубы, которую сопрягают между собой с помощью оголовков, отличающийся тем, что на берегу минеральной части болота выкапывают несколько котлованов на глубину торфяной залежи, после чего в котлованы устанавливают дренажные насосы с выводом напорных линий через колодцы-гасители в нижнюю часть ручья, далее перекапывают перемычки и пускают воду из болота в котлованы, а затем включают насосы и откачивают ее в ручей, после того как поверхност-

ные и частично грунтовые воды откачены и произошла осадка торфа, начинают копать открытую осушительную сеть, сопрягая ее через перемычки с котлованами и продолжая откачивать воду насосами, при этом от береговой линии торфяного болота начинают проводить выторфовку и замену торфа минеральным грунтом, одновременно устанавливая в наиболее глубоких местах на дне бывшего торфяника перфорированные колодцы, обмотанные предварительно геотекстилем, в которые помещают дренажные насосы, и откачивают грунтовые воды в нижнюю часть ручья, понижая, таким образом, грунтовые воды и создавая условия для окончательной замены торфа минеральным грунтом.

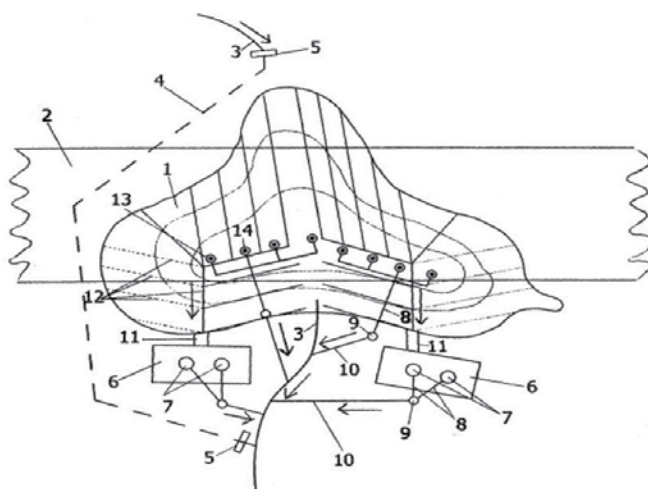


Рис. 1. Схема осушения торфяных болот при строительстве взлетно-посадочных полос аэродромов

патент на изобретение № 2567248

ВОДОПРОПУСКНОЕ СООРУЖЕНИЕ НА ВЕЧНОМЕРЗЛЫХ ГРУНТАХ

Патентообладатели: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Дальневосточный государственный университет путей сообщения» (ДВГУПС)

Авторы: Жданова Светлана Мирзахановна, Воронин Владимир Васильевич, Акимов Юрий Викторович, Мошенжал Андрей Вячеславович

Изобретение относится к области строительства и реконструкции дорожного полотна линейных сооружений на участках поперечных водопропускных и продольных водоотводных устройств на слабых и вечномерзлых грунтах. Водопропускное сооружение на вечномерзлых грунтах представляет собой дренажную секцию из контейнеров

с сортированным скальным грунтом, уложенную перпендикулярно дорожному полотну линейного сооружения на естественное спланированное основание и на дно выпускного русла стока воды с нагорной стороны прилегающей территории в ее подгорную сторону, при этом дренажная секция по периметру обернута геосинтетическим

материалом. Каждый последующий контейнер, начиная со второго контейнера, уложен один на другой с нахлестом со смещением его центра тяжести в сторону выпуска. Величина нахлеста составляет $\Delta L = (0,1-0,15)L$, где ΔL – величина нахлеста последующего контейнера на край предыдущего контейнера; L – длина каждого контейнера, а вес каждого последующего контейнера относится к весу предыдущего контейнера как $P_{i+1}/P_i = (0,05-0,10) P_i$, где P_i – вес предыдущего контейнера; P_{i+1} – вес каждого последующего контейнера. Технический результат состоит в увеличении срока службы водопропускного сооружения до срока службы дорожного полотна линейного сооружения за счет обеспечения равномерного гидравлического режима водотока в течение срока службы дорожного полотна линейного сооружения путем создания постоянного температурного режима в водопропускном сооружении и в канаве выпуска.

Изобретение относится к области строительства водопропускных и водоотводных сооружений в сложных природно-климатических и инженерно-геологических условиях и может быть использовано при строительстве и реконструкции дорожного полотна линейных сооружений на участках поперечных водопропускных и продольных водоотводных устройств на слабых и вечномерзлых грунтах (железных и автомобильных дорог, магистральных трубопроводов, плотин и дамб).

Общеизвестно, что в районах вечной мерзлоты наиболее проблемными являются участки выпуска из искусственных сооружений на полосах стока постоянных и временных водотоков.

Особые условия территории южной зоны вечной мерзлоты способствуют накоплению ила в прибрежных зонах водотоков и зарастанию полос стока. Мерзлота в этих зонах поднимается, что приводит к образованию водонепроницаемой преграды и увеличению застойных зон около искусственных сооружений, вызывающих деформации приподошвенных зон насыпей.

Стабилизация земляных дорожных сооружений на полосах стока постоянных и временных водотоков достигается с помощью различных осушающих конструкций: дренажных прорезей, канав, фильтрующих насыпей, лотков различного типа (композитных - облегченных, сборных различной конструкции: телескопических, рамных и др.), а также различных дренажных устройств с использованием геосинтетических материалов, георешеток и геосеток, заполненных дренирующим фракционным материалом, сетчатых контейнеров.

Известно водопропускное сооружение на вечномерзлых грунтах, принцип работы которого заключается в свободном пропуске и отводе поверхностных и грунтовых вод от тела земляного полотна [А.с. СССР №1424385. Водопропускное сооружение под дорожной насыпью на мари.

Н. А. Перетрухин, О. М. Скоморохова и др., НИИС. – М., 1985].

Водопропускное сооружение на вечномерзлых грунтах представляет собой уложенные в основании дорожного полотна по крайней мер, три дренажные секции.

Каждая дренажная секция выполнена из перфорированных труб, уложенных рядами по высоте перпендикулярно оси дорожного полотна линейного сооружения.

Каждая дренажная секция уложена перпендикулярно дорожному полотну линейного сооружения на предварительно отсыпанную на его основание песчаную подушку трапецеидальной формы. В результате средняя дренажная секция расположена выше крайних дренажных секций с образованием зазоров между ними.

Для обеспечения целостности водопропускного сооружения дренажные секции по внешнему периметру обернуты синтетическим нетканым материалом.

Устройство работает следующим образом.

Под действием статической и вибродинамической нагрузки происходит осадка грунтов основания линейного сооружения. При этом дренажные секции в процессе осадки грунтов основания выравниваются по высоте за счет уменьшения величины зазоров между ними. В конечном итоге перфорированные трубы соседних секций стыкуются между собой и образуют общую фильтрующую секцию.

В летний период поток поверхностных и грунтовых вод транспортируется через состыкованные перфорированные трубы с нагорной части, прилегающей к дорожному полотну территории, в подгорную часть для их выпуска.

В первые два-три года водопропускное сооружение работает в нормальном режиме, обеспечивая пропуск поверхностной и грунтовой вод, поступающих к линейному сооружению.

С течением времени в результате деградации вечной мерзлоты происходит дальнейшая осадка грунтов основания и, соответственно, смещение соседних секций водопропускного сооружения и нарушение стыковки в них перфорированных труб.

Нарушение стыковки перфорированных труб в соседних секциях приводит к сужению живого сечения потока воды, изменению равномерности гидравлического режима водотока по длине общей фильтрующей секции с увеличением гидравлического напора воды в зонах стыковки соседних секций водопропускного сооружения. Увеличение гидравлического напора воды способствует размыву грунтов основания в зоне контакта дренажных секций и дальнейшей неравномерной осадке грунтов основания линейного сооружения, нарушению целостности водопропускного сооружения, снижению устойчивости и надежности

Интересные изобретения

земляного сооружения при эксплуатации. В результате водопропускное сооружение и дорожное полотно на участке стока выходит из строя раньше нормативного срока службы водопропускного сооружения.

Известное водопропускное сооружение на вечномерзлых грунтах обеспечивает стабильный режим его работы в первые два-три года эксплуатации, что является его достоинством.

Однако срок службы водопропускного сооружения в стабильном режиме значительно меньше нормативного срока службы водопропускного сооружения (10 лет). Это обусловлено изменением равномерности гидравлического режима водотока по длине общей фильтрующей секции с увеличением гидравлического напора воды в зонах стыковки соседних секций водопропускного сооружения, приводящих к их расстыковке в самом водопропускном сооружении, к нарушению целостности водопропускного сооружения в процессе его эксплуатации и к потере надежности и устойчивости земляного полотна линейного сооружения.

Наиболее близким к заявляемому решению по технической сущности является водопропускное сооружение на вечномерзлых грунтах, принцип работы которого заключается в свободном пропуске и отводе поверхностных и грунтовых вод от тела земляного полотна [Патент 2186170 РФ. Фильтрующая насыпь на слабых грунтах. А. А. Пиотрович, С. М. Жданова; ДВГУПС, – Хабаровск. 2002 г.].

Водопропускное сооружение на вечномерзлых грунтах представляет собой дренажную секцию из контейнеров с сортированным скальным грунтом, уложенных рядами по высоте перпендикулярно оси дорожного полотна линейного сооружения, на предварительно спланированное основание с понижением его продольного уклона в сторону выпуска. Секция выполнена в русле водотока в основании дорожного полотна и выполняет дренажную и охлаждающую функции за счет наличия пустот между фракциями скального грунта.

Контейнеры уложены по высоте рядами. При этом уложенные по периметру секции контейнеры связаны между собой. В поперечном сечении связанные контейнеры образуют арку, которая армирует дренажную секцию, сохраняя целостность водопропускного сооружения в процессе длительной эксплуатации.

Для обеспечения проектной формы водопропускного сооружения дренажная секция по внешнему периметру обернута синтетическим нетканым материалом.

Дренажная секция выполнена перпендикулярно дорожному полотну линейного сооружения на предварительно спланированном естественном основании с продольным уклоном в сторону канавы выпуска. В результате входное отверстие дренажной секции расположено выше, чем ее выходное отверстие на выпуске.

Устройство работает следующим образом.

В летний период поток поверхностных и грунтовых вод выпускается через пустоты скального грунта контейнеров дренажной секции с нагорной территории, прилегающей к дорожному полотну, в подгорную территорию.

В течение 7–8 лет водопропускное сооружение работает в стабильном режиме.

При этом грунты основания в результате конвективного теплообмена скального грунта дренажной секции с воздухом и грунтами основания находятся в мерзлом состоянии, живое сечение потока воды и гидравлический режим водотока по длине общей секции водопропускного сооружения остается постоянным, и, как следствие, обеспечивается стабильный выпуск поверхностной и грунтовой вод по водопропускному сооружению и по канаве выпуска. Вода по канаве выпуска благодаря ее продольному уклону dna стекает в пониженную часть рельефа.

Однако с течением времени дно канавы выпуска заиливаются и под канавой выпуска образуется горб из мерзлого грунта, что нарушает единый температурный режим в основании дорожного полотна и канаве выпуска.

Наличие горба из мерзлого грунта приводит к сужению периметра канавы выпуска с подгорной низовой стороны и нарушению гидравлического режима водотока. Между дорожным полотном линейного сооружения и канавой выпуска происходит скопление воды и образование застойного участка. Застой воды способствует протаиванию мерзлоты в грунтах под водопропускным сооружением и неравномерной осадке тела дорожного полотна.

Неравномерная осадка грунтов основания дорожного полотна под водопропускным сооружением приводит к сужению периметра живого сечения потока поверхностных и грунтовых вод и нарушению равномерности гидравлического режима водотока в водопропускном сооружении, что приводит к выходу из строя водопропускного сооружения раньше нормативного срока его службы. В течение нормативного срока его службы для стабильного режима выпуска поверхностной и грунтовой вод требуется ремонт водопропускного сооружения.

В течение срока службы дорожного полотна линейного сооружения ремонты водопропускного сооружения осуществляется многократно.

Достоинством известного водопропускного сооружения является увеличение его срока службы в стабильном режиме до 7–8 лет за счет обеспечения конвективного теплообмена скального грунта дренажной секции с воздухом и грунтами основания, обеспечивающего сохранение грунтов основания в мерзлом состоянии.

Однако срок службы водопропускного сооружения в стабильном режиме меньше нормативного срока службы водопропускного сооружения (10 лет), что является недостатком известного

устройства. Это обусловлено нарушением равномерности гидравлического напора воды в водопропускном сооружении и естественного гидравлического режима водотока из-за нарушения температурного режима в самом сооружении и канаве выпуска.

В основу изобретения положена задача разработать водопропускное сооружение на вечномерзлых грунтах, позволяющее увеличить срок его службы до срока службы дорожного полотна линейного сооружения за счет обеспечения равномерного гидравлического режима водотока в течение срока службы дорожного полотна линейного сооружения путем создания постоянного температурного режима в водопропускном сооружении и в канаве выпуска.

Для решения поставленной задачи в водопропускном сооружении на вечномерзлых грунтах, представляющем собой дренажную секцию из контейнеров с сортированным скальным грунтом, уложенную перпендикулярно дорожному полотну линейного сооружения на естественное спланированное основание и на дно выпускного русла стока воды с нагорной стороны прилегающей территории в ее подгорную сторону, при этом дренажная секция по периметру обернута синтетическим нетканым материалом, каждый последующий контейнер, начиная со второго контейнера, уложен один на другой с нахлестом со смещением его центра тяжести в сторону выпуска, при этом величина нахлеста составляет $\Delta L=(0,1-0,15)L$, где ΔL – величина нахлеста последующего контейнера на край предыдущего контейнера; L – длина каждого контейнера, а вес каждого последующего контейнера относится к весу предыдущего контейнера как $P_{i+1}/P_i=(0,05-0,10)P_i$, где P_i – вес предыдущего контейнера; P_{i+1} – вес каждого последующего контейнера.

Заявляемое решение отличается от прототипа новой формой выполнения дренажной секции из контейнеров с сортированным скальным грунтом, новым взаиморасположением контейнеров относительно друг друга и новыми их параметрами, а именно каждый последующий контейнер, начиная со второго контейнера, уложен один на другой с нахлестом со смещением его центра тяжести в сторону выпуска, при этом величина нахлеста составляет $\Delta L=(0,1-0,15)L$, где ΔL – величина нахлеста последующего контейнера на край предыдущего контейнера; L – длина каждого контейнера, а вес каждого последующего контейнера относится к весу предыдущего контейнера как $P_{i+1}/P_i=(0,05-0,10)P_i$, где P_i – вес предыдущего контейнера; P_{i+1} – вес каждого последующего контейнера. Наличие существенных отличительных признаков заявляемого решения свидетельствует о его соответствии критерию патентоспособности изобретения «новизна».

Укладка каждого последующего контейнера, начиная со второго контейнера, один на другой с нахлестом со смещением его центра тяжести в

сторону выпуска с величиной нахлеста $\Delta L=(0,1-0,15)L$, где ΔL – величина нахлеста последующего контейнера на край предыдущего контейнера; L – длина каждого контейнера, а также изменение веса каждого последующего контейнера по отношению к весу предыдущего контейнера как $P_{i+1}/P_i=(0,05-0,10)P_i$, где P_i – вес предыдущего контейнера; P_{i+1} – вес каждого последующего контейнера приводит к увеличению срока службы водопропускного сооружения до срока службы дорожного полотна линейного сооружения.

Это обусловлено тем, что благодаря укладке каждого последующего контейнера, начиная со второго контейнера, один на другой с нахлестом со смещением его центра тяжести в сторону выпуска с величиной нахлеста $\Delta L=(0,1-0,15)L$, а также изменению веса каждого последующего контейнера по отношению к весу предыдущего контейнера как $P_{i+1}/P_i=(0,05-0,10)P_i$ происходит равномерное увеличение давления дренажной секции на слабые грунты основания, которое обеспечивает постоянство продольного уклона по всей длине водопропускного сооружения. В свою очередь сохранение постоянства продольного уклона по всей длине водопропускного сооружения в течение годового цикла приводит к созданию равномерного естественного гидравлического режима водотока, который без сбоев функционирует в течение срока службы дорожного полотна линейного сооружения. Обеспечение постоянно функционирующего режима водотока приводит к резкому увеличению срока службы водопропускного сооружения с 7–8 лет до 50 и более лет.

Причинно-следственная связь «Укладка каждого последующего контейнера, начиная со второго контейнера, один на другой с нахлестом со смещением его центра тяжести в сторону выпуска с величиной нахлеста $\Delta L=(0,1-0,15)L$, где ΔL – величина нахлеста последующего контейнера на край предыдущего контейнера; L – длина каждого контейнера, а также изменение веса каждого последующего контейнера по отношению к весу предыдущего контейнера как $P_{i+1}/P_i=(0,05-0,10)P_i$, где P_i – вес предыдущего контейнера; P_{i+1} – вес каждого последующего контейнера приводит к увеличению срока службы водопропускного сооружения до срока службы дорожного полотна линейного сооружения» не обнаружена в уровне техники и явным образом не следует из него. Наличие новой причинно-следственной связи свидетельствует о соответствии заявляемого решения критерию патентоспособности изобретения «изобретательский уровень».

На рисунках представлены продольные сечения водопропускного сооружения на вечномерзлых грунтах, иллюстрирующие его работоспособность и промышленную применимость.

На Рис. 1 – продольное сечение водопропускного сооружения в процессе строительства.

На Рис. 2 – продольное сечение водопропускного сооружения в процессе эксплуатации.

Интересные изобретения

Заявляемое водопрпускное сооружение на вечномёрзлых грунтах основано на свободном пропуске и отводе поверхностных и грунтовых вод от тела земляного полотна.

Водопрпускное сооружение на вечномёрзлых грунтах представляет собой дренажную секцию 1, которая выполняет дренажную и охлаждающую функции.

Дренажная секция 1 уложена перпендикулярно дорожному полотну 3 линейного сооружения на предварительно спланированное естественное основание с продольным уклоном не менее 3% в сторону выпуска. В результате входное отверстие дренажной секции 1 расположено выше, чем выходное отверстие на выпуске.

Дренажная секция 1 выполнена из контейнеров 2 с сортированным скальным грунтом, которые внахлест уложены на естественное спланированное основание 3 под телом земляного дорожного полотна 4 и на дно выпускного русла стока воды 5 в направлении от входного отверстия в сторону выпуска.

Каждый последующий контейнер 2, начиная со второго контейнера, уложен с нагорной стороны один на другой с нахлестом со смещением центра тяжести в сторону выпуска. Величин нахлеста составляет $\Delta L = (0,1 - 0,15)L$,

где ΔL – величина нахлеста последующего контейнера на край предыдущего контейнера;

L – длина каждого контейнера.

Для обеспечения целостности дренажная секция 1 по периметру обернута геосинтетическим материалом 6.

Для создания равномерного продольного уклона не менее 3%, вес каждого последующего контейнера относится к весу предыдущего контейнера как

$$P_{i+1}/P_i = (0,05 - 0,10)P_i,$$

где P_i – вес предыдущего контейнера;

P_{i+1} – вес каждого последующего контейнера.

При выборе величины нахлеста $\Delta L < 0,1 L$ величина возникающих сил сцепления является недостаточной для удержания одного контейнера 2 на другом и для образования водопрпускного сооружения в целом.

При выборе величины нахлеста больше $\Delta L > 0,15L$ величина возникающих сил сцепления приводит к образованию секции 1 с переменным сечением по длине каждого контейнера 2. В местах минимального сечения каждого контейнера 2 под действием сил тяжести дорожного полотна на дне секции 1 образуются углубления в основании дорожного полотна, которые нарушают равномерный режим работы водотока.

Работа устройства рассмотрена на примере водопрпускного сооружения, выполненного на КМ 3223 ПК 8 Северного широтного хода ДВЖД в основании насыпи высотой 4,2 м с продольным уклоном 1%.

Для создания водопрпускного сооружения в предзимний период при отсутствии грунтовых и

поверхностных вод в русле водотока в зоне деформирующегося участка железнодорожного пути снимается рельсошпальная решетка, в теле насыпи дорожного полотна разрабатывается котлован и отрывается траншея длиной до 32 м и шириной до 3 м, по периметру которой укладывается геосинтетический материал 6.

Для образования секции 1 водопрпускного сооружения формируется восемь контейнеров 2: первый контейнер с габаритами $4,5 \times 3,0 \times 1,0$ м³ и весом 25,7 т; второй контейнер с габаритами $4,5 \times 3,0 \times 1,09$ м³ и весом 27,0 т; третий – $4,5 \times 3,0 \times 1,19$ м³ и весом 28,3 т; и т.д., восьмой – $4,5 \times 3,0 \times 1,64$ м³ и весом 34,8,0 т.

Контейнеры 2 укладываются на геосинтетическом материале на дне траншеи в русле водотока. Причем каждый последующий контейнер 2 укладывается на предыдущий с нахлестом до 0,7 м. После укладки контейнеров в секцию ее обрабатывают геосинтетическим материалом 6. Благодаря армирующим свойствам геосинтетического материала 6, нагрузка от каждого контейнера 2 более равномерно распределяется по всей длине секции 1. В результате обжатия грунтов естественного основания создается продольный уклон не менее 3%.

Затем котлован засыпается, проектный профиль земляного полотна восстанавливается и укладывается рельсо-шпальная решетка.

Под действием статической и вибродинамической нагрузки секция 1 водопрпускного сооружения принимает проектное положение, при этом создается равномерное живое сечение потока по всей длине сооружения и формируется естественное основание с продольным уклоном не менее 3% в сторону выпуска. Входное отверстие дренажной секции 1 становится выше, чем ее выходное отверстие на выпуске.

Устройство работает следующим образом.

После устройства водопрпускного сооружения в зимний период происходит конвективный теплообмен скального грунта секции 1 с наружным холодным воздухом и грунтами основания водопрпускного сооружения. При этом грунты основания промораживаются и обеспечивается сохранение мерзлого грунта в основании дорожного полотна 3 и под канавой выпуска практически до конца летнего сезона будущего года.

В летний период поток поверхностных и грунтовых вод через пустоты скального грунта в контейнерах 2 дренажной секции 1 по созданному продольному уклону дна выпускается с нагорной территории, прилегающей к дорожному полотну 3, в подгорную территорию.

Между промороженными в зимний период грунтами основания и скальными грунтами секции 1 происходит постоянный конвективный теплообмен, что обеспечивает постоянный температурный режим по всей длине водопрпускного сооружения. Благодаря постоянной температуре

в секции 1 живое сечение потока поверхностных и грунтовых вод сохраняется постоянным по всей длине секции 1, что обеспечивает постоянный водно-тепловой режим по всей длине водопропускного сооружения. В таких условиях водопропускное сооружение равномерно отводит поток поверхностных и грунтовых вод в пониженную часть рельефа прилегающей территории без образования застойных участков в основании водопропускного сооружения, сохраняя проектные параметры.

Таким образом, живое сечение потока остается постоянным по всей длине водопропускного сооружения до выпуска в пониженную часть рельефа в течение теплого периода года.

С наступлением следующего холодного периода года вновь происходит аккумуляция холода в основании водопропускного сооружения, который обеспечивает его отдачу в скальную секцию 1 для обеспечения постоянства живого сечения водного потока и водно-теплого режима по всей длине водопропускного сооружения в теплый период года. При этом водопропускное сооружение работает в нормальном режиме. Такой цикл стабильной работы повторяется в течение всего срока службы не только водопропускного сооружения, но и срока службы дорожного полотна линейного сооружения.

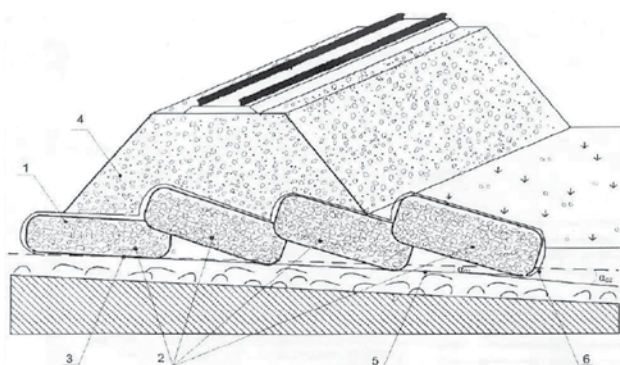


Рис. 1. Продольное сечение водопропускного сооружения в процессе строительства

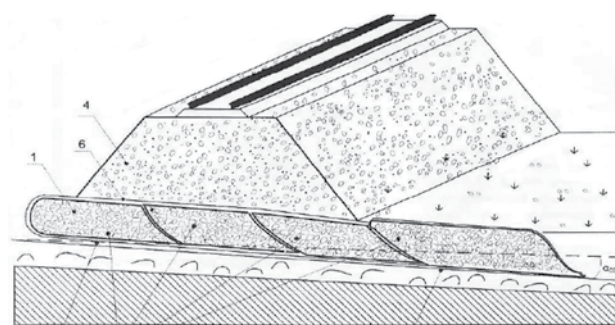


Рис. 2. Продольное сечение водопропускного сооружения в процессе эксплуатации

патент на изобретение № 2365700

КОНСТРУКЦИЯ И СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Патентообладатель: Холмянский Игорь Антонович

Автор: Холмянский Игорь Антонович

Изобретение относится к области строительства и может быть использовано при устройстве конструкций автомобильных до-

рог. Цель изобретения – повышение несущей способности автомобильных дорог. Конструкция дороги содержит геотекстильную

Интересные изобретения

ткань 1, земляное полотно 2, слой щебня 3, замковые соединения геотекстиля 4, слой асфальтобетона 5, причем геотекстильная ткань обволакивает земляное полотно 2 и слой щебня 3 замкнутой оболочкой. Это дает возможность при уплотнении повысить плотность слоев щебня и земляного полотна и увеличить нагрузочную способность дороги. В предложенной конструкции геотекстильная ткань 1 может укладываться отдельными полотнами соединяемыми замками 4, кроме того, для увеличения прочности соединения замки прошиты шпильками, а для дорог большой ширины предусмотрено применение геотекстиля с якорными буртами и отсутствием оболочки из геотекстиля в основании дороги. Шпилька с одной стороны имеет плоскую головку упирающуюся в асфальтобетон, а с другой стороны - острую головку, которая прошивает замок и удерживается выступом от выпадания до укладки асфальтобетона. Процесс возведения дорожной конструкции заключается в том, что на подготовленный по высотным отметкам участок укладывается геотекстиль, в два-три раза (в зависимости от высоты земляного полотна) превышающий ширину полотна дороги, затем возводится земляное полотно, укладывается слой щебня и выступающие края геотекстиля по бокам дороги заворачивают поверх щебня, соединяют в замок, пропитывают битумом или другим крепителем и сверху укладывают асфальтобетон. При заворачивании боковин геотекстиля одновременно заворачивают геотекстиль по торцам дороги, образуя из него замкнутую оболочку. В случае необходимости в замки устанавливают шпильки и применяют геотекстильное полотно с якорными буртами для экономии геотекстиля в основании дороги.

Изобретение относится к области строительства и может быть использовано при устройстве конструкций автомобильных дорог.

Известно применение геотекстиля в дорожном строительстве: патенты фирм Polyfelt, Тенсар AR-C, Тенсар Гласстекс, NaTelit, патент США 4572705, кл. E02B 3/2, а.с. СССР 1105539, кл. E01C 21/00, 1984; а.с. 1791508 А1, кл. E01C 21/00 и др.

Известен способ возведения дорожной конструкции, включающий укладку дорожной одежды на синтетическое полотно или геотекстиль с различной крупностью ячеек. Однако этот метод не позволяет уплотнить грунт земляного полотна на обочинах и откосах в такой же степени, как под дорожной одеждой. Кроме того, дорожная одежда, уложенная на земляное полотно, выдавливает из-под себя со временем грунт, ничем не

ограниченный по краям дороги, что приводит к короблению дорожной одежды, возникновению трещин и повышению динамических нагрузок. Это ограничивает увеличение долговечности.

Цель изобретения - повышение несущей способности автомобильных дорог.

Предлагаемая конструкция автомобильной дороги содержит земляное полотно и слой щебня, завернутые в геотекстиль, с замковым соединением кромок геотекстиля, образующего рукав, в котором заключены земляное полотно (или его часть) и слой щебня. Поверх геотекстиля уложен асфальтобетон и уплотнен по соответствующей технологии. При этом перед укладкой асфальтобетона в начале участка дороги и в конце геотекстиль подворачивают к замковым соединениям.

Такое выполнение конструкции дороги позволяет более равномерно уплотнить зажатое в геотекстиль земляное полотно и щебень, получить более высокую плотность по всему объему и соответственно более высокую нагрузочную способность дороги.

Процесс возведения дорожной конструкции заключается в том, что на подготовленный по высотным отметкам участок укладывается геотекстиль, в два-три раза (в зависимости от высоты земляного полотна) превышающий ширину полотна дороги, затем возводится земляное полотно, укладывается слой щебня и выступающие края геотекстиля по бокам дороги заворачивают поверх щебня, соединяют в замок, пропитывают битумом или другим крепителем и сверху укладывают асфальтобетон. При заворачивании боковин геотекстиля одновременно заворачивают геотекстиль по торцам дороги, образуя из него замкнутую оболочку.

Изобретение поясняется рисунками 1, 2, 3 и 4. На Рис. 1 изображена конструкция дороги из одного полотна геотекстиля с одним из видов замкового соединения: 1 – геотекстиль, 2 – земляное полотно, 3 – слой щебня, 4 – замковое соединение геотекстиля, 5 – слой асфальтобетона. На Рис. 2 приведена конструкция дороги с тремя полотнами геотекстиля и тремя замками. Такая конструкция наиболее применима при большой ширине дороги. На Рис. 3 показана конструкция дороги, у которой замок 4 прошит шпилькой 6. Шпилька 6 может быть изготовлена из металла или из прочной пластмассы. Стержень шпильки 6 с одной стороны имеет плоскую головку 7, упирающуюся в асфальтобетон, а с другой стороны – острую головку 8 с выступом 9, которая прошивает замок 4 и удерживается от выпадания выступом 9 до укладки асфальтобетона. На Рис. 4 дана конструкция дороги

с двумя полотнами геотекстиля с якорными буртами 10 и отсутствием оболочки из геотекстиля в основании дороги 11. Данный вариант найдет широкое применение для дорог значительной ширины при сохранении всех преимуществ первого варианта, приведенного на Рис. 1.

Как показали выполненные исследования, указанная конструкция может значительно увеличить срок службы автомобильных дорог.

Формула изобретения

1. Конструкция автомобильной дороги, содержащая земляное полотно, дорожную одежду в виде асфальтобетона, отличающаяся тем, что она содержит геотекстильное полотно, выполненное в виде одной или нескольких полос, края которых соединены замковыми соединениями с образованием оболочки, в которой расположено земляное полотно со слоем щебня, пропитанной битумом, и сверху расположен асфальтобетон, при этом полосы, прилегающие к основанию дороги, имеют якорные бурты, между которыми в основании дороги отсутствует геотекстильное полотно или края геотекстильного полотна по бокам и по торцам участка дороги соединены замковыми соединениями, образуя замкнутую оболочку.

2. Конструкция по п.1, отличающаяся тем, что замковые соединения прошиты шпильками с шагом по длине дороги и имеют плоскую головку, прилегающую к дорожной одежде, а другой конец шпильки заострен и имеет выступ для удержания в геотекстильном полотне.

3. Способ возведения автомобильной дороги, включающий подготовку земляного полотна, укладку дорожной одежды в виде асфальтобетона, отличающийся тем, что укладывают на основание дороги геотекстильное полотно с образованием оболочки из одной или нескольких с замковыми соединениями полос, в которую укладывают земляное полотно и слой щебня, при этом полосы геотекстильного полотна укладывают на основание дороги с якорными буртами, между которыми отсутствует геотекстильное полотно, или края геотекстильного полотна по бокам и по торцам участка дороги заворачивают поверх уложенных слоев и соединяют замковыми соединениями, образуя замкнутую оболочку.

4. Способ возведения автомобильной дороги по п.3, отличающийся тем, что при этом замковые соединения прошивают шпильками с шагом по длине дороги, после чего оболочку пропитывают битумом и сверху на нее укладывают асфальтобетон.

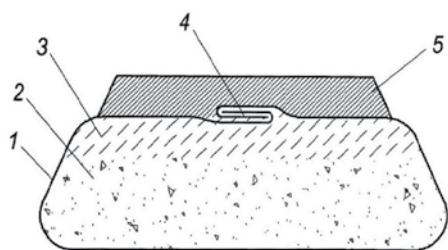


Рис. 1

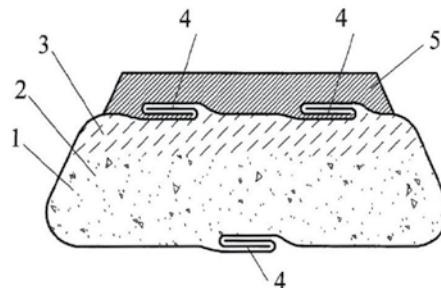


Рис. 2

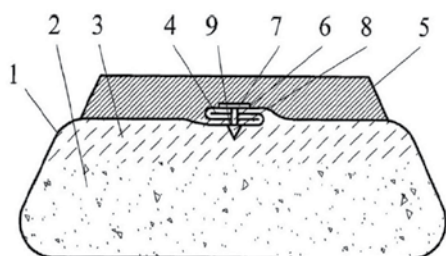


Рис. 3

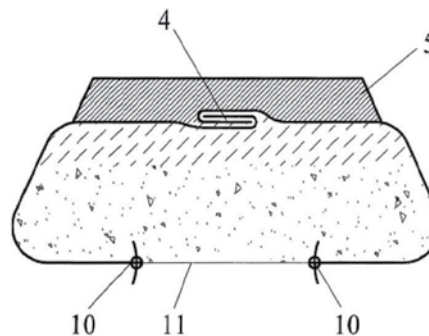


Рис. 4

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ В ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ В XXI ВЕКЕ

редакция журнала «ТГ»

Введение

В соответствии с программой развития железных дорог РФ до 2030 года прогнозируется увеличение грузооборота от 1,46 до 1,58 раза и повышение пассажирооборота от 1,16 до 1,33 раза к уровню базового 2007 года. Программой также предусматривается строительство новых участков железнодорожного пути в два этапа: 1-й этап – 2008–2015 гг. строительство 5,1 тыс. км дорог и 2-й этап – 2016–2030 гг. строительство от 10,8 до 15,5 тыс. км (в зависимости от сценария, либо ориентированного на ресурсно-сырьевое развитие России, либо на инновационное развитие).

Обеспечить данные показатели планируется комплексом, неразрывно связанных с инновациями, мероприятий, некоторыми из которых являются – повышение осевых нагрузок, организация скоростного движения, использование современных энергосберегающих технологий и материалов. Во всех случаях необходим пересмотр нормативных и иных требований документов, регламентирующих основные ключевые стадии жизненного цикла железнодорожной инфраструктуры – проектирование, строительство и эксплуатация. Здесь следует отметить, что развитие или создание современных расчетных методик, новейших материалов и передовых способов производства работ так или иначе связаны с необходимостью проведения большой комплексной научной работы, в которой постановка, процесс ее реализации и анализ полученных результатов должны обязательно выполняться на базе системного анализа. Только в этом случае, например, изобретенные детали для рельсошпальной решетки будут максимально долго служить в период эксплуатации полученные в ходе экспериментальных исследований свойства геосинтетических материалов, будут обеспечивать требуемые прочностные характеристики грунта земляного полотна, а вновь разработанные или актуализированные расчетные методики для нужд проектирования обеспечат требуемый уровень безопасности на перспективный рост грузового и пассажирского потоков.

К сожалению, инновации, ровно, как и изобретательская деятельность подвержены влиянию различных процессов (факторов) происходящих в государстве и за его пределами – внешне- и внутренне политических, экономических, военных и др. Эта проблема приводит к тому что множество, на первый взгляд, хороших изобретений на деле оказываются не эффективными или очень доро-

гими в эксплуатации, а может быть и вовсе не надежными.

Еще одной проблемой развития эффективной изобретательской деятельности в транспортной отрасли является частично утраченная, после распада СССР, способность к системному мышлению у изобретателя или команды изобретателей. Речь идет о необходимости комплексного подхода к решению поставленной перед исследователем задачи.

Третьей проблемой отечественной науки является необходимость развития у изобретателя творческого мышления позволяющего эффективно решать поставленные перед ним задачи. Речь идет об относительно быстром принятии единственно правильного и дешевого решения, как альтернативы безуспешному и длительному перебору из множества тысяч возможных результатов.

В настоящей статье представлены результаты выполненных исследований по трем обозначенным выше проблемам отечественной науки в железнодорожной отрасли.

Влияние внешних факторов на изобретательскую деятельность

«Всякое явление ... не может возникнуть без производящей его причины. Настоящее состояние вселенной есть следствие ее предыдущего состояния и причина последующего». Всегда присутствует «причинно-следственная» связь между событиями, влияющими в том числе на результаты творческой деятельности. Применительно к дорожным одеждам – невозможно предсказать с достаточной точностью поведение конструктивного слоя под действием нагрузки, не принимая во внимание, например, размер частиц в слое или коэффициент их уплотнения. Результат при этом, без учета всех важных факторов, будет далек от действительности.

На любые процессы происходящие на нашей планете в разной степени оказывается непрерывное воздействие внешних факторов. Используя терминологию термодинамики можно отметить – в природе не существует изолированных систем. Полностью изолированные системы могут быть созданы только искусственным путем. Именно поэтому инновационную деятельность нельзя рассматривать как изолированную систему, поскольку всегда есть предпосылки к её началу, вектору направления развития и, в конечном итоге, к получаемым результатам, которые также могут быть откорректированы под действием других внешних факторов. Изобретательская деятельность не

может существовать ради изобретательской деятельности.

В своей работе [1] автор указывает: «...всплески строительной активности по развитию транспортной сети региона вызваны периодически возникающими острейшими геополитическими проблемами России на Дальнем Востоке, на которые накладываются кризисные явления в техническом состоянии железных дорог». Автору удалось выявить некоторые общие закономерности в период с 1891 г. по 1986 г., согласно которым основными факторами влияющими на объемы строительства железнодорожной сети Дальнего Востока являются военно-политические, а также экономические. Очевидно, что синхронно со спадом объемов строительства, также падает потребность в инновациях и наоборот – увеличение объемов строительства ведет к повышению потребностей в новых материалах, методах строительства, актуализации расчетных методик и т.д.

В автодорожном транспорте наблюдаются схожие факторы влияющие на развитие сети автодорог. В работе [2] отмечается что наиболее плотная сеть автомобильных дорог, применительно к Дальнему Востоку, формировалась в 20–30-е годы преимущественно в районах, прилегающих к Транссибирской магистрали. Это указывает на прямую связь между объемами строительства железных и автомобильных дорог, зависящих от факторов военно-политического характера. В этой же работе [2] указывается на недостаточность финансирования автодорожной инфраструктуры, что приводит к невозможности обеспечить надлежащие сохранность и развитие сети автомобильных дорог. Последнее – проблема экономического характера, которая является причиной спада изобретательской деятельности, а вместе с тем и творческой.

Если описывать любой процесс, в том числе научную деятельность, с точки зрения термодинамики известным термическим уравнением состояния, то необходимо правильно установить связи между параметрами системы. От правильности и количества параметров зависит точность результатов в исследуемых процессах. Именно поэтому необходимо учитывать влияние внешних факторов на творческую деятельность, поскольку это может привести к достижению более качественных, экономически целесообразных и обоснованных результатов.

Системное мышление

Принято считать, что система – это определенная совокупность узлов и связей между ними. Системами является все что нас окружает – частица щебня, конструкция дорожной одежды, проход подвижного состава по рельсам железнодорожного пути, любое коммерческое предприятие и т.д. Например, слой зернистого грунта в конструкции дорожной одежды также является системой, состоящей из частиц, формирующих определен-

ным образом структуру. Системой может быть, как отдельный объект, так и процесс взаимодействия объектов.

Как отмечалось ранее, очень важно при выполнении исследовательской деятельности рассматривать изучаемый объект одновременно как систему и как часть системы. При таком подходе у изобретателя появляется более полное понимание конечного результата, учитывающего большее количество свойств, которые должны быть у объекта исследования для его последующего нормального функционирования. В работе [4] отмечается – «Системы, состоящие из частей абсолютно разной природы, имеющих совершенно несхожие функции, подчиняются одним и тем же общим законам организации. Их поведение зависит не от природы и свойств образующих их частей, а от того, как эти части соединены между собой. В силу этого можно предсказывать поведение систем, даже если у нас нет детальных знаний об их частях».

Ниже, на примере взаимодействия частиц сыпучего грунта, используемых для формирования балласта или подбалластного защитного слоя, а также механики зернистых сред [4] рассмотрена возможность применения системного подхода к решению задачи о проверке условия сдвигоустойчивости. Условие сдвигоустойчивости (1) в наиболее неблагоприятной точке грунтового массива обуславливается неравенством величин активного напряжения сдвига τ_a и допустимого активного напряжения сдвига $\tau_{дон}$.

$$\tau_a < \tau_{дон} \quad (1)$$

Положительный исход (приемлемый результат) решения задачи о проверке условия сдвигоустойчивости грунтов определяется заданными исходными параметрами и масштабом рассматриваемого процесса – «приложение нагрузки к грунту – передача давления через массив грунта – проверка условия в некоторой точке». Основными исходными параметрами могут быть – средний размер частиц, величина модуля упругости и коэффициент распределительной способности грунта [4]. Под назначением масштаба понимается выделение необходимого количества сопутствующих основному процессам, оказывающих непосредственное влияние на поведение под нагрузкой системы – железнодорожный путь. Процесс определения масштаба называется системным подходом.

Известный французский ученый Пьер Симон Лаплас однажды сказал: «Ум, которому были бы известны для какого-либо данного момента все силы, одушевляющие природу, и относительное положение всех её составных частей, если бы вдобавок он оказался достаточно обширным, чтобы подчинить эти данные анализу, обнял бы в одной формуле движение величайших тел вселенной на-

Искусство изобретать

равне с движениями легчайших атомов; не осталось бы ничего, что было бы для него недостоверно, и будущее, так же, как и прошедшее, предстало бы пред его взором».

К сожалению, большинство исследователей в своей работе могут довольствоваться только тем имеющимся инструментарием, набор которого определяется текущим уровнем технического прогресса. В одной из своих научных статей И. И. Кандауров написал: «...основой построения модели-образа являются, как правило, господствующие в данный исторический период взгляды на физическую картину мира».

Сегодняшние реалии изобретательской деятельности человека выглядят следующим образом – полученные недавние сенсационные результаты исследовательской деятельности являются очень актуальными в части решения множества задач, а завтра эти инновации уже не будут удовлетворять большинству потребностей человека, поскольку начинают порождать новые проблемы. Продукт инновации начинает дорабатываться до определенного уровня, пока человечество не получит новых сенсационных результатов, которые зачастую обуславливаются невозможностью обновления предыдущего состояния изобретения. Происходит своего рода скачок. Этот процесс непрерывен и напоминает довольно сложную кривую на графике с осью абсцисс представленной временем, а осью ординат – научно-техническим прогрессом, которая в общем виде растет. Системный подход позволит на этом графике изменить угол роста научно-технического прогресса, сделать его более острым по отношению к оси ординат.

Основываясь на выше сказанном, в общем смысле, можно сделать один из главных выводов – применение системного мышления позволяет изобретателю вычленять необходимое количество узлов системы и связей между ними для получения более полного (объемлющего) решения, максимально учитывающим перспективные особенности условий, в которых будет эксплуатироваться изобретенная деталь или комплекс деталей.

Теория решения изобретательских задач (ТРИЗ)

Как известно, изобретательская деятельность – это процесс, имеющий определенные границы, обусловленные множеством факторов, например – характеристики, которым должно удовлетворять изобретение; условия его работы в процессе эксплуатации; низкие стоимостные показатели и т.д. Но, наиболее важным фактором является уровень творческого мышления у изобретателя, т.е. способность «отходить» от шаблонного мышления, мыслить по-новому. Наличие развитой последней способности позволяет расширять границы исследовательской деятельности и получать качественно новые результаты. На сегодняшний

день существуют весьма прогрессивные методики повышения уровня творческого мышления у исследователя. Одна из таких методик была создана еще советскими специалистами и по настоящее время находится в непрерывном развитии. В 1946 году, Г. С. Альтшуллер со своими коллегами начал разрабатывать весьма интересную и полезную науку – ТРИЗ. ТРИЗ дословно – это теория решения изобретательских задач. ТРИЗ – наука, позволяющая не только выявлять и решать творческие задачи в любой области знаний, но и развивать творческое (изобретательское) мышление, развивать качества творческой личности [5].

ТРИЗ – это своего рода универсальный инструмент, который позволяет:

- осуществлять поиск нестандартных идей;
- выявлять и решать множество творческих проблем;
- выбирать перспективные направления развития систем, в частности, техники, технологии и снижать затраты на их разработку и производство;
- развивать творческое мышление;
- формировать творческую личность.

Изобретатель, используя в своей деятельности ТРИЗ должен иметь определенный набор навыков, которые помогут ему успешно решать поставленные перед ним задачи. Здесь важны правильное формулирование задачи и правильная «настройка» мышления у изобретателя, направленные на достижение кардинально нового и эффективного результата. Не редко в основе решения технической задачи лежит на первый взгляд «дикая» идея. ТРИЗ дает возможность человеку не только быть готовым к таким идеям, но и научиться генерировать их.

Помимо уровня развития творческой личности, большое значение имеет правильная последовательность действий исследователя при решении любой творческой задачи, которая является, как отмечалось ранее – инновационной деятельностью.

Численность людей на планете Земля на 1 января 2016 года составляла около 7,3 миллиарда человек. Существует 195 независимых государств, расположенных по всей сухопутной части планеты. В этих странах проживают люди разных поколений, воспитанные в разных условиях под влиянием временных, экономических, политических и прочих факторов, имеющие бесконечно большое количество взглядов на окружающие их вещи. Природа создала человека по определенным правилам и законам, которые, в общем виде, делают нас схожими друг с другом. У абсолютно большинства людей есть мозг, отвечающий за мыслительную деятельность, а результатом этой деятельности, как отмечалось ранее, может являться получение эффективных решений задач из различных областей деятельности человека. К сожалению, может пройти очень много лет

прежде чем появятся действительно «сильные» изобретения-решения. Последнее связано с неструктурированностью мыслительного процесса. Исследователю может потребоваться очень много времени для того чтобы его мозг сгенерировал единственное правильное решение, которое, как правило, находится «на поверхности». Этому моменту предшествует длительная череда проб и ошибок, т.е. применяется метод перебора. Очевидно, что рано или поздно будет найдено решение, но при этом будет затрачено очень много финансовых, трудовых и временных ресурсов.

Если предположить, что мыслительный процесс у изобретателя можно структурировать определенным образом, то появится возможность не заниматься перебором, а генерировать эффективные решения за относительно короткий промежуток времени. Естественно, что для этого должен быть выполнен определенный набор действий, которые приведут изобретателя к открытию.

В ТРИЗ имеется алгоритм решения творческих задач (АРИЗ). Существует много версий этого алгоритма, что связано с его непрерывным развитием и появлением все более интересных и сложных задач в повседневной жизни. АРИЗ – комплексная программа алгоритмического типа, основанная на законах развития технических систем и предназначенная для анализа и решения изобретательских задач. АРИЗ обладает гибкостью: одна и та же задача может быть решена разными путями – в зависимости от того, кто и как ее решает. АРИЗ не игнорирует личность человека, который им пользуется. Напротив, АРИЗ стимулирует максимальное использование особенно сильных качеств конкретного изобретателя. Поэтому путь от формулирования условий задачи до решения может быть пройден по-разному, изобретатель совершает действия в зависимости от знаний, опыта, способностей. Алгоритм избавляет от заведомо неверных шагов.

В качестве еще одного немаловажного вывода можно выделить следующее – правильная настройка мышления и непрерывное повышение его уровня позволяет изобретателю выйти за рамки навязанных шаблонов и снять инерцию мышления. ТРИЗ имеет набор эффективных инструментов для достижения этих целей. Используя АРИЗ отпадает необходимость в переборе большого количества возможных решений, что существенно сокращает ресурсы затрачиваемые на исследовательскую деятельность.

Заключение

В настоящей статье рассмотрены основные актуальные проблемы течественной науки в железнодорожной отрасли в 21 веке. Выделены три наиболее важные:

1) влияние внешних факторов на изобретательскую деятельность и, как следствие, на её результат;

2) необходимость в развитии способности к системному мышлению у исследователя;

3) необходимость применения на практике инструментария теории решения изобретательских задач.

Из перечисленных проблем наибольшее влияние на скорость и качество достигаемого результата оказывают 2) и 3). Исследователь может обойтись и без понимания системного подхода, а также без определенных знаний по ТРИЗ, но при этом пройдет очень много времени на достижение конечного результата.

Наиболее весомой проблемой является влияние внешних факторов на результаты исследовательской деятельности. Межгосударственные конфликты, экономические кризисы, смена политических элит и т.д. все это определяет векторы развития научных исследований, при этом какие-то становятся менее актуальными, другие более актуальными. Происходит процесс переориентации потребностей в научных разработках в различных областях деятельности человека, что в конечном итоге влияет на конечный результат.

Именно по этим трем причинам продолжают возникать, например, различные деформации и дефекты на уровне верхнего строения пути, происходят недопустимые деформации основания или земляного полотна, приводящие к невозможности нормальной эксплуатации железнодорожного пути, допускаются ошибки в проектировании основанные на недостатках расчетных методик, утвержденных в нормативной документации. Но, как отмечалось ранее – научно-технический прогресс находится в непрерывном развитии в независимости от перечисленных проблем, при чем вектор развития в общем виде направлен вверх.

Список литературы

1. Пиотрович А. А. Вопросы теории и практики комплексной реконструкции транспортной сети Дальневосточного региона [Текст]: Монография / А. А. Пиотрович. – Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2003. – 151 с.

2. Ярмолинский А. И. Проектирование конструкций автомобильных дорог с учетом природно-климатических особенностей Дальнего Востока [Текст] / А. И. Ярмолинский, В. А. Ярмолинский. – Хабаровск: Изд-во Тихоокеанского гос. Ун-та, 2005. – 197 с.

3. О'Коннор Дж. Искусство системного мышления: Необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем / Джозеф О'Коннор и Иан Макдермотт. – М.: Альпина Бизнес Букс, 2006. – 256 с.

4. Кандауров И. И. Механика зернистых сред и ее применение в строительстве [Текст]: научное издание. – 2-е изд. испр. и перераб / И. И. Кандауров. – Л.: Стройиздат, Ленингр. отделение, 1988. – 280 с. ил.

5. Петров В. Алгоритм решения изобретательских задач [Текст]: Учебное пособие / В. Петров. – Тель-Авив, 1999.

УЧЕТ ГАЗОННЫХ РЕШЕТОК В РАСЧЕТАХ КОНСТРУКЦИЙ НЕЖЕСТКИХ АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ И ПОЖАРНЫХ ПРОЕЗДОВ

В статье представлены практические рекомендации по выполнению расчетов нежестких дорожных одежд, аэродромных покрытий и пожарных проездов. Опыт выполненной экспериментальной работы с данным видом геосинтетического материала. Статья подготовлена совместно со специалистами компании ООО "Миакон СПб"

редакция журнала «ТГ»

Введение

В настоящее время появляется все большее количество видов геосинтетических материалов различных по характеристикам и областям их применения. Газонные решетки используемые в конструкциях покрытий не являются исключением. Решетки «ГЕО Газон» достаточно хорошо зарекомендовали себя с точки зрения удобства и скорости выполнения строительных работ, а также на период эксплуатации покрытия. К сожалению, рост количества типов геосинтетических материалов не пропорционален росту расчетных методик, позволяющих достаточно полно учитывать влияние последних на поведение конструкции под действием нагрузки. В данной статье представлена информация о выполненной специалистами нашей компании экспериментально-теоретической работе по исследованию влияния газонной решетки на деформативные свойства нежестких дорожных одежд. Изложен способ учета газонной решетки в расчетах конструкции покрытия, дополняющий действующие нормативные методики.

Общая часть

В неблагоприятных природно-климатических и инженерно-геологических условиях устройство покрытий аэродромов и дорог капитального типа обусловлено первоначально важными показателями – надежностью и долговечностью этих сооружений. Покрытия из асфальтобетона, железобетонных плит, как для авиации, так и в дорожном хозяйстве, решают эту проблему наиболее эффективно [1]. В отечественной нормативной документации достаточно полно представлены характеристики этих материалов для проектирования, в частности, деформационные, применение которых, как правило, не вызывают затруднений у проектировщика при расчетах. Однако стоимость таких конструкций достаточно высока, особенно для отдаленных регионов, где может отсутствовать завод-изготовитель дорогостоящих материалов. Данный вопрос особенно актуален для малой авиации с нагрузками на ось до 2,0 т и проездов пожарной техники на объектах, например, нефтегазового комплекса.

Применение облегченных вариантов покрытий с целью снижения строительных и эксплуатацион-

ных затрат, уменьшения сроков строительства позволяет в какой-то мере решить эту проблему.

Современные облегченные конструкции покрытий представлены весьма разнообразными вариантами изготовления используемых инертных материалов – щебень, песок, ПГС и других, в различных комбинациях с армирующими геосинтетическими материалами, применяемыми с целью улучшения деформационных характеристик покрытий [2]. К таким материалам относятся различные высокопрочные ткани, стеклоткани, композитные и другие материалы. Все эти материалы применяются в теле конструкций покрытий в качестве армирующей прослойки.

К материалам, которые укладываются на подготовленное основание и, которые непосредственно воспринимают внешние нагрузки, предъявляются другие требования. Это, например, газонные решетки.

Газонная решетка (Рис. 1) представляет собой конструкцию трехмерного водопроницаемого модульного полотна, которое образуется посредством соединения краев решеток с помощью специальных замковых креплений, образующих единое полотно материала на месте его укладки.

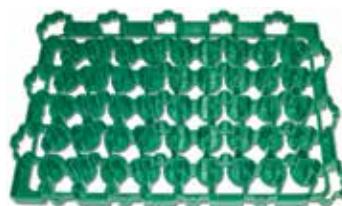


Рис. 1. Общий вид газонной решетки

К сожалению, на сегодняшний день, расчеты армированных конструкций для обоснования их целесообразности и использования в инженерных целях практически не выполняются, из-за отсутствия методик расчетного обоснования.

Расчеты нежестких аэродромных покрытий выполняются согласно [3], а для проездов автомобильного транспорта согласно [4] и [5]. Для облегченного типа покрытий предельным состоянием конструкции является относительный прогиб всей конструкции. При этом в нормативной литературе отсутствует методика по учету и определению мо-

дуля упругой деформации армирующих элементов или конструкции в целом, а производители геосинтетических материалов не предоставляют в полном объеме информацию даже о допускаемых предельных значениях характеристик этих материалов для проектировщиков. Этот факт, в свою очередь, приводит к некорректным и экономически не обоснованным проектным решениям и накладывает определенные ограничения на применение подобных материалов.

Полевые испытания

Для расчета нежестких покрытий в качестве основной физико-механической характеристики используется модуль упругой деформации. В рамках данной работы величины модулей конструкций определялись при помощи статических испытаний штампом марки HMP PDG-K, $d=30$ см (Рис. 2, 3), в соответствии с требованиями ГОСТ 20276-99 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости» [6].

В качестве экспериментальных были выбраны две опытные площадки (аэродром «Гостилицы», расположенный в Ленинградской области, производственная база ООО «МИАКОМ СПб»), на которых были выполнены различные варианты конструкций (Табл. 1).

Грунтовое основание на первой опытной площадке представлено суглинками, а на второй – насыпными техногенными грунтами.

По результатам штамповых испытаний построены зависимости осадки штампа от нагрузки для каждой конструкции покрытия (Рис. 4, 5).

Диапазон нагрузок для определения модуля упругости был принят от 1 до 2,0 т.

Покрытие из слоя песка и уложенной поверх газонной решеткой приводит к снижению деформативности конструкции в 1,5 раза. При этом естественное грунтовое основание в период выпадения обильных осадков не обеспечивает нормальную эксплуатацию аэродрома (Рис. 4).

Очевидно, что менее деформируемым является покрытие из железобетонных плит, что подтверждается результатами штамповых испытаний (Рис. 5), но такое покрытие также является наиболее дорогостоящим из всех представленных вариантов.

Анализируя графики 4 и 5, можно сделать следующие выводы:

- снижение деформативности покрытия с использованием газонной решетки связано с увеличением площади опирания секции на основание;
- зависимость «нагрузка – осадка» для песчаного слоя и естественного основания практически одинакова, что обусловлено недостаточным уплотнением песчаного слоя, а также небольшой конечной нагрузкой прикладываемой на штамп;
- применение в конструкции щебня позволяет существенно уменьшить деформативность по-



Рис. 2. Испытания на аэродроме «Гостилицы»



Рис. 3. Испытания на производственной базе ГК «МИАКОМ»

крытий (Рис. 4). Для нагрузок 1,0–2,0 т применение полиэфирных армирующих геосеток не дает значительного уменьшения значения параметра - упругого прогиба конструкции. В среднем модули упругости повышаются на 6,5%.

Геосетка обеспечивает, преимущественно снижение не вертикальных, а касательных напряжений, возникающих в слое армированного щебня, т.е. повышает сдвигустойчивость слоев [7].

Расчетно-теоретическая часть

Газонная решетка имеет ячеистую структуру, стенки которой обладают высокой сопротивляемостью сжатию, но целая секция не имеет большой прочности на изгиб и, как следствие, не может оказывать значительного влияния на уменьшение относительного прогиба покрытия.

В качестве рекомендаций по усилению аэродромных покрытий с использованием газонной решетки авторы приводят расчеты, которые опираются на работу [8], где проанализированы особенности взаимодействия системы «конструкция - упругое основание» под действием нагрузки. Если балочная конструкция опирается по всей плоскости касания на упругое основание, то ее изгиб под действием нагрузки определяется не только реактивным действием конструкции покрытия, но и отпором основания, т.е. работа балки и основания становится совместной. Речь идет о железобетонной балке, лежащей на упругом основании. В нашем случае балка представлена газонной решеткой (Рис. 6).

Табл. 1. Конструкции исследуемых покрытий

Наименование площадки	Номер конструкции	Наименование слоев	Толщина слоя, м	Схема
Аэродром «Гостилицы»	1	ГЕО Газон	0,05	
		Песок средней крупности	0,05	
		Геотекстиль ИП 200	-	
		Грунтовое основание	-	
Производственная база ГК МИАКОМ	1	ГЕО Газон	0,05	
		Песок средней крупности	0,05	
		Геотекстиль ИП 200	-	
		Грунтовое основание	-	
	2	ГЕО Газон	0,05	
		Щебень	0,20	
		Геотекстиль ИП 200	-	
	3	ГЕО Газон	0,05	
		Щебень	0,10	
			Армостяб-грунт 35/35-35	-
Щебень			0,10	
Геотекстиль ИП 200			-	
Грунтовое основание			-	
4		ГЕО Газон	0,05	
		Грунтовое основание	-	
5		Песок средней крупности	0,05	
		Геотекстиль ИП 200	-	
		Грунтовое основание	-	
6		ЖБ плита	0,20	
		Грунтовое основание	-	

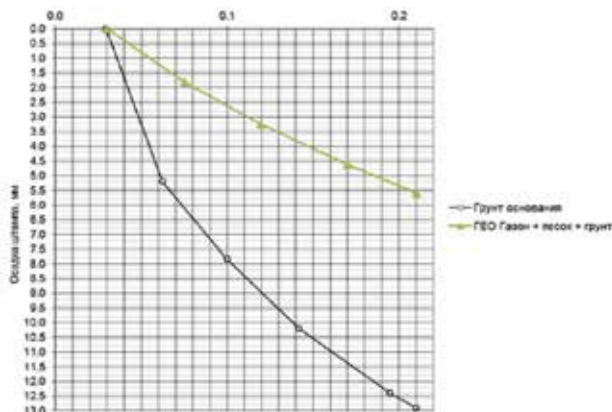


Рис. 4. Результаты штамповых испытаний на аэродроме «Гостилицы»

Полную осадку S можно разделить на две составляющие $S_{осн}$ и $S_{кон}$. Система находится в равновесном состоянии, под подошвой возникает отпор σ , который также можно разделить на $\sigma_{кон}$ и $\sigma_{осн}$:

Причем
$$\sigma = \sigma_{кон} + \sigma_{осн} \quad (1)$$

Тогда
$$\sigma_{кон} \neq \sigma_{осн} \quad (2)$$

$$\sigma_{кон} = \omega \sigma \quad (3)$$

где ω – коэффициент учитывающий увеличение общего отпора за счет включения в работу газонной решетки.

Предполагая, что деформация конструкции $S_{кон}$ пропорциональна жесткости сечения газонной решетки получим

$$S_{осн} = S_{кон} = \sigma f(EJ_{к}, l, b) \quad (4)$$

где $f(EJ_{к}, l, b)$ – функция, характеризующая геометрические размеры сечения, расчетную схему (исключая нагрузку), материал конструкции. Для балки (газонной решетки) прямоугольного сечения на двух свободных опорах эта функция будет иметь вид

$$f(EJ_{к}, l, b) = \frac{5}{384} \frac{bl^4}{EJ} \quad (5)$$

Осадка основания будет определяться в зависимости от коэффициента постели основания C

$$S = \frac{\sigma}{C} \text{ или } S = \frac{\sigma_{кон} + \sigma_{осн}}{C}; \quad (6)$$

$$S_{осн} = \frac{\sigma_{осн}}{C}$$

Поскольку осадка основания и прогиб конструкции одинаковы, т.е. $S_{кон} = S_{осн}$ получим

$$\sigma = \sigma_{кон} + S_{кон} C \text{ или } \sigma = \sigma_{кон} + \sigma_{кон} f(EJ_{к}, l, b) C \quad (7)$$

Отсюда определим отпор конструкции

$$\sigma_{кон} = \frac{\sigma}{1 + f(EJ_{к}, l, b) C} = \sigma \omega, \quad (8)$$

Момент инерции для газонной решетки будет равен

$$J = \frac{lh^3}{12}, \quad (9)$$

где l – длина решетки, 0,64 м; h – высота модуля решетки, 0,05 м, ширина 0,395 м.

$$J = \frac{0,64 \cdot 0,05^3}{12} = 0,00000667 \text{ м}^4,$$

В работе Григорьева П. Я., Паначёва К. А. [9] отмечено, что при прочном грунте конструкция разгружается, т.е. большая величина отпора приходится на основание, а при слабом грунте отпор основания имеет меньшие значения. Получается, что «ГЕО Газон», не имея большой изгибной жесткости, не оказывает значительного влияния на уменьшение относительного прогиба покрытия. Таким образом – модуль упругой деформации решетки будет равен модулю основания, на котором она уложена. В нашем случае величина E решетки равна 28,528 МПа (Рис. 5 – штамповые испытания грунтового основания).

Определим значение функции $f(E_k, l, b)$ по формуле (5)

$$f(E_k, l, b) = \frac{5 \cdot 0.395 \cdot 0.64^4}{384 + 28528 \cdot 0.00000667} = 0.00453 \frac{\text{М}^3}{\text{кН}}$$

Коэффициент постели определим из формулы (6) где нагрузку и значение осадки примем по результатам штамповых испытаний для решетки, уложенной на основание (Рис. 5, график 4).

$$C = \frac{227.3}{0.00128} = 177578 \frac{\text{кН}}{\text{М}^3}$$

Определим значение отпора решетки по формуле (8)

$$\sigma_{\text{кон}} = \frac{227.3}{1 + 0.00453 \cdot 177578} = 0.282 \frac{\text{кН}}{\text{М}^2}$$

При диаметре штампа 0,3 м получаем, что отпор у газонной решетки при приложении к ней нагрузки в 0,227 МПа составит 1,99 кг.

Следовательно, величину E решетки, принимаемую в расчетах по методике изложенной в [4, 5, 6], следует принимать равной модулю упругой деформации конструкции покрытия, поверх которого она укладывается.

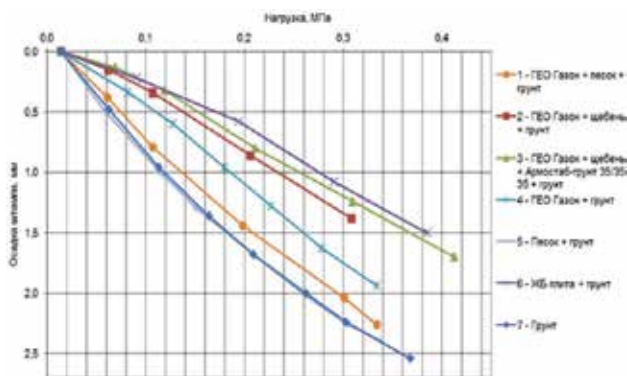


Рис. 5. Результаты штамповых испытаний на базе ГК «МИАКОМ»

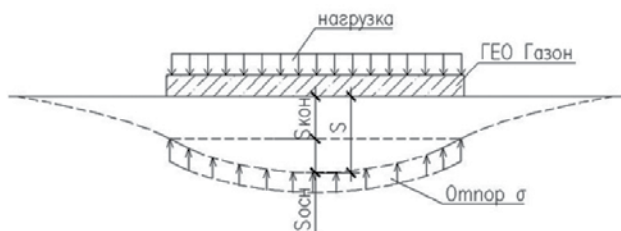


Рис. 6. Схема деформирования системы конструкция – упругое основание: $S_{\text{осн}}$ – осадка от сжатия грунта; $S_{\text{кон}}$ – составляющая общей осадки, вызванная прогибом конструкции; S – полная осадка системы с учетом прогиба конструкции по поверхности опирания на грунт

Важно понимать, что для слабых грунтов в основании с модулем деформации менее 5 МПа применение подобных покрытий может оказаться

не эффективным решением. В данном направлении необходимо проведение дополнительных исследований.

Заключение

За последние годы на рынке строительных материалов появилось достаточно большое количество производителей геосинтетических материалов, но, к сожалению, этот факт не гарантирует наличия достаточной информации у инженеров о применяемых в конструкциях материалах.

Основными преимуществами газонной решетки являются уменьшение колеяности и, как следствие, сокращение эксплуатационных затрат на содержание покрытий, сохранение травяного покрова в процессе эксплуатации и обеспечение эстетичного вида благоустраиваемой территории. Уменьшение колеяности обеспечивается жесткими вертикальными ребрами ячеек, передающими нагрузку от колес на основание через подошву решетки, а также сплошностью покрытия. Также к достоинствам такого покрытия относятся простота сборки, без ограничения во времени года, удобство хранения и доставки. В расчетах нежестких покрытий деформационные характеристики решетки «ГЕО Газон» прямо пропорционально зависят от характеристик нижележащих слоев.

Список литературы

1. Кульчицкий В. А., Макагонов В. А., Васильев Н. Б., Чеков А. Н., Романков Н. И. Аэродромные покрытия. Современный взгляд. – М.: Физико-математическая литература, 2002
2. Рекомендации по применению геосинтетических материалов в конструкциях промышленных дорог. – СПб.: МИАКОМ, 2013
3. СП 121.13330.2012 Свод правил. Аэродромы. Актуализированная редакция СНиП 32-03-96
4. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд: утв. распоряжением Государственной службы дорожного хозяйства (Росавтодора) Министерства транспорта Российской Федерации от 20.12.00 N ОС-35-Р: введ. в действие с 01.01.2001. – М.: ФГУП «Информавтодор», 2001. – 148 с.
5. МОДН 2-2001. Проектирование нежестких дорожных одежд: принят Межправительственным советом дорожников 15.12.2000: введ. в действие с 15.04.2001. – М.: Государственный дорожный научно-исследовательский институт ФГУП «Союздорнии», 2002. – 160 с.
6. ГОСТ 20276-99 «Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости»
7. Гладков В. Ю. Армирование зернистых оснований нежестких дорожных одежд геотекстильными прослойками в виде сеток. – М.: Диссертация, 1985
8. Григорьев П. Я., Паначёв К. А. Проектирование конструкций на упругом основании. – Хабаровск: ДВГУПС, 2009

ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ПРОГРАММНЫХ ПРОДУКТОВ В ПРОЕКТИРОВАНИИ

В современном мире уже трудно представить возможность выполнения текущих задач проектирования без применения компьютерных технологий. Возможности программных продуктов очень широки и позволяют достаточно быстро и просто решать сложные задачи. Но, к сожалению, развитие программных комплексов шагает намного быстрее, навыков работы в них инженеров-проектировщиков. И зачастую на практике мы сталкиваемся с неэффективным использованием дорогостоящих программ, т.е. с «забиванием гвоздей микроскопами».

В данном разделе нашего журнала мы со своей стороны преследуем цель упрощения рутинной работы инженеров-проектировщиков путем раскрытия некоторых секретов применения современных программных продуктов, так или иначе связанных с разработкой проектной документации. Надеемся, что в конечном итоге, это позволит специалисту тратить основное рабочее время не на банальное складывание и умножение, а на детальную проработку технически грамотных проектных решений.

редакция журнала «ТГ»

СПОСОБ РАСЧЕТА ПЛОЩАДЕЙ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ, УЛОЖЕННЫХ С ОПРЕДЕЛЕННЫМ ШАГОМ ПО ВЫСОТЕ НАСЫПИ

Файлы к задаче можно скачать по следующей ссылке в интернете: <http://goo.gl/ESNmyC>

По условиям задачи - требуется рассчитать площадь уложенного с определенным шагом по высоте геосинтетического материала (ГМ) в пять слоев в конструкции насыпи на определенном участке трассы линейного сооружения (Рис. 1) (слои выделены синим цветом).

Для решения поставленной задачи потребуются следующие программные продукты: Autocad Civil 3D; Subassembly Composer (SC); Excel.

Следует отметить, что в данном решении имеются некоторые допущения и особенности, которые на стадии «П» не окажут существенного влияния на результат расчета:

- слои ГМ уложены горизонтально;

- расстояние между слоями ГМ одинаковое и задается вручную через параметры конструкции;

- наименования поверхностей в чертеже не переименовывать (важно для увязки с файлом Excel).

Поскольку по условиям задачи имеется не равнинная местность (Рис. 2), то соответственно высота проектируемой насыпи будет на протяжении всей трассы различна, что в свою очередь, связано с количеством уложенных слоев ГМ по высоте, т.е. с уменьшением высоты насыпи уменьшается количество слоев ГМ.

1. При реализации данной задачи через Civil, потребуются такие элементы конструкции, которые позволят получить по каждому слою ГМ (в случае если ГМ в каждом слое различны по характеристикам и типам) отдельную поверхность. Для этого необходимо прибегнуть к помощи Subassembly Composer, с целью создания нужной конструкции «Verta+GM.pkt».

2. Следует отметить следующее о параметрах конструкции «Verta+GM.pkt» (Рис. 3):

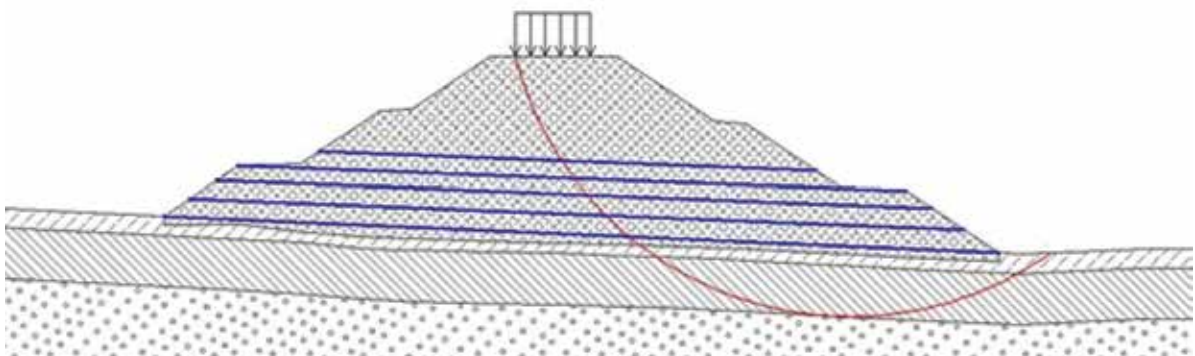


Рис. 1. Исходный поперечный профиль



Рис. 2. Рельеф участка

- на всякий случай учтен случай насыпи без берм;
 - количество слоев 5. Если нужно добавить еще количество слоев, то необходимо будет дополнить алгоритм в SC по тому же принципу, что представлен в файле «Verma+GM.pkt»;
 - Отметка_слоя1 – расстояние от верха насыпи до первого снизу слоя ГМ;
 - Расстояние_между_слоями – название параметра говорит само за себя (принято, что эта величина одинакова между слоями ГМ в большинстве случаев проектирования подобных сооружений);
 - Количество_слоев – от 0 до 5;
 - Бермы – наличие или отсутствие бермы в конструкции насыпи;
 - Высота_насыпи1 – высота насыпи от верха конструкции до верха первой бермы;
 - Откос_до1_бермы – величина откоса насыпи до верха 1 бермы;
 - Откос_до2_бермы – величина откоса бермы 1 до верха 2 бермы;
 - Высота_насыпи2 – высота бермы 1;
3. Поскольку необходимо учесть данную конструкцию (с 5-ю слоями, первый слой на расстоянии от верха 8,8 м) только на глубине, предполо-

жим, с 9 до 10 м, то необходимо добавить элемент УсловнаяНасыпьИлиВыемка из стандартного набора Civil (Рис. 4) и к нему «прицепить» нашу конструкцию.

Теперь конструкция Расчет_ГМ_насыпь_и_берма будет добавляться в коридоре только тогда, когда элемент УсловнаяНасыпьИлиВыемка будет «видеть» отметки по оси трассы сооружения от 9,00 до 10,00 м, измеряемые от верха насыпи до рельефа. Если необходимо получить конструкцию на отметках, предположим, от 8,00 до 9,00 м с числом слоев 4, то добавляем еще один условный элемент с новыми значениями по минимальным/максимальным расстояниям.

4. Задаем в параметрах коридора цели для конструкции, создаем поверхности через коридор по каждому слою ГМ и получаем следующий результат (Рис. 5). По умолчанию в чертеже слои названы ГМ 1...5. Это связано с дальнейшей обработкой информации в Excel;

Итак, имеется 5 поверхностей по интересующим слоям ГМ. Теперь необходимо перейти к непосредственному расчету площадей. Поскольку информация о площадях содержится в поверхностях, то необходимо «вытащить» их из чертежа Civil.

5. Выполняем экспорт поверхностей в LandXML;

6. Изменяем формат файла на .txt;

7. Открываем файл Excel «Расчет ГМ.xlsx» выполняем обновление данных, указывая на наш файл .txt (Рис. 6);

Теперь, можно подгрузить эту таблицу, при необходимости, обратно в чертеж, изменить внешний вид и т.д.

Недостатки:

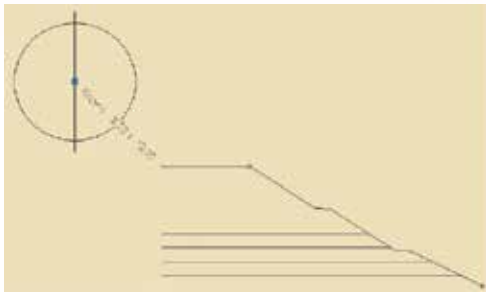
- при каждом изменении проекта необходимо делать экспорт в LandXML;
- необходимость в переименовании формата файла, полученного при экспорте, в .txt;
- требуется обновление данных в Excel.

В итоге созданная модель имеет настроенную полу-динамическую связь изменения площадей ГМ в соответствии с корректировкой проектных решений.

Side	Right
Отметка_слоя1	8.800м
Расстояние_между_слоями	1.000м
Количество_слоев	5
Уклон_проезж_части	0.00%
Ширина	6.000м
Бермы	Yes
Откос_общий	2.00:1
Высота_насыпи1	3.000м
Уклон_бермы1	3.00%
Ширина_бермы1	1.000м
Откос_до1_бермы	1.50:1
Откос_до2_бермы	1.50:1
Высота_насыпи2	3.000м
Уклон_бермы2	0.00%
Ширина_бермы2	1.000м

Рис. 3. Параметры конструкции

Программное обеспечение



Версия	R2013
Сторона	Справа
Компоновка - Ширина	6.000м
Компоновка - Уклон	1.00:1
Тип	Насыпь
Минимальное расстояние	9.000м
Максимальное расстояние	10.000м

Рис. 4. Условный элемент (слева) с параметрами (справа)

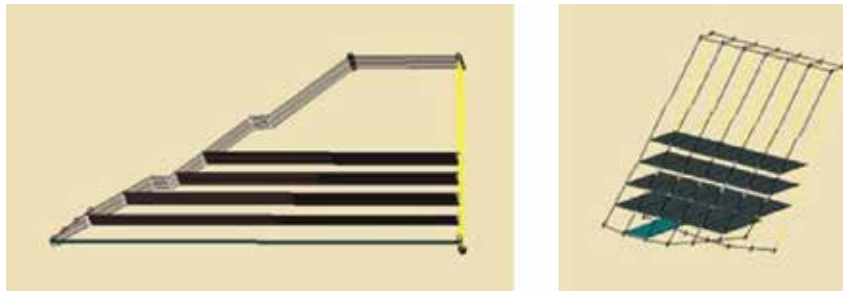


Рис. 5. Коридор с построенными поверхностями по каждому слою ГМ

№п/п	ГМ	Площадь, м2	Стоимость за ед. руб.	Стоимость слоя, руб.	Всего, руб.
1					
2					
3					
4	ГМ1	1636,92	1	1636,918	7126,19
5	ГМ2	1892,80	1	1892,8	
6	ГМ3	1700,40	1	1700,4	
7	ГМ4	1244,60	1	1244,6	
8	ГМ5	586,28	1	586,2756	
9	ГМ6	65,20	1	65,2	
10	ГМ7		1		
11	ГМ8		1		

Рис. 6. Обновление данных в Excel

Применительно к стадии «П», определенные таким образом площади геосинтетических материалов умноженные на коэффициент 1.1, учитывающий нахлесты, позволит достаточно оперативно получать актуальную информацию по материалам в случае корректировки проектных решений, например, в части изменения положения трассы дороги.

РАСЧЕТ ПЛОЩАДИ ГЕОТЕКСТИЛЯ, УЛОЖЕННОГО НА НЕКОТОРУЮ ПОВЕРХНОСТЬ – ПОДСТИЛАЮЩИЙ ГРУНТ (ЗЕМЛЯНОЕ ПОЛОТНО)

Файлы к задаче можно скачать по следующей ссылке в интернете: <http://goo.gl/ESNmyC>

Применяемые программные продукты: Autocad Civil 3D; Subassembly Composer (SC); Excel.

По условиям задачи – требуется учесть количество геотекстиля, уложенного на некоторую поверхность.

Конструкция представлена в файле Geotextile. PKT», для расчета площадей – файл Excel и чертеж «Высокая насыпь.dwg».

Элемент конструкции «Геотекстиль» можно прицепить к любой ранее выполненной конструкции в Civil.

Строим коридор с указанием для элемента «Геотекстиль» в целях ось трассы и поверхность на которую он будет уложен. Подразумевается, что геотекстиль укладывается от одной подошвы откоса до другой по спланированной поверхности

рельефа. т.е. необходимо сначала построить поверхность, например, срезки грунта, а после по ней «уложить» геотекстиль. На Рис. 1 представлена не спланированная поверхность.

Здесь следует отметить, что поскольку имеется возможность «пристегнуть» элемент «Геотекстиль» к любой конструкции, то вытащив поверхность из коридора, например, низ дорожной одежды и указав ось трассы, Civil построит нам искомую поверхность для дальнейшего расчета площади геотекстиля в Excel.

Последующие действия – экспорт поверхности «Геотекстиль» в LandXML, изменение формата файла на .txt и обновление в Excel данных на полученный файл .txt.

Сравнительные результаты расчета представлены на Рис. 2.

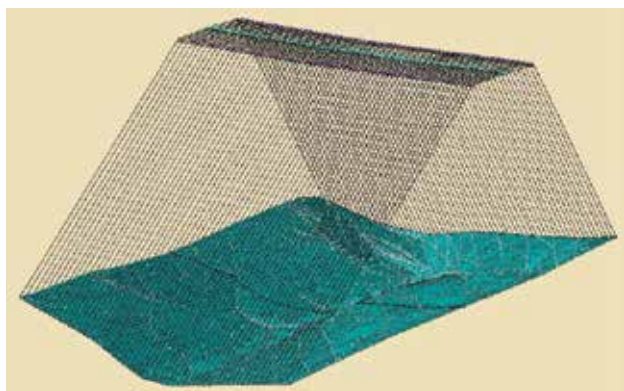


Рис. 1. Геотекстиль, уложенный на не спланированное основание

Расчет без нахлеста ГМ						
№п/п	ГМ	Номер строки	Площадь, м2	Стоимость за ед. руб.	Стоимость слоя, руб	Всего, руб
1	ГМ1	1	2739,12	1	2739,123	2739,12
Площадь 2D поверхности					2638,84 кв. м	
Площадь 3D поверхности					2739,12 кв. м	
Минимальный уклон/откос					0.00%	
Максимальный уклон/откос					198.48%	
Средний уклон/откос					25.37%	
TIN						

Рис. 2. Расчет площади геотекстиля (сверху Excel, снизу Civil)

РАСЧЕТ ПЛОЩАДИ ОБЪЕМНОЙ ГЕОРЕШЕТКИ, УКЛАДЫВАЕМОЙ НА ОТКОС

Файлы к задаче можно скачать по следующей ссылке в интернете: <http://goo.gl/ESNmyC>

По условиям задачи – требуется рассчитать площадь объемной георешетки, укладываемой на откос насыпи (Рис. 1).

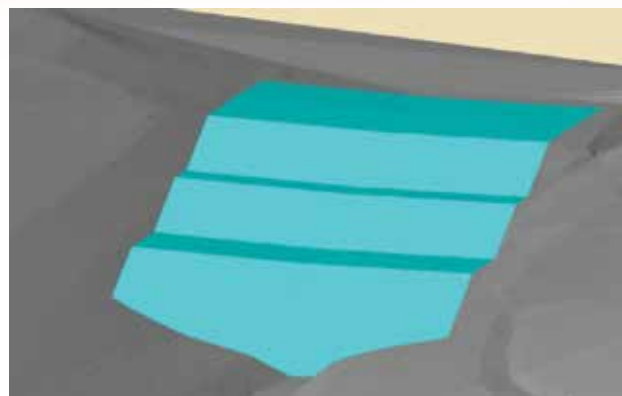


Рис. 1. Укрепляемый откос

Применяемые программные продукты: Autocad Civil 3D; Subassembly Composer (SC); Excel.

Допущения и особенности:

- наименование поверхности объемной георешетки в чертеже не переименовывать (важно для увязки с Excel).

В решении реализована возможность включения/выключения так называемых «пригрузов» как сверху насыпи, так и снизу. «Пригруз» сверху необходим для исключения сползания георешетки, снизу – для опирания георешетки, заполненной сыпучим материалом. На высоких откосах может потребоваться включить «пригрузки» как сверху, так и снизу.

Также реализована, на примере предыдущих решений, возможность укрепления георешетками бERM с их откосами.

Расчет площади георешетки подразумевает следующие действия:

- Создаем в Civil проект линейного/площадочного объекта (трассы, продольники, конструкции, коридоры и т.д.);

- добавляем наш элемент Объемная_георешетка и, если есть бERMA, повторяем поперечный контур нашего коридора. На Рис. 2 слева представлена конструкция, которую нужно покрыть георешеткой, а справа – конструкция Объемная_георешетка. Это сделано для наглядности. По факту проектировщик должен будет «прицепить» конструкцию Объемная_георешетка к ранее созданной конструкции (слева) и повторить очертанием поперечный контур коридора;

- Далее назначаем цели и перестраиваем коридор. Получаем поверхность «Объемная георешетка» (Рис. 3, 4);

- Экспортируем поверхность в LandXML;
- Изменяем формат файла на .txt;
- Открываем файл Excel «Расчет объемной георешетки.xlsx» выполняем обновление данных, указывая на наш файл .txt.

Описание параметров элемента конструкции Объемная_георешетка (Рис. 5).

- Ширина_пверху – расстояние от бровки откоса до края объемной георешетки;

Программное обеспечение

- Берма – включение/отключение бермы;
- Высота_откоса1 – высота откоса от верха конструкции до верха первой бермы;
- Откос1 – величина первого откоса до верха 1 бермы;
- Откос_выхода_на_рельеф – величина откоса до пересечения с поверхностью рельефа;
- Пригруз_снизу - включение/отключение пригруза снизу.

Остальные функции параметров совпадают с их наименованиями.

Итог: нам удалось создать полу-динамическую связь изменения площади объемной георешетки, укладываемой на откосы, в случае корректировки проектных решений.

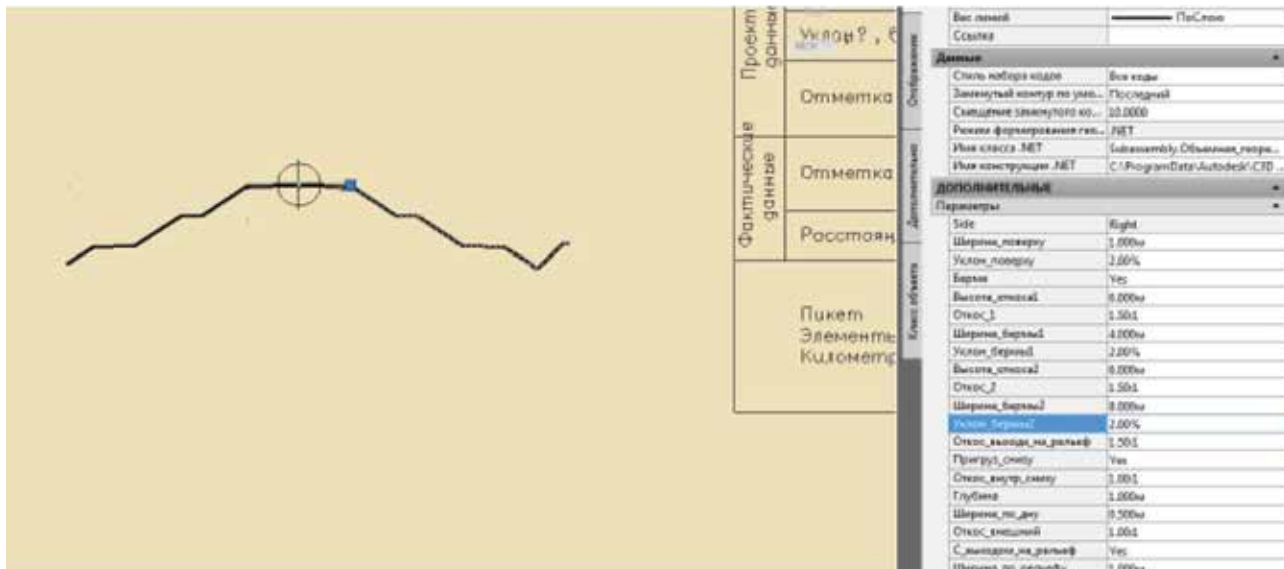


Рис. 2. Конструкция для расчета объемной георешетки: слева – конструкция коридора проектная, справа – элемент конструкции Объемная_георешетка

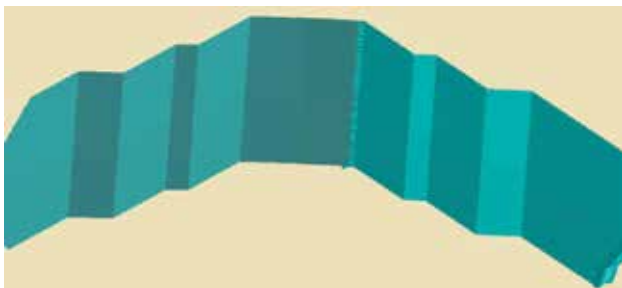


Рис. 3. Поверхность уложенной объемной георешетки на откосе (справа)

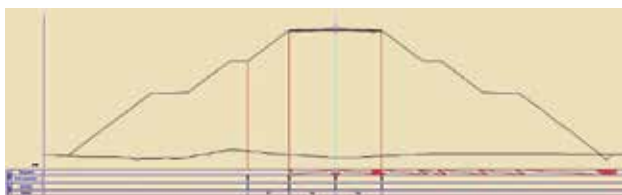


Рис. 4. Поверхность уложенной объемной георешетки на откосе (справа)

Параметры	
Side	Right
Ширина_поверху	1.000м
Уклон_поверху	2.00%
Берма	Yes
Высота_откоса1	6.000м
Откос_1	1.50:1
Ширина_бермы1	4.000м
Уклон_бермы1	2.00%
Высота_откоса2	6.000м
Откос_2	1.50:1
Ширина_бермы2	8.000м
Уклон_бермы2	2.00%
Откос_выхода_на_рельеф	1.50:1
Пригруз_снизу	Yes
Откос_внутр_снизу	1.00:1
Глубина	1.000м
Ширина_по_дну	0.500м
Откос_внешний	1.00:1
С_выходом_на_рельеф	Yes
Ширина_по_рельефу	1.000м
Уклон_по_рельефу	0.00%
Пригруз_сверху	Yes
Глубина_пригр_сверху	0.500м
Откос_внутр_сверху	1.00:1
Ширина_по_дну_верх	0.500м

Рис. 5. Параметры конструкции Объемная_георешетка

Для заметок и интересных мыслей

«...различие наших мнений происходит не оттого, что одни люди разумнее других, но только оттого, что мы направляем наши мысли разными путями и рассматриваем не те же самые вещи. Ибо мало иметь хороший ум, главное – хорошо его применять»

*Рене Декарт
1628 г.*

Журнал «Территория Геотехники» является больше, чем просто периодически выпускаемое печатное издание. В нем собрана актуальная информация, которая позволит инженерам, специалистам своего дела, а также студентам различных технических вузов освежить в памяти, а может быть и узнать что-то новое для себя, что позволит сбросить шаблоны мышления и успешно решать повседневные профессиональные задачи.

Редакция «ТГ» открыта к обсуждению потенциальных тем, актуальных для транспортной отрасли, с целью освещения их на страницах журнала, а также, для более детального рассмотрения, на интернет ресурсе <https://tgeo.pro>

Сотрудники нашего журнала твердо убеждены, что истинно правильные и сильные решения задач можно получить только совместными усилиями.

Оформить предзаказ второго выпуска журнала можно отправив запрос на адрес электронной почты office@tgeo.pro или заполнив форму обратной связи на сайте <https://tgeo.pro> в разделе контакты.

г. Санкт-Петербург
Территория Геотехники® 2016
тел. главного редактора: +7 911 281 64 13
e-mail: office@tgeo.pro
<https://tgeo.pro>