

ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

TRANSPORT CONSTRUCTION

1
2011



● ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В РЕГИОНАХ

● СТРОИТЕЛЬСТВО В СПЕЦИАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ

● ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО

● МОСТОСТРОЕНИЕ

● ЛЮДИ И СОБЫТИЯ

«ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО»
80
Лет журналу
1931-2011

О МЕТОДАХ РАСЧЕТА ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Федоренко Е.В., доц., ДВГУПС, Хабаровск

Аннотация

За более чем двадцатилетний период применения синтетических прослоек в нашей стране было предложено несколько различных подходов к расчетам дорожных одежд. В статье приводится анализ методов, которые были рекомендованы и нашли отражение в отраслевых нормативных дорожных документах. Результаты анализа свидетельствуют о том, что на сегодняшний день нет подходящего метода расчета дорожных одежд с прослойками из геосинтетических материалов, а нормативные документы издаются с предложениями двадцатилетней давности.

Ключевые слова: геосинтетические материалы, геотекстиль, георешетка, дорожные одежды, модуль упругости.

В нашей стране направление, связанное с разработкой и внедрением новых технических решений и новых эффективных материалов, повышающих прочность и надежность автомобильных дорог, снижающих затраты на их строительство и эксплуатацию, зародилось в 70-х годах прошлого века. Появившиеся решения связаны с применением полимерных материалов в виде прослоек, предотвращающих перемешивание переувлажненного глинистого грунта с материалами дорожной одежды, распределяющих нагрузку от колес на большую площадь подстилающего грунта, снижающих неравномерность деформаций дорожной одежды и позволяющих более полно реализовывать прочность грунтов и дорожно-строительных материалов, снизить объем работ по транспортировке и уплотнению привозных материалов. Первыми были тканые и нетканые синтетические материалы, армированная битумированная бумага, отработанные синтетические сукна и сетки бумагоделательных машин. Наибольшей популярностью пользовались нетканые геотекстиль, на основе которых и были разработаны первые методики расчетов [5,6].

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

Наиболее широкопринятые и устоявшиеся методы включали в состав соответствующих нормативных до-

Abstract

The wide application of geosynthetic materials as pavement requires the appropriate methods of calculation. For more than twenty years' period of application of synthetic layers in our country several approaches to calculations of pavement were put forward. Based on the assumption that the most successful of them were recommended to application in standard documents, in article the author analyses those methods that have found in normative documents. Results of the analysis testify that as of today there is no suitable method of calculation of pavement with layers of geosynthetic materials, and standard documents are published with twenty years' proposals.

Key words: elastic modulus, geosynthetic materials, geotextile, geogrid, pavement.

кументов. Развитие методов расчета можно проследить по выпуску отраслевых дорожных документов, посвященных геосинтетическим материалам. Таким образом можно выделить четыре этапа, соответствующих четырем выпущенным за прошедшее время нормативным документам.

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

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

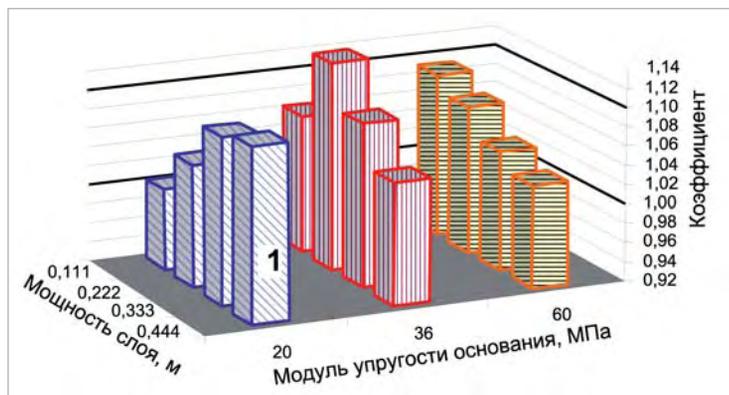


Рис. 1. Сравнительная диаграмма коэффициентов усиления дорожных одежд в зависимости от модуля упругости основания и вышерасположенного слоя с синтетической прослойкой между ними

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

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

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

По результатам испытания установлено, что наличие интегральной георешетки в слое дорожной одежды, кроме снижения величины осадки за счет распределения напряжений (мембранный эффект), значительно повышает сдвигустойчивость (эффект блокировки). Момент наступления третьей фазы деформаций грунта, согласно положениям механики грунтов, в армированной конструкции начинается позднее, чем в конструкции без армирования. Это наглядно видно по данным, полученным в результате измерений горизонтальных напряжений (рис. 2).

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

Методика В.Д. Казарновского разрабатывалась для геотекстильных материалов, характеризующихся сплошной и низкими контактными напряжениями: величина коэффициента трения грунта по геотекстилю меньше, чем грунта по грунту. Методика предполагает распределение напряжений с учетом соответствующего коэффициента в зависимости от относительной глубины и влияние прослойки из интегральных материалов не учитывает, т.е. использование этой методики для расчетов дорожных одежд с применением георешеток не представляется возможным.

3-й этап. После появления на рынке отечественных производителей геоматериалов отчетливо прослеживается их влияние на издание нормативных документов. Так, в 2008 г. выходят «Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для

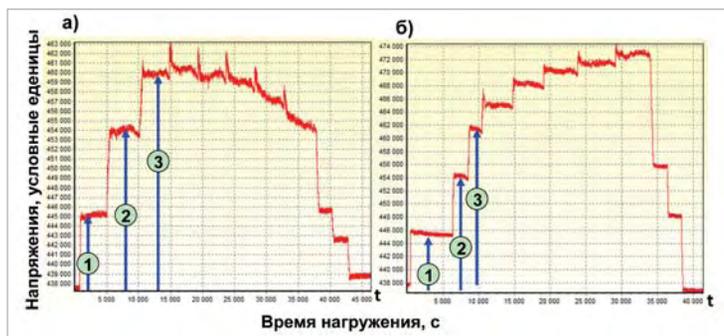


Рис. 2. Сравнительные графики горизонтальных напряжений: а – обычная конструкция дорожных одежд; б – армированная конструкция

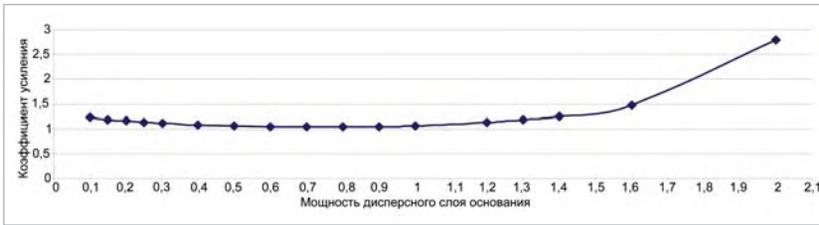


Рис. 3. Зависимость коэффициента усиления от мощности дисперсного слоя дорожной одежды

усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов» (ОДМ 218.5-002-2008). Этот документ в корне отличается от предыдущих – заметен явный переход от нетканых материалов к интегральным, предложено несколько методик для различных вариантов расчетов: по допустимому упругому прогибу, на сдвигустойчивость, на сопротивление монолитных слоев усталостному разрушению от растяжения при изгибе, а также расчеты армирования дорожных одежд переходного типа и др. Отличительной особенностью является наличие многочисленных примеров расчетов и информации о методах испытаний. Однако при всех кажущихся плюсах детальное рассмотрение позволяет сделать определенные выводы.

За основу расчетов в ОДМ 218.5-002-2008 принят уже известный подход с использованием коэффициента усиления, только на этот раз величина коэффициента более 1 и поправка вводится общий модуль упругости. В основу расчета положена очень громоздкая формула с большим числом регрессионных коэффициентов, причем одни и те же регрессионные коэффициенты применяются и при расчете по упругому прогибу, и при расчете на сдвигустойчивость.

Анализ формулы, приведенной в ОДМ 218.5-002-2008 для определения коэффициента усиления (коэффициент увеличения общего модуля упругости армированной дорожной конструкции), показывает, что она

имеет недостатки. В частности, при расчете дорожных одежд капитального и облегченного типов по допускаемому упругому прогибу увеличение мощности дисперсных слоев на определенном диапазоне может приводить к снижению коэффициента усиления, что противоречит логике. Наглядно это видно на рис. 3.

Например, сравнительный расчет двух конструкций дорожных одежд, армированных георешетками, дает следующие результаты: конструкция с мощностью слоя щебня 30 см имеет коэффициент усиления $\alpha_1 = 1,12$, а конструкция с мощностью слоя щебня 60 см – $\alpha_1 = 1,04$, т.е. увеличение слоя щебня на 30 см снижает модуль упругости дорожной одежды. Увеличение слоя щебня армированной конструкции с 60 до 80 см вообще не приводит к улучшению деформационных характеристик (коэффициент усиления для всех промежуточных значений $\alpha_1 = 1,04$).

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

Кроме того, вызывают большие сомнения величины условного модуля упругости E_4 композитного слоя «зернистый материал + георешетка», которые определяются по таблице приложения Д ОДМ 218.5-002-2008. Их величины варьируются в зависимости от условного показателя деформативности, зависящего от прочности георешетки. Анализ таблицы приложения Д ОДМ 218.5-002-2008 для определения величины условного модуля упругости композитного слоя показывает, что использование в слое щебня георешетки с прочностью 40 кН/м вместо георешетки с прочностью 20 кН/м приводит к увеличению условного модуля упругости композитного слоя более чем в 1,5 раза. Теоретически работа георешетки заключается в создании эффекта блокировки, а при одинаковых условиях (близкие геометрические параметры ячеек) замена материала на более прочный влиять на этот эффект не будет, за исключением случаев, когда прочность георешетки близка к критической, т.е. горизонтальные напряжения превышают разрывную прочность материала. Как показывают исследования, повышение прочности композитного слоя «георешетка-щебень» зависит от геометрических размеров ячейки и фракции щебня, а не от прочности армирующего материала.

В целом предложенный в ОДМ 218.5-002-2008 метод расчета модуля упругости армированных дорожных одежд не совсем корректен, он должен раскрывать смысл работы геоматериалов в дорожной одежде в зависимости от различных факторов. Получается, что их в расчетных формулах много, а действительно влияющими являются только значения условного модуля упругости E_4

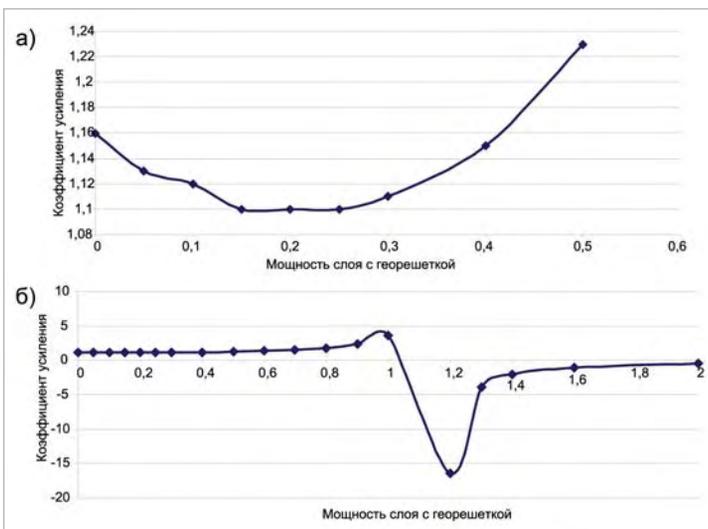


Рис. 4. Зависимость коэффициента усиления от мощности дисперсного слоя дорожной одежды, содержащего георешетку: а – детализация; б – общий вид

композитного слоя «зернистый материал + георешетка», о котором речь уже шла.

Кроме того, расчет по предлагаемой методике предполагает, что сначала необходимо определить общий модуль упругости конструкции (приведение многослойной к эквивалентной однослойной), а затем внести поправку с учетом коэффициента усиления. Однако в формуле для вычисления этого коэффициента присутствуют величины модулей упругости слоев покрытия, следовательно, послойный расчет выполняется повторно, что вызывает сомнения в предложенном подходе.

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

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

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

Литература

1. Методические рекомендации по применению полимерных геосеток (георешеток) для усиления слоев дорожной одежды из зернистых материалов. ОДМ 218.5-002-2008. – Введ. 2008-06-01. – М.: Информавтодор, 2008.

2. Проектирование нежестких дорожных одежд. ОДН 218.046-01. – Введ. 2001-01-01. – М.: Информавтодор, 2001.

3. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. – Введ. 2003-08-01. – М.: Информавтодор, 2003

4. Рекомендации по применению геосинтетических материалов при строительстве и ремонте автомобильных дорог. ОДМ 218.5.003-2010. – Введ. 2010-01-02. – М.: Информавтодор, 2010.

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

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

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

Для связи с автором: Федоренко Е.В., 8 (4212) 41-05-04, yginfd@mail.ru

ПОДПИСКА

на научно-технический и производственный журнал «Транспортное строительство» на 2011 год

В журнале публикуются материалы по вопросам теории и практики транспортного строительства, экономики отрасли, сведения о введенных нормативных документах, обязательных для использования в транспортном строительстве, очерки по истории транспортного строительства, обзоры зарубежных новостей, рецензии на книжные новинки и др.

Журнал включен в Перечень (2010 г.) утвержденных Высшей Аттестационной комиссией Российской Федерации средств массовой информации, в которых публикуются результаты докторских и кандидатских диссертаций.

Подписной индекс – 70976

по Объединенному каталогу «Пресса России».

Можно также подписаться
в ООО «Трансстройиздат» по адресу:

**129329, Москва, ул. Кольская, д. 2, корп. 6;
тел./факс (495) 782-96-56, тел. (495) 782-04-58.**

В сеть розничной продажи журнал не поступает.

**Квитанция на оплату подписки – на обороте*



СОДЕРЖАНИЕ

CONTENTS

Учредители:
ОАО Корпорация "Трансстрой",
Общественное объединение
"Научно-техническая Ассоциация ученых
и специалистов транспортного строительства"

Журнал входит в утвержденный
в 2010 г. ВАК Перечень научных
изданий Российской Федерации,
в которых публикуются результаты
диссертаций на соискание ученых
степеней. Научные статьи
аспирантов публикуются бесплатно

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Н.А. ПОЛИЩУК — *председатель*

Е.В. Басин	В.Е. Меркин
С.Н. Власов	А.С. Миллерман
А.П. Кожевников	И.А. Недорезов
Р.А. Коган	А.С. Платонов
В.В. Космин	В.В. Рудометкин
В.М. Круглов	В.И. Сбитнев
Э.К. Кузахметова	А.П. Сычев
И.Н. Кузнецов	А.А. Цернант
А.А. Лукьянчиков	А.А. Цернант
С.Я. Луцкий	В.И. Шмидт

РЕДАКЦИЯ

В. Космин — *научный редактор,*
vvcosmin@mail.ru

Н. Петрова — *выпускающий*
редактор

А. Уваров — *компьютерная*
верстка

АДРЕС РЕДАКЦИИ

129329 Москва, ул. Кольская, д. 2, корп. 6.
Тел./факс: (495) 782-04-58,
(495) 782-98-35
e-mail: ictrs@mail.ru
<http://www.corptransstroy.ru>

© ИЗДАТЕЛЬ

ООО "Трансстройиздат"

Ген. директор **В.К. Стрельников**
Тел.: (495)782 98 35

Свидетельство о регистрации
1067746656780 от 20.06.2006

Подписано в печать: 11.01.2011

Отпечатано в ОАО «Подольская
фабрика офсетной печати»
Заказ

Тираж 1000 экз.

Подписной индекс по
Объединенному каталогу
"Пресса России" — 70976

НОВОГОДНЕЕ ПОЗДРАВЛЕНИЕ Приветствие генерального директора ООО «Проектно-строительная компания «Трансстрой» А.Г. Баранцева	1	NEW YEAR GREETINGS New year greetings of the «Transstroy» Ltd design & building company general director A.G. Barantsev
ТРАНСПОРТНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО В РЕГИОНАХ Развитие транспортной сети и геокриологические проблемы Забайкалья Е.В. Басин, А.П. Кожевников, Г.Г. Орлов, Н.Н. Банова, С.А. Челобитченко	2	TRANSPORT CONSTRUCTION IN REGIONS Progress of a transport network and permafrost study problems of Zabaikalje Je.V. Basin, A.P. Kozhevnikov, G.G. Orlov, N.N. Banova, S.A. Chelobitchenko
СТРОИТЕЛЬСТВО В СПЕЦИАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ Системные аспекты изучения безопасного строи- тельства и эксплуатации протяженных транспорт- ных сооружений в зонах активной геотектоники Н.М. Быкова	8	CONSTRUCTION IN SPECIAL CONDITIONS System aspects of safe construction and operation of lengthy transport structures studying in zones of active geotectonics N.M. Bykova
Экономическая оценка эргономических мероприятий как фактор повышения надежности строительной техники в условиях Севера А.М. Ишков, О.Н. Жариков	13	Economic assessment of ergonomic actions as the factor of building technics reliability increase in North A.M. Ishkov, O.N. Zharikov
ЗНАМЕНАТЕЛЬНОЕ СОБЫТИЕ «Миллионная тонна» Курганстальмоста Е. Капишева	16	SIGNIFICANT EVENT «Million's ton» of Kurganstalmost Je. Kapisheva
ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО О методах расчета дорожных одежд с применением геосинтетических материалов Е.В. Федоренко	17	ROAD CONSTRUCTION About methods of calculation of road pavements with application of geosynthetic materials Je.V. Fedorenko
МОСТОСТРОЕНИЕ Содержание и эксплуатация мостов – по специальному проекту З.А. Шульман	22	BRIDGE CONSTRUCTION Maintenance of bridges on the basis of the special project Z.A. Shulman
ВРЕМЯ И ЛЮДИ Полвека с трестом «Мосэлектротрагстрой» И.Н. Бандоля	26	TIME AND PEOPLE Half a century with «Moselektrotjagstroy» trust I.N. Bandoliya
ИЗ ИСТОРИИ ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА Отраслевое машиностроение транспортного строительства И.А. Недорезов	28	FROM THE HISTORY OF TRANSPORT CONSTRUCTION Branch mechanical engineering of transport construction I.A. Nedorezov
ДОРОЖНОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО Второй Всероссийский дорожный конгресс О.А. Космина	31	ROAD CONSTRUCTION The second All-Russia road congress O.A. Cosmina
ОТРАСЛЕВАЯ ИНФОРМАЦИЯ Национальный конкурс «Строймастер-2010»: определены победители	32	THE BRANCH INFORMATION National competition «Stroymaster-2010»: winners are qualified
КНИЖНАЯ ПОЛКА Все виды транспорта в одной обложке А.С. Миллерман	33	BOOKSHELF All types of transport in one cover A.S. Millerman
ЭКОНОМИКА ТРАНСПОРТНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА Методическое обеспечение инвестиционной деятельности в транспортном строительстве Б.А. Волков, А.В. Марцинковская	34	ECONOMY OF TRANSPORT CONSTRUCTION Methodological support of investment activity in transport construction B.A. Volkov, A.V. Marteinkovskaya

На 1 стр. обложки: Миллионная тонна металлоконструкций Курганстальмоста

■ Редакция журнала принимает текстовые материалы в формате Microsoft Word и иллюстрации, выполненные в программах Adobe Photoshop, illustrator (в формате jpg или tif), направленные по электронной почте либо записанные на диске, с приложением распечатки, подписанной всеми авторами, и обязательным указанием координат обратной связи, включая e-mail (подробно см. в №1 за 2009 г.). Авторы опубликованных материалов несут ответственность за точность приведенных фактов, цитат, экономико-статистических данных, собственных имен, ссылок на литературные источники и других сведений. Гонорары авторам не выплачиваются. Точка зрения редакции может не совпадать с мнением авторов публикуемых материалов.