УДК 625.8

РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КЛИМАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ НА СЛАБЫХ ОСНОВАНИЯХ

[1]Подольский В.П., [2]Глагольев А.А., [1]Нгуен Фыонг Нгок

[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный архитектурно-строительный университет», Воронеж, e-mail: phuongngoc661986@gmail.com;

[2]Департамент транспорта и автомобильных дорог Воронежской области, Воронеж, e-mail: Aglagolev@govvrn.ru

Реальные сроки службы автомобильных дорог при эксплуатации на слабых основаниях во многих случаях не более 4–5 лет из-за разрушений и деформаций. Поэтому разработка мероприятий для обеспечения климатической устойчивости автомобильных дорог на слабых основаниях во Вьетнаме является актуальной задачей. На основе результатов эксплуатации автомобильных дорог во Вьетнаме выявлено, что основными причинами разрушения автомобильных дорог на слабых основаниях является повышенная влажность в период муссонных дождей, а также высокие температуры окружающего воздуха в сочетании с интенсивной солнечной радиацией (УФ- и ИК-излучение). Для обеспечения расчетных эксплуатационных параметров автомобильных дорог предлагается использовать комплексные мероприятия для обеспечения нормативной прочности и устойчивости земляного полотна, дорожной конструкции, проектных метрических параметров и ровности покрытия.

Ключевые слова: автомобильные дороги, слабое основание, разрушение автомобильных дорог, земляное полотно, армирование гибких трубчатых оболочек, геосетка

DEVELOPMENT OF ACTIONS FOR ENSURING CLIMATIC STABILITY OF HIGHWAYS ON THE WEAK BASES

[1]Podolskiy V.P., [2]Glagolev A.A., [1]Nguyen Fyong Nguok

[1]Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering, Voronezh, e-mail: phuongngoc661986@gmail.com;

[2]Department of Transport and Motorroad Voronezh Oblast, Voronezh, e-mail: Aglagolev@govvrn.ru

Real terms of service of highways at operation on the weak bases in many cases no more than 4-5 years because of destructions and deformations. Therefore development of actions for ensuring climatic stability of highways on the weak bases in Vietnam is an actual task. On the basis of results of operation of highways In Vietnam it is revealed that on weak the bases the increased humidity in the period of monsoonal rains, and also high temperatures of air in combination with intensive solar radiation (UF-and IK-radiation) is the main reasons for destruction of highways. For ensuring calculated operational parameters of highways it is offered to use complex actions for providing the standard durability and stability of a road bed, road design, design metric parameters and flatness of a covering.

Keywords: highways, weak foundation, destruction of highways, road bed, reinforcing of flexible tubular covers, geogrid

В настоящее время в дорожной отрасли Вьетнама внимательно решают важную задачу для обеспечения качества дорожно-транспортной сети автомобильных дорог с минимальными затратами строительства и стоимостью ремонта при эксплуатации. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог во Вьетнаме осуществляется с постоянным преодолением трудностей в связи с разнообразием рельефных, климатических, гидрологических и гидрогеологических условий. Исторически так сложилось, что основная производственная и хозяйственная деятельность, а соответственно, и транспортные магистрали Вьетнама располагались на равнинной местности, вдоль прибрежных зон и по берегам многочисленных рек и водоемов. Наиболее обширные равнины сформированы дельтами рек Красная (Хонгха в Северном Вьетнаме) и Меконг (в Южном Вьетнаме), между ними тянется цепочка узких береговых равнин и дельт относительно небольших рек. Особенности геологического строения, рельефа местности, а также обилие осадков в летнее время, частые наводнения привели к распространению на равнинной территории слабых грунтов, формирующихся за счет процессов отложения аллювия в поймах рек и наносов делювия у подножия склонов [4]. Такие грунты характеризуются высокой пористостью, малой структурированностью, неоднородным составом. Строительство и эксплуатация автомобильных дорог на таких основаниях – слабых грунтах всегда сопряжены с большими трудностями.

Мониторинг эксплуатационного состояния автомобильных дорог во Вьетнаме показывает, что срок службы дорожной конструкции невысокий. При совместном воздействии динамических транспортных нагрузок и климатических факторов окружающей среды форма автомобильной дороги теряет свои первоначальные свойства. Наиболее распространенными видами деформаций покрытия являются различные по форме и виду трещины, выбоины, просадки, проломы, колейность на поверхности покрытия [6]. Наличие таких характерных дефектов позволяет судить о низкой несущей способности земляного полотна, зависящей от степени уплотнения, влажности грунтов и соответствия современным нагрузкам. Поэтому в настоящее время для специалистов дорожной отрасли Вьетнама обеспечение устойчивости автомобильной дороги на слабых основаниях является достаточно актуальной задачей.

Целью данной работы является выявление причин разрушений дорожной конструкции и разработка методики обеспечения устойчивости и прочности ее эксплуатационного состояния на слабых основаниях в природно-климатических условиях Республики Вьетнам на протяжении их жизненного цикла.

На основе анализа и обобщения опыта строительства земляного полотна установлено, что нормативное содержание существующей сети автодорог во Вьетнаме в значительной степени зависит от климатических факторов и гидрогеологических условий, обусловленных его географическим расположением. В Республике Вьетнам наиболее распространенными видами грунтов являются глинистые, илистые, и лессовидные, характеризующиеся пластичностью, связностью, ползучестью, увеличением объёма при увлажнении, усадкой при высыхании, размокаемостью, водонепроницаемостью, тиксотропностью и т.д.

Большинство асфальтобетонных автомобильных дорог расположено вдоль прибрежных зон и по берегам многочисленных рек и водоемов в основном на слабых и переувлажнённых грунтах. В этом случае земляное полотно отсыпают из доброкачественных грунтов.

Строительство и эксплуатация автомобильных дорог на таких грунтах имеет свои особенности формирования деформаций, которые следует учитывать при разработке технологий содержания:

– деформации, связанные с превышением касательных напряжений, возникающих в основании насыпи от внешних нагрузок, которые проявляются в виде выдавливания или выпирания грунта основания, за пределы подошвы насыпи;

– деформации, возникающие в основании от внешней нагрузки и вызывающие уплотнение грунта и связанную с этим осадку основания – первичную (фильтрационную) и вторичную (пластическую);

– упругие деформации, возникающие при увеличении интенсивности движения транспортного потока, вызывающие преждевременный износ покрытия [1].

В процессе устройства земляного полотна автомобильных дорог чаще всего применяются грунты из близлежащих карьеров и резервов, которые обладают различными физическими характеристиками. Основной задачей при возведении земляного полотна является обеспечение нормативных эксплуатационных и потребительских свойств дороги на протяжении всего жизненного цикла [3].

В процессе эксплуатации земляное полотно и дорожная конструкция непрерывно подвергаются воздействию механических и атмосферных факторов, под влиянием которых в ней возникают и развиваются соответствующие напряжения от гравитационных и динамических воздействий, и касательных напряжений, в итоге приводящие к деформациям земляного полотна (рис. 1).

Для надежной работы дорожной конструкции необходимо в течение года обеспечить постоянство водно-теплового режима земляного полотна. Источниками увлажнения земляного полотна являются: выпадающие осадки; капиллярное поднятие от уровня грунтовых вод (УГВ); конденсация водяных паров из воздуха; перемещение пленочной воды.

При недостаточном уплотнении прочность грунта снижается и пористость повышается. В результате влияния водно-теплового режима в земляном полотне происходит интенсивный массообмен: воздуха, пара и влаги. При различной температуре окружающей среды и влажности происходит перемещение влаги в земляном полотне, конструкции дорожной одежды, что приводит к набуханию грунта или снижению модуля упругости.

При наличии ливневых стоков, а также при колебаниях температуры и атмосферного давления происходит динамическое изменение уровня грунтовых вод и высоты капиллярного поднятия влаги, перемещение водяных паров и пленочной влаги к местам с более низкой температурой и меньшей влажностью.

Обмен тепла в конструкции дорожной одежды осуществляется передачей тепловой энергии от частицы к частицам за счет теплопроводности, а также фазовых превращений при конденсации-испарении. Конвективная часть теплообмена очень незначительна, и её можно не учитывать.

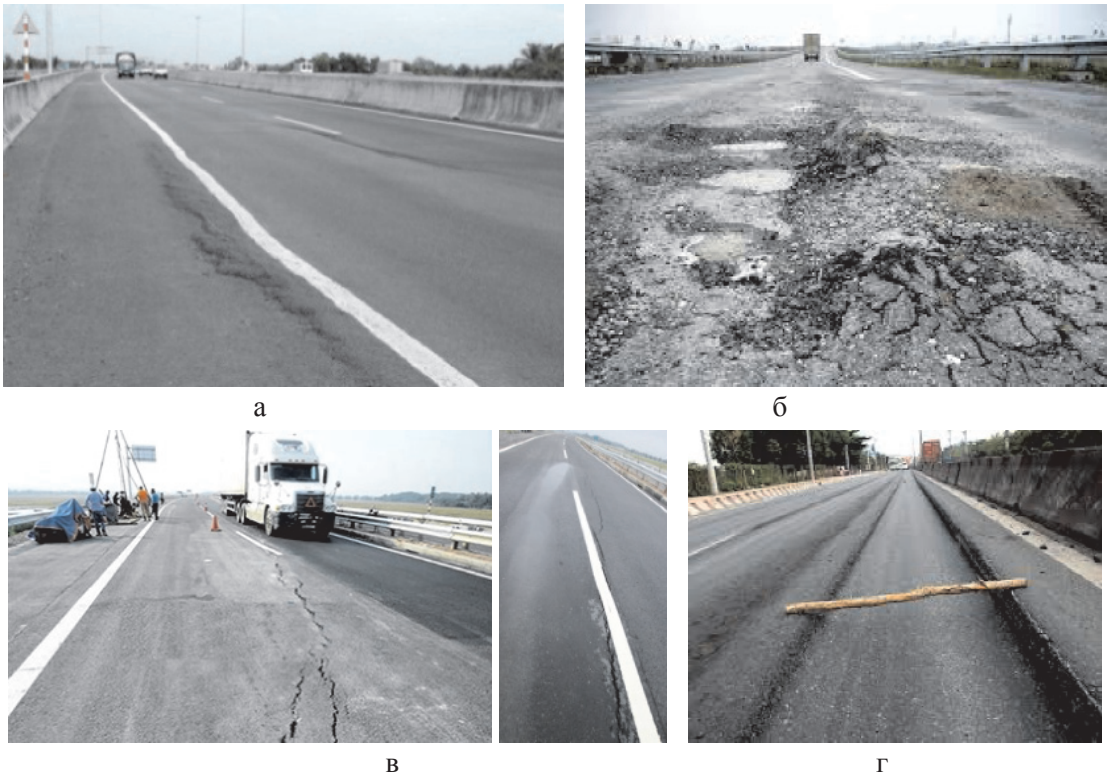

Рис. 1. Виды деформации на слабых основаниях на федеральной магистрали Ханой – Лао Кай: а – осадка неравномерная; б – просадка насыпей на основаниях из слабых грунтов; в – просадка и расползание насыпей; г – колеи и выбоины на обочинах

Тепломассообмен, протекающий в полотне дорог или в грунтах при выполнении технологических операций, оказывает значительное влияние на технологичность и качество дорожно-строительных процессов, прочность.

Кроме того, необходимо учитывать воздействие климатических факторов (УФ-облучения, повышенных температур и влаги) на эксплуатационное состояние асфальтобетонных покрытий. Асфальтобетонное покрытие изготовляют на основе нефтяных битумов. В результате длительного воздействия климатических факторов битум теряет свои вязкопластические свойства из-за снижения масляной и увеличения смолисто-асфальтовой составляющих, что автоматически приводит к снижению эластичности и повышению хрупкости асфальтобетона [5]. В результате прогрессирует старение дорожных битумов. Известны следующие виды старения: фотостарение (под действием УФ-облучения), теплостарение (под действием повышенных температур), физическое старение (от воздействия жидких агрессивных сред).

В результате старения у битумов повышается вязкость и хрупкость. При длительном нахождении битума на открытом атмосферном воздухе на его поверхности могут появляться трещины, шелушение, будет снижаться адгезия к минеральным материалам из-за процесса окисления.

Поэтому для обеспечения климатической устойчивости эксплуатационных параметров автомобильных дорог на слабых основаниях необходимо создать комплексные технологические мероприятия повышения несущей способности земляного полотна на весь период жизненного цикла дороги и улучшения качества прочности покрытия к солнечной радиации и коррозии.

Конструкцию дорожной одежды проектируют в комплексе с земляным полотном как единую конструкцию. Прочность грунтов в верхней части земляного полотна, устойчивость его откосов в основном зависят от качества уплотнения и водно-теплового режима. Поэтому для обеспечения устойчивости и прочности земляного полотна автомобильных дорог необходимо учитывать влияние водно-теплового режима на свойства грунта. Технология, приемы регулирования водно-теплового режима обеспечивают снижение деформации и повышают несущую способность земляного полотна.

Водно-тепловой режим характеризуется изменением влажности и температуры по глубине земляного полотна, он зависит от природно-климатических условий и вида грунта, составляющего основу конструкции земляного полотна. В зависимости от вида грунта, региональных климатических, гидрологических и гидрогеологических условий следует назначать рациональные конструкции дорожных одежд, обеспечивающих нормативные эксплуатационные показатели [2].

Для регулирования водно-теплового режима и повышения несущей способности земляного полотна на слабых грунтах рекомендуется применение рулонных геоматериалов, которые не подвержены горению, гниению, а также устойчивы к воздействию агрессивной среды. Концы прослойки перекрывают сверху прорези с двух сторон земляного полотна внутри основания. Под прослойками между прорезями уложены опорные валики из закрытых с торцов гибких труб из нетканого синтетического материала. Внутренняя полость этих труб заполнена заторфованными, илистыми, слабопрочными грунтами, мелкими бытовыми отходами и др.

Земляное полотно автомобильных дорог устраивается следующим образом.

В основании отрывают параллельные прорези, а извлекаемый при этом грунт укладывают между ними. Извлеченный грунт помещают в гибкие трубы, геотекстиль которых не пропускает воду. Эти трубы раскладывают по возможности ближе к соседним краям прорезей. Затем поверх этих труб укладывают прослойку из нетканого синтетического материала, причем ее концами перекрывают прорези с запасом. Затем поверх прослойки ведут параллельную (обеих прорезей сразу) засыпку прорезей привозным пригрузочным грунтом. Прослойка при этом натягивается и присыпается грунтом, а ее концы закрепляются. В дальнейшем по прослойкам ведут отсыпку слоев дорожной конструкции (рис. 2).

Основные области применения устройства гибких труб из нетканого синтетического материала в строительстве земляного полотна автодорог:

– армирование нижней части земляного полотна постоянных и временных дорог на слабых основаниях;

– создание защитных конструкций при строительстве на подтопляемых участках береговой линии на пойменных участках рек;

– создание армирующих и защитных слоев при устройстве нижних частей насыпей из переувлажненных грунтов.

Применение гибких трубных элементов позволяет использовать грунты, которые до настоящего времени не используются в дорожном строительстве. Гибкие трубы представляют собой пространственную конструкцию из нетканого синтетического материала, производимую по общей схеме, представленной на рис. 3.

Торец трубчатой оболочки соединяется термическими способом или склеиванием, полученные цилиндры объединяются в верхней части прочными полимерными лентами с застежками (рис. 3).

Геометрические размеры гибких трубчатых оболочек могут изменяться в зависимости от конкретных условий применения. Типовые геометрические размеры и объем трубчатых оболочек представлены в таблице.

Геометрические размеры и объем трубчатых оболочек

№ п/п	Размеры гибких трубок (диаметр – длина, $L \times d$), м	Объем трубок, м^3
1	1,0×0,3	0,07
2	1,5×0,3	0,11
3	1,0×0,5	0,2
4	1,5×0,5	0,29
5	2,0×0,5	0,39
6	2,0×0,75	0,88

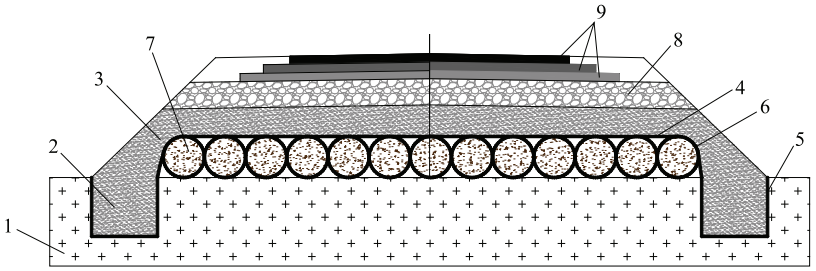

Рис. 2. Конструкция земляного полотна на слабом основании с применением прослойки из нетканого синтетического материала: 1 – слабый грунт; 2 – прорези; 3 – песок; 4 – прослойка из нетканого синтетического материала; 5 – концы прослойки; 6 – гибкие трубчатые элементы из нетканого синтетического материала; 7 – минеральный грунт или мелкие бытовые отходы; 8 – слой щебня; 9 – асфальтобетонные покрытия

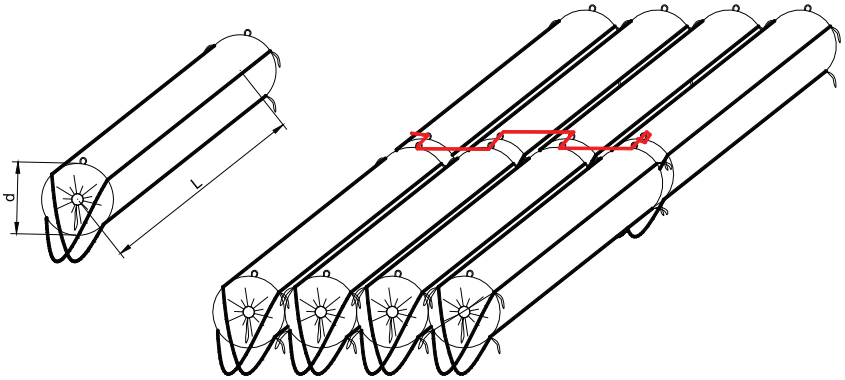

Рис. 3. Трубчатые оболочки из нетканого синтетического материала

Для заполнения внутренних полостей гибких цилиндрических трубчатых оболочек их необходимо закреплять на конце металлической трубы соответствующего диаметра с приемным клапаном по типу клапана мусоропровода. Через приёмный клапан оболочки заполняются любым грунтом, который доставляется к месту работ. В процессе заполнения оболочки грунтом производится виброуплотнение с помощью навесного вибратора. После заполнения внутренней полости горловина трубчатой гибкой оболочки закрывается, готовые трубчатые элементы перевозятся к месту укладки. Рабочие соединяют все трубы с помощью полимерной ленты на головах цилиндрических трубок (рис. 4).

При эксплуатации автомобильных дорог с асфальтобетонным покрытием на поверхности и внутри конструктивных слоев дорожной одежды возникают напряжения, которые переходят в различные виды деформаций и разрушений. Они обусловлены воздействием нагрузок от транспортных средств и влияния климатических факторов, что приводит к уменьшению срока службы [5].

В настоящее время для повышения прочностных показателей асфальтобетонных покрытий применяется метод армирования геосетками [3]. Использование геосеток играет важную роль для повышения физико-механических показателей покрытия при растяжении из-за того, что происходит восприятие и перераспределение транспортных нагрузок на большую площадь нижележащих слоев дорожной одежды. Как свидетельствует опыт эксплуатации, армирование геосетками позволяет предупреждать трещинообразование, уменьшать остаточные деформации в виде волн, колей и наплывов. С их помощью можно замедлить возникновение факторов, способствующих начальному процессу разрушения, уменьшить толщину верхнего слоя покрытия, сократить затраты на строительство.

Геосетка представляет собой геосинтетический материал, в котором полимерные, стеклянные нитки или базальтовые волокна связаны в виде решетки узлами, имеющими отверстия большего диаметра, чем элементы плетения (рис. 5).

Возможные типы конструкций армированных дорожных одежд с покрытиями из асфальтобетона показаны на рис. 6.

В целях санации дефектных покрытий можно применять нанесение защитного слоя Дорсан. Этот препарат обеспечивает защиту асфальтобетонного покрытия от воды и способствует увеличению межремонтного срока.

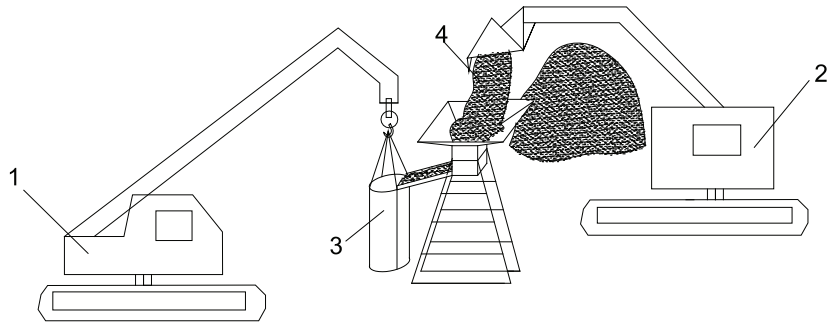

Рис. 4. Порядок заполнения гибких трубок минеральными материалами: 1 – кран; 2 – экскаватор; 3 – гибкие трубчатые элементы из нетканого синтетического материала; 4 – минеральные материалы

Рис. 5. Армирование геосетками дорожных одежд

ПАБ «Дорсан» блокирует процессы коррозионного действия воды на покрытие, проникающей в поры и микротрещины, которые образовались в результате потери со временем пластичности битума в а/б и недоуплотнением а/б. Пропитка предотвращает термоокислительное старение асфальтобетона и возникновение эрозии. После нанесения пропитки на поверхности покрытия и полного отвердения образуется тонкое мембранное покрытие, которое препятствует проникновению внутрь асфальтобетона воды и газов, защищает от ультрафиолетового и инфракрасного солнечного излучения; «Дорсан» обладает стойкостью практически ко всем видам солевых растворов, кислотам, щелочи, бензинам и маслам. Адгезия материала и поверхности покрытия проходит в первую очередь за счет химического соединения «Дорсан» с битумной составляющей асфальтобетона. Активные газовые компоненты материала проникают внутрь тела асфальтобетона на глубину до 2–3 см, в зависимости от пористости покрытия, вступают в химическое взаимодействие с битумом, «омолаживают» его и образуют совместную полимерно-битумную композицию, обладающую необходимыми для асфальтобетона пластичными и упругими свойствами (рис. 7).

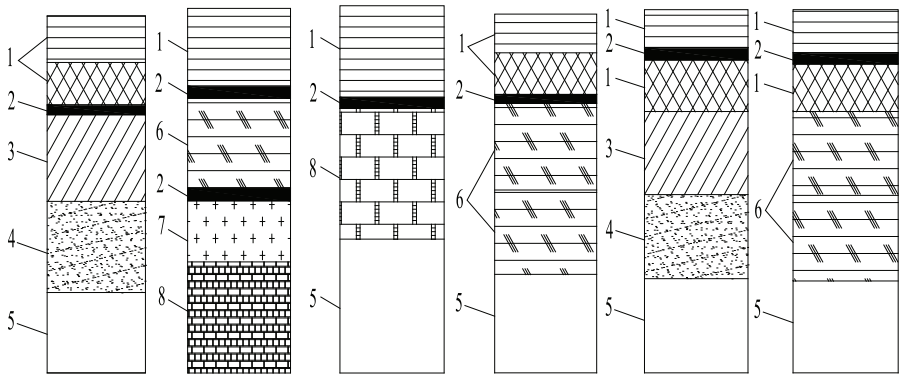

Рис. 6. Типы конструкций дорожных одежд с геосетками:
1 – слои асфальтобетона; 2 – геосетка; 3 – слои гравия или щебня;
4 – дополнительный песчаный слой; 5 – земляное полотно; 6 – черный щебень;
7 – выравнивающий песчаный слой; 8 – существующая дорожная одежда

Рис. 7. Нанесение защитного слоя «Дорсан» на дефективное покрытие

Выводы

1. Анализ отрицательных климатических воздействий на устойчивость состояния покрытий и земляного полотна автомобильных дорог на слабых основаниях показал, что помимо воздействия транспортных нагрузок, основными причинами разрушения дорожной конструкции являются повышенная влажность грунта.

2. При длительном воздействии климатических факторов (УФ-облучения, повышенных температур и влаги) битум в составе асфальтобетонных покрытий теряет свои вязкопластические свойства и приводит к повышению хрупкости асфальтобетона, т.е. происходит старение дорожных битумов.

3. Для повышения прочности и устойчивости земляного полотна автомобильной дороги на слабых основаниях необходимо регулировать водно-тепловой режим, т.е. применение гибких трубчатых оболочек, заполненных некондиционными грунтами, что позволяет обеспечить нормативную несущую способность земляного полотна на слабых основаниях.

4. Для повышения физико-механических показателей асфальтобетонных покрытий от воздействий климатических условий и ультрафиолетового излучения предлагается применять армирование геосетками дорожной одежды и устройство защитного слоя «Дорсан» на поверхности покрытий.

Список литературы

1. Евгеньев И.Е., Казарновский В.Д. Земляное полотно автомобильных дорог на слабых грунтах. – М.: Транспорт, 1976. – 269 с.

2. Золотарь И.А., Пузакова Н.А., Сиденко В.М. Водно-тепловой режим земляного полотна и дорожных одежд. – М.: Транспорт, 1971. – 415 с.

3. Ковалев Я.Н., Кравченко С.Е., Шумчик В.К. Дорожно-строительные материалы и изделия: учебное пособие. – М.: Изд-во: Новое знание, 2013. – 630 с.

4. Нгуен В.Л., Черноусов Д.И. Причины колееобразования на асфальтобетонных покрытиях и методы повышения их деформативной устойчивости в условиях Южного Вьетнама // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Строительство и архитектура. – 2013. – № 1(29). – С. 57–65.

5. Подольский Вл.П., Глагольев А.В., Поспелов П.И. Технология и организация строительства автомобильных дорог. Т. 1: Земляное полотно: учеб. пособие. – Воронеж. Изд-во: ВГУ, 2005. – 528 с.

6. Справочная энциклопедия дорожника «Ремонт и содержание автомобильных дорог»; под ред. заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, д-ра техн. наук, проф. А.П. Васильева. – М., 2004. – Т. 2. – 1129 с.