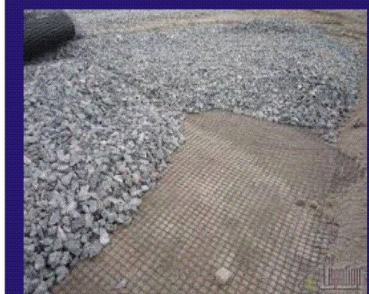
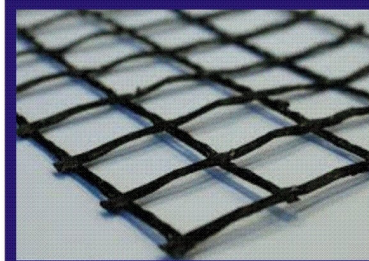
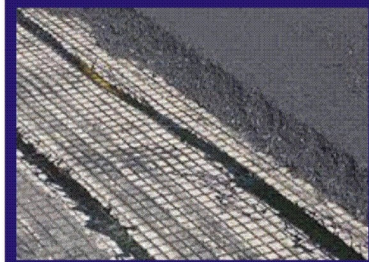


ISSN 2412-8406a



ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Геосинтетические материалы.
Спецвыпуск.



№ 2(2)/2015

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Сибирская государственная автомобильно-дорожная
академия (СибАДИ)»

ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Геосинтетические материалы. Спецвыпуск.

Материалы конференции «Применение геосинтетических материалов
в дорожных подразделениях Сибири и Крайнего Севера»,
прошедшей при поддержке **РФФИ (грант № 15-08-20908)**
29-30 октября 2015 г., г. Новосибирск

Выпуск 2(2)
ноябрь 2015 г.

Журнал учрежден ФГБОУ ВПО «СибАДИ» в 2014 г. Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору
в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Эл. № ФС77-59505 от 03 октября 2014 г. Периодичность 4 номера в год

Предназначен для информирования научной общественности о новых научных результатах,
инновационных разработках профессорско-преподавательского состава, докторантов,
аспирантов и студентов, а также ученых других вузов

Дата опубликования: 30.11.15

© ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2015

Главный редактор Кирничный В. Ю., д-р экон. наук, доц., ректор ФГБОУ ВПО "СибАДИ"
Зам. главного редактора Бирюков В. В., д-р экон. наук, проф., проректор по НР ФГБОУ ВПО "СибАДИ"

Редакционная коллегия:

Глотов Б.Н., д-р техн. наук, профессор Карагандинского государственного технического университета, Республика Казахстан, г. Караганда.

Ефименко В.Н., доктор технических наук, декан факультета «Дорожное строительство», зав. кафедрой «Автомобильные дороги» ФГБОУ ВПО «ТГАСУ».

Жигадло А.П., д-р пед. наук, канд. техн. наук, доцент, ФГБОУ ВПО «СибАДИ», г. Омск.

Жусупбеков А.Ж., Вице – Президент ISSMGE по Азии, Президент Казахстанской геотехнической ассоциации, почетный строитель Республики Казахстан, директор геотехнического института, заведующий кафедрой «Строительства» ЕНУ им Л.Н. Гумилева, член-корреспондент Национальной Инженерной Академии Республики Казахстан, д-р техн. наук, профессор, г. Астана, Казахстан.

Исаков А.Л., доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС)», г. Новосибирск.

Карпов В. В., д-р экон. наук, профессор, директор Омского филиала ФГБОУ ВПО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», г. Омск.

Лис Виктор, канд. техн. наук, инженер - конструктор специальных кранов фирмы Либхерр - верк Биберах ГмбХ (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittlbiberach, Германия.

Матвеев С.А., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «СибАДИ», г. Омск.

Миллер А.Е. д-р экон. наук, профессор ОмГУ им. Ф.М. Достоевского, г. Омск.

Мочалин С.М., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «СибАДИ», г. Омск.

Насковец М.Т., канд., техн., наук, УО «Белорусский государственный технологический университет», Республика Беларусь, г. Минск.

Пономаренко Ю.Е. д-р техн. наук, профессор ФГБОУ ВПО «СибАДИ», г. Омск.

Псаризнос Бэзил, доктора инженерных наук, профессор Национального технического университета, г. Афины, Греция.

Щербakov В.С., д-р техн. наук, профессор, ФГБОУ ВПО «СибАДИ».

Editor-in-Chief - Kirnichny V. Y, doctor of economic sciences, associate professor, rector of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)

Deputy editor-in-chief - Biryukov V.V., doctor of economic sciences, professor, pro-rector for scientific research of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI)

Members of the editorial board:

Glotov B.N., doctor of technical sciences, professor, Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan.

Efimenko V. N., doctor of technical sciences, dean of faculty "Road construction", department chair "Highways" FGBOU VPO "TGASU".

Zhigadlo A.P., doctor of pedagogical sciences, candidate of technical sciences, associate professor of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI), Omsk.

Zhusupbekov A.Z., Vice - President of ISSMGE in Asia, President of Kazakhstan Geotechnical Association, honorary builder of the Republic of Kazakhstan, director of the Geotechnical Institute, head of the department "Construction" of L.N. Gumilyov Eurasian National University, corresponding member of the National Academy of Engineering of the Republic of Kazakhstan, doctor of technical sciences, professor, Astana, Kazakhstan.

Isakov A.L., doctor of technical sciences, professor FGBOU VPO "Siberian State University of Means of Communication (SSUMC)", Novosibirsk.

Karpov V.V., doctor of economic sciences, professor, director of the Omsk branch of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Omsk.

Lis Victor, candidate of technical sciences, design-engineer of special cranes of Liebherr - Werk Biberach GmbH (Viktor Lis Dr-Ing. (WAK), Libherr-Werk Biberach GmbH), Mittlbiberach, Germany.

Matveev S.A., doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI).

Miller A.E., doctor of economic sciences, professor OMGU of F.M. Dostoyevsky, Omsk.

Mochalin S.M., doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI), Omsk.

Naskovets M.T., candidate of the technical science, YO "Belarusian State Technological University", Minsk, Belarus.

Ponomarenko Yu.E., doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI), Omsk.

Psarianos Basil, Dr-Ing., professor Natl Technical University, Athens, Greece

Shcherbakov V.S., doctor of technical sciences, professor, of the Siberian State Automobile and Highway Academy (SibADI), Omsk.

Редакционная коллегия осуществляет экспертную оценку,
рецензирование и проверку статей на плагиат.

Исполнительный редактор Е. Р. Ищак
Выпускающий редактор Т.В. Куприна

Публикация статей произведена с оригиналов, подготовленных авторами.
Информация об авторах расположена в начале статей.

Текстовое (символьное) электронное издание
Системные требования: Intel или AMD; Windows XP/Vista/7;
мышь; программа для чтения pdf-файлов: Adobe Acrobat Reader

Адрес редакции: 644080, г. Омск, просп. Мира 5, патентно-информационный отдел, каб. 3226.
Тел. (3812) 65-23-45. e-mail: ttc.sibadi@yandex.ru

Адрес в сети Интернет: <http://ttc.sibadi.org/>

Объем 10,0 МБ

Дата размещения на сайте 30.11.2015 / Дата подписания к использованию 23.11.2015

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬСТВА

Д.Ю. Александров

Совершенствование состава и технологии приготовления песчаных асфальтобетонов

Г.Л. Горынин, А.Ф. Власко

Математическое моделирование механических свойств армогрунтов

М.И. Зимин

Оценка влияния движения транспортных средств на зону зарождения снежных лавин

Г.М. Левашов, В.В. Сиротюк, О.А. Рычкова

Рекомендации по оценке экономической эффективности армирования асфальтобетонных покрытий

Е.А. Мартынов

Определение эффекта армирования дорожных конструкций геосинтетическими материалами

С.А. Матвеев

Инновационные материалы, технологии и конструкции: теория и практика применения

М.Т. Насковец, А.И. Драчиловский

Опыт использования геосинтетического материала Турар в дорожных конструкциях при освоении лесного фонда республики Беларусь

Л.В. Потуданская

Итальянские технологии с российской пропиской

В.В. Сиротюк, О.В. Якименко, Г.М. Левашов, А.А. Захаренко

Расширение опытно-производственного внедрения усиления ледового покрова геосинтетическими материалами

О.В. Якименко

Армирование ледовых переправ

Геосинтетические материалы. Спецвыпуск.

Всероссийская научно-практическая конференция «Применение геосинтетических материалов в дорожных подразделениях Сибири и Крайнего Севера»

29-30 октября 2015 г.

г. Новосибирск



В работе конференции «Применение геосинтетических материалов в дорожных подразделениях Сибири и Крайнего Севера», прошедшей при поддержке РФФИ (грант № 15-08-20908) 29-30 октября 2015 г. в г. Новосибирск, приняли участие ученые из Омска, Москвы, Новосибирска, Сургута и специалисты-практики ведущих предприятий России: ОАО «Новосибирскавтодор», ОАО «Сибмост», ГКУ «Управдор» Республики Якутия, ООО

«Техполимер», ООО
«Дорстройматериалы», ООО
Автодорпроект, ФАУ Главгосэкспертиза
России, ООО "ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ
СНГ", ООО «Гео-проект» и др., всего
более 100 человек.

Участники конференции заслушав и обсудив доклады и сообщения исследователей ведущих российских научных центров и представителей международных и российских компаний, специализирующихся в области геосинтетических материалов, отметили

высокий научный и организационный уровень проведения конференции, а также значимость обсуждаемых проблем для дорожной отрасли. Было признано, что применение геосинтетических материалов является важным направлением, обеспечивающим повышение качества, эффективности строительства и эксплуатации автомобильных дорог.

Участниками конференции были приняты следующие решения:

1. В соответствии с планом мероприятий, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации № 6523п-П9 от 28 сентября 2015 г., предложить ФГБОУ ВПО «СибАДИ» выступить с инициативой по созданию на своей базе ресурсного центра по анализу практики применения инновационных материалов, технологий и конструкций в дорожном строительстве регионов Сибири и Крайнего Севера.

2. Обратиться в Министерство транспорта РФ с предложением о ежегодном проведении научно-практической конференции «Применение геосинтетических материалов в дорожных подразделениях Сибири и Крайнего



Геосинтетические материалы. Спецвыпуск.

Севера». Присутствующий на конференции директор ООО «Техполимер» (г. Красноярск) предложил обеспечить проведение конференции 2016 г. на собственной базе.

3. Предложить ФГБОУ ВПО «СибАДИ», как одной из ведущих организаций, выступить перед Министерством транспорта РФ с инициативой по разработке и совершенствованию национальных стандартов в области применения геосинтетических материалов.



4. Предложить ФГБОУ ВПО «СибАДИ» организовать комплекс программ по повышению квалификации и профпереподготовке специалистов дорожной отрасли, связанных с решением задач применения инновационных материалов и технологий для предприятий Сибири и Крайнего Севера.



Александров Дмитрий Юрьевич (Беларусь, г. Гомель) – ассистент кафедры «Строительство и эксплуатация дорог» Белорусского государственного университета транспорта. e-mail: admitr.belsut@mail.ru

УДК 691.168

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СОСТАВА И ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПЕСЧАНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОНОВ

Д.Ю. Александров

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель.

***Аннотация.** В статье рассматривается песчаный асфальтобетон. Описываются достоинства и недостатки песчаных асфальтобетонов. Предлагаются способы повышения физико-механических свойств песчаных асфальтобетонов. Определены области применения песчаных асфальтобетонов усовершенствованного состава и технологии.*

***Ключевые слова:** песчаный асфальтобетон, ресурсосбережение, отходы промышленности, дисперсное армирование, активационные технологии.*

IMPROVEMENT OF STRUCTURE AND TECHNOLOGY OF PREPARATION OF SANDY ASPHALT CONCRETE

D.Yu. Alexandrov

Belarusian state university of transport, Gomel

***Abstract.** In article sandy asphalt concrete is considered. Merits and demerits of sandy asphalt concrete are described. Ways of increase of physicomachanical properties of sandy asphalt concrete are offered. Scopes of sandy asphalt concrete of advanced structure and technology are defined.*

***Keywords:** sandy asphalt concrete, resource-saving, waste of the industry, disperse reinforcing, activation technologies.*

Долгое время песчаный асфальтобетон был одним из самых распространенных материалов для устройства верхних слоев покрытий автомобильных дорог, но со временем возрастающая интенсивность движения

и увеличение нагрузки на ось вызвали необходимость в использовании материалов с более высокими физико-механическими свойствами (щебенистые асфальтобетоны). Многие исследователи пытались решить проблему повышения сдвигоустойчивости песчаных асфальтобетонов. Например, во второй половине 1965 и 1966 годах в Ленинграде на Загородном проспекте и проспекте Добролюбова были устроены опытные участки из армированного асфальтобетона на остановках общественного транспорта [1]. В качестве армирующей прослойки была использована сетка арматурная с размером ячеек 10 на 10 см. На различных участках сетку располагали на разных глубинах слоя покрытия из песчаного асфальтобетона. Сетку предварительно обрабатывали битумной эмульсией, к нижележащему слою крепили при помощи железнодорожных костылей. Результаты данного решения можно оценить как скорее отрицательные, в процессе эксплуатации проявлялись различные дефекты и деформации конструкционного слоя. Существуют и другие способы повышения физико-механических качеств песчаных асфальтобетонов, но и они не позволяют использовать песчаный асфальтобетон в качестве конструкционного слоя для дорог с высокой интенсивностью движения, поэтому следует изучить иные возможности использования этого материала.

Песчаный асфальтобетон до сих пор является довольно перспективным строительным материалом, особенно для районов необеспеченных прочным крупнозернистым каменным материалом. Песчаный асфальтобетон имеет как преимущества перед щебенистыми асфальтобетонами [2], так и уступает им в некоторых довольно значимых аспектах (рис. 1).



Рис. 1. Преимущества и недостатки песчаных асфальтобетонов по сравнению со щебенистыми асфальтобетонами

Утверждение о более низкой стоимости песчаных асфальтобетонов по сравнению со щебенистыми спорно. В Республике Беларусь стоимость песчаных асфальтобетон на 10-15% выше, чем щебенистых. Объясняется это тем, что при приготовлении песчаной асфальтобетонной смеси необходимо обработать органическим вяжущим большую удельную поверхность минерального материала. Это приводит к увеличению расхода битума для приготовления смеси, а следовательно и стоимости.

По своей структуре песчаный материал является наиболее однородным материалом среди всех типов асфальтобетонов. Для материалов с однородной структурой характерно более равномерное распределение напряжений, что позволяет песчаным асфальтобетонам конкурировать со щебенистыми по таким показателям как износостойкость, устойчивость к коррозионному воздействию влаги и знакопеременных температур.

Хорошие эксплуатационные показатели имеет песчаный асфальтобетон, минеральная часть которого на 40-60% представлена отсевом дробления [3]. Для такого асфальтобетона характерно высокое количество точек контакта колеса с покрытием, что повышает безопасность движения, а так же небольшая величина впадин микропрофиля поверхности, что позволяет легко очищать поверхность от грязи и пыли.

Одним из недостатков песчаных асфальтобетонов является его повышенная чувствительность даже к незначительному нарушению состава. Эта особенность характерна для любого битумо-минерального материала содержащего большое количество мелких частиц минерального материала. Небольшой избыток к резкому повышению пластичности. Вторым существенным недостатком песчаных асфальтобетонов является низкая сдвигоустойчивость. К причинам недостаточной сдвигоустойчивости песчаных асфальтобетонов (рис.2) относятся: низкая адгезия битума к поверхности зерна песка; избыток вяжущего в смеси.



Рис. 2. Причины низкой сдвигоустойчивости песчаного асфальтобетона и пути решения проблемы

Низкая адгезия битума к поверхности песка обусловлена в первую очередь природой материалов. Поверхность зерна кислого наполнителя, т.е. наполнителя состоящего преимущественно из кремнезема (кварцевый песок, гранит), имеет слабый скомпенсированный отрицательный заряд, такой же по знаку заряд имеет и объем битума.

Избыток вяжущего в смеси, является издержкой технологии приготовления песчаного асфальтобетона. В общей структуре битума необходимого для приготовления асфальтобетонной смеси можно выделить битум структурированный и битум свободный (объемный). Теоретически зерна минерального материала смеси должны контактировать между собой через

тонкие прослойки (структурированный битум) асфальтовяжущего вещества. Но данного количества битума будет недостаточно для того чтобы перемещать смесь, т.е. обеспечить покрытие всей удельной поверхности минеральной части вяжущим. Битум, который был необходим для перемешивания, а после занимает межзерновое пространство, называется свободным битумом. В таком случае прочность песчаного асфальтобетона определяется не прочностью контакта минеральный наполнитель – асфальтовяжущее – минеральный наполнитель, а только прочностью асфальтовяжущего вещества.

Повысить физико-механические свойства песчаных асфальтобетонов можно следующими способами: дисперсное армирование; активационные технологии; газовая технология асфальтобетона.

Исследования в области дисперсно-армированного асфальтобетона носят в основном несистемный характер, отсутствует методическая литература, в которой полной мере отражено влияние происхождения волокна, состояния поверхности и иных параметров на физико-механические свойства асфальтобетонов. В исследованиях, проведенных в БНТУ [4], для дисперсного армирования использовались лавсановое, вязкозное, капроновое, базальтовое и стекловолокно. Наилучшие результаты были достигнуты при армировании стекловолокном, обработанным анионным ПАВ. Количество вводимого в смесь волокна составляет не более 2%. Дисперсное армирование позволяет увеличить сдвигоустойчивость на 20-40%, а так же на 100-200% трещиностойкость песчаных асфальтобетонов.

Активационные технологии предполагают повышение физико-химической активности на границе раздела фаз композиционного строительного материала [5]. Известна технология трибоактивации песка, предполагающая разрушение скомпенсированных связей на поверхности зерна песка, и последующую обработку его известковым раствором. Установлено, что введение в смесь до 50 % такого песка позволяет повысить значения прочности до 200 %. Для отсева дробления применение метода трибоактивации невозможно. Увеличить адгезию поверхности зерна отсева дробления к битуму можно при помощи химической активации (метод предполагает обработку поверхности зерна растворами электролитов). К недостатку активационных технологии следует отнести отсутствие промышленных модулей для активации минерального материала.

Газовая технология асфальтобетона предполагает предварительную обработку песка и отсева дробления органическим вяжущим т.е. создание так называемого “битумного тумана”. Это позволит снизить количество объемного битума в структуре асфальтобетона. Но применение такой технологии вызывает необходимость в существенном изменении конструкции асфальтосмесительной установки, что на данный момент трудноосуществимо.

Область применения песчаного дисперсно-армированного асфальтобетона на активированных заполнителях: устройство очень тонких защитных слоев асфальтобетонных и возможно цементобетонных покрытий; устройство трещинопрерывающих прослоек.

Применение песчаных асфальтобетонов в качестве верхнего несущего слоя асфальтобетонного покрытия на сегодняшний день невозможно. Но такие его свойства как высокая плотность коррозионная стойкость и износостойкость позволяют использовать его как сверхтонкий защитный слой толщиной до 1,5-2

см. Основное назначение такого слоя защитить нижележащие несущие слои от воздействия ультрафиолетового излучения, вызывающего интенсивное старение органического вяжущего, и других разрушающих воздействий.

При капитальном ремонте дорожных одежд особое внимание уделяется мероприятиям по предотвращению отраженного трещинообразования, таким как: устройство организованных деформационных швов в ремонтируемых асфальтобетонных покрытиях, снижение общей толщины изношенных слоев путем фрезерования, а так же устройство трещинопрерывающих прослоек из органоминеральных смесей. На сегодняшний день в качестве органоминеральных прослоек используются пористые и высокопористые крупнозернистые асфальтобетонные смеси, одновременно выполняющие и функции выравнивающего слоя. Эти же функции может выполнять и дисперсно-армированный песчаный асфальтобетон.

Возможно применение песчаных асфальтобетонов в конструкциях дорожных одежд повышенной надежности и долговечности [6]. Песчаный дисперсно-армированный асфальтобетон будет располагаться в нижнем слое трехслойного асфальтобетонного покрытия, который испытывает наибольшие растягивающие напряжения, в то время как для верхних слоев испытывающих небольшие сдвигающие и сжимающие напряжения будут использоваться многощелебенистые асфальтобетоны.

Эффективность рассмотренных выше мероприятий по повышению физико-механических свойств песчаных асфальтобетонов будет определяться:

- снижением стоимости производства дисперсно-армированного песчаного асфальтобетона на активированных заполнителях по сравнению со щебенистыми асфальтобетонами;

- повышением физико-механических характеристик нового материала, таких как прочность на растяжение при изгибе, сдвигоустойчивость, прочность на сжатие и др.;

- снижением запаса отходов промышленности различных предприятий Республики Беларусь.

Библиографический список

1. Колесников, В.А. Устройство армированных асфальтобетонных покрытий: (В порядке обмена опытом) / Ленингр. обл. правл. Науч.-техн. о-ва гор. хоз-ва и автомоб. транспорта. Дор.-мостовая секция НТО. – Л.: 1967. – 51 с.
2. Дорожный асфальтобетон / А.М. Богуславский, И.В. Королев, Н.В. Горелышев, Л.Б. Гезенцев; Под ред. Л.Б. Гезенцева. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.
3. Песчаный асфальтовый бетон и пути повышения его качества: [Учеб.-метод. пособие] / Под ред. проф. д-ра техн. наук С. В. Шестоперова. – М.: Росвузиздат, 1963. – 19 с.
4. Акулич, А.В. Структура и свойства дисперсно-армированных асфальтобетонов: Автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук: (05.23.05) / Белорус. политехн. ин-т. - Мн., 1987. – 17 с.
5. Ковалев, Я.Н. Активационные технологии дорожных композиционных материалов: Науч.-практ. основы: Монография / Мн.: Бел. Энцикл., 2002. – 334 с.
6. Надежность дорожных одежд: Пособие для студентов специальности "Стр-во дорог и трансп. объектов" вузов / В.А.Веренько. - Мн. : Бел. гос. политехн. акад., 2002. – 118 с.



Горынин Глеб Леонидович
(Россия, г. Сургут) – доктор
физ.-мат. наук, профессор,
заведующий кафедрой
«Строительные
технологии и конструкции»
ГБОУ ВПО «СурГУ ХМАО-
ЮГРЫ».
e-mail:
ggorynin@list.ru



Власко Андрей Федорович
(Россия, г. Сургут) – аспирант
ГБОУ ВПО «СурГУ ХМАО-
ЮГРЫ»

УДК 539.3

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АРМОГРУНТОВ

Г.Л. Горынин, А.Ф. Власко
ГБОУ ВПО «СурГУ ХМАО-ЮГРЫ», г. Сургут.

Аннотация. Механические характеристики грунтов, периодически армированных объемными георешетками, определяются с помощью метода ячейковых функций. Метод основан на асимптотическом расщеплении пространственной задачи теории упругости без введения вспомогательных гипотез. Представлены зависимости значений механических характеристик от свойств и формы составляющих материалов.

Ключевые слова: армогрунт, георешетки, метод ячейковых функций.

MATHEMATICAL MODELLING ARMOGRUNTOV MECHANICAL PROPERTIES

G. L. Gorynin, A.F. Vlasko
Surgut State University, Surgut.

Abstract. Mechanical characteristics of the soil which is periodically reinforced by volume geolattices decide on the help of a method of cell functions. The method is based on asymptotic splitting of a spatial task of the theory of elasticity without introduction of auxiliary hypotheses. Dependences of values of mechanical characteristics on properties and a form of the making materials are presented.

Keywords: armogrynt, geolattices, method of cell functions.

Армогрунтом в дальнейшем будем называть композитный материал, полученный посредством армирования грунта объемными георешетками. Механические свойства армогрунта, в плоскости Оху, является 2-периодическими функциями координат; плоскость можно представить состоящей из множества одинаковых прямоугольников – ячеек периодичности (рис.1,2). Макросвойства армогрунта - механические свойства однородного макроматериала эквивалентного неоднородному армогрунту.

Постановка задачи

На конструкцию (дорожную насыпь или основание дорожной насыпи, или один из слоев этой насыпи) изготовленную из армогрунта (рис.1.), действует некоторая система нагрузок.

В каждой точке конструкции выполняются уравнения равновесия:

$$\frac{\partial \sigma_{\alpha x}}{\partial x} \varepsilon + \frac{\partial \sigma_{\alpha y}}{\partial y} \varepsilon + \frac{\partial \sigma_{\alpha z}}{\partial z} \varepsilon + F_{\alpha} = 0, \quad \alpha = \{x, y, z\}, \quad (1)$$

где F_{α} - объемные силы, а $\sigma_{\alpha\beta}$ - напряжения, определяющиеся по закону Гука для анизотропной среды:

$$\sigma_{\alpha\beta} = \sum_{\phi, \varphi \in \{x, y\}} E_{\alpha\beta\phi\varphi} \frac{\partial(u_{\phi})}{\partial \varphi} \varepsilon, \quad \alpha, \beta \in \{x, y, z\}, \quad (2)$$

где $E = [E_{\alpha\beta\phi\varphi}]$ - тензор упругости, который внутри каждой упругой среды непрерывно меняется, а на границах сред претерпевает скачки. Уравнения (1)-(2) обезразмерены по правилам:

$$x \leftrightarrow x/L, \quad y \leftrightarrow y/L, \quad z \leftrightarrow z/L, \quad u_{\alpha} \leftrightarrow u_{\alpha}/h, \quad E_{\alpha\beta\phi\varphi} \leftrightarrow E_{\alpha\beta\phi\varphi}/\tilde{E}, \quad (3)$$

$$\sigma_{\alpha\beta} \leftrightarrow \frac{\sigma_{\alpha\beta}}{\tilde{E}}, \quad q_{\alpha} \leftrightarrow \frac{q_{\alpha}}{\tilde{E}}, \quad \tilde{F}_{\alpha} = \frac{F_{\alpha}h}{\tilde{E}}.$$

$$\varepsilon = \frac{h}{L} \ll 1, \quad (4)$$

где h - размер ячейки, L - характерный размер тела.

На границе перехода от материала решетки к грунту непрерывны перемещения и контактные напряжения:

$$[\sigma_{\alpha n}] = 0, \quad [u_{\alpha}] = 0, \quad \alpha = \{x, y, z\}, \quad (5)$$

где $\sigma_{\alpha n}$ - контактные напряжения, которые по определению вычисляются по следующей формуле

$$\sigma_{\alpha n} = \sigma_{\alpha x} n_x + \sigma_{\alpha y} n_y + \sigma_{\alpha z} n_z. \quad (6)$$

Заданы граничные условия.

В ячейке вводится локальная система координат $\xi_x, \xi_y \in [0,1]$, координатные оси параллельны осям глобальной системы координат (рис. 2).

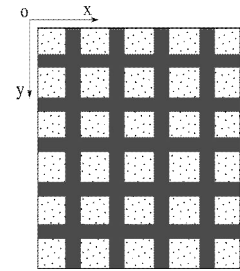


Рис. 1. Грунт, армированный периодической объемной георешеткой

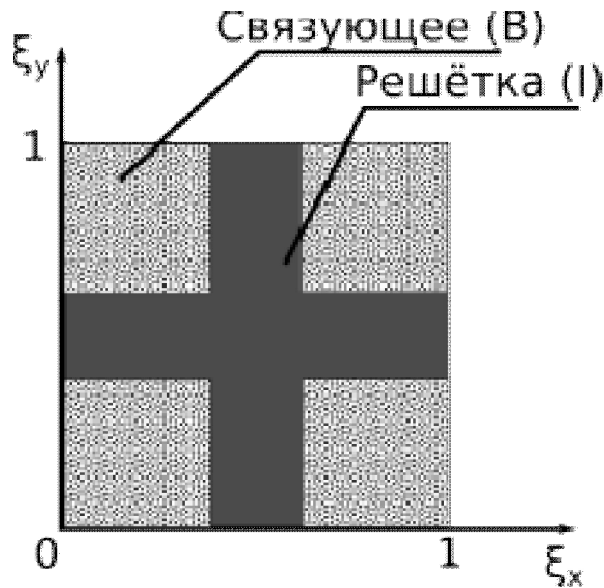


Рис. 2. Периодическая ячейка армогрунта

Асимптотическое приближение решения краевой задачи (1)-(6) в соответствии с работой 1 имеет вид при условии $\varepsilon \ll 1$:

$$(u_\alpha)^{(n)} = v_\alpha^{(n)} + \sum_{\varphi \in \{x,y,z\}} \sum_{k=1}^n \left(\sum_{k_x+k_y+k_z=k} (U_\alpha^{v_\varphi})^{\bar{k}} \frac{\partial^k v_\varphi^{(n)}}{\partial \bar{r}^{\bar{k}}} \varepsilon^k \right); \quad (7)$$

$$\alpha \in \{x, y, z\};$$

$$(\sigma_{\alpha\beta})^{(n)} = \sum_{\varphi \in \{x,y,z\}} \sum_{k=1}^n \left(\sum_{k_x+k_y+k_z=k} (\tau_{\alpha\beta}^{v_\varphi})^{\bar{k}} \frac{\partial^k v_\varphi^{(n)}}{\partial \bar{r}^{\bar{k}}} \varepsilon^k \right), \alpha, \beta \in \{x, y, z\}, \quad (8)$$

здесь n - номер асимптотического приближения, v_α - решение для тела, состоящего, из макроматериала, $(U_\alpha^n)^{\bar{k}}$ - периодическая компонента решения (ячейковые перемещения), $(\tau_{\alpha\beta}^n)^{\bar{k}}$ - ячейковые напряжения, \bar{k} - вектор, определяемый таким образом:

$$\bar{k} = (k_x, k_y, k_z) = k_x \bar{e}_x + k_y \bar{e}_y + k_z \bar{e}_z, |\bar{k}| = k = k_x + k_y + k_z, \quad (9)$$

$$\partial \bar{r}^{\bar{k}} = \partial x^{k_x} \partial y^{k_y} \partial z^{k_z}, k_\alpha \geq 0, k_\alpha \in Z$$

Для определения макрохарактеристик необходимо найти периодическую компоненту решения. Ячейковые перемещения определяются решением девять краевых задач, для $\theta, \lambda \in \{x, y, z\}$:

$$\frac{\partial (\tau_{\alpha\theta}^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}}{\partial \xi_x} + \frac{\partial (\tau_{\alpha\theta}^{v_\theta})^{\bar{e}_z}}{\partial \xi_y} = 0, \alpha = \{x, y, z\}. \quad (10)$$

закон упругости на ячейке –

$$(\tau_{\alpha\beta}^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda} = E_{\alpha\beta\theta\lambda} + \sum_{\phi, \varphi \in \{x, y\}} E_{\alpha\beta\phi\varphi} \frac{\partial (U_\phi^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}}{\partial \xi_\varphi} + \sum_{\varphi \in \{x, y\}} E_{\alpha\beta z\varphi} \frac{\partial (U_z^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}}{\partial \xi_\varphi}, \quad (11)$$

условия непрерывности ячейковых функций внутри ячейки на границе раздела решетка-грунт

$$[(\tau_{\alpha n}^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}] = 0, [(U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}] = 0; \quad (12)$$

условие периодичности ячейковых функций –

$$(U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}(\xi_x, \xi_y) \Big|_{\xi_\chi=0} = (U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}(\xi_x, \xi_y) \Big|_{\xi_\chi=1}, \\ (\tau_{\alpha\chi}^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}(\xi_x, \xi_y) \Big|_{\xi_\chi=0} = (\tau_{\alpha\chi}^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}(\xi_x, \xi_y) \Big|_{\xi_\chi=1}, \chi \in \{x, y\}; \quad (13)$$

условие нормировки решения –

$$\langle (U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda} \rangle = 0, \quad (14)$$

где $\langle _ \rangle$ - интеграл от какой-то величины по ячейковым переменным, взятый по всей ячейке, усреднение этой величины по ячейке:

$$\langle _ \rangle = \int_0^1 \int_0^1 _ d\xi_x d\xi_y. \quad (15)$$

Решением девяти краевых задач (10)-(13) являются восемнадцать ячейковых перемещений $(U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}(\xi_x, \xi_y)$, для них выполняются равенства:

$$(U_\alpha^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda} = (U_\alpha^{v_\lambda})^{\bar{e}_\theta}, (\tau_{\alpha\beta}^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda} = (\tau_{\alpha\beta}^{v_\lambda})^{\bar{e}_\theta}, \\ \alpha, \beta, \lambda, \theta \in \{x, y, z\}. \quad (16)$$

То есть, необходимо решить не девять, а шесть краевых задач (10)-(13).

Из решений краевых задач (10)-(13) вычисляются макрохарактеристики материала (обозначение – волнистая верхняя черта) по формуле:

$$\tilde{E}_{\alpha\beta\theta\lambda} = \langle E_{\alpha\beta\theta\lambda} \rangle + \\ + \left\langle \sum_{\phi, \varphi \in \{x, y\}} E_{\alpha\beta\phi\varphi} \frac{\partial (U_\phi^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}}{\partial \xi_\varphi} + \sum_{\varphi \in \{x, y\}} E_{\alpha\beta z\varphi} \frac{\partial (U_z^{v_\theta})^{\bar{e}_\lambda}}{\partial \xi_\varphi} \right\rangle, \quad (17) \\ \alpha, \beta, \theta, \lambda \in \{x, y, z\}.$$

Результаты

Построены зависимости упругих макросвойств макрогрунта от коэффициента армирования для георешеток двух форм: тетрагональной (рис. 3) и гексагональной (рис.4). Свойства материалов: модуль Юнга грунта 40 МПа, коэффициент Пуассона грунта 0.35, модуль Юнга решетки 393 МПа, коэффициент Пуассона решетки 0.4.

Эти зависимости представлены на рисунках 5-10. Значения макросвойств армогрунта получены по формуле (17), ячейковые функции получены решением краевых задач (10)-(13) с помощью метода конечных элементов.

Коэффициент армирования (КА) – отношение площади сечения решетки к общей площади ячейки.

$$\Theta^I = \frac{S^I}{S}, \quad (18)$$

S^I - площадь сечения решетки, S - площадь ячейки. Площадь сечения решетки изменяется варьированием толщины d .

В работах [1], [2] приведены аналогичные зависимости для материалов армированных волокнами. В таблице 1 представлен расчет макросвойств для композитного материала армированного тетрагональной решеткой при $КА = 0.009975$. В первом столбце макросвойства рассчитаны по формулам из статьи [3], во втором по формулам из статьи [4]. В третьем, макросвойства рассчитаны методом ячейковых функций из данной работы. Четвертый столбец – среднее арифметическое свойств материалов, входящих в состав композита.

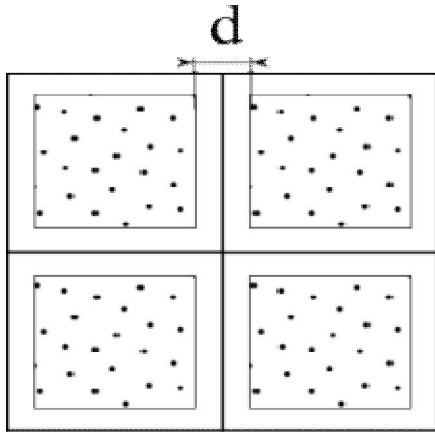


Рис. 3. Тетрагональная решетка

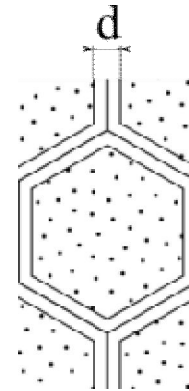


Рис. 4. Гексагональная решетка

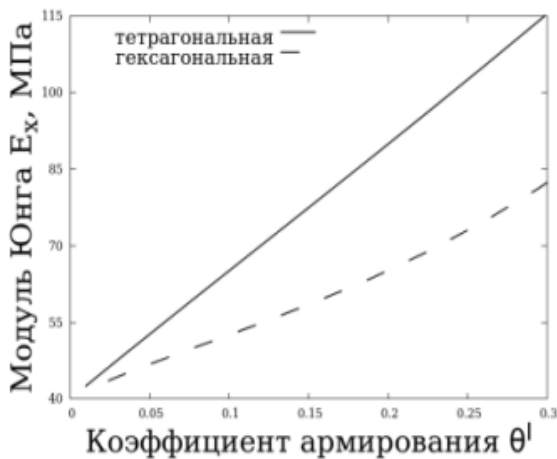


Рис. 5. Модуль Юнга \tilde{E}_x

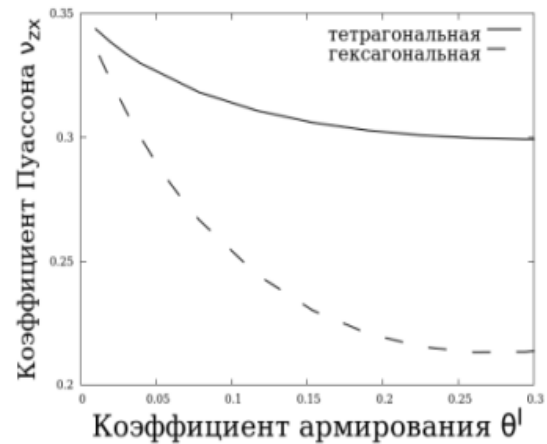


Рис. 6. Коэффициент Пуассона $\tilde{\nu}_{zx}$

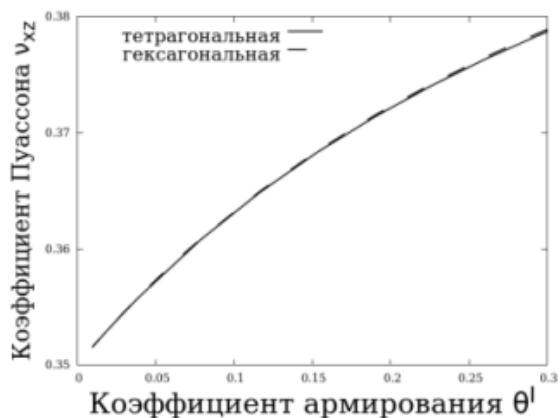


Рис. 7. Коэффициент Пуассона $\tilde{\nu}_{xz}$

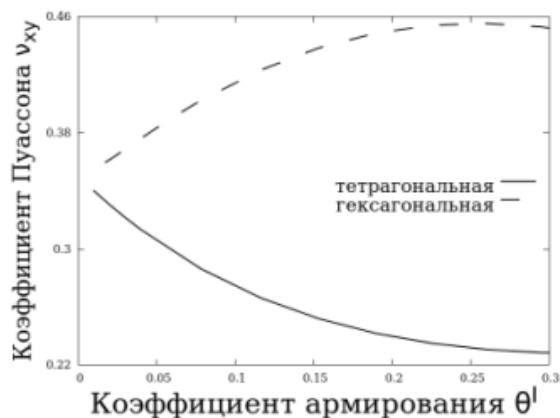


Рис. 8. Коэффициент Пуассона $\tilde{\nu}_{xy}$

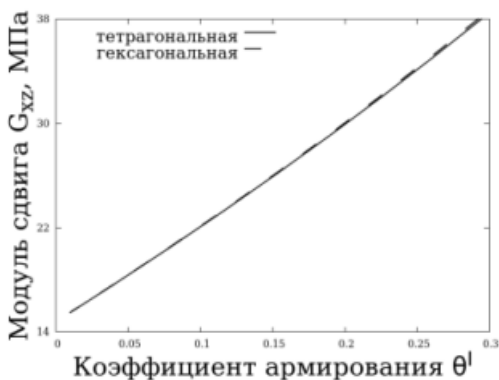


Рис. 9. Модуль сдвига $\tilde{\mu}_{xz}$

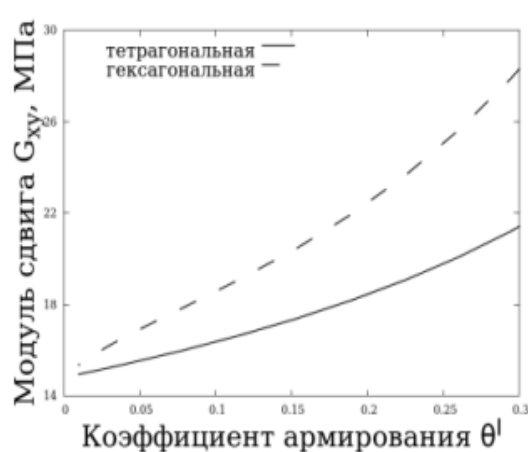


Рис. 10. Модуль сдвига $\tilde{\mu}_{xy}$

Таблица 1 – Значения макрохарактеристик для армогрунта

Упругие константы	Методы расчета			
	Кинематический [3]	Статический [4]	Ячейковых функций	Среднее арифметическое
$\tilde{E}_x = \tilde{E}_y$	42.57	43.56	42.56	43.52
\tilde{E}_z	43.54	43.54	43.53	43.52
$\tilde{\nu}_{xy}$	0.34	0.34	0.34	0.35
$\tilde{\nu}_{xz} = \tilde{\nu}_{yz}$	0.35	0.35	0.35	0.35
$\tilde{\mu}_{xy}$	14.95	14.95	14.95	16.11
$\tilde{\mu}_{xz}$	15.51	15.51	15.51	16.11

Заключение

Из графиков 5-10 видно, что макросвойства композита зависят от коэффициента армирования не линейно. Функции зависимостей для материалов, армированных решетками разной формы, различаются существенно. Различие модулей Юнга в плоскости Оху макроматериалов, для двух форм решеток, тетрагональной и гексагональной, при одном и том же коэффициенте армирования, достигает 20% (рис.5). Различие коэффициентов Пуассона $\tilde{\nu}_{zx}$ достигает 30% (рис.6). Коэффициенты Пуассона $\tilde{\nu}_{xz}$ и модули сдвига $\tilde{\mu}_{xz}$ для обоих типов решеток практически совпадают (рис. 7,9). Различие коэффициентов Пуассона $\tilde{\nu}_{xy}$ достигает 48% (рис.8). Различие модулей сдвига $\tilde{\mu}_{xy}$ достигает 24% (рис. 10). Из таблицы 1 видно, что макросвойства композитного материала, армированного тетрагональной сеткой, с коэффициентом армирования 0.009975, рассчитанные при помощи различных методов, отличаются от среднего арифметического свойств материалов входящих в состав композита не существенно (7% для $\tilde{\mu}_{xy}$). Следовательно, для малых коэффициентов армирования и соотношением упругих свойств решетка-грунт, как в случае примера, взятого из работ [3], [4], для получения истинных макросвойств армогрунта достаточно вычисления среднего арифметического свойств материалов, входящих в его состав, без решения каких-либо вспомогательных задач, возникающих в рамках используемой модели.

Библиографический список

1. Горынин, Г.Л. Математическое моделирование упругих макрохарактеристик для волокнистых материалов при расчете конструкций транспортных сооружений / Г.Л. Горынин, А.Ф. Власко // Вестник СибАДИ. – 2013. – № 1 (29). – С.58-64.
2. Горынин, Г.Л. Исследование зависимости упругих макрохарактеристик для волокнистых материалов от механических и геометрических свойств армирующих волокон / Г.Л. Горынин, А.Ф. Власко // VI Всероссийская конференция «Актуальные вопросы строительства»: труды [Электронный ресурс]. – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2013.– 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С. 237-244.
3. Немировский, Ю.В. Кинематический метод определения эффективных термоупругих характеристик грунта, армированного пространственной георешеткой / Ю.В. Немировский, А.П. Янковский // Изв. вузов. Строительство. – 2007.– № 6. – С. 18-26.
4. Немировский, Ю.В., Янковский А.П. Статический метод определения эффективных термоупругих характеристик грунта, армированного пространственной георешеткой / Ю.В. Немировский, А.П. Янковский // Изв. вузов. Строительство. – 2008. – № 5. – С. 8-13.



Зимин Михаил Иванович (Канада, г. Торонто) – кандидат технических наук, доктор РАЕН, профессор РАЕН, инженер. e-mail: zimmin7@yandex.ru

УДК 625.7

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ЗОНУ ЗАРОЖДЕНИЯ СНЕЖНЫХ ЛАВИН

М.И. Зимин, Toronto, Canada

Аннотация. В статье рассматривается влияние движения гусеничных и колёсных машин на возможность схода снежных лавин. По максимальным ускорениям колебаний грунта определяется интенсивность землетрясения, вызывающего аналогичные вибрации. Приводится пример расчёта.

Ключевые слова: снежные лавины, транспортные объекты, транспортные вибрации.

ASSESSMENT OF INFLUENCE OF THE MOVEMENT OF VEHICLES ON THE ZONE OF ORIGIN OF AVALANCHES

M. I. Zimin Toronto, Canada

Abstract. In article influence of the movement of track laying and wheel vehicles on possibility of a descent of avalanches is considered. The intensiveness of the earthquake causing similar vibrations is determined by the maximum accelerations of fluctuations of soil. The calculation example is given.

Keywords: avalanches, transport objects, transport vibrations.

Безопасность эксплуатации транспортных объектов является неотъемлемым требованием, предъявляемым к современной инфраструктуре. Она, в частности, обеспечивается проектированием мероприятий их защите от воздействия опасных природных и природно-техногенных процессов, в частности, снежных лавин, на основе соответствующих изысканий и мониторинга.

В работах [1] и [2] описано прогнозирование лавинной опасности. Возможен учёт сейсмической нагрузки. Однако не рассматривается тот факт, что движение тяжёлой техники в непосредственной близости от зоны зарождения снежных способно вызвать заметные колебания грунта, соответствующие несильному, но всё-таки способствующему сходу лавин землетрясению.

Учёт сейсмической нагрузки выполняется следующим образом. Как показывает математическое моделирование, лавинная опасность при

землетрясении такая же как без него, если вместо толщины снега h и суммы осадков q использовать величины

$$h_s = h + p_{el} \{k_s [h - (1 - k_p k_e) h_{430}] - h\}; \quad (1)$$

$$q_s = q + p_{el} q_e, \quad (2)$$

где h_{430} – толщина слоя снега, начинающегося у поверхности Земли, плотность которого больше 430 кг/м^3 , p_{el} – вероятность землетрясения интенсивностью I баллов по шкале MSK – 81, которая при движении тяжёлой техники, разумеется, равна единице,

$$k_p = \frac{2}{\pi} \arctg \left\{ 0,0000149 \cdot \left[I \cdot \left(\frac{910}{\rho_{430}} \right) \right]^{6,906} \right\}, \quad (3)$$

$$k_e = \frac{2}{\pi} \arctg(3,972 \cdot 10^{-9} \cdot I^{9,438}), \quad (4)$$

$$k_s = \begin{cases} 1 & \text{при } I < 5 \\ 1 + 0,2(I - 5) & \text{при } 5 \leq I < 8 \\ 1 + 0,32(I - 5) & \text{при } I \geq 8 \end{cases}, \quad (5)$$

$$q_s = \begin{cases} 0 & \text{при } I < 5 \\ 4,4(I - 5) & \text{при } 5 \leq I < 8 \\ 16,2(I - 5) & \text{при } I \geq 8 \end{cases}, \quad (6)$$

где I – интенсивность землетрясения на поверхности Земли по шкале MSK – 81, ρ_{430} – средняя плотность слоя снега, начинающегося у поверхности Земли и имеющего плотность $> 430 \text{ кг/м}^3$.

Для каждого лавинного очага в безопасных условиях для каждого типа транспортного средства могут быть выполнены замеры ускорений. Для вычисления соответствующих им значений I можно использовать данные, приведённые в [3], которые иллюстрируются таблицей 1.

Таблица 1 – Зависимость максимального ускорения грунта от интенсивности сейсмического события

I , баллы	6	7	8	9
Максимальное ускорение грунта, м/с^2	0,30 – 0,60	0,61 – 1,20	1,21 – 2,40	2,41 – 4,80

Предполагается, что при пятибалльном землетрясении максимальное ускорение колебаний грунта лежит в пределах от $0,15$ до $0,29 \text{ м/с}^2$. Интенсивность землетрясения вычислялась с точностью до одной десятой.

Вычисления степени лавинной опасности показывают, что в тех случаях, когда снег в зоне зарождения снежных лавин достаточно неустойчив, даже относительно слабые колебания, в принципе реальные при движении

транспортных средств, грунта могут изменить степень лавинной опасности. Причем лавина сходит в течение суток и может быть опасной для небольших транспортных средств, двигающихся после прохода тяжёлой техники. В качестве примера можно привести расчёт при исходных данных, приведённых в таблице 2.

Таблица 2 – Исходные данные для предсказания лавины

Угол склона	30 °
Длина склона	200 м
Толщина снега	0,3 м
Максимальная скорость ветра за сутки	1 м/с
Сумма осадков за последние 24 часа	12 мм
Средняя интенсивность осадков за последние 3 часа	0
Средняя температура воздуха за время, в течение которого снег находится на склоне	- 1 °С
Средняя температура воздуха за последние 10 суток	- 2 °С
Средняя температура воздуха за последние 24 часа	- 3,5 °С
Период времени, в течение которого снег находится на склоне	300 часов
Начальная толщина снега	0
Изменение толщины снега за последние сутки	0,04 м
Средняя толщина снега за последние 10 дней	0,46 м
Толщина снега, начинающегося у грунта и имеющего плотность >430 кг/м ³	0,05 м
Плотность снега, начинающегося у грунта и имеющего плотность >430 кг/м ³	470 кг/м ³
Ожидаемая на последующие сутки сумма осадков	0

При отсутствии транспортных вибраций ситуация нелавинноопасна. Однако если предположить, что проход тяжёлой техники вызвал колебания грунта с максимальным ускорением $0,17 \text{ м/с}^2$, то в последующие сутки возможен сход лавин объёмом до 10 % от количества снега в очаге.

Таким образом, транспортные вибрации в принципе могут изменить степень лавинной опасности, что следует учитывать при эксплуатации дорог в горной местности.

Библиографический список

1. Зимин, М.И. Прогнозирование лавинной опасности / М.И. Зимин. – Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 2000. – 16 с.
2. Зимин, М.И. Результаты практического применения математического моделирования физико-механических процессов в структурно-неоднородных телах / М.И. Зимин, В.А. Шабельников, В.М. Тимишев, С.А. Зимица. – Нальчик: Кабардино-Балкарский государственный университет, 1999. – 69 с. – Деп. в ВИНТИ 30.12.1999, № 3935 – В99.
3. Поляков, С.. Сейсмостойкие конструкции зданий / С.В. Поляков. – М.: Высшая школа, 1983. – 304 с.



Левашов Григорий Михайлович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». E-mail: Dic.SibADI@gmail.com



Сиротюк Виктор Владимирович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «СибАДИ» E-mail: sirotuk_vv@sibadi.org



Рычкова Оксана Алексеевна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». E-mail: rychkova-oo@yandex.ru

УДК 625.7

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОЦЕНКЕ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АРМИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ

Г.М. Левашов, В.В. Сиротюк, О.А. Рычкова
ФГБОУ ВПО СибАДИ, г. Омск.

Аннотация. Рассмотрены два варианта обоснования экономической эффективности строительства армированных асфальтобетонных покрытий: за счет снижения толщин конструктивных слоев; за счет снижения эксплуатационных затрат и увеличения срока службы покрытия.

Ключевые слова: автомобильные дороги, геосинтетические материалы, армирование, оценка эффективности, экономическая эффективность.

RECOMMENDATIONS ABOUT THE ASSESSMENT ECONOMIC EFFICIENCY OF REINFORCING OF ASPHALT CONCRETE COVERINGS

G.M. Levashov, V.V. Sirotyuk, O.A. Rychkova
The Siberian automobile and highway academy (SIBADI)

Abstract. Two options of justification of economic efficiency of construction of the reinforced asphalt concrete coverings are considered: due to decrease in thickness of constructive layers; due to decrease in operational expenses and increase in service life of a covering.

Keywords: highways, geosynthetic materials, reinforcing, efficiency assessment, economic efficiency.

В настоящее время не существует общепринятой методики экономического обоснования армирования асфальтобетонных покрытий геосинтетическими материалами (ГМ). Анализ публикаций и результатов собственных исследований [1] свидетельствует, что, обосновывая экономическую эффективность этого конструктивно-технологического

мероприятия, можно исходить из следующих положений. Во-первых, введение геосетки в покрытие позволяет уменьшить его толщину и за счёт этого снизить строительные затраты. При этом срок службы покрытия остается неизменным. Во-вторых, если не уменьшать толщину покрытия, то введение геосетки приводит к снижению эксплуатационных затрат и увеличению межремонтных сроков.

Рассмотрим оба варианта обоснования экономической эффективности строительства армированных асфальтобетонных покрытий.

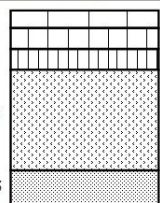
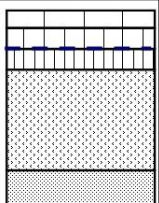
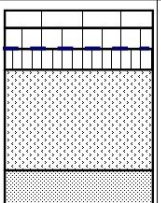
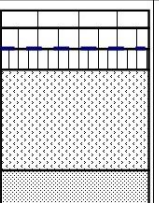
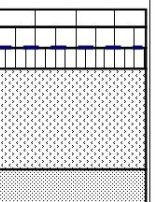
Оценка экономической эффективности применения армированных асфальтобетонных покрытий за счет снижения толщин конструктивных слоев

В этом случае оценка экономической эффективности сводится к сравнению сметной стоимости вариантов строительства дорожных покрытий без армирования и с армированием ГМ.

В качестве примера рассмотрены варианты равнопрочных конструкций дорожных одежд (табл. 1; расчет конструкций выполнен по методике [2], дополненной данными по критерию усталостного разрушения монолитных слоев, полученными Г.М. Левашовым).

При сравнении вариантов конструкций дорожной одежды в качестве критерия принят минимум удельной сметной стоимости при строительстве 1000 м² дорожной одежды.

Таблица 1 – Сравнимые варианты конструкций нежестких дорожных одежд

Вид армирующего ГМ	Традиционная конструкция	СТ-100/100-37,5х37,5	СТ-50/50-37,5х37,5	СТ-25/25-37,5х37,5	Поли-20/20-65х65	
Конструкция дорожной одежды						
Коэффициент армирования $K_{арм}$	–	1,047	1,039	1,021	1,002	
Коэффициенты прочности $K_{пр}$	по упругому прогибу	$K_{пр} = \frac{E_{обш}}{E_{ТП}} = 1,51 \geq 1,10$	$K_{пр} = \frac{E_{обш}}{E_{ТП}} = 1,39 \geq 1,10$	$K_{пр} = \frac{E_{обш}}{E_{ТП}} = 1,39 \geq 1,10$	$K_{пр} = \frac{E_{обш}}{E_{ТП}} = 1,39 \geq 1,10$	$K_{пр} = \frac{E_{обш}}{E_{ТП}} = 1,39 \geq 1,10$
	по условию сдвигоустойчивости	$K_{пр}^{нес} = \frac{T_{пр}}{T} = 1,29 \geq 0,94$ $K_{пр}^{сп} = \frac{T_{пр}}{T} = 1,03 \geq 0,94$	$K_{пр}^{нес} = \frac{T_{пр}}{T} = 1,20 \geq 0,94$ $K_{пр}^{сп} = \frac{T_{пр}}{T} = 0,97 \geq 0,94$	$K_{пр}^{нес} = \frac{T_{пр}}{T} = 1,17 \geq 0,94$ $K_{пр}^{сп} = \frac{T_{пр}}{T} = 0,94 \geq 0,94$	$K_{пр}^{нес} = \frac{T_{пр}}{T} = 1,17 \geq 0,94$ $K_{пр}^{сп} = \frac{T_{пр}}{T} = 0,94 \geq 0,94$	$K_{пр}^{нес} = \frac{T_{пр}}{T} = 1,17 \geq 0,94$ $K_{пр}^{сп} = \frac{T_{пр}}{T} = 0,94 \geq 0,94$
	по сопротивлению монолитных слоев устал. разрушению	$K_{пр} = \frac{R_N}{\sigma_r} = 0,941 \geq 0,94$	$K_{пр} = \frac{R_N}{\sigma_r} = 0,95 \geq 0,94$	$K_{пр} = \frac{R_N}{\sigma_r} = 0,995 \geq 0,94$	$K_{пр} = \frac{R_N}{\sigma_r} = 0,978 \geq 0,94$	$K_{пр} = \frac{R_N}{\sigma_r} = 0,96 \geq 0,94$
Стоимость работ по строительству дорожной одежды, руб	2 256 782	2 172 208	2 142 013	2 116 750	2 275 063	
Экономический эффект, руб (%)	–	84 574 (3,7)	114 769 (5,1)	140 032 (6,2)	-18 281 (-0,8)	

Стоимость строительства 1000 м² традиционной конструкции дорожной одежды составляет 2 257 тыс. руб., а предлагаемых конструкций с армированным покрытием – от 2 117 до 2 275 тыс. руб. (в зависимости от вида ГМ). Расчёты показали, что применение георешетки с условным названием «Поли-20» приводит к увеличению стоимости строительства дорожной одежды на 0,8 %. Следовательно, применение этого материала (изготовленного из

полипропилена) для армирования асфальтобетонных покрытий нежестких дорожных одежд с целью снижения толщины конструктивных слоев экономически нецелесообразно.

При использовании геосеток, изготовленных из стекловолокна, экономический эффект на 1000 м² покрытия составил от 85 тыс. руб. до 140 тыс. руб. (или от 3,7 % до 6,2 %) (в зависимости от марки ГМ). При этом зависимость экономического эффекта от прочности ГМ обратно пропорциональна, что объясняется существенным увеличением стоимости ГМ с повышенной прочностью. Однако распространять данный вывод на все возможные решения некорректно, необходимо производить оценку экономической эффективности в каждом конкретном случае (в зависимости от сочетания исходных данных, стоимости и характеристик применяемых материалов).

Таким образом, экономический эффект от использования армирующих ГМ при строительстве покрытий нежестких дорожных одежд может достигать 1 120 тыс. руб. на 1 км автомобильной дороги III технической категории.

Как показали результаты наших исследований, на усталостную прочность армированного асфальтобетона влияют не только прочностные свойства ГМ, но и размеры ячеек геосеток. Результаты расчета на примере материала с условным названием «СТ-100», показали, что при использовании геосетки с размером ячейки 25x25 мм экономический эффект составляет 2,7 %, а при ячейке 37,5x37,5 мм и 50x50 мм – 3,7 %. В наших расчетах наибольший экономический эффект достигается при использовании стеклосеток с размером ячейки не менее 37,5x37,5 мм.

Оценка экономической эффективности применения армированных асфальтобетонных покрытий за счет снижения эксплуатационных затрат и увеличения срока службы покрытия

Решение задачи о выборе конструкции дорожной одежды предполагает, что альтернативными решениями в данной постановке вопроса могут быть лишь конструктивные особенности вариантов:

– традиционная конструкция нежесткой дорожной одежды – «ситуация без проекта»;

– предлагаемая конструкция нежесткой дорожной одежды той же толщины, с армированным асфальтобетонным покрытием – «ситуация с проектом».

Методической основой определения эффективности инвестиционных проектов и принятия решений выступают «Руководство по оценке экономической эффективности использования в дорожном хозяйстве инноваций и достижений научно-технического прогресса» [3] и «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов» [4].

Эффективность инвестиционных проектов в строительстве оценивается в течение расчетного периода, охватывающего временной интервал от начала проекта до его прекращения. За начало расчетного периода принята дата начала вложения средств в строительные работы, окончание – расчетный срок службы дорожной одежды.

Экономическая эффективность отражает интересы участников мероприятия и характеризуется системой показателей, устанавливающих соотношение связанных с реализацией рассматриваемого мероприятия

результатов и затрат с учетом принятых условий реализации [5]. Результат (R) при сравнении вариантов заключается в снижении текущих эксплуатационных расходов. Затраты (Z) включают в себя размеры инвестиций, необходимых для осуществления реализации инвестиционного проекта.

В качестве основных показателей, характеризующих экономическую эффективность денежных средств, направленных на финансирование инновационного проекта «Армирование асфальтобетонного покрытия геосинтетическими материалами» приняты [3]:

1. Чистый дисконтированный доход ($ЧДД$ или NPV).
2. Индекс доходности дисконтированных инвестиций ($ИДД$).
3. Срок окупаемости с учетом дисконтирования.
4. Точка безубыточности.

Затраты, осуществляемые в течение расчетного периода, можно разделить на три группы: единовременные (строительные) затраты; текущие (затраты на содержание покрытия); затраты, связанные с ремонтом и капитальным ремонтом покрытия в течении расчетного периода (срока службы).

Определение строительных затрат по сравниваемым вариантам

В качестве примера рассмотрены варианты конструкций дорожных одежд, представленные в таблице 2. Расчет стоимости строительства дорожной одежды выполнен для участка автомобильной дороги III технической категории длиной 1 км, район строительства – Омская область.

Таблица 2 – Варианты конструкций нежестких дорожных одежд

Вид армирующего ГМ		Традиционная конструкция	СТ-100/100-37,5x37,5	СТ-50/50-37,5x37,5	СТ-25/25-37,5x37,5	Полн-20/20-65x65
Конструкция дорожной одежды						
Коэффициент армирования $K_{арм}$		–	1,067	1,035	1,019	1,002
Коэффициенты прочности $K_{пр}$	по упругому прогибу	$K_{пр} = \frac{E_{сн}}{E_{ср}} = 1,51 \geq 1,10$	$K_{пр} = \frac{E_{сн}}{E_{ср}} = 1,38 \geq 1,10$	$K_{пр} = \frac{E_{сн}}{E_{ср}} = 1,40 \geq 1,10$	$K_{пр} = \frac{E_{сн}}{E_{ср}} = 1,42 \geq 1,10$	$K_{пр} = \frac{E_{сн}}{E_{ср}} = 1,42 \geq 1,10$
	по условию сдвигоустойчивости	$K_{пр}^{сд} = \frac{T_{сн}}{T_{ср}} = 1,29 \geq 0,94$	$K_{пр}^{сд} = \frac{T_{сн}}{T_{ср}} = 1,29 \geq 0,94$	$K_{пр}^{сд} = \frac{T_{сн}}{T_{ср}} = 1,29 \geq 0,94$	$K_{пр}^{сд} = \frac{T_{сн}}{T_{ср}} = 1,29 \geq 0,94$	$K_{пр}^{сд} = \frac{T_{сн}}{T_{ср}} = 1,29 \geq 0,94$
	по сопротивлению монолитных слоев устал. разрушению	$K_{пр}^{\sigma} = \frac{R_{сн}}{\sigma_{ср}} = 0,94 \geq 0,94$	$K_{пр}^{\sigma} = \frac{R_{сн}}{\sigma_{ср}} = 1,03 \geq 0,94$	$K_{пр}^{\sigma} = \frac{R_{сн}}{\sigma_{ср}} = 1,03 \geq 0,94$	$K_{пр}^{\sigma} = \frac{R_{сн}}{\sigma_{ср}} = 1,03 \geq 0,94$	$K_{пр}^{\sigma} = \frac{R_{сн}}{\sigma_{ср}} = 1,02 \geq 0,94$
Межремонтный срок проведения работ $J_{др}$	капитальному ремонту	12 лет	17 лет	16 лет	15 лет	15 лет
	ремонту	6 лет	11 лет	10 лет	9 лет	9 лет

При сравнении вариантов конструкций дорожных одежд с асфальтобетонным покрытием за строительные затраты принята сметная стоимость.

Определение текущих затрат по сравниваемым вариантам

Текущие затраты определены как затраты на содержание покрытия в сравниваемых конструкциях, исходя из следующих условий. Стоимость содержания участка автомобильной дороги оценивается по методике, принятой постановлением Правительства РФ №359 от 23 августа 2007 (в ред. Постановлений Правительства РФ от 10.03.2009 №203, от 15.05.2010 №343). Установленный норматив денежных затрат на содержание автомобильных дорог федерального значения V категории (в ценах 2007 года) составляет 695 тыс. руб./км [5].

В данный норматив входит содержание участка автомобильной дороги в целом и всех ее конструктивных элементов, а оцениваемый инновационный проект распространяется только на дорожную одежду. Поэтому целесообразно рассматривать затраты на содержание, ремонт и капитальный ремонт только дорожной одежды. В соответствии с Приказом Министерства транспорта РФ от 12.11.2007 №160 [6], регламентирующему классификацию работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования и искусственных сооружений на них, назначен перечень выполняемых работ.

Объем работ при содержании автомобильных дорог («ситуация без проекта») регламентируется приложением 1 к приказу Минтранса России от 01.11.2007 № 157 [7].

Для вариантов конструкций дорожной одежды с армированным покрытием («ситуация с проектом») рекомендуется ОДМ 218.5.001–2009 [1] учитывать снижение объемов работ по содержанию участка автомобильной дороги по следующим видам: устранение деформаций повреждений асфальтобетонного покрытия составляет 2,0 % от площади покрытия (объем работ уменьшен на 0,5 % от площади покрытия от нормативного объема работ по Приказу [7]); заливка трещин на асфальтобетонных покрытиях составляет 100 пог. м. на 1000 м² покрытия (объем работ уменьшен на 50 пог. м. на 1000 м² покрытия от нормативного объема работ по Приказу [7]); ликвидация колеи глубиной до 30 мм по полосам наката составляет 35 пог. м. на 1 км дороги (объем работ уменьшен на 15 пог. м. на 1 км дороги от нормативного объема работ по Приказу [7]).

Но предложенные в ОДМ 218.5.001–2009 [1] значения снижения объемов работ по содержанию, не учитывают марку (прочность и деформативность) применяемого ГМ, его технологическую повреждаемость и местоположение армирующей прослойки в пакете асфальтобетонных слоев. На основании результатов обследования опытных участков, находящихся в эксплуатации от 1 года до 10 лет, расположенных в различных ДКЗ, армированных различными по прочности ГМ, предложена эмпирическая зависимость, учитывающая указанные недостатки. Таким образом, при определении объемов работ по содержанию участка автомобильных дорог с армированным асфальтобетонным покрытием рекомендуется использовать следующее выражение:

$$H_{арм} = H_{неарм} \cdot k_{над} \cdot (a - 5,0 \cdot K_{арм}), \quad (1)$$

где $N_{арм}$ – рекомендуемая величина объема работ по содержанию участка автомобильной дороги с армированным асфальтобетонным покрытием; $N_{нeарм}$ – нормативная величина объема вида работ по содержанию участка автомобильной дороги, установленная на основании норм, принимаемых административными органами по согласованию с региональными дорожными организациями [7]; $k_{над}$ – требуемый уровень надежности на основании норм, принимаемых административными органами по согласованию с региональными дорожными организациями [2,7]; a – эмпирический коэффициент, устанавливаемый на основании опыта применения конкретных армирующих прослоек в данном регионе; $K_{арм}$ – коэффициент армирования, учитывающий влияние ГМ на изменение усталостной прочности асфальтобетона [8]

На основании результатов обследования опытных участков с армированным асфальтобетонным покрытием в таблице 3 предложены значения коэффициента a , характеризующего снижение объемов работ по содержанию в зависимости от их вида.

Таблица 3 – Рекомендуемые значения эмпирического коэффициента a

Вид работ	Значение коэффициента a		
	Центральный, Северо-Западный, Приволжский, Уральский, Сибирский, Дальневосточный федеральные округа	Южный федеральный округ	Магаданская область, Республика Саха (Якутия), Ханты-Мансийский, Ямало-Ненецкий, Таймырский (Долгано-Ненецкий), Эвенкийский, Чукотский, Корякский автономные округа
Устранение деформаций и повреждений асфальтобетонного покрытия	6,0		
Заливка трещин на асфальтобетонных покрытиях	5,9		
Ликвидация колеи глубиной до 30 мм по полосам наката	5,9	не рекомендуется снижение объемов работ	

В соответствии с приложением 3 к приказу Минтранса России от 01.11.2007 № 157 [7], для традиционного варианта дорожной одежды («ситуация без проекта») приняты межремонтные сроки проведения работ по капитальному ремонту 12 лет, по ремонту – 6 лет.

По результатам комплексных испытаний по определению усталостной прочности армированного асфальтобетона предложены зависимости для определения межремонтных сроков проведения работ и срока службы нежестких дорожных одежд с армированными асфальтобетонными покрытиями:

$$T_{сл}^{APM} = k_2 \cdot \log_q \left(1 + \frac{q^{(T-1)} \cdot (q-1) \cdot \sum N_p^{APM}}{0,7 \cdot N_p \cdot T_{pдг} \cdot k_n} \right), \quad (2)$$

$$\sum N_p^{APM} = 2 \cdot \left(\sum N_p \cdot e^{-\frac{K_{арм}-1}{a}} \right)^{\frac{1}{K_{арм}}}. \quad (3)$$

Технологии строительства

где k_2 – коэффициент, учитывающий снижение прочности во времени от воздействия погодных-климатических факторов (определяемое в соответствии с [2]); q – показатель изменения интенсивности движения данного типа автомобиля по годам; T – срок службы нежестких дорожных одежд или межремонтные сроки проведения работ; $\sum N_p^{APM}$ – число приложения расчетной нагрузки для пакета армированных асфальтобетонных слоев за срок службы или за межремонтный срок проведения работ; $\sum N_p$ – число приложения расчетной нагрузки для пакета асфальтобетонных слоев за срок службы или за межремонтный срок проведения работ; N_p – приведенная интенсивность на последний год срока службы или межремонтного, авт/сут; T_{pde} – расчетное число расчетных дней в году, соответствующих определенному состоянию деформируемости конструкции (определяемое в соответствии с [2]), сут.; k_n – коэффициент, учитывающий вероятность отклонения суммарного движения от среднего ожидаемого [2]; K_c – коэффициент суммирования (определяемое в соответствии с [2]); $K_{арм}$ – коэффициент армирования, учитывающий влияние ГМ на изменение усталостной прочности асфальтобетона [8]

Определение межремонтного срока проведения работ для армированных дорожных одежд основано на аналогичной зависимости, для которой значения T , $\sum N_p^{APM}$, $\sum N_p$, N_p принимаются на последний год межремонтного срока проведения работ для неармированных дорожных одежд.

Расчет затрат на содержание участка автомобильной дороги длиной 1 км, произведен ресурсным методом в ценах III квартала 2011 г. по отраслевым сметным нормативам, утвержденным Приказом Минтранса России № 165 от 20.06.11 [9]. Расчет затрат на ремонт и капитальный ремонт участка автомобильной дороги длиной 1 км, произведен ресурсным методом в ценах III квартала 2011 г. по сборнику 27 ГЭСН [10]. Результаты расчета сведены в табл. 4.

Таблица 4 – Результаты расчета затрат на содержание, ремонт и капитальный ремонт участка автомобильной дороги III технической категории длиной 1 км, в текущих ценах

Наименование затрат	«Ситуация без проекта», руб.	«Ситуация с проектом», руб.			
		Вариант №1 СТ-100	Вариант №2 СТ-50	Вариант №3 СТ-25	Вариант №4 Поли-20
Строительство	18 054 254	19 019 693	18 641 293	18 439 193	19 705 693
Содержание	190 134	117 072	141 098	154 827	166 660
Ремонт		2 873 682			
Капитальный ремонт		7 414 262			

Учет фактора неравноценности разновременных затрат и результатов осуществляется путем приведения всех показателей к одному моменту времени с помощью коэффициента дисконтирования. В соответствии с основным текстом Рекомендаций [4] дисконтируются денежные потоки, выраженные в дефлированных ценах. Значение нормы дисконта принято в размере 10 % [3,4].

Технологии строительства

Для удобства расчетов за момент приведения принят момент начала нулевого шага (III кв. 2011 г.), что соответствует началу финансирования работ.

Расчет экономической эффективности предлагаемого инновационного проекта выполнен с использованием программного комплекса Effect v.1.03, разработанного на основе и являющегося дополнением к ОДМ «Руководство по оценки экономической эффективности использования в дорожном хозяйстве инноваций и достижений научно-технического прогресса» [3]. Основные показатели, характеризующие экономическую эффективность денежных средств, направленных на финансирование инновационного проекта, по предложенным вариантам представлены в таблице 5

Таблица 5 – Основные показатели инновационного проекта

Наименование показателя	Вариант №1 «СТ-100»	Вариант №2 «СТ-50»	Вариант №3 «СТ-25»	Вариант №4 «Поли-20»
Чистый дисконтированный доход проекта (ЧДД проекта), тыс. руб.	1 568,3	1 351,8	1 062,6	-319,1
Внутренняя норма доходности проекта (ВНД)	35,5	43,3	49,6	-
Индекс доходности дисконтированных затрат (ИДД)	2,62	3,30	3,76	0,81
Точка безубыточности	5 лет 4 мес. 23 дн.	5 лет 2 мес. 12 дн.	5 лет 1 мес. 10 дн.	-

Как видно, из представленных данных в таблице 5, не все предложенные варианты реализации инновационного проекта имеют положительный чистый дисконтированный доход (ЧДД). Так, предложенный вариант № 4 – применение геосинтетических материалов «Поли-20» (изготавливаемых на основе полипропилена), для армирования асфальтобетонных покрытий по истечению расчетного срока службы имеет чистый дисконтированный доход, представленный убытком в размере 319,1 тыс. руб. Таким образом, применение материалов «Поли-20» для армирования асфальтобетонных покрытий экономически нецелесообразно.

С позиции экономической эффективности целесообразно использование стекловолоконных геосеток для армирования асфальтобетонных покрытий. Точка безубыточности (окупаемости) проектов, включающих применение таких материалов, не превышает 5,5 лет. Внутренняя норма дисконта (от 35 % до 50 %), превышает принятую норму дисконта (10 %), что свидетельствует об экономической эффективности предложенных вариантов №1-3 реализации инновационного проекта. Чистый дисконтированный доход реализации инновационного проекта и индекс доходности дисконтированных инвестиций, в этих случаях, зависит от прочности применяемых ГМ. На рисунке 1 представлена зависимость чистого дисконтированного дохода и индекса доходности от прочности стекловолоконного геосинтетического материала.

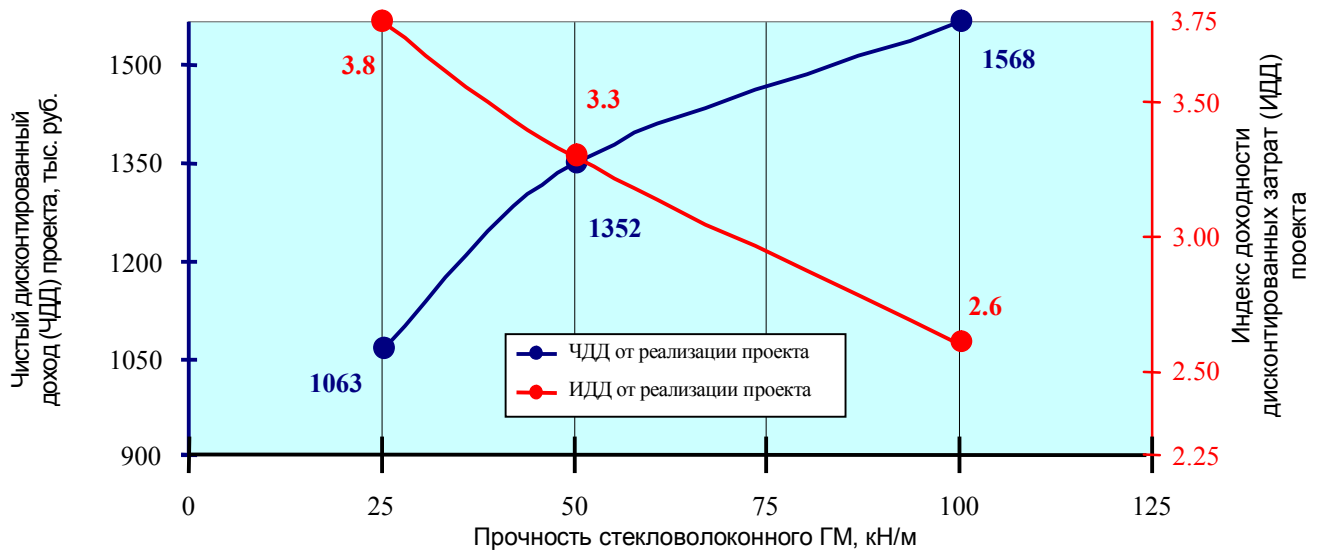


Рис. 1. Сравнение основных показателей экономической эффективности предложенных вариантов реализации «инновационного проекта»

Анализ полученных данных показывает, что применение в качестве армирующих прослоек стекловолоконных геосеток с высокой прочностью (100 кН/м и более) приводит к большим значениям ЧДД (1 568 тыс. руб. на 1 км автомобильной дороги III категории), чем применение геосеток с относительно меньшей прочностью (25 кН/м, ЧДД составляет 1 063 тыс. руб.). При этом индекс доходности дисконтированных инвестиций предложенных вариантов имеет обратную зависимость от прочности ГМ.

Библиографический список

1. 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 [Электрон. ресурс]. – Введен 2009-11-26 // Кодекс. Право / ЗАО «Информационная компания «Кодекс» – СПб., 2012.
2. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд [Электрон. ресурс]. – Введен 2001-01-01 // Кодекс. Право / ЗАО «Информационная компания «Кодекс». – СПб., 2012.
3. ОДМ Руководство по оценке экономической эффективности использования в дорожном хозяйстве инноваций и достижений научно-технического прогресса [Электрон. ресурс]. – Введен 2002-12-20 // Кодекс. Право / ЗАО «Информационная компания «Кодекс». – СПб., 2012.
4. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов (вторая редакция). – М.: Экономика, 2000. –142 с.
5. Постановление Правительства РФ №359 от 23 августа 2007 (в ред. постановлений Правительства РФ от 10.03.2009 №203, от 15.05.2010 №343).
6. Приказ Минтранса России от 12.11.2007 N 160 «Об утверждении Классификации работ по капитальному ремонту, ремонту и содержанию автомобильных дорог общего пользования и искусственных сооружений на них (с изменениями от 6 августа 2008 года)» [Электрон. ресурс]. – Введен 2007-12-11 // Кодекс. Право / ЗАО «Информационная компания «Кодекс». – СПб., 2012.
7. Приказ Минтранса России от 01 ноября 2007 г. № 157 «О реализации постановления Правительства Российской Федерации от 23 августа 2007 года N 539 «О нормативах денежных затрат на содержание и ремонт автомобильных дорог федерального значения и правилах их расчета» [Электрон. ресурс]. – Введен 2007-11-01 // Кодекс. Право / ЗАО «Информационная компания «Кодекс» – СПб., 2012.

8. Левашов, Г.М. Об определении предела прочности асфальтобетона на растяжение при изгибе / Г.М. Левашов, В.В. Сиротюк // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – Омск: СибАДИ, 2011 – Вып.4(22) – С.23-26.

9. Приказ Минтранса России № 165 от 20.06.11 «Об утверждении отраслевых сметных нормативов, применяемых при проведении работ по содержанию автомобильных дорог федерального значения и дорожных сооружений, являющихся технологической частью этих дорог» [Электрон. ресурс]. – Введен 2011-07-22 // Кодекс. Право / ЗАО «Информационная компания «Кодекс». – СПб.: 2012.

10. ГЭСН-2001-27 Сборник N 27. Автомобильные дороги (с учетом изменений и дополнений) [Электрон. ресурс]. – Введен 2001-07-23 // Кодекс. Право / ЗАО «Информационная компания «Кодекс». – СПб., 2012.



Мартынов Евгений Анатольевич (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, и.о. зав. кафедры «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». E-mail: asp_evlg@mail.ru.

УДК 625.731.812

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТА АРМИРОВАНИЯ ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Е.А. Мартынов
ФГБОУ ВПО «СибАДИ»

Аннотация. В статье приведены результаты экспериментальных и теоретических исследований дорожных одежд, армированных плоскими и объемными георешетками. Теоретические расчеты армированного слоя выполнены по технической теории изгиба плит с использованием метода Бубнова – Галеркина как многослойной плиты на упругом основании. Армированный неоднородный слой при этом заменяется на однородную анизотропную плиту с обобщенными упругими свойствами. Установлены эффекты по прогибам и модулям упругости. Получено удовлетворительное совпадение теоретических и экспериментальных данных для случая армирования плоскими георешетками.

Ключевые слова: дорожная одежда, эффект армирования, прогиб, модуль упругости, армирование, прогиб.

DETERMINATION EFFECT OF REINFORCING ROAD STRUCTURES GEOSYNTHETICS

Е.А. Martynov
The Siberian automobile and highway academy (SIBADI)

Abstract. The results of experimental and theoretical studies of road clothes reinforced flat and three-dimensional geogrid. Theoretical calculations of reinforced layer made of the technical theory of bending

of plates using the Bubnov - Galerkin method as a multi-layered plate on an elastic foundation. Reinforced inhomogeneous layer is then replaced by a homogeneous anisotropic plate with generalized elastic properties. Installed effects of deflection and modulus of elasticity. A satisfactory agreement between the theoretical and experimental, the experimental data for the case of flat geogrid reinforcement.

Keywords: *pavement reinforcing effect, deflection, elastic modulus, reinforcement, bending.*

Введение

В последнее время в Российской Федерации и за рубежом в дорожное строительство все активнее внедряются геосинтетические материалы: в качестве армирующих прослоек, для укрепления откосов, в качестве дренирующих слоев. Номенклатура этих материалов велика и продолжает расширяться. Основное продвижение данных материалов осуществляют их производители, которые ссылаются на успешный опыт применения геосинтетики в различных странах. При этом достаточно часто не учитывается специфика применения тех или иных инженерных решений.

Еще с 1980-х годов в СССР начали использовать нетканые материалы в качестве дренирующих и трещинопрерывающих прослоек. В дальнейшем значительное распространение получило направление укрепления откосов различными плоскими и объемными георешетками. С 2000-х годов геосетки и георешетки активно используются в качестве материала для армирования оснований и покрытий дорожных одежд. Выступая в качестве арматуры, георешетки в значительной степени меняют характер работы конструктивных слоев. Существующие нормативные документы по использованию в качестве армирующих материалов оснований дорожных одежд различных геосинтетических материалов, которых в последнее время вышло очень большое количество, основаны, как правило, на частных эмпирических исследованиях. Следует признать, что в настоящее время в Российской Федерации нет единой научно обоснованной методологической базы для их использования. Для создания такой базы требуются глубокие не только экспериментальные, но и теоретические исследования.

На кафедре "Строительная механика и геотехнологии" с 2000 г. под руководством профессора С.А. Матвеева проходят подобные исследования, преимущественно теоретического характера, но и подкрепленные как лабораторными, так и натурными экспериментами.

Основная часть

Для теоретических исследований была принято допущение, что армированный слой, который является конструктивно-анизотропным и неоднородный, можно заменить на однородный анизотропный или ортотропный слой с обобщенными физико-механическими характеристиками [1]. Обобщенные упругие характеристики зависят от геометрических параметров и физико-механических свойств арматуры и армируемого слоя. Данные предпосылки приняты как для плоских, так и для объемных георешеток.

В таком случае для расчета армированного слоя может быть использована техническая теория изгиба плит на упругом основании. Вся конструкция дорожной одежды представляется в виде многослойной плиты на

упругом основании. Расчет производился по упругому прогибу с использованием метода Бубнова-Галеркина [2,3].

В качестве расчетных схем были приняты следующие варианты неармированной и армированной конструкций:

- нижний слой представлен песком толщиной 1,0 м, а верхний слой (0,2 м) в первом случае представлен песком (схема № 1), во втором случае – щебнем (схема № 2), верхний слой армирован объемной георешеткой;

- нижний слой представлен торфом толщиной 1,0 м, а верхний слой (0,2 м) в первом случае представлен торфом (схема № 3), во втором случае – песком (схема № 4), верхний слой армирован объемной георешеткой;

- нижний слой представлен песком толщиной 1,0 м, а верхний слой (0,2 м) представлен щебнем, слой арматуры из плоской георешетки расположен на границе слоев (схема № 5).

При расчете в качестве материалов армирования в случае объемной георешетки принят Geoweb с модулем упругости 393 МПа, в качестве плоской георешетки принята решетка типа РД с модулем упругости 206000 МПа. Выбор данных материалов был связан с тем, что производители не указывают модуль упругости в качестве характеристики геосинтетических материалов. В решетки типа РД применены стальные волокна с известным модулем упругости, а для Geoweb данная характеристика была определена нами ранее [4]

Эффект армирования предлагается оценивать с помощью коэффициента C_w , который представляет собой процент улучшения соответствующего параметра армированной конструкции, относительно аналогичной неармированной:

$$C_w = \left(1 - \frac{w_2}{w_1}\right) \cdot 100\%, \quad (1)$$

где w_1 и w_2 – максимальный прогиб неармированной и армированной системы соответственно. Вместо прогиба может быть использован модуль упругости на поверхности конструкции.

В качестве примера на рисунках 1-2 приведены результаты определения эффектов армирования для расчетных схем № 1 и 4.

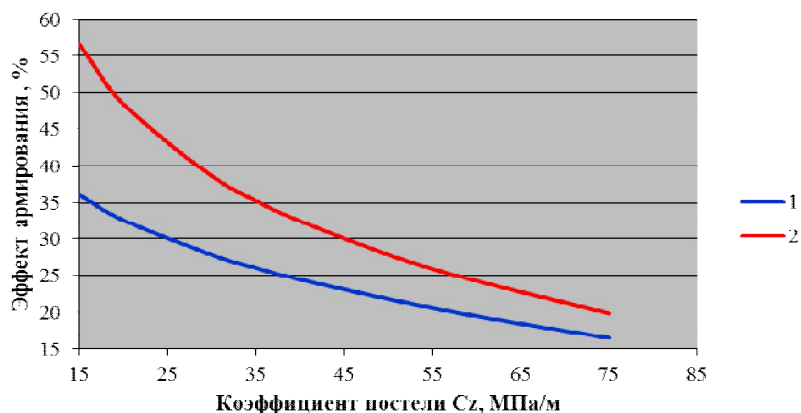


Рис. 1. Эффект армирования для расчетной схемы № 1:
1) по упругим прогибам; 2) по модулям упругости.

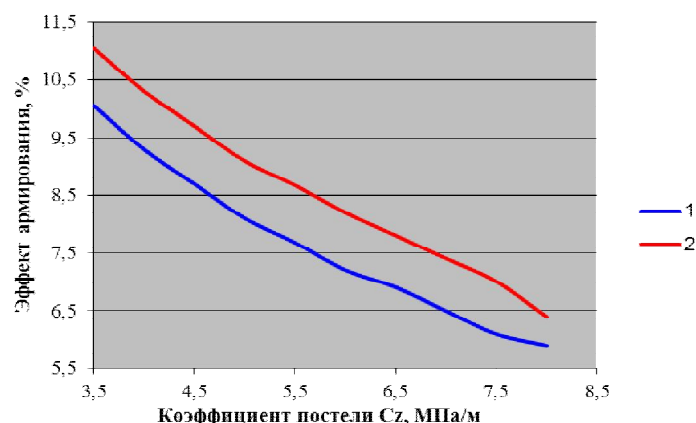


Рис. 2. Эффект армирования для расчетной схемы № 4:
1) по упругим прогибам; 2) по модулям упругости.

В результате теоретических расчетов установлено:

1. Для расчетной схемы № 1 эффект от армирования по прогибам составляет 24,5 %, эффект от армирования по модулям упругости составляет 32,5%.

2. Для расчетной схемы № 2 эффект от армирования по прогибам составляет 6,4 %, эффект от армирования по модулям упругости составляет 6,8%.

3. Для расчетной схемы № 5 эффект от армирования по прогибам составляет 40,8 %.

4. С увеличением жесткости основания эффект армирования уменьшается. Кроме того, увеличение модуля упругости грунта подстилающего слоя ведет к увеличению коэффициента постели C_z и уменьшению величины упругого прогиба. Для проверки адекватности полученных результатов производились штамповые лабораторные и натурные исследования. Экспериментальные исследования в лабораторных условиях проводились в грунтовом канале Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). Для определения деформаций были произведены штамповые испытания двухслойной конструкции. В качестве контролируемого параметра была принята величина упругого прогиба.

Верхний слой толщиной 0,2 м представляет собой щебень фракции 40-70 мм. Нижний подстилающий слой – песок мелкий толщиной 0,9 м. Армирование устраивалось на границе раздела слоев. В качестве армирующего материала была использована плоская георешетка типа РД, выпускаемая по СТО 30478650-001-2012 [5] и представленная на рисунке 3.

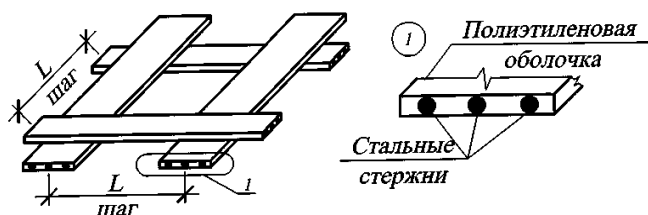


Рис. 3. Схема плоской георешетки

Георешетка образована из плоских металлопластиковых полос, соединенных между собой под углом 90° и наложенных друг на друга по высоте поочередно. Металлопластиковые полосы состоят из несущей части и покрытия. Несущая часть полос – стальные волокна из пружинной проволоки диаметром 0,6 мм расположенных на определенном расстоянии друг от друга без переплетения. Покрытие полос – полиэтилен низкого давления. Соединение металлопластиковых полос между собой осуществляется методами термической сварки. В зависимости от прочности, число проволок в полосе может составлять от 3 до 9 штук. Шаг ячейки может быть произвольным. Для наиболее полного исследования были рассмотрены георешетки марок РД-30, РД-60 и РД-90, армирование которых составляет 3, 6 и 9 проволок соответственно. Такой выбор армирующего материала соответствует всему диапазону прочностей. Всего в испытании применялось девять типоразмеров армирующего материала: по размеру ячейки – 50x50, 75x75, 100x100 мм, по прочности – РД-30, РД-60, РД-90, что соответствует прочности 30, 60 и 90 кН/м соответственно.

Щебень фракции 40-70 мм отсыпался послойно с уплотнением на заранее уплотненный слой песка. Общая толщина щебня в уплотненном состоянии составила 200 мм. Нагружение осуществлялось через круглый штамп диаметром 330 мм, который имитирует отпечаток колеса расчетного автомобиля. Нагрузка прикладывалась через гидравлический домкрат ступенями по 10 кН и достигала 50 кН. Испытательная схема приведена на рисунке 4.

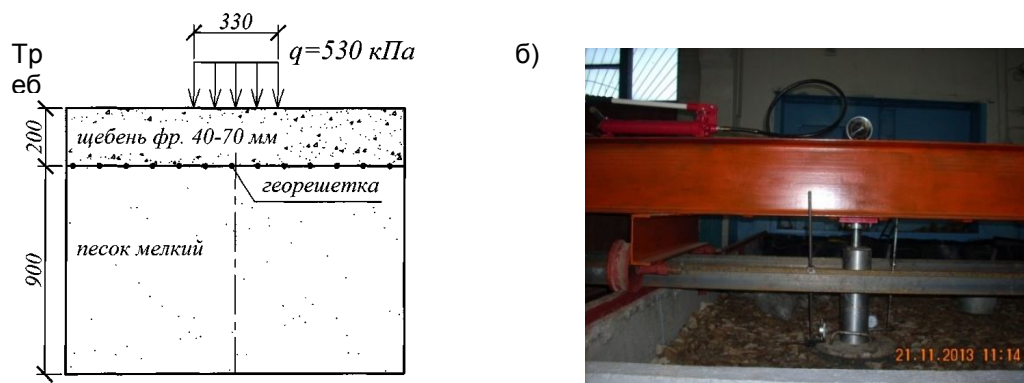


Рис. 4. Штамповые испытания в лабораторных условиях:
а) схема испытания; б) общий вид установки.

Основным контролируемым параметром являлся прогиб на поверхности, который определялся с помощью индикаторов часового типа, установленных на верхней поверхности штампа. Измерения проводилось как при нагружении, так и при разгрузке конструкции для выделения упругой составляющей прогиба, который используется при вычислении модуля упругости. В качестве контрольной величины определялась величина прогиба неармированной конструкции.

Диаграмма изменения эффекта армирования приведена на рисунке 5.

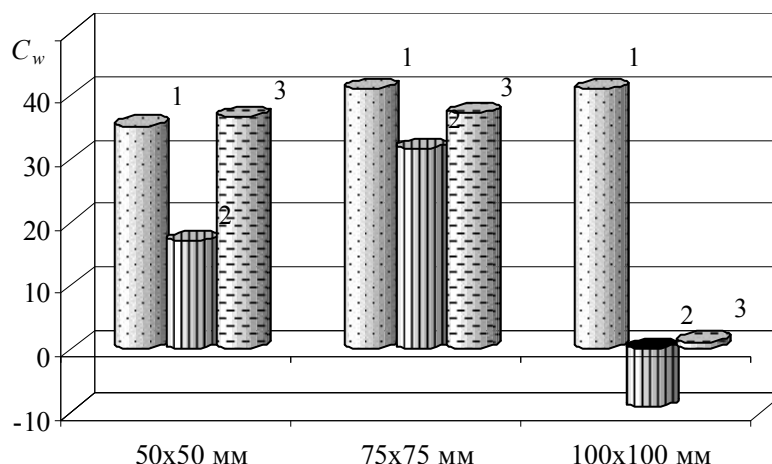


Рис. 5. Диаграммы изменения коэффициента C_w в зависимости от размера ячейки георешетки: 1) марка РД-30; 2) марка РД-60; 3) марка РД-90

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что армирование стальной георешеткой позволяет снизить упругий прогиб системы "щебень-песок" до 41,1 %. Из общего ряда данных выпадают значения, полученные для георешетки с ячейкой 100x100 мм и прочностью 60 кН/м. Для данной конструкции прогиб увеличился на 9,2 %, что объясняется, скорее всего, недоуплотнением щебня в данной серии экспериментов.

Сопоставление теоретических и экспериментальных значений говорит об адекватности предложенной расчетной схемы для конструкции, армированной плоской георешеткой, расхождение не превышает 6 %.

Для экспериментального исследования дорожной одежды, армированной объемной георешеткой, в 2002 г. были построены и обследованы опытные участки на автомобильной дороге Ханты-Мансийск – Нягань (ПК 326+00 ÷ ПК 329+50). Всего было построено пять опытных участков и базовый. Конструкции дорожных одежд опытных и базового участков представлены на рисунке 6.

Средние эквивалентные модули упругости для каждой экспериментальной конструкции дорожной одежды получены в результате статистической обработки результатов замеров упругих прогибов в контрольных точках для каждой ступени нагружения. Результаты натурных исследований приведены на рисунке 7. Как следует из анализа диаграммы на рисунке 7, введение армирующих элементов не только не повысило общий модуль упругости, но и значительно его снизило (падение модуля достигает 3,46 раза). Данный факт особенно проявлялся в конструкциях с армированным слоем щебня. Несоответствие между теоретическими исследованиями и натурными испытаниями, на наш взгляд, связано со следующими факторами:

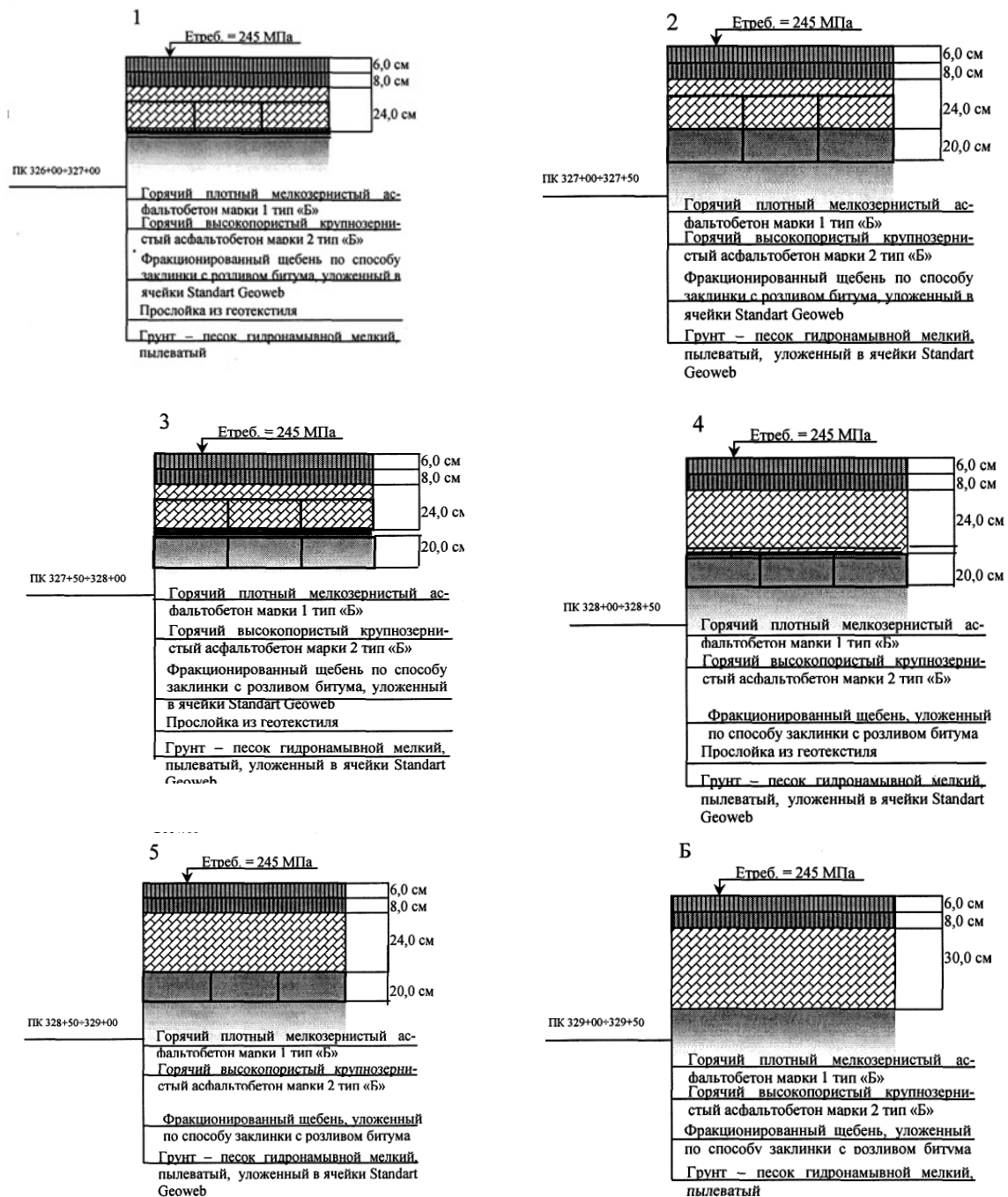


Рис. 6. Проектные конструкции дорожных одежд опытных (1–5) и базового (Б) участков

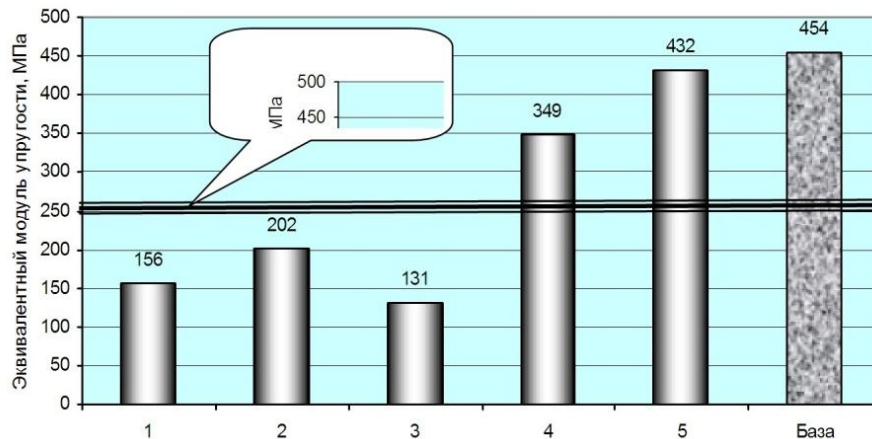


Рис. 7. Эквивалентные модули упругости дорожных одежд:
1, 2, 3, 4, 5 – одежды с использованием геосинтетики; База – базовая конструкция

1. Для армированного основания использован щебень слишком крупных фракций 40–80 мм, иногда 80–130 мм, вместо щебня фракции 20–40 мм с расклинцовкой фракциями 0–20 мм. Погодные условия осложняли опытное строительство: в процессе строительства дорожных одежд постоянно шли дожди, избыточно увлажнявшие основание.

2. При заполнении ячеек решетки крупным фракционированным щебнем происходит их значительное деформирование, щебень плохо уплотняется, имеют место разрывы стенок георешетки (рис. 8).

3. При уплотнении щебня и песка объемная георешетка играла роль демпфера, не позволяя достичь требуемого коэффициента уплотнения.

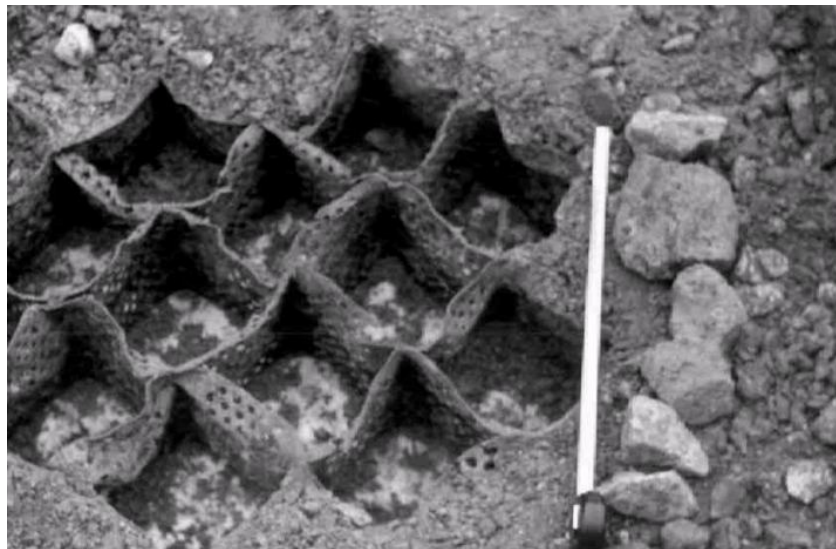


Рис. 8. Состояние георешеток Geoweb после уплотнения в них щебня

Выводы

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования дорожных конструкций, армированных плоскими и объемными георешетками позволяют сделать следующие выводы:

1. Эффект армирования проявляется на грунтах с низким модулем упругости. При повышении модуля упругости слоя, эффект армирования снижается.

2. Эффект армирования возникает вследствие того, что дискретный слой, который не воспринимает растягивающие напряжения, за счет механического зацепления с георешеткой включается в работу на всей толщине, а не только в сжатой зоне, т.е. возникает "плитный эффект".

3. Предложена методика расчета армированного слоя по технической теории изгиба плит с использованием метода Бубнова-Галеркина как многослойной плиты на упругом основании. Армированный неоднородный слой при этом заменяется на однородную анизотропную плиту с обобщенными упругими свойствами.

4. Сопоставление теоретических и экспериментальных значений прогибов конструкции, армированной плоской георешеткой, говорит об адекватности предложенной расчетной схемы, расхождение не превышает 6 %.

5. Расхождение теоретических и экспериментальных значений прогибов конструкции, армированной объемной георешеткой связано, в первую очередь, с технологическими проблемами при строительстве опытных участков и использовании материалов не предназначенных для этого.

6. Для построения расчетной модели, более адекватно учитывающую работу слоев дорожной одежды необходимо учитывать дискретность материалов и их неупругую работу.

7. Для расчетов упругих прогибов необходимо знать значения модулей упругости армирующих материалов, которые в настоящее время не определяются.

Библиографический список.

1. Матвеев, С.А. Армированные дорожные конструкции: моделирование и расчет. / С.А. Матвеев, Ю.В. Немировский. – Новосибирск: Наука, 2006. – 348 с.
2. Александров, А.В. Сопротивление материалов. Основы теории упругости и пластичности / А.В. Александров, В.Д. Потапов. – М.: Высшая школа, 2002. – 400 с.
3. Матвеев, С.А. Экспериментально-теоретические исследования армированного основания дорожной одежды / С.А. Матвеев, Е.А. Мартынов, Н.Н. Литвинов // Вестник СибАДИ. – 2015. – № 4 (44). – С. 80-86.
4. Матвеев, С.А. Экспериментальные исследования материала георешетки Geoweb. / С.А. Матвеев, Е.А. Мартынов // Образование, наука и техника (Сборник научных статей). Вып. 2. – Ханты-Мансийск: ЮГУ, 2004. – С. 108-113.
5. СТО 30478650-001-2012. Георешетка дорожная армированная РД.



Матвеев Сергей Александрович (Россия, Омск) – доктор технических наук, профессор каф. «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». E-mail: dfsibadi@mail.ru.

УДК 624.21- 625.7

ИННОВАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ТЕХНОЛОГИИ И КОНСТРУКЦИИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ

С.А. Матвеев
ФГБОУ ВПО «СибАДИ»

Аннотация. В статье описаны инновационные направления научной деятельности факультета «Автомобильные дороги и мосты» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» в рамках научной школы «Совершенствование конструкций и методов проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений».

Ключевые слова: научные исследования, дорожная карта, инновации, геосинтетические материалы, георешетки, армирование.

INNOVATIVE MATERIALS, TECHNOLOGIES AND DESIGNS: THEORY AND PRACTICE OF APPLICATION

S.A. Matveev
The Siberian automobile and highway academy (SIBADI)

Abstract. In article the innovative directions of scientific activity of faculty "Highways and bridges" of "SIBADI" within school of sciences "Improvement of designs and methods of design, construction and operation of transport constructions" are described.

Keywords: scientific researches, road map, innovations, geosynthetics, geogrids, reinforcing.

Введение

Приоритетами научной деятельности на факультете АДМ являются инновационные материалы, технологии и конструкции. «Инновация, нововведение - это внедрённое новшество, обеспечивающее качественный рост эффективности процессов или продукции, востребованное рынком. Является конечным результатом интеллектуальной деятельности человека, его фантазии, творческого процесса, открытий, изобретений и рационализации».

Основная часть

На факультете АДМ научные исследования проводятся в рамках научной школы «Совершенствование конструкций и методов проектирования, строительства и эксплуатации транспортных сооружений». Основателями

школы являются профессора Могилевич В.М., Толмачев К.Х., Костерин Э.В. В рамках школы получили развитие следующие научные направления: «Совершенствование конструкций дорог, аэродромов и методов их расчета», руководитель: д.т.н., проф. Смирнов А.В.; «Совершенствование методов проектирования автомобильных дорог в сложных природных условиях Сибири и Крайнего Севера», руководитель: д.т.н., проф. Сиротюк В.В.; «Прогнозирование теплофизического режима в жизненном цикле дорожных конструкций», руководитель - д.т.н., проф. Шестаков В.Н.; «Проектное управление в транспортном строительстве», руководитель: д.т.н., проф. Боброва Т.В.; «Моделирование и расчет армированных дорожных конструкций», руководитель - д.т.н., проф. Матвеев С.А.; «Проектирование, совершенствование конструктивных форм, обследование, диагностика и испытание мостов», руководитель - д.т.н., проф. Ефимов П.П.; «Совершенствование конструкций пролетных строений мостов», руководитель - д.т.н., проф. Уткин В.А.; «Совершенствование технологии и средств механизации для устройства прогрессивных конструкций оснований и фундаментов», руководитель - д.т.н., проф. Пономаренко Ю.Е.; «Статика, динамика и устойчивость пространственных конструкций мостов», руководитель - д.т.н., проф. Кадисов Г.М.; «Фибробетонные конструкции в транспортном строительстве», руководитель - к.т.н., доц. Русанов В.Е.

Одним из основных инновационных научных направлений на факультете АДМ СибАДИ является направление, связанное с применением геосинтетических материалов в дорожном строительстве. Геосинтетические материалы - класс строительных материалов, как правило, синтетических, а также из другого сырья (минерального, стекло- или базальтовые волокна и др.), поставляемых в сложенном компактном виде (рулоны, блоки, плиты и др.), предназначенных для создания дополнительных слоев (прослоек) различного назначения (армирующих, дренирующих, защитных, фильтрующих, гидроизолирующих, теплоизолирующих) в строительстве (транспортном, гражданском, гидротехническом). Основная цель применения геосинтетических материалов - обеспечение надёжного и долговечного функционирования автомобильной дороги или отдельных её элементов в сложных условиях строительства и эксплуатации [1,2].

Геосинтетические материалы называют общим термином – «геосинтетика». Применение геосинтетики при проектировании, строительстве, реконструкции, ремонте и эксплуатации автомобильных дорог позволяет компенсировать недостатки свойств грунтов и дорожно-строительных материалов, повысить их физические и механические характеристики, а в некоторых случаях – превратить в совершенно новые материалы. Для получения наибольшего эффекта от армирования необходимо знать какие материалы применять и как правильно их располагать в конструкции. Точных решений по оценке напряженно-деформированного состояния таких оснований с учетом видов загрузки, изменчивости физико-механических характеристик, взаимодействии с вышележащими конструкциями не разработано, что ограничивает их внедрение и не позволяет обоснованно их проектировать.

В СибАДИ первые исследования в этом направлении были начаты в 2001 году на кафедре «Строительная механика», а несколько лет спустя – на кафедре «Проектирование дорог». «Геосинтетическому» направлению

предшествовала активная работа по моделированию и расчету дорожных одежд с решетчатыми плитами в основании и защита в 1995 и 2005 году трех кандидатских диссертаций В.М. Сикаченко (каф. СЭД), О.П. Лаптевым и Е.А. Мартыновым (каф. СМ).

В результате проведенных в СибАДИ в период с 2001 по 2015 гг. исследований установлено:

- армирование объемной георешеткой («геосотой») позволяет снизить упругий прогиб системы "геосота-песок" до 20 %;

- армирование плоской георешеткой со стальными волокнами позволяет снизить упругий прогиб системы "щебень-песок" более, чем на 40 %:

- эффект армирования возникает вследствие того, что слой зернистого материала (щебень, песок), который фактически является дискретной средой и не воспринимает растягивающие напряжения, за счет механического зацепления с георешеткой включается в работу на всей своей толщине, а не только в сжатой зоне. Именно поэтому такой армированный слой можно рассматривать как плиту на упругом основании.

- разработаны и апробированы два способа армирования ледового покрова, отработаны варианты извлечения армирующего материала из льда весной;

Проведенные в 2010-2014 гг. испытания ледовых переправ на водоемах Омской и Томской областей подтвердили увеличение срока эксплуатации переправ до 1 месяца;

- при армировании асфальтобетонных покрытий геосинтетическими материалами толщину асфальтобетонного слоя можно уменьшить на 20-25 %, в 2-3 раза замедлить распространение всех видов трещин, до 50 % замедлить появление колеи, в 1,5-2 раза увеличить срок службы покрытий.

По результатам проведенных исследований опубликовано две монографии [1,2], третья, по ледовым переправам, находится в печати, выпущен Всероссийский нормативно-методический документ по армированию асфальтобетонных покрытий, защищена одна докторская (С.А. Матвеев) и две кандидатские диссертации (О.В. Якименко, Г.М. Левашов – каф. ПД), третья диссертация готовится к защите.

На кафедре «Проектирование дорог» под руководством проф. Сиротюка В.В. проводятся исследования по применению золошлаковых отходов ТЭС в дорожных конструкциях. Разработан ОДМ «Методические рекомендации по применению золы-уноса и золошлаковых смесей от сжигания угля на тепловых электростанциях в дорожном строительстве». Защищена кандидатская диссертация Е.В. Ивановым. На кафедре «Строительство и эксплуатация дорог» под руководством проф. А.В. Смирнова ведутся исследования колебаний дорожных покрытий под воздействием транспортных средств, а под руководством проф. А.С. Александрова развивается направление «Совершенствование методов расчета по критерию сдвигоустойчивости при проектировании дорожных конструкций» и защищена кандидатская диссертация Г.В. Долгих. С 2010 по 2015 гг. сотрудниками факультета защищено 11 кандидатских диссертаций: Русанов В.Е., Рычкова О.А. (2010), Семенова Т.В., Якименко О.В. (2011), Самойленко А.Б. (2012), Левашов Г.М., Семашкин К.В. (2013), Тишков Е.В., Долгих Г.В. (2014), Иванов Е.В., Дубенков А.А. (2015).

По итогам заседания президиума Государственного совета Российской Федерации «О совершенствовании сети автомобильных дорог в целях

комплексного освоения и развития территорий Российской Федерации», состоявшегося в 2014 году в Новосибирске, в сентябре 2015 года Правительством РФ утвержден план мероприятий («дорожная карта»), по расширению применения инновационных технологий, материалов, в том числе битумов, и конструкций. В соответствии с данным документом СибАДИ вошел число четырех вузов – ответственных исполнителей «дорожной карты». Одним из мероприятий утвержденного плана является формирование регионального центра мониторинга и внедрения инновационных технологий и материалов в дорожном хозяйстве по Сибирскому Федеральному округу (на базе СибАДИ) и республике Саха (Якутия) (на базе Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Амосова).

В рамках сотрудничества между СибАДИ и СВФУ им. М.К. Амосова предлагаются следующие проекты, одобренные министерством Транспорта и дорожного хозяйства Республики Саха (Якутия), для включения в план мероприятий на 2016 год:

1. Применение геосинтетических материалов для укрепления и упрочнения дорожных одежд, земляного полотна, зимников и ледовых переправ.

Цель заявляемого проекта: разработка научно обоснованных мероприятий по укреплению геосинтетическими материалами оснований дорожной одежды и земляного полотна, расположенного на слабых и вечномёрзлых грунтах, повышение грузоподъемности, безопасности и сроков службы ледовых автозимников и переправ.

2. Повышение устойчивости земляного полотна в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов с учетом местных условий и применяемых строительных материалов.

Предметом исследования являются геокриологические процессы, протекающие в грунтах, основании земляного полотна автомобильных дорог. Цель заявляемого проекта: новый способ (принцип проектирования) возведения дорожной насыпи на вечной мерзлоте с обеспечением тепловой и общей устойчивости мёрзлого основания, в условиях глобального потепления климата.

3. Разработка мероприятий по восстановлению несущей способности земляного полотна и дорожных одежд, автомобильных дорог, в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов.

Цель заявляемого проекта: разработать мероприятия по обследованию и выработке типовых решений для восстановления несущей способности земляного полотна и дорожных одежд, автомобильных дорог, в зоне распространения многолетнемерзлых грунтов.

4. Упрочнение мерзлых грунтов.

Цель заявляемого проекта: исследование закономерностей процессов взаимодействия рабочих органов уплотняющих дорожных машин с мерзлыми грунтами, снегом, льдом, настом для повышения качества и долговечности дорожных конструкций эксплуатируемых в условиях низких температур.

5. Предупреждение наледной опасности для автомобильных дорог Якутии.

Цель заявляемого проекта: разработать региональную систему противоналедной защиты автомобильных дорог Якутии, которая обеспечит их бесперебойную эксплуатацию с высокой экономической эффективностью..

6. Применение фибробетонов для строительства различных объектов.

Цель заявляемого проекта проведение комплекса исследований по применимости фибробетонов в условиях Крайнего Севера.

7. Разработка технологических карт и обоснование холодного ресайклинга для строительства, капитального ремонта и реконструкции автомобильных дорог в Якутии.

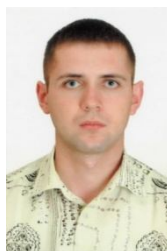
Цель заявляемого проекта исследование зависимостей параметров прочности и деформируемости ресайклируемого материала от зернового состава и содержания битума. Разработка методологии подбора состава ресайклируемого материала с учётом требуемых параметров прочности и деформируемости в зависимости от содержания вяжущего и зернового состава. Разработка технологических карт и обоснование холодного ресайклинга для капитального строительства, ремонта и реконструкции автомобильных дорог в Якутии.

Библиографический список

1. Матвеев, С.А. Армированные дорожные конструкции: моделирование и расчет / С.А. Матвеев, Ю.В. Немировский. – Новосибирск: Наука, 2006. – 348 с.
2. Матвеев, С.А. Использование геосинтетических материалов для армирования дорожных конструкций / С.А. Матвеев, В.В. Сиротюк. – Ханты-Мансийск, 2010. – 474 с.



Насковец Михаил Трофимович (Беларусь, г. Минск) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспорта леса Белорусского государственного технологического университета.
E-mail: naskovets@belstu.by



Драчиловский Александр Иванович (Беларусь, г. Минск) – ассистент кафедры лесных дорог и организации вывозки древесины Белорусского государственного технологического университета.
E-mail: drachylovskii@belstu.by

УДК 630*383:625.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА TYPAR В ДОРОЖНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПРИ ОСВОЕНИИ ЛЕСНОГО ФОНДА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

М.Т. Насковец, А.И. Драчиловский

Белорусский государственный технологический университет, г. Минск.

Аннотация. В статье рассмотрены конструктивно-технологические решения проектирования автомобильных дорог, содержащих упрочняющие прослойки из геосинтетического материала TYPAR, а также приведен опыт его использования в дорожных конструкциях, устраиваемых на лесных территориях.

Ключевые слова: дорожные конструкции, геосинтетический материал typar, упрочняющие прослойки, опытное строительство.

USE OF THE GEOSYNTHETIC MATERIAL TYPAR IN ROAD DESIGNS AT DEVELOPMENT OF FOREST FUND OF REPUBLIC OF BELARUS

M. T. Naskovets, A.I. Drachilovsky
Belarusian state technological university

Abstract. *In article constructive and technological solutions of design of the highways containing the strengthening layers from the geosynthetic material TYPAR are considered and also experience of its use in the road designs arranged in forest territories is given.*

Keywords: *the road designs, the geosynthetic material typar strengthening layers, skilled construction.*

В последние годы в Республике Беларусь наблюдается увеличение объемов строительства автомобильных дорог на покрытых лесами территориях. Причем состав дорожно-транспортных сетей пополняется не только дорогами различных категорий круглогодичного действия, но и дорогами сезонного и временного предназначения. При проектировании дорог такого типа следует в значительной степени учитывать как региональные грунтово-гидрологические условия, где планируется их строительство, так и негативное влияние на эксплуатацию устроенных транспортных путей погодноклиматических факторов. Как правило, дорожные конструкции, предназначенные для функционирования в сложных условиях местности, должны содержать прослойки, способные повысить несущую способность грунтовых оснований [1].

В процессе эксплуатации лесных дорог при воздействиях нагрузок от тяжелого подвижного состава происходит просадка и перемешивание грунта покрытия с основанием. Это приводит к образованию различного рода разрушений дорожных конструкций. Для предотвращения перемешивания материалов конструктивных слоев, перераспределения давления от транспорта и дорожной одежды на большую площадь слабо подстилающего грунта применяется геотекстиль, который может размещаться в дорожной конструкции. Геотекстиль имеет высокую прочность и износоустойчивость, не загнивает в грунте, в мокром состоянии не снижает прочность на разрыв, хорошо фильтрует воду. Также геотекстиль является эффективным решением, позволяющим использовать все положительные свойства местных строительных материалов с целью снижения стоимости строительства.

Влияние геотекстильных прослоек на прочность объясняется тем, что при деформировании подстилающего грунта они растягиваются и воспринимают часть нагрузки, перераспределяя её на значительно большую площадь грунта. При этом грунт с низкой прочностью под прослойкой оказывается менее нагруженным чем грунт под дорожной одеждой без прослойки.

Для целей дорожного строительства используется достаточно большое количество геосинтетических материалов. Одним из таких материалов является Тураг фирмы DuPont.

Основные свойства Тураг:

1. Высокий модуль упругости, благодаря которому материал может воспринимать значительные нагрузки и выполнять функцию армирования при относительно малых деформациях.

2. Большие удлинения при разрыве: в зависимости от марки материала Тураг имеет относительные удлинения под действием максимальной нагрузки до 45%. Таким образом, местные повреждения не приводят к разрушению материала и Тураг продолжает выполнять свои функции.

3. Универсальная фильтрующая способность, обусловленная специфической структурой материала, которая делает практически невозможным внедрение частиц грунта в поры и их засорение. Это позволяет обеспечивать устойчиво хорошие фильтрующие качества материала Тураг под давлением грунта и в условиях сильной вибрации.

4. Высокая сопротивляемость раздиру и прокалыванию, что особенно ценно при укладке.

Другими важными свойствами материала Тураг являются:

1. Простота в укладке: рулоны материала небольшие и легкие, благодаря чему уменьшаются транспортные и складские расходы, так же как и затраты труда.

2. Простота в обработке: рулоны материала Тураг могут быть распилены прямо на месте цепной или ручной пилой.

3. Тураг не впитывает воду: при использовании в сырых условиях вес рулонов остается неизменным.

4. Тураг, устойчив к природным кислотам и щелочам, а также к насекомым, бактериям и плесени.

5. Имеет одинаковую степень растяжения в продольном и поперечном направлениях, что позволяет добиваться равномерного растяжения геосинтетической прослойки из Тураг.

Необходимо отметить, что геотекстиль может существенно снизить затраты на строительство и эксплуатацию дорог. В частности, при применении этого материала стоимость строительства одного километра дороги снижается более чем на треть, а затраты на эксплуатацию снижаются в несколько раз. При этом сокращаются и временные затраты на проведение строительных работ.

Для обеспечения проезжаемости лесовозной техники по территориям, имеющим в своем основании слабые торфяные грунты, были разработаны дорожные конструкции с применением геотекстильного материала, местных дорожно-строительных материалов, хворостяной выстилки, поперечных либо продольных деревянных элементов.

Хворостяная выстилка увеличивает жесткость прослойки передаче нагрузки на слабое основание, что снижает удельное давление. Технология устройства дорожной конструкции на основе хворостяной выстилки и геосинтетического материала включает укладку, по всей ширине проезжей части (рис.1) порубочных остатков с последующим уплотнением, затем поверх образовавшейся хворостяной выстилки раскатывают прослойку из нетканого синтетического материала с закреплением по краям проезжей части. Далее на подстилающий слой из хворостяной выстилки и прослойки из геосинтетического материала производят укладку верхнего слоя хворостяной выстилки с последующим уплотнением [2].

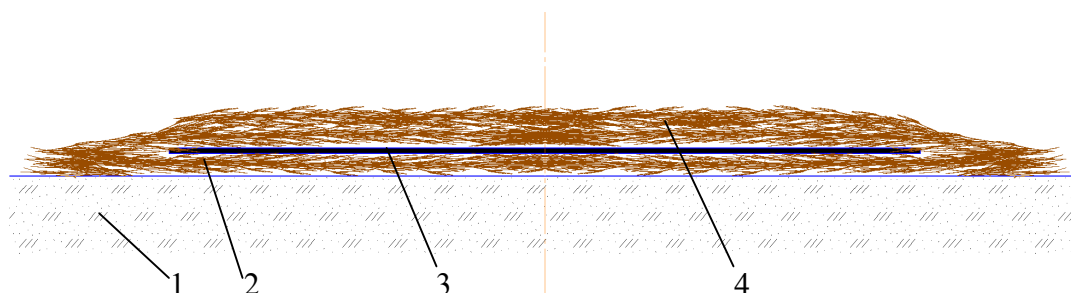


Рис. 1. Поперечный разрез временной дороги на заболоченном участке
1 – грунтовое основание; 2 – нижний слой хворостяной выстилки; 3 – гибкая прослойка из геосинтетического материала; 4 – верхний слой хворостяной выстилки

Нижний слой хворостяной выстилки не дает интенсивно оттаивать грунту в весенний период. Предлагается увеличить несущую способность для дорог при устройстве комбинированной прослойки из геосинтетического материала и деревянных элементов в виде разреженного и сплошного настилов (рис. 2 - 4). Устройство дорожной конструкции на основе разреженного деревянного настила осуществляется следующим образом: по поверхности подготовленного основания из слабого грунта (рис.2) раскатывают гибкую прослойку из синтетического текстильного материала с последующим выполнением в гибкой прослойке по ее длине с обеих сторон прорезей симметричных оси дороги. Укладка поперечных элементов производится путем их протаскивания через прорези в синтетическом текстильном материале до упора в него вершинных и комлевых частей. Затем поверх гибкой прослойки отсыпают слой насыпного грунта, обеспечивая после отсыпки слоя работу ее в упругой стадии.

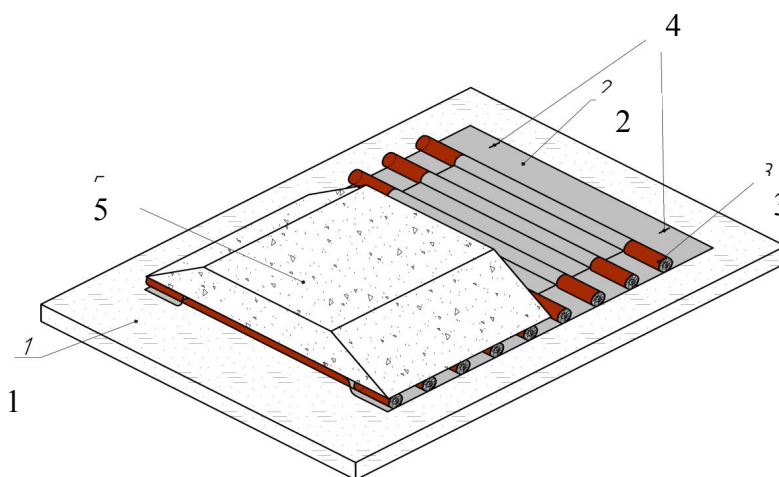


Рис. 2. Общий вид способа устройства слани на болотах
1 – основание из слабого грунта; 2 – гибкая прослойка из синтетического текстильного материала; 3 – поперечные элементы; 4 – прорези, симметричные оси дороги; 5 – слой насыпного грунта

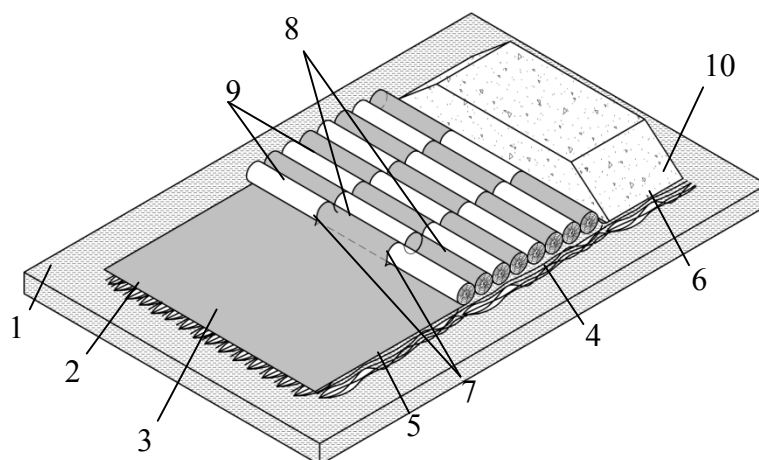


Рис. 3 .Общий вид дорожной конструкции для устройства на участках с различной несущей способностью слабых грунтов

1 – слабое основание; 2 – хворостяная выстилка; 3 – геотекстильный материал; 4 – участок дороги, характеризующийся более низкой несущей способностью по отношению к предыдущему 5 и последующему 6 участкам; 7 – прорези; 8 – полосы; 9 – поперечный элемент; 10 – земляное полотно

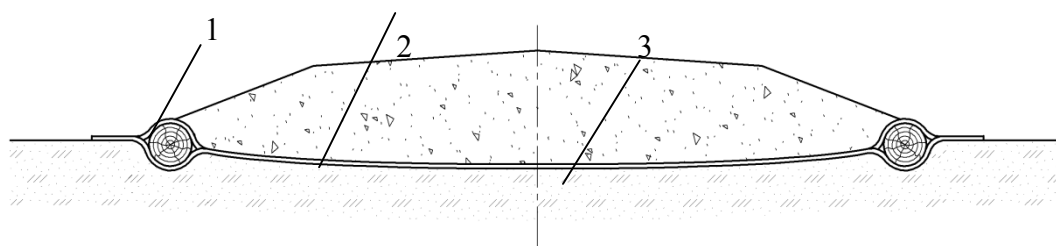


Рис. 4. Поперечный профиль насыпи на болотах

1 – продольный элемент; 2 – геотекстильный материал; 3 – грунт покрытия

Устройство дорожной конструкции на основе сплошного деревянного настила заключается в следующем: на автомобильной дороге, характеризующейся различной несущей способностью грунтов на слабое основание (рис.3) укладывается хворостяная выстилка, поверх которой раскатывается геотекстильный материал. Затем на участке дороги, характеризующейся более низкой несущей способностью по отношению к предыдущему и последующему участкам, в геотекстильном материале устраиваются прорези с образованием полос на всем его протяжении. Таких полос должно быть как минимум 3. После чего поднимают вверх через одну каждую из полос и под ними пропускают элементы поперечного настила равные ширине геотекстильного материала, которые доводят до упора в неразрезанный геотекстильный материал. Далее производят опускание поднятых полос и последующее поднятие смежных полос с аналогичным заведением следующего поперечного элемента в настил до упора в предыдущий элемент. Данный процесс продолжают до конца участка дороги с более низкой несущей способностью, на котором выполнены прорези, поверх устроенных участков дороги отсыпают грунт насыпи. По окончании

формирования настила производят отсыпку грунта земляного полотна и устраивают дорожную одежду. Для более эффективного устройства покрытия элементы настила необходимо поочередно заводить с одной и с другой стороны в разнокомелицу.

Применение геосинтетической прослойки в настиле позволяет не допустить просыпание грунта насыпи между поперечными элементами с дальнейшим его смешиванием с грунтом основания.

При устройстве насыпей на болотах (рис.4) поверх слабого грунта производят укладку прослойки из геосинтетического материала, затем по боковым сторонам прослойки в геосинтетическом материале выполняют поперечные прорезы, через которые пропускают продольные элементы таким образом, чтобы они поочередно располагались над и под материалом прослойки и выступали на 0,2–0,3 длины продольного элемента, при этом его торцевые части постоянно размещают над геосинтетическим материалом с возможностью упора в них торцов смежных продольных элементов, после чего на прослойку отсыплют привозной грунт, который разравнивают по ширине до упора в продольные элементы, а затем осуществляют его уплотнение. Данная конструкция за счет натяжения геотекстильного материала в поперечном направлении, по причине отсыпки грунта от краев к центру, дает возможность равномерно распределить нагрузку по всей длине и обеспечивает равномерную просадку всей конструкции.

На основании разработанных дорожных конструкции были построены опытные объекты лесных автомобильных дорог на территории ГЛХУ «Телеханский лесхоз».

На рисунке 5 отражен процесс строительства участка дороги с использованием геосинтетики и хворостяной выстилки, а на рисунке 6 представлено строительство участка с покрытием из тонкомерной древесины переплетенной геосинтетическим материалом.



Рис. 5. Участок дороги с использованием геосинтетики и хворостяной выстилки



Рис. 6. Участок дороги с покрытием из тонкомерной древесины переплетенной геосинтетическим материалом

Испытания дорожных конструкций на опытных объектах предусматривали определение прочностных характеристик дорожного покрытия при помощи пенетromетра ПГ-3М и рычажного прогибомера. С помощью дорожного рычажного прогибомера определялся также модуль упругости по величине упругого прогиба. В качестве подвижной нагрузки использовался лесовозный автопоезд на базе автомобиля Урал-375. Расчетная нагрузка на рейс автопоезда составила 19 м^3 . Значение фактического модуля упругости дорожной одежды рассчитывалось по формуле:

$$E_y = \frac{p \cdot D(1 - \mu^2)}{l_y}, \quad (1)$$

где p – удельное давление, МПа; D – диаметр круга, эквивалентного отпечатку колеса автомобиля, см; μ – коэффициент Пуассона (0,27); l_y – величина прогиба, м.

Среднее значение модуля упругости составило в пределах от 40 до 50 МПа.

Таблица 1 – Результаты испытаний опытного объекта лесной дороги

Наименование показателей	Величина	Примечание
1. Сопротивление вдавливанию рабочего наконечника, E_w , Н/см ²	301,0	Измерения производились пенетрометром ПГ-3М
2. Модуль упругости покрытия, E_g , МПа	55,8	
3. Удельное сцепление, C_q , МПа	0,0214	
4. Угол внутреннего трения, φ_q , град	22	
5. Работоспособность опытного участка, кол-во проездов	100	

На рисунках 7 и 8 показано определение модуля упругости пенетрометром ПГ-3М и рычажным прогибомером.



Рис. 7. Определение прочности покрытия пенетрометром ПГ-3М



Рис. 8. Испытание дорожной одежды рычажным прогибомером

В настоящее время общее состояние опытных объектов в целом удовлетворительное. Прошедшие дожди увеличили влажность грунта, что привело к некоторому увеличению колеиности. По сравнению с участками без использования геосинтетики опытные объекты показали высокую работоспособность и обеспечили запланированный объем вывозки [3].

Для дальнейшей эксплуатации опытных объектов необходимо провести профилирование покрытия с подсыпкой местного грунта, обеспечивающего необходимую ровность дорожной одежды.

Проведенные испытания показали, что устроенные участки дорог находятся в удовлетворительном состоянии. Разрушений и значительных деформаций покрытия нет. Применение геосинтетического материала Тураг совместно с древесными отходами позволило сократить расход дорожно-строительных материалов, снизить трудоемкость и стоимость строительства.

Библиографический список

1. Яромко, В. Н. Дорожные насыпи на болотных грунтах. Научные основы ускоренных методов проектирования и строительства / В.Н. Яромко – Мн., 1998. – 400 с.
- 2.Тюрин, В. И. Вопросы применения геосинтетических материалов в дорожных конструкциях при проектировании автомобильных дорог / В.И. Тюрин // Дороги. Инновации в строительстве. - 2011. – № 7. – С. 22 – 27.
3. Вырко, Н. П. Строительство и эксплуатация лесовозных дорог : учебник для студентов специальности «Лесоинженерное дело» / Н. П. Вырко – Мн.: БГТУ, 2005. – 446 с



Потуданская Лия Викторовна (Россия, г. Москва) – Руководитель направления геосинтетических материалов ООО «Габбионы Маккафери СНГ». E-mail: lpotudanskaya@maccaferri.ru

УДК 625.8

ПРИМЕНЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРОИЗВОДСТВА МАККАФЕРРИ НА ОБЪЕКТАХ ДОРОЖНОЙ ОТРАСЛИ

Л.В. Потуданская
ООО «Габбионы Маккафери СНГ», Москва.

Аннотация. *Повышение безопасности и надежности дорожных одежд являются одним из приоритетных задач, решаемых на стадии проектирования. Компания ООО «Габбионы Маккафери СНГ» - это крупнейший российский производитель материалов и конструкций из сетки двойного кручения и геосинтетических материалов. В статье производится аналитический обзор применения рулонных геоматов МакМат R.*

Ключевые слова: *геосинтетические материалы, конструкция, сооружение, качество, строительство.*

APPLICATION OF GEOSYNTHETICS MACCAFERRI PRODUCTION FACILITIES AT ROAD SECTOR

L.V. Potudanskaya
JSC Gabiony Makkaferi SNG, Moscow.

Abstract. *Increase of safety and reliability of road clothes are one of the priority tasks solved at a design stage. The JSC Gabiony Makkaferi SNG company is a largest Russian producer of materials and designs from a grid of double torsion and geosynthetic materials. In article to be made the state-of-the-art review of application of rolled geomats Makmat by R.*

Keywords: *geosynthetic materials, design, construction, quality, construction.*

Всем, кто не понаслышке знаком со сферой дорожного строительства, нет смысла представлять компанию «Маккаферри», уже 130 лет занимающуюся внедрением технологий стабилизации грунтов. Практически весь предлагаемый ассортимент выпускается на собственных предприятиях компании в Кургане и Зарайске со 100% российского сырья. Сейчас наша компания становится еще и одним из учредителей Ассоциации геосинтетических материалов России.

Для стабилизации склонов Маккаферри предлагает апробированный материал геоматы «МакМат». Материал предназначен для быстрой локализации эрозионных процессов в поверхностных слоях откосов, а также

для создания декоративных облицовок фронтальных поверхностей армогрунтовых сооружений. Конструкция МакМат представляет собой трехмерную панель из волокон полипропилена диаметром 0,65 мм, с ворсистой (похожей на мочалку) поверхностью и структурой, имеющей высокий (до 90%) показатель пустот. Данные особенности позволяют надежно (в отличие от объемных георешеток) аккумулировать частицы плодородной почвы вместе с внесенными в нее семенами, что способствует быстрому росту растений. Корневая система, переплетаясь с волокнами геомата, образует комплексную структуру, стабилизирующую верхний слой почвы [1].

Серьезным аргументом в пользу геоматов МакМат служит и их конкурентоспособная стоимость — в среднем в 2–2,5 раза ниже, чем у объемных георешеток. К плюсам геоматов МакМат, помимо эффективности и экологичности, также относятся простота доставки и монтажа, а следовательно, небольшие трудовые и финансовые затраты. Геоматы защищают склоны и горизонтальные поверхности независимо от характера грунтового основания, и при четком соблюдении технологии монтажа эрозионные повреждения исключаются даже на сложных участках.

Как показывает практика, наилучшим образом геомат МакМат зарекомендовал себя на откосах, подверженных прямому воздействию ливневых потоков и талых вод. В данном случае материал препятствует смыванию верхнего слоя почвы до того времени, как будет восстановлен растительный покров. Деформация откоса снижается до контролируемого уровня, что дает возможность проведения комплексного ремонта с минимальными затратами и без остановки дорожного движения.

В зависимости от сложности рельефа, вида грунта и других инженерно-геологических условий «ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ» выпускает геоматы, армированные полипропиленовой или полиэфирной георешеткой, либо металлической сеткой двойного кручения (последний вариант — эксклюзивная разработка компании). Разрывная нагрузка таких материалов — до 200 кН. Наряду с ними, компания также выпускает неармированные геоматы, которые в настоящее время все активнее внедряются в дорожное строительство. Материал Геомат МакМат прошел испытания в научно-исследовательском институте транспортно-строительного комплекса, имеет высокие показатели по всем видам испытаний, выпускается по СТО, согласованному с РосАвтодором.

Среди успешных примеров применения материалов МакМат R — набережная Федоровского в Нижнем Новгороде, где в процессе реконструкции удалось решить проблемы развития эрозии и озеленить склоны еще до завершения монтажно-строительных работ. Общая площадь укрепленных геоматами откосов составила почти 100 тыс. м², при этом работы осложнялись наличием на объекте пяти родников, а также высотой склонов, достигавшей в ряде мест 62 метров. По отзывам заказчика — администрации Нижнего Новгорода, «МакМат R» показал себя современным надежным материалом, обеспечивающим защиту поверхности склонов от плоскостных смывов и эрозионных процессов». За пять лет эксплуатации не было зафиксировано ни одного случая обсыпания или обрушения склонов.



Рис. 1. Набережная Федоровского в Нижнем Новгороде

Специалисты компании также принимали активное участие в восстановлении настоящей жемчужины сибирского зодчества, как древнего Тобольского кремля. Двадцатиметровые склоны возвышенности, на которой он построен, длительное время подвергались сильной эрозии. Применение материала МакМат R позволило быстро сформировать травяной покров и на долгие годы надежно защитить его от воздействия дождевых и талых вод.



Рис. 2. Тобольский кремль

Еще одним удачным примером применения рулонных геоматов МакМат R может служить отремонтированный участок автомобильной дороги Актаныш — Поисево в Республике Татарстан. Здесь в мае 2012 года на откосах выемки глубиной до 10 м была произведена укладка МакМат на площади 12 тыс. м². Откосы быстро поросли засеянной травой эрозия отступила.



Рис. 3. Участок автомобильной дороги Актаныш — Поисево (р. Татарстан)

Отзывы заказчиков свидетельствуют: впредь при реализации подобных проектов они будут отдавать предпочтение рулонной геосинтетике производства ООО «ГАБИОНЫ МАККАФЕРРИ СНГ», поскольку на собственном опыте убедились в ее надежности, эффективности и экономичности.

Армогрунтовые удерживающие сооружения имеют принципиальные отличия от традиционных подпорных стен (железобетон, шпунт и др.) в том, что основную нагрузку от грунта и подвижного транспорта воспринимают армирующие панели, изготовленные из различных материалов. Экономия составляет от 15% и выше по сравнению с аналогами, в зависимости от протяженности и высоты сооружения. Армогрунтовая конструкция – Система Макволл – является эксклюзивной запатентованной технологией компании Маккаферри. С использованием данной системы на территории РФ построены десятки подпорных стен в области дорожного и мостового строительства (на подходах к мостам и путепроводам, при укреплении мостовых устоев и конусов), а также в сфере ландшафтного дизайна и благоустройства территорий. Ключевым элементом системы Макволл являются армирующие георешетки Макгрид WG, основу которых составляют высокопрочные нити, изготовленные из полиэфира, имеющего высокий молекулярный вес. Нити покрываются защитным полимерным покрытием из ПВХ. Защитное покрытие обеспечивает сопротивляемость георешетки механическим воздействиям во время укладки и транспортировки, действию ультрафиолета, химическим веществам, встречающимся в почве. Георешетка Макгрид WG обладает высокой долговременной проектной прочностью и низкой ползучестью, что обеспечивает возможность ее применения в конструкциях с высокими нагрузками.

Облицовочные блоки Макволл изготавливаются из мелкозернистых жестких бетонных смесей методом вибропрессования с последующим их твердением в пропарочных камерах.

Наличие собственного производства георешетки Макгрид в г. Чехов Московской области и облицовочных блоков Макволл в пос. Селятино Наро-Фоминского района Московской области и г. Волгодонск Ростовской области позволяет предложить Клиенту наиболее привлекательную цену, высокое и стабильное качество продукции и оптимальные сроки поставки. Одним из элементов системы Макволл являются устойчивые к коррозии

стекловолоконные стержни, которые обеспечивают более прочное соединение между блоками, не давая им «расползаться» в продольном направлении даже в случае осадки насыпи. Данный вид крепления является запатентованным и не имеет аналогов на российском рынке. Сейсмические испытания, проведенные в 2008 году в г. Выборге РФ подтвердили надежность данного вида крепления и возможность использования системы Макволл в районах сейсмичностью до 9 баллов включительно. В 2012 году получено Техническое свидетельство от Министерства регионального развития РФ на Систему Макволл, подтверждающее пригодность системы для применения в строительстве на территории РФ. Армогрунт является конструкцией повышенной ответственности. Расчеты на устойчивость Системы Макволл производятся в программном обеспечении MacStars и с учетом характеристик материалов Маккаферри. Программное обеспечение сертифицировано на территории РФ. При использовании материалов других производителей в конструкции подпорных стен потребуются проведение повторного экспертного сопровождения для проверки расчетов конструкции. Применение других технологий и материалов накладывает серьезную ответственность на Заказчика.

Компания Маккаферри гарантирует сопровождение проекта на всех стадиях его реализации, включая шеф-монтаж при строительстве сооружения.

Центравтомагистраль

В рамках целевой федеральной программы «Московская область без железнодорожных переездов в одном уровне», компанией была осуществлена разработка проектной документации по подходам к путепроводу на 42-ом км Московского большого бетонного автомобильного кольца (А108). Необходимость возведения подпорных стен на подходах к путепроводу была вызвана стесненными условиями.

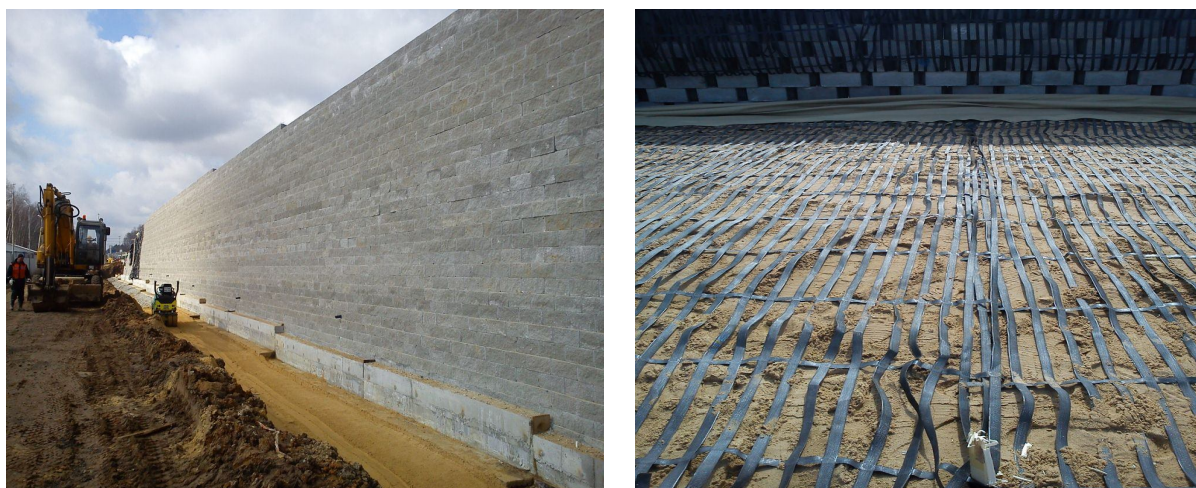


Рис. 4. 42-ой км Московского большого бетонного автомобильного кольца (А108)



Рис. 5. «Подходы к путепроводу через железнодорожный переезд на границе Московской и Калужской обл.».

Возведение двух транспортных развязок на автомобильной дороге Иркутск – Листвянка.

В связи с тем, что данная автомобильная дорога является частью туристического маршрута к о. Байкал, то и все тех решения должны были быть выдержаны с точки зрения эстетики, а так же, экономическая составляющая, несмотря на стоимость доставки из Московской области, позволила сэкономить до 15% бюджетных средств, в сравнении с монолитным железобетоном.



Рис. 6. Возведение двух транспортных развязок на автомобильной дороге Иркутск – Листвянка

Одинцово

«Новый выход на МКАД с федеральной автомобильной дороги М-1 «Беларусь» Москва – Минск».

Были запроектированы два конуса моста из системы Макволл, что позволило сэкономить порядка 20% от стоимости в сравнении с аналогами из монолитного железобетона.



Рис. 7 - Двухуровневая автомобильная развязка «Аэропорт» на федеральной трассе «Адлер — Красная Поляна»

Эта развязка в Адлере является одним из важнейших объектов олимпийской транспортной инфраструктуры, основная функция которого — обеспечение комфортного сообщения между аэровокзальным комплексом города Сочи, поселком Красная Поляна и Адлером. При строительстве развязки предполагалось выполнение работ по устройству противооползневых сооружений подпорных стен общей протяженностью 392,46 м.

Использование модульной подпорной стены позволило выполнить работы в кратчайшее время и с минимальным привлечением средств механизации, что существенно сократило сроки строительства. В качестве армирующего элемента была выбрана силовая георешетка ПараГрид 100/15, не имеющая аналогов на российском рынке. Высота сооружений составила 7,20 м, а угол наклона лицевой грани — 4 градуса. В процессе строительства инженеры ООО «Габиионы Маккаферри СНГ» осуществляли шеф-монтаж, что обеспечило высокое качество строительства подпорных стен.

Библиографический список

1. Потуданская, Л.В. Итальянские технологии с российской пропиской / Л.В. Потуданская // Дороги. Инновации в строительстве. Геосинтетические материалы. Спецвыпуск. – 2015. – № 43. – С. 60-61.



Сиротюк Виктор Владимирович (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВПО «СибАДИ» E-mail: sirotyuk_vv@sibadi.org



Якименко Ольга Владимировна (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ».



Левашов Григорий Михайлович (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Проектирование дорог» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». E-mail: Dic.SibADI@gmail.com



Захаренко Алексей Анатольевич (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры "Проектирование дорог", заведующий лабораторией кафедры "Проектирование дорог" ФГБОУ ВПО «СибАДИ». E-mail: azacom@inbox.ru

УДК 625.711

РАСШИРЕНИЕ ОПЫТНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ВНЕДРЕНИЯ УСИЛЕНИЯ ЛЕДОВОГО ПОКРОВА ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИМИ МАТЕРИАЛАМИ

В.В. Сиротюк, О.В. Якименко, Г.М. Левашов, А.А. Захаренко
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», г. Омск.

Аннотация. Проанализирован опыт применения различных геосинтетических материалов на опытных участках и ледовых переправах. Обозначены основные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: ледовая переправа, армирование, геосинтетический материал

EXTENSION OF PILOT-INSTANT PRODUCTION IMPLEMENTATION AMPLIFICATION OF ICE COVER GEOSYNTHETICS MATERIALS

V.V. Sirotyuk, O. V. Yakimenko, G. M. Levashov, A. A. Zakharenko
The Siberian automobile and highway academy (SIBADI).

Abstract. The article analyzes the experience of application of various geosynthetic materials in the experimental plots and the ice crossings. The basic directions of further research.

Keywords: Ice crossing, reinforcing, geosynthetic material.

Введение

В нашей публикации [1] дан анализ актуальности научного направления, представленного в данной статье, особенно для северных регионах России, Скандинавии, Канады, Аляски. Мы представили краткие результаты исследований и дали ссылку на работу, в которой подробно рассмотрены результаты моделирования напряжённо-деформированного состояния армированного льда [2]. Наши исследования (начатые в 2006 г.) и анализ публикаций [3- 9] показали, что физическое моделирование и испытание ледяных образцов в лаборатории не

всегда дают достоверные результаты для назначения эффективных конструктивно-технологических решений на реальных ледовых переправах. Поэтому значительная часть экспериментальных исследований была перенесена на опытные участки.

Результаты испытаний на опытных участках

Первая проверка обоснованности и достоверности теоретических и экспериментальных исследований была осуществлена путём строительства и испытаний опытных участков на одном из водоёмов в Омской области в 2007-2008 гг. и в 2008-2009 гг. [10,11]. Для армирования льда использовали три вида геосинтетических материалов (ГМ) (табл. 1).

Таблица 1 – Свойства геосинтетических материалов для опытного строительства

Условное наименование геосинтетического материала	Тип сырья	Прочность при растяжении в продольном направлении, кН/м	Относительная деформация при разрыве, %	Размер ячейки, мм	Ширина рулона, м	Длина рулона, м
Плоская георешётка Поли-40 (геокомпозит)	Полипропилен	40,5	10	33/33	4,0	50
Плоская георешётка Поли-20	Полипропилен	20,6	10	47/47/47	4,0	30
Стеклетка СТ-100 с геотекстилем (геокомпозит)	Стекловолокно и полипропилен	106,5	4	25/25	2,4	50

Были апробированы два конструктивно-технологических решения: вмораживание армирующих материалов сверху (рис. 1) и снизу ледяной плиты (рис. 2 и 3).



Рис.1. Укладка геокомпозита и поливка участка водой для намораживания льда («верхнее» армирование)

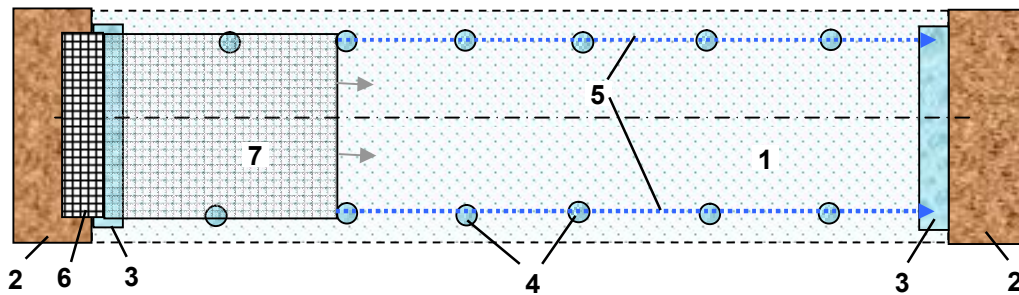


Рис. 2. Схема, иллюстрирующая способ «нижнего» армирования ледового покрова: 1 – естественный ледовый покров; 2 – берега; 3 – «майны» во льду для подачи и приёма армирующего полотна; 4 – лунки для протягивания тросов 5 подо льдом; 6 – ролон геосинтетического материала; 7 – полотно геосинтетики, протаскиваемое тросами подо льдом.



Рис. 3. Погружение геокompозита в «майну» и протаскивание его подо льдом капроновыми тросами («нижнее» армирование)

Более подробно технологии «верхнего» и «нижнего» армирования приведены в диссертации [2].

Через два дня после укладки ГМ поверх льда и погружения его под лёд армирующий материал вмёрз в лёд как снизу, так и сверху (рис. 4).

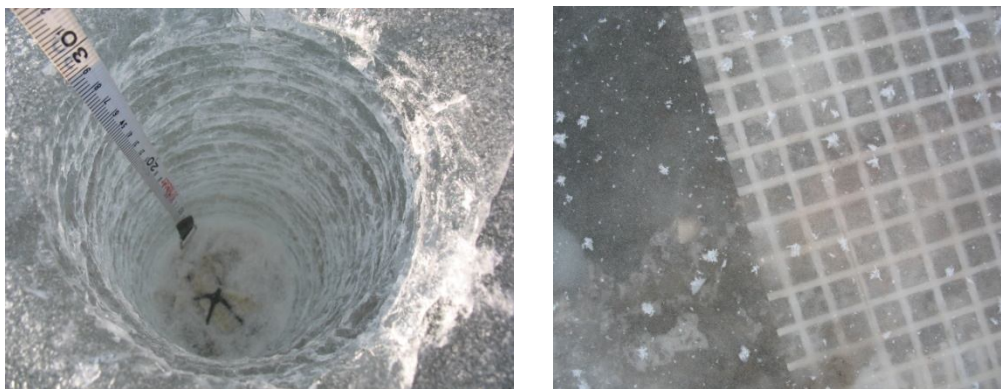


Рис. 4. Армирующий геосинтетический материал, вмёрзший в лёд снизу и сверху

Технологии строительства

Испытания проводили через месяц после армирования. Осмотр показал, что ледяная плита была покрыта трещинами (рис. 5), за исключением армированных участков, на которых во льду имелись только редкие волосяные безззорные трещины.



Рис. 5. Трещина в неармированной ледяной плите

Для испытаний (рис. 6.) использовали автомобиль-самосвал ЗИЛ-585 (на базе шасси ЗИЛ-130), пожарную машину АЦП 6/3 – 40 (на базе шасси Урал – 5557), специализированные колёсные и гусеничные машины. Вес машин составлял от 10 т до 42 т.



Рис. 6. Испытание опытного участка колёсной и гусеничной техникой

До начала нагружения были определены высотные отметки поверхности льда в каждой контрольной точке. Для измерения общего и упругого прогибов ледовой поверхности использовали длиннобазовый прогибомер. Размер чаши прогибов при нагружении уточняли путём контроля высотных отметок через 1 м высокоточным нивелиром с рейкой.

Результаты испытаний участков с расположением армирующих прослоек в нижней и верхней частях ледового покрова приведены на рис. 7.

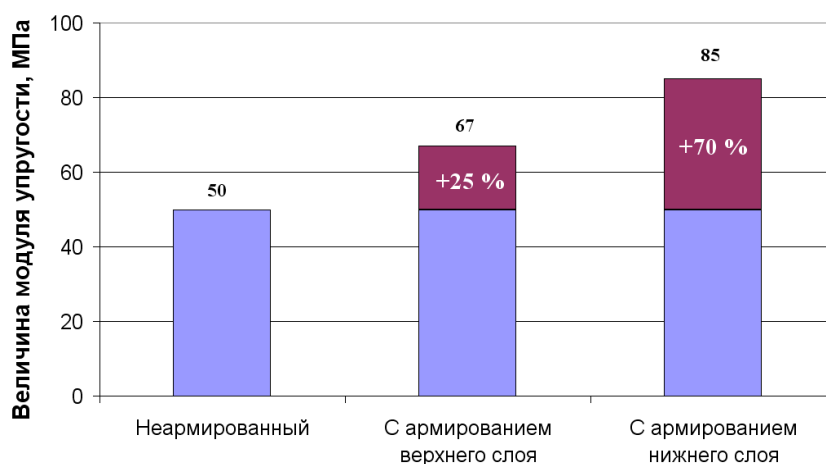


Рис. 7. Результат испытания опытных участков

Испытания показали, что на всех участках, армированных геосинтетическими материалами, несущая способность ледового покрова увеличилась. При «верхнем» армировании прогибы ледяной плиты уменьшились на 25-30 %. Увеличение несущей способности ледового покрова, армированного в верхней части, объясняется повышением трещиностойкости ледяной плиты, что способствует улучшению распределения возникающих напряжений. Наибольшее увеличение несущей способности плиты (до 70 %) было достигнуто на участке с «нижним» армированием стеклосеткой. Оба участка, армированные георешёткой Поли-40 и Поли-20, показали увеличение несущей способности от 30 % до 35 % по сравнению с неармированным ледяным покровом одинаковой толщины. Наиболее эффективно георешётки на основе полимеров проявили себя под более тяжёлой нагрузкой, вызывающей значительные осадки и деформации ледового покрова, что подтверждает тезис об увеличении безопасности армированных ледовых переправ за счёт исключения резких проломов.

Строительство и испытания опытных участков длились два года. При этом все геосинтетические материалы, использованные при первом опытном строительстве, использовались повторно, на следующий год. Перед использованием геосинтетических материалов повторно была определена их прочность в лаборатории. Было установлено, что сохранность прочностных свойств георешёток из полипропилена после механических воздействий и длительного нахождения в воде и во льду несколько выше, чем у геосетки из стекловолокна. Это объясняется ещё и тем, что по нашей просьбе нам была предоставлена стеклосетка без специальных пропиток органическим вяжущим, чтобы улучшить её гидрофильность и смерзание со льдом.

Технологии строительства

В 2014 г. нам удалось заинтересовать руководителей Министерства развития транспортного комплекса Омской области и добиться содействия в строительстве опытного участка с армированием ледяного покрова на крупной судоходной реке Иртыш. Для строительства опытного участка геосинтетические материалы бесплатно предоставили фирмы ЗАО «Техполимер» (г. Красноярск) и ООО «Дорстройматериалы» (г. Владимир). Свойства геосинтетических материалов, используемых на опытном участке, приведены в таблице 2 и 3.

Впервые армировалась не только ледяная плита, но и наиболее слабое место на любой переправе – стык ледяной плиты с берегом. Для армирования этого участка использовалась георешётка РД-60 50х50 (с металлическими струнами).

Поверх ледового покрова укладывали стеклосетку К 70/50/240, обладающую повышенными гидрофильными свойствами и хорошо смерзающуюся со льдом. Стеклосетку прикрепляли к береговой георешётке, служащей ещё и анкером для гарантированного извлечения стеклосетки из льда весной (рис.8).

Таблица 2 – Геокомпозит марки АРМДОР®-К 70/50/240 без пропитки битумом (Дорстройматериалы)

Наименование показателей	Фактические значения
Материал	Стекловолокно
Поверхностная плотность, г/м ²	450 ± 50
Прочность при растяжении, кН/м, не менее (вдоль/поперёк)	100/100
Относительное удлинение при разрыве, %, не более (вдоль/поперёк)	3/3
Стойкость к агрессивным средам, %	95
Устойчивость к ультрафиолетовому излучению, %	95
Размер ячеек, мм	50х50
Ширина рулона, см	240

Таблица 3 – Георешетка дорожная армированная РД-60 50х50 (Техполимер)

Наименование показателей	Фактические значения
Количество металлических жил, шт.	6
Прочность при растяжении, кН/м, не менее (вдоль/поперёк)	60/60
Относительное удлинение при разрыве, %, не более (вдоль/поперёк)	3/3
Повреждаемость при укладке, %, не более	2
Гибкость на брусе: - при минус 20 °С - при минус 60 °С	Отсутствие трещин и расслоений на лицевой стороне материала
Стойкость к многократному замораживанию и оттаиванию (морозостойкость), %, не ниже	99
Коэффициент армирования, %	58
Коэффициент уменьшения общей осадки, %	38
Условный модуль деформации, кН/м, не менее	5100
Размер рулона: - ширина, м - длина, м	6 50



Рис. 8. Укладка георешётки (на стыке ледовой плиты с берегом) и геосетки

Не всё удалось реализовать должным образом. Основная причина – тёплая погода (от 0 °С до минус 3 °С), из-за которой вмораживание геосетки в лёд на нужную глубину происходило очень медленно.

Открытие переправы осуществлялось 25 декабря 2014 г. (температура воздуха была около 0 °С), средняя толщина льда 25 см. Поэтому переправа пропускала автотранспорт весом до 2 т. Во время открытия переправы мы обнаружили, что стеклосетка хорошо вморожена в лёд, а береговая часть, засыпанная снегом и политая водой, не промёрзла за двое суток и георешётка местами видна в колее (рис.9).

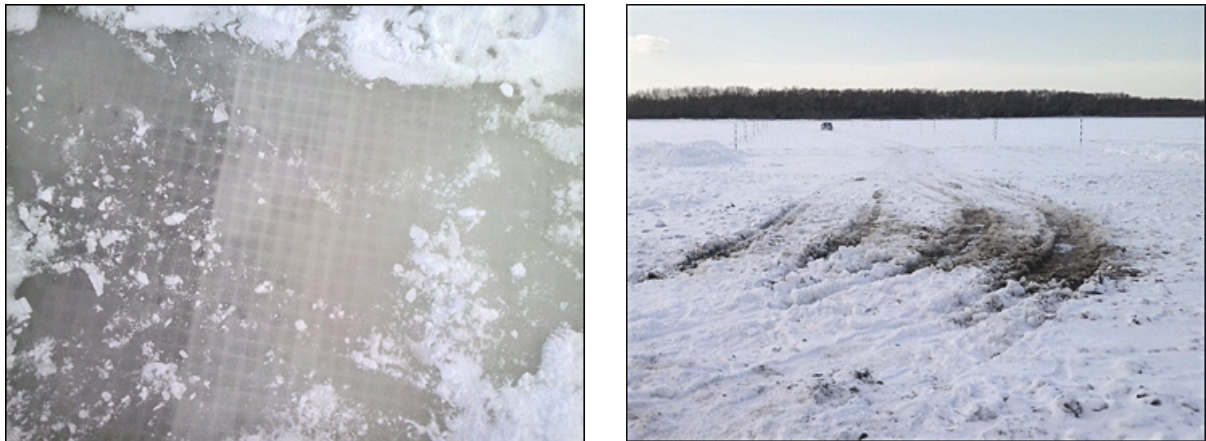


Рис. 9. Состояние армированных участков во время открытия переправы

Испытания опытного участка производилось два раза: 16 января и 4 марта 2015 г. При первом испытании выполняли разметку, взвешивание грузового автомобиля (5 т), измерение толщины льда (40 см). Затем определяли величину изменения высотных отметок поверхности льда с помощью высокоточного нивелира и рейки, до заезда на точку грузового автомобиля, после заезда и стабилизации отметки, после разгрузки льда в контролируемой точке (рис.10).



Рис. 10. Испытания – измерение прогибов ледяной плиты под нагрузкой и сравнение показателей на армированном и неармированных участках

Осмотр и испытание показало, что имеются существенные различия на армированном и неармированных участках.

На неармированных участках (рис.11): колебания уровня воды в Иртыше и низкие температуры привели к образованию трещин в ледяном покрове; на некоторых участках через сквозные широкие трещины на лёд выступила вода; наибольшие проблемы возникли в местах сопряжения ледяного покрова с берегом – широкие трещины с входом воды на лёд.



Рис. 11. Характерные проблемы на неармированной части ледового покрова

На армированном участке: сопряжение ледового покрова с берегом не вызывало проблем; во льду имелись только тонкие волосяные трещины; воды на льду не было.

Испытания под нагрузкой (измерение чаши прогибов ледяной плиты от гружёного автомобиля) показали, что армированный участок ледовой переправы обладает несущей способностью на 30 % больше, чем неармированные. При этом прогиб армированного льда восстанавливается быстрее, чем неармированного.

Методика работ при втором испытании не отличалась от первого обследования, за исключением веса грузового автомобиля, который увеличили до 10 т. Толщина льда на переправе к этому времени возросла до 90 см.

Измерения показали, что на армированном участке прогибы меньше всего на 10 %, по сравнению с неармированными. То есть с увеличением толщины льда с 40 см (при первом испытании) до 90 см эффективность геосетки, вмороженной в верхнюю часть плиты всего на 5 см, снизилась, что вполне логично. Как и при первом испытании, на армированном участке сопряжение ледяного покрова с берегом не вызывало проблем, во льду имелись только тонкие волосяные (безззорные) трещины, вода на льду отсутствовала.

Извлечение геосинтетического материала изо льда на опытных участках мы выделили в виде отдельной части статьи т.к. этот процесс обычно вызывает наибольшее количество вопросов и сомнений у работников дорожной отрасли, экологов, сотрудников МЧС.

Первый опыт извлечения геосетки и георешёток изо льда был получен на первых опытных участках весной 2008 и 2009 гг. и далее подтверждён в 2012 и 2015 гг.

Этот опыт свидетельствует: если геосинтетический армирующий материал вморожен в верхнюю треть толщины ледяной плиты, то весной он вытаскивается изо льда, когда лёд на переправе ещё достаточно крепок. Материал должен быть свёрнут в рулоны вручную, отбракован (при необходимости) и доставлен к месту хранения для повторного использования.

Если армирующий материал вморожен в пределах нижней трети толщины ледяной плиты, то он вытаскивается снизу и удерживается на тросах, которыми был заведён под лёд. Нужно опять пропиливать во льду «майны» и вытаскивать ГМ на лёд. При этом мы не рекомендуем использовать для «нижнего» армирования геосетки с геотекстилем. В этом случае геотекстиль не даёт преимуществ, но осложняет извлечение полотна из подо льда.

В наиболее сложном случае, после закрытия переправы поверхность льда можно «затемнять», например – песком и т.п. Лёд интенсивно тает (рис.12), и армирующий материал извлекается вручную (рис.13).



Рис.12. Распределение песка и последующее интенсивное таяние льда



Рис.13. Удаление геосинтетических материалов

На беспроточных водоёмах (озёра и т.п.) армирующий материал может быть извлечён из воды после таяния ледового покрова.

Выводы

1. Результаты опытного строительства подтвердили возможность и целесообразность применения геосинтетических материалов для усиления ледового покрова на переправах и автозимниках.

2. Наблюдения и испытания, выполненные на опытных участках с использованием тяжёлых колёсных и гусеничных машин, позволили впервые получить опытные данные об эффективности усиления ледового покрова геосинтетическими армирующими материалами.

3. Установлено, что армирование верхней части ледового покрова ГМ снижает трещинообразование, что является основной причиной повышения несущей способности льда до 30 % (в зависимости от вида ГМ). При увеличении толщины естественного ледового покрова до 90 см и более повышение несущей способности при верхнем армировании снижается до 10 %.

Армирование нижней части ледового покрова менее эффективно с точки зрения снижения температурного трещинообразования, но в большей степени увеличивает несущую способность ледяной плиты – до 70 %.

Наибольший эффект даст двухслойное армирование верхней и нижней частей ледяной плиты.

4. Наибольшее увеличение несущей способности даёт применение стеклосеток. Однако, т.к. эти материалы тонут в воде, то их применение для «нижнего» армирования возможно только при условии прикрепления к сетке поплавков, удерживающих её на плаву, и прижимающих к нижней поверхности армируемой ледяной плиты для вмораживания в лёд.

Применение для «нижнего» армирования георешёток из полипропилена менее эффективно с точки зрения увеличения несущей способности ледяного покрова, но более технологично, т.к. эти ГМ обладают положительной плавучестью и в меньшей степени повреждаются при неаккуратном обращении.

6. Для усиления участка сопряжения ледового покрова с берегом целесообразно применять плоские решётки с повышенной стойкостью к воздействиям колёсных нагрузок, например, из металлизированного полиэтилена или полипропилена.

7. Установлено, что геосетки и георешётки экологически безопасны, они могут извлекаться из льда в весенний период, храниться на тёмном складе и повторно применяться для армирования ледового покрова.

Библиографический список

1. Якименко, О.В. Армирование ледовых переправ / Якименко, О.В., Сиротюк В.В. // Криосфера Земли. -2014. -т. XVIII. -№ 1. С 88–91.
2. Якименко, О.В. Обоснование конструктивно-технологических решений ледовых переправ, армированных геосинтетическими материалами: дис. канд.... техн. наук: 05.23.11 / Ольга Владимировна Якименко; науч. рук. В.В. Сиротюк; СибАДИ. – Омск, 2011. – 24 с.
3. Песчанский, И.С. Ледоведение и ледотехника / И.С. Песчанский. – Л.: Изд-во «Морской транспорт», 1963. – 321 с.
4. Bearing capacity tests of ice reinforced with geogrid: Special report 92-28 / US Army Corps of Engineers; F. Donald Haynes, Charles M / Collins, Walter W. Olson. – Philadelphia, 1992. – 12 p.
5. Бычковский, Н.Н. Ледовые строительные площадки, дороги и переправы / Н.Н. Бычковский, Ю.А. Гурьянов. – Саратов: Саратовский ГТУ, 2005. – 260 с.
6. Шумский, П.А. Основы структурного ледоведения / П.А. Шумский. – М. : Изд-во АН СССР, 1955. – 275 с.
7. Паундер, Д. Физика льда / Д. Паундер. – М.: Мир, 1967. – 190 с.
8. Войтковский, К.Ф. Механические свойства льда / К.Ф. Войтковский. – М. : Изд-во АН СССР, 1960. – 99 с.
9. Бутягин, И.П. Прочность льда и ледяного покрова / И.П. Бутягин. – Новосибирск: Наука, 1966. – 155 с.
10. Строительство и испытание опытного участка ледовой переправы, армированной геосинтетическими материалами / В.В. Сиротюк, О.В. Якименко, Е.Ю. Крашенинин, А.Н. Щербо // Вестник ТГАСУ. – 2008. – Вып. 4. – С. 157 – 165.
11. Сиротюк, В.В. Анализ результатов строительства и испытаний опытных участков ледовой переправы, армированной геосетками и плоскими георешетками / В.В. Сиротюк, О.В. Якименко, А.Н. Щербо // Дороги и мосты / РосдорНИИ. – 2009. – Вып. 2(22). – С 47 – 60.



Якименко Ольга Владимировна
(Россия, г. Омск) – кандидат
технических наук, доцент кафедры
«Проектирование дорог» ФГБОУ
ВПО «СибАДИ».

УДК 625.711

АРМИРОВАНИЕ ЛЕДОВЫХ ПЕРЕПРАВ

О.В. Якименко
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», г. Омск.

Аннотация. Приведены основные результаты исследований по увеличению несущей способности и безопасности ледовых переправ. Проанализирован опыт применения разработанных авторами рекомендаций на одной из ледовых переправ в Архангельской области. Обозначены основные направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: ледовая переправа, армирование, геосинтетический материал.

REINFORCEMENT OF ICE CROSSINGS

O.V. Yakimenko

The Siberian automobile and highway academy (SIBADI).

Abstract. *The essential results of researches on increase in bearing capacity and safety of ice crossings are given. Experience of application of the recommendations, developed by authors, at one of ice crossings in the Arkhangelsk's region is analysed. The main directions of further investigations are designated.*

Keywords: *Ice crossing, reinforcing, geosynthetic material.*

Введение

Большая часть территории РФ расположена в северных районах, где в зимний период для доставки грузов, пассажиров и техники широко используются автозимники и ледовые переправы. По данным Комитета Совета Федерации по делам Севера и малочисленных народов [1] до 65 % населённых пунктов в ХМАО, 56 % – в Якутии, 81 % населённых пунктов в Чукотском АО не имеют круглогодичного выхода на дороги с твёрдым покрытием, поэтому в северных районах автозимники являются единственной связью с Большой Землёй. При освоении новых месторождений нефти и газа автозимники и ледовые переправы просто незаменимы.

Самая известная ледовая переправа в нашей стране – это переправа через Ладожское озеро, названная Дорогой жизни. Самая длинная переправа – через озеро Байкал, с которой может сравниться разве что переправа по озеру Уэйт в Канаде [2], которая обслуживает рудники, добывающие кимберлит. Для нормального функционирования шахт каждый год 300 тыс. тонн топлива, взрывчатки, стали и бетона перевозят по льду при помощи 70-ти тонных автопоездов. Главной опасностью при движении по переправе является резкий пролом льда под транспортом [3], что может привести к гибели людей и потере грузов. Занимаясь вопросами повышения безопасности движения по ледовым переправам, мы изучили все способы усиления ледового покрова и разработали их классификацию [4]. Анализируя данную классификацию, авторы пришли к выводу, что наиболее эффективными способами усиления льда являются прямые способы: намораживание дополнительных слоёв льда и вмораживание в ледяную плиту армирующих материалов. В качестве армирующих материалов в настоящее время используют, как правило, древесину, применение которой создаёт дополнительные трудности в весенний период (при её извлечении из ледового покрова), экономически не всегда эффективно, экологически не безопасно и не гарантируют исключение резкого пролома льда под транспортом.

Результаты исследований

Сегодня мировая промышленность выпускает около 400 разновидностей геосинтетических материалов (ГМ), которые отличаются как по виду исходного сырья, так и по прочностным и деформативным показателям. Они хорошо зарекомендовали себя в качестве арматуры в различных дорожных конструкциях, но для армирования льда не применялись.

Теоретическое обоснование эффективности армирования льда ГМ проверено при помощи математических моделей, разработанных

профессорами С.А. Матвеевым и В.Ю. Немировским [5]. В результате расчётов установлено, что при введении армирующих ГМ в ледяную плиту происходит уменьшение максимального упругого прогиба конструкции (в зависимости от прочностных и деформативных характеристик применяемой арматуры).

Лабораторные исследования физико-механических свойств льда, армированного ГМ, показали различия в работе армированных и неармированных образцов (рис. 1).

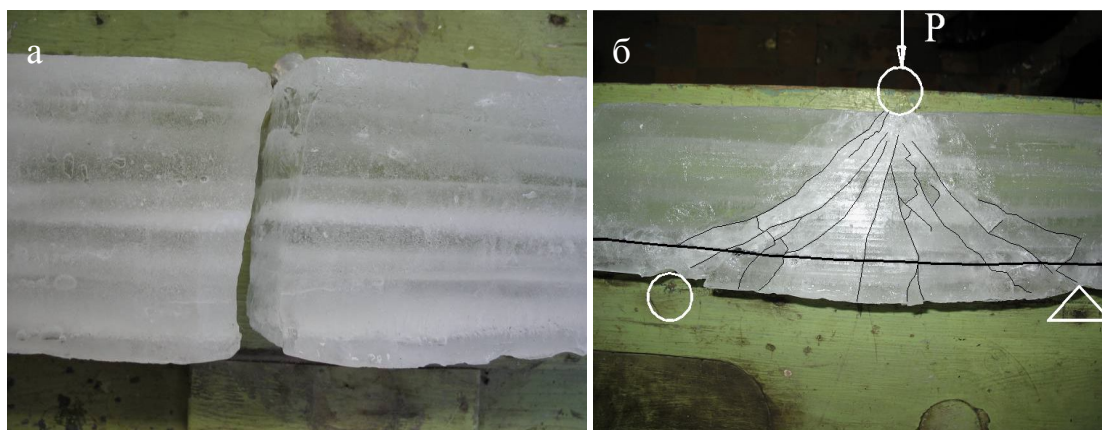


Рис. 1. Разрушение льда: а – неармированный; б – армированный образец;
Δ – неподвижная опора; о – подвижная опора;
↓P – нагрузка, приложенная к центру балки

Установлено, что для разрушения армированного образца необходимо затратить в несколько раз больше энергии, чем для неармированного. Максимальное увеличение работы (до 5 раз) наблюдалось у льда, армированного геосеткой на основе стекловолокна с прочностью на растяжение 100 кН/м (рис. 2).

Полученные результаты позволили нам прогнозировать снижение трещинообразования в ледяном покрове, а также увеличение безопасности движения по ледовым переправам за счёт снижения вероятности резкого и хрупкого разрушения льда под нагрузкой.

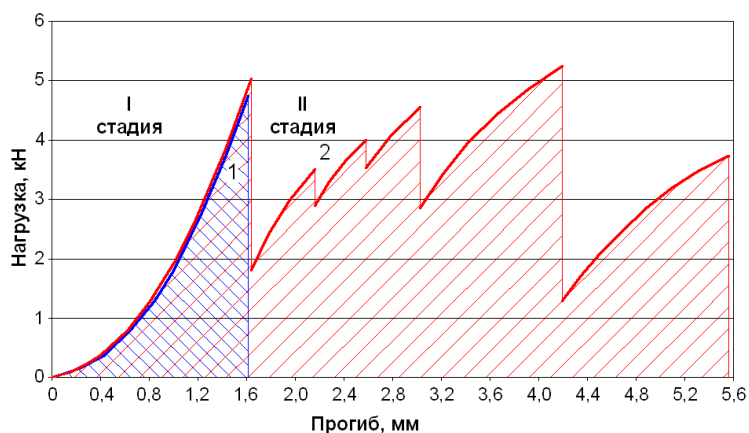


Рис. 2. Диаграмма, иллюстрирующая характер разрушения армированных и неармированных балок из льда: 1 – неармированный образец; 2 – армированный образец
Проверка результатов теоретических и лабораторных исследований

Технологии строительства

осуществлена путём строительства и испытаний опытных участков ледовой переправы на одном из водоёмов в 2007-2009 гг. В ходе опытного строительства апробированы различные методы армирования льда различными ГМ [6].

Испытания проводились при поддержке Омского танкового института, что позволило нам использовать для испытаний разнообразную технику (рис. 3) весом более 50 тонн [7]. При этом мы отработали методы извлечения армирующего материала из льда в весенний период.

В результате двухлетних испытаний опытных участков установлено (при «верхнем» армировании): снижение трещинообразования и, как следствие, увеличение несущей способности ледяного покрова до 30 %.

Установлено, что при вмораживании армирующего материала в нижнюю часть плиты («нижнем» армировании): увеличение несущей способности ледяного покрова (до 70 %); наибольший армирующий эффект получен при использовании стеклосеток с высокой прочностью и малой деформативностью.

Результатом наших исследований стало создание Рекомендаций по применению геосинтетических материалов для усиления ледовых переправ. Опубликованные нами данные были применены на ледовой переправе в Архангельской области через р. Пеза на автомобильной дороге «Архангельск-Белогорский-Пинега-Кимжа-Мезень» [8], где было отмечено снижение трещинообразования в ледовом покрове и увеличение грузоподъёмности.



Рис. 3. Испытания опытного участка

Разработанные нами рекомендации предоставлены по запросу в

проектные институты и организации Красноярского края, Омской и Тюменской областей. Зимой 2014 года в Омской области на одной из действующих ледовых переправ запланировано строительство очередного опытного участка зимней переправы с применением геосинтетических материалов.

Основные направления дальнейших исследований

Очевидно, что уже сегодня можно увеличивать срок эксплуатации ледовых переправ и автозимников и повысить безопасность движения по ним.

Однако, несмотря на масштабность проведенных нами исследований, есть широкий круг проблем и вопросов, который предстоит решить. Прежде всего, это исследование самого армирующего ГМ: влияние вида исходного сырья, наличие битумной пропитки, количество сезонов, в течение которых допускается повторное использование ГМ и т.д.

Геосинтетические материалы, выпускаемые в России и за рубежом, ранее не применялись для усиления льда. Поэтому необходимы специальные исследования и производство специального гидрофильного ГМ для армирования ледовых переправ, отвечающего требованиям, которые установлены нами.

Вторая актуальна проблема – морально устаревшая нормативная база по проектированию, строительству и эксплуатации автозимников и ледовых переправ. В действующих нормативах не нашли отражения ни современные транспортные средства, ни современные способы увеличения грузоподъемности и безопасности движения по переправам.

Наши коллеги, например, в Канаде давно применяют на ледовых переправах системы неразрушающего контроля, которые используют в виде дополнительного (навесного) оборудования на автомобили транспортно-эксплуатационных служб для оперативного контроля толщин льда и его прочности. Мы же производим диагностику ледового покрова «на глазок» – бурением лунок, но без детального выявления наиболее слабых и опасных мест. Эти места легко обнаружить бесконтактными способами обследований, что позволяет оперативно принимать необходимые меры, не допуская местных разрушений ледового покрова и аварий на переправах.

Таким образом, дальнейшее совершенствование методики проектирования, строительства эксплуатации ледовых переправ, усиленных ГМ, которые отвечали бы предъявляемым требованиям грузоподъемности и безопасности, невозможно без решения двух основных задач:

- проведение исследований и создание ГМ, которые должны быть предназначены специально для армирования льда;
- обновление нормативной базы и создание современных государственных стандартов и рекомендаций, к разработке которых должны быть привлечены только компетентные специалисты.

Библиографический список

1. Информационно-аналитическая записка. О состоянии сети автомобильных дорог в районах Крайнего Севера и приравненных к ним местностей и ее развитии в свете реализации задач, поставленных в Послании Президента Российской Федерации Федеральному Собранию Российской Федерации на 2007 год, <http://www.severcom.ru/analytics/page2.html>. (Дата обращения: 10.09.2013)
2. Джефф Уайз. Тонкий лёд: Пока не настало лето [Электрон. ресурс] / Джефф Уайз // Популярная механика. 2007, № 3(53), <http://www.popmech.ru/article/1354-tonkiy-led/>. (Дата

обращения: 10.09.2013)

3. Шавлов А.В. Свойства льда при высокой концентрации структурных дефектов / А.В. Шавлов // Кроисфера земли, 1997, Том I, №1, С. 78-86.

4. Якименко О.В. Обоснование конструктивно-технологических решений ледовых переправ, армированных геосинтетическими материалами: автореф. дис... канд. техн. наук; СибАДИ. Омск, ФГБОУ ВПО «СибАДИ», 2011, 23 с.

5. Матвеев С.А. Армированные дорожные конструкции: моделирование и расчёт / С.А. Матвеев, Ю.В. Немировский. Новосибирск: Наука, 2006, 348 с.

6. Сиротюк В.В. Анализ результатов строительства и испытаний опытных участков ледовой переправы, армированной геосетками и плоскими георешетками / В.В. Сиротюк, О.В. Якименко, А.Н. Щербо // Дороги и мосты / РосДорНИИ, 2009, Вып. 2(22), С 47-60.

7. Сиротюк В.В. Строительство и испытание опытного участка ледовой переправы, армированной геосинтетическими материалами / В.В. Сиротюк, О.В. Якименко, Е.Ю. Крашенинин, А.Н. Щербо // Вестник ТГАСУ, 2008, Вып. 4, С. 157-165.

8. Мезенское дорожное управление. Новые технологии на ледовых переправах [Электрон. ресурс] / Мезенское дорожное управление // События, 2011, http://ador-mezen.ru/events/p_7/. (Дата обращения: 10.09.2013)

Требования по оформлению рукописей,
направляемых в научно-практический сетевой электронный журнал
«Техника и технологии строительства»

Для публикации принимаются рукописи по направлениям: **технологии строительства** (строительство зданий и сооружения, строительные и дорожные материалы, транспортные сооружения); **строительная техника** (техника для строительства: рекомендации специалистов; дорожно-строительная техника: характеристики и практика применения); **наземный транспорт** (транспортные и технологические машины, эксплуатация автомобильного транспорта); **экономика** (экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами; управление инновациями, региональная экономика; логистика; экономика труда; экономика предпринимательства; стандартизация и управление качеством продукции).

Рукопись должна быть оригинальной, не опубликованной ранее в других печатных изданиях, написана в контексте современной литературы, обладать новизной и соответствовать профилю журнала. Автор отвечает за достоверность сведений, точность цитирования и ссылок на официальные документы и другие источники. Редакция принимает на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи, сотрудниками редакции, членами редколлегии, а также рецензентами данной работы.

1. Заголовок. На первой странице указываются: индекс по универсальной десятичной классификации (УДК) (размер шрифта 12 пт) – слева в верхнем углу; Далее по центру полужирным шрифтом размером 12 пт прописными буквами печатается название статьи, ниже обычным шрифтом (12 пт.) – инициалы, фамилия автора, место работы и наименование города и страны.

Заглавие авторского материала, поступающего в редакцию, на русском и английском языках, должно быть адекватным его содержанию и по возможности кратким.

2. Аннотация. Статья должна иметь развернутую аннотацию (не менее 500 символов) на русском и английском языках. Начинается словом «*Аннотация*» с прописной буквы (шрифт полужирный, курсив, 10 пт); точка; затем с прописной буквы текст (курсив, 12 пт). Аннотация не должна содержать ссылки на разделы, формулы, рисунки, номера цитируемой литературы.

3. Ключевые слова размещаются после аннотации, на русском и английском языках (не более 5 семантических единиц).

4. Содержание научной (практической) статьи должны включать:

- вводную часть, где автором обосновывается актуальность темы и целесообразность ее разработки, определяются цель и задачи исследования;

- основную часть статьи, разделенную на поименованные разделы, где автором на основе анализа и синтеза информации раскрываются процессы и методы исследования проблемы и разработки темы, подробно приводятся результаты проведенного исследования;

- заключительная часть, где автором формулируются выводы, даются рекомендации, раскрываются результаты исследования, содержащие научную новизну, указываются возможные направления дальнейших исследований.

По тексту обязательны ссылки на источники информации оформляются числами, заключенными в квадратные скобки (например [1]). Библиографические описания оформляются в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 и тщательно выверяются. Если ссылка на источник информации в тексте статьи повторяется, то повторно в квадратных скобках указывается его номер из списка (без использования в библиографическом списке следующего порядкового номера и ссылки «Там же»). В случае, когда ссылаются на различные материалы из одного источника, в квадратных скобках указывают каждый раз еще и номер страницы, например, [1, с. 17] или [1, с. 28–29].

5. Библиографический список. Печатается по центру ниже основного текста и через строку помещается пронумерованный перечень источников.

6. Информация об авторах. Места работы всех авторов, их должности и контактная информация (если есть электронные адреса, обязательно указать их).

Правила оформления рукописи:

Объем рукописи должен быть не менее **5 страниц** и не должен превышать **7 страниц, включая таблицы и графический материал**. Рукопись должна содержать не более 5 рисунков и (или) 5 таблиц. Количество авторов не должно превышать четырех. Формат А4, шрифт "Arial" (10 пт), отступ первой строки 0,6 см, межстрочный интервал одинарный.

Поля: верхнее – 3,5 см, остальные – по 2,5.

Основной текст рукописи набирается шрифтом 12 пт.

Все сокращения при первом употреблении должны быть полностью расшифрованы, за исключением общепринятых терминов и математических величин.

Информация о грантах приводится в виде сноски в конце первой страницы статьи.

Формулы необходимо набирать в редакторе формул *Microsoft Equation*. Перенос формул допускаются на знаках «плюс» и «минус», реже – на знаке «умножение». Эти знаки повторяются в начале и в конце переноса. Формулы следует нумеровать (нумерация сквозная по всей работе арабскими цифрами). Номер формулы заключают в круглые скобки у правого края страницы.

Рисунки, схемы и графики предоставляются в электронном виде включенными в текст, в стандартных графических форматах с обязательной подрисовочной подписью, и отдельными файлами с расширением (**JPEG, GIF, BMP**). Должны быть пронумерованы (Таблица 1 – Заголовок, Рис. 1. Наименование), озаглавлены (таблицы должны иметь заглавие, выравнивание по левому краю, а иллюстрации – подрисовочные подписи, выравнивание по центру). В основном тексте должны содержаться лишь ссылки на них: **на рисунке 1.....**,

Рисунки и фотографии должны быть ясными и четкими, с хорошо проработанными деталями с учетом последующего уменьшения. При представлении цветных рисунков автор должен предварительно проверить их качество при использовании черно-белой печати.

Таблицы предоставляются в редакторе Word.

Отсканированные версии рисунков, схем, таблиц и формул не допускаются.

В редакцию необходимо предоставить следующие материалы:

- текст рукописи на русском языке в электронном и бумажном виде. (в редакторе Microsoft Office Word 2003 – шрифт "Arial" (12 пт), отступ первой строки 1,25 см, межстрочный интервал одинарный. с подписью авторов, с фразой: **«статья публикуется впервые» и датой;**

- **регистрационную карту автора:** фамилия, имя, отчество (полностью), ученая степень, ученое звание, должность, название организации, служебный адрес, телефон, e-mail;

- **рецензию специалиста с ученой степенью** по тематике рецензируемого материала. Рецензия должна быть заверенная в отделе кадров той организации, в которой работает рецензент;

- **экспертное заключение** о возможности опубликования в открытой печати;

- **лицензионный договор** между ФГБОУ ВПО «СибАДИ» и авторами;

- **справку о статусе** / месте учебы (если автор является аспирантом).

Решение о принятии к публикации или отклонении рукописи принимается редколлегией.

Редакция направляет авторам статьи, требующих доработки, письмо с текстом замечаний. Доработанная статья должна быть представлена в редакцию не позднее **двух недель**. К доработанной статье должно быть приложено письмо от авторов, содержащее ответы на все замечания и указывающее все изменения, сделанные в статье.

К публикации в одном номере издания принимается не более одной статьи одного автора.

Редакция сохраняет за собой право производить литературную редакцию и коррекцию материалов в соответствии с требованиями современного русского языка и стилем издания без согласования с автором (-ами). При необходимости более серьезных исправлений правка согласовывается с автором (-ами) или статья направляется автору (-ам) на доработку.

Название файлов должно быть следующим: «Статья_Иванова_АП», «Рисунки_Иванова_АП», «РК_Иванова_АП», «РФ_ст_Иванова_АП»

Статьи, направляемые в редакцию, без соблюдения выше перечисленных требований, не публикуются.

Контактная информация:

e-mail: ttc.sibadi@yandex.ru;

Почтовый адрес: 644080, г. Омск, просп. Мира. 5. Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия. Редакция научного рецензируемого журнала

«Техника и технологии строительства»,

патентно-информационный отдел – каб. 3226.

Тел. (3812) 65-23-45/

Поступившие в редакцию материалы не возвращаются.

Гонорары не выплачиваются.

Информация о научном рецензируемом журнале «Техника и технология строительства» размещена на сайте: <http://ttc.sibadi.org/>