

ОСОБЕННОСТИ И ВОЗМОЖНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБОВ РЕКОНСТРУКЦИИ И РЕМОНТА ПОДЗЕМНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ В УСЛОВИЯХ ГОРОДСКОЙ ЗАСТРОЙКИ

ные рукава различных длин, диаметров и из различных полимерных материалов [6, 7].

Для восстановления (реконструкции) и капитального ремонта изношенных подземных стальных газопроводов на территориях поселений и городских округов применяют следующие рекомендации при использовании бестраншейной технологии [2, 6, 7]:

- при давлении до 0,3 МПа включительно рекомендуется использовать протяжку в газопроводе труб из полиэтилена ПЭ 80 и ПЭ 100 с коэффициентом запаса прочности не менее 2,6 без сварных соединений или соединенных с помощью закладных нагревателей ЗН, или соединенных сваркой встык с использованием сварочной техники высокой степени автоматизации;

- при давлении свыше 0,3 до 0,6 МПа включительно – использовать протяжку в газопроводе труб из полиэтилена ПЭ 80 и ПЭ 100 с коэффициентом запаса прочности не менее 3,2 без сварных соединений или соединенных с помощью деталей с ЗН или сваркой встык с использованием сварочной техники высокой степени автоматизации;

- при давлении до 1,2 МПа включительно – выполняют облицовку очищенной внутренней поверхности газопроводов синтетическим тканевым шлангом на специальном двухкомпонентном клее при условии подтверждения в установленном порядке их

пригодности для этих целей на указанное давление или в соответствии со стандартами (техническими условиями), область применения которых распространяется на данное давление.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ТСН 40-303-2003. Бестраншейная прокладка с применением микротоннелепроходческих комплексов и реконструкция трубопроводов с применением специального оборудования.
2. СП 42-103-2003. Проектирование и строительство газопроводов из полиэтиленовых труб и реконструкция изношенных газопроводов.
3. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий (теория и практика): технический учебник-справочник – М.: ПрессБюро, 2005. – 304 с.
4. Способ бестраншейной прокладки трубопроводов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.stroitel73.ru>.
5. Бестраншейный ремонт трубопроводов, основные способы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pipeburster.ru>.
6. СП 62-13330-2012. Газораспределительные системы. Актуализированная редакция СНиП 42-01-2002.
7. ГОСТ Р 54983 – 2012. Системы газораспределительные. Общие требования к эксплуатации.

Лютова Т.Е. – доцент, Алтайский государственный технический университет, E-mail: lut-t@mail.ru.

УДК 624.131

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СТРУЙНЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

В.Н. Лютков, Г.И. Швецов, С.К. Куликов

Приведены обзор и анализ использования инъекционных струйных геотехнологий для укрепления грунтов в условиях Западной Сибири. Исследованы и обоснованы возможности использования современных струйных геотехнологий для укрепления и стабилизации лессовых грунтов оснований зданий и сооружений в условиях Западной Сибири и Алтайского края.

Ключевые слова: лессовые грунты, инъекционные способы укрепления грунтов, струйная геотехнология, выбор оптимальных технических и технологических вариантов решений.

ВВЕДЕНИЕ

Лессовые просадочные грунты Западной Сибири занимают до 25% территории. На них расположены такие крупные промышленные центры как Барнаул, Новосибирск, Бийск, *ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 1-2014*

Омск, Кемерово и др. Одной из особенностей лессовых грунтов Приобского плато Западной Сибири является широкое распространение на указанной территории I, реже II типа грунтовых условий по просадочности, что диктует

необходимость изучения их структурно-текстурных особенностей и физико-механических свойств с учетом специфики региона для создания рациональных и новых конструкций фундаментов и безопасной эксплуатации уже построенных зданий. По оценкам специалистов до 45% стоимости работ по строительству гражданских и промышленных объектов на лёссовых грунтах тратится на комплекс мероприятий, предотвращающих деформацию сооружений из-за просадочности лёссовых грунтов [1].

Лёссовые грунты по составу, структурно-текстурным признакам и механическим свойствам существенно отличаются от всех других горных пород. Твердые частицы лёссовых грунтов на 80...90% состоят из кварца, полевого шпата и растворимых минералов. По крупности до 60%, иногда даже до 90% твердых частиц относится к пылеватым, остальные - к глинистым, лишь малая часть - к песчаным фракциям. По гранулометрическому составу и числу пластичности лёссовые грунты относятся к пылеватым супесям и суглинкам. Влажность лёссовых грунтов в естественном состоянии обычно не превышает 0,08...0,16, степень влажности менее 0,5, пористость - 0,4...0,5.

У лёссовых грунтов размер пор значительно превышает размер частиц грунта. Именно из-за такого соотношения диаметров пор и диаметров частиц лёссовые грунты называют макропористыми. При природной влажности лёссовые грунты за счет цементационных связей обладают заметной прочностью и способны держать вертикальные откосы высотой более 10 м. Увлажнение лёссов приводит к растворению цементационных связей и разрушению его макропористой текстуры. Это сопровождается резкой потерей прочности грунта, значительными и быстро развивающимися деформациями уплотнения, т.е. просадками. Поэтому лёссовые грунты называют просадочными [1, 2].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Опыт эксплуатации зданий и сооружений на лёссовых просадочных грунтах показывает, что свойства данных грунтов и, особенно, их поведение под нагрузкой и замачиванием изучены недостаточно. Только в г. Барнауле за последние годы около двадцати зданий оказались в деформированном состоянии. Основными факторами, вызывающими аварийное состояние зданий и сооружений являются подтопление городских

территорий, неравномерная просадка основания, ошибки при проведении инженерно-геологических изысканий, несоблюдение технических условий на производство строительно-монтажных работ и т.д.

Все это свидетельствует о том, что проблема обеспечения устойчивости, надежности зданий и сооружений на лёссовых просадочных грунтах решена не полностью. Имеются значительные недостатки существующих расчетных моделей по проектированию сооружений на грунтах данного типа, не учитывающих специфику инженерно-геологического строения лёссовых пород, их структурно-текстурные особенности, динамику их изменения под влиянием внешнего давления и замачивания [2].

Несмотря на ряд существенных недостатков, для укрепления лёссовых просадочных неводонасыщенных грунтов достаточно часто используется один из эффективных и проверенных способов - это силикатизация, т.к. при образовании силикатного камня полностью устраняются просадочные свойства лёссов и происходит значительное увеличение их прочностных и деформационных характеристик. Кроме того, при этом способе не требуется дорогостоящего бурового и насосного оборудования с соответствующими уникальными техническими характеристиками, которое используется для укрепления просадочных грунтов инъектированием в них цементного, глинистого или глиноцементного растворов.

В России в настоящее время отсутствует производство специальных установок для инъекционного струйного закрепления лёссовых грунтов. Кроме того, в открытой и доступной печати очень мало научной информации о поведении именно лёссовых грунтов при воздействии на них методов инъекционной струйной геотехнологии. При этом, углубленное и детальное познание природы просадочности лёссовых грунтов позволит разработать эффективные инженерные методы борьбы с этим сложным явлением, создать специальные установки и оборудование. Сейчас, в основном, эти методы сводятся к тому, чтобы повысить плотность лёссового грунта (снизить его активную пористость) и увеличить прочность контактов между минеральными частицами (перевести менее прочные, обратимые по отношению к воде, переходные контакты в более прочные - фазовые).

Все это предопределило основные направления исследований научно - педаго-

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СТРУЙНЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

гической школы по данной проблеме, которая была основана в 1972 г. в Алтайском политехническом институте (ныне – Алтайском государственном техническом университете им. И.И. Ползунова (АлтГТУ)) и возглавляется д.г.-м.н., профессором, членом-корреспондентом Российской академии архитектуры и строительных наук Г.И. Швецовым. В настоящее время на строительном факультете АлтГТУ под научным руководством Г.И. Швецова проводится научно-исследовательская работа по поиску и модернизации вариантов технических и технологических решений использования отечественных установок и оборудования для укрепления и стабилизации лессовых грунтов в условиях г. Барнаула и Алтайского края.

ОБЗОР И АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНЪЕКЦИОННЫХ СТРУЙНЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ

На основании проведенных аналитических исследований по критериям выбора (таких как: современность, эффективность, экономичность, доступность и др.), а также грунтовых условий, было выявлено, что из всего диапазона существующих в настоящее время методов и технологий по укреплению и стабилизации различных грунтов, в том числе и лессовых, для усиления оснований зданий и сооружений в условиях Алтайского края и Западной Сибири наиболее приемлемыми являются методы инъекционной струйной геотехнологии, как наиболее полно отвечающие Европейским нормам по технологичности, экономичности и экологической безопасности.

Исследования по укреплению грунтов в строительстве различными методами, в том числе и инъекционной струйной геотехнологией, велись и ведутся достаточно давно как отечественными учеными: Герсевичем Н.М., Флорин В.А., Маслов Н.Н., Ржаницын Б.А., Ребиндер П.А., Соколов В.Е., Савинов О.А., Иванов П.Л., Далматов Б.И., Березанцев В.Г., Ильичев В.А., Абелев М.Ю., Тер-Мартirosян З.Ф., Бадьин Г.М., Бугров А.К., Мангушев Р.А., Гольдин А.Л., Улицкий В.М., Курбацкий Е.Н., Уздин А.М., Белаш Т.А., Дудлер И.В., Крутов В.И. и др.; так и зарубежными учеными: Терцаги К. (Austria – USA), Seed H.B. (USA), Ishihara K. (Japan), Dembicki E. (Poland), Жусупбеков А.Ж. (Казахстан), Усманов Р.А. (Таджикистан) и др.

Струйная геотехнология (Jet grouting method) – это подземный размыв грунта горизонтальными струями из заранее пробурен-

ных скважин с образованием полостей в грунте заданных формы и размеров, с синхронным заполнением этих полостей материалом с заданными свойствами и с синхронным перемешиванием, при необходимости, разрыхленного грунта с твердеющим раствором. Практически уже тридцать лет инъекционная струйная технология широко применяется в ряде стран для решения различных геотехнических задач, возникающих как при новом строительстве, так и при реконструкции. За рубежом этот метод получил название High Pressure Injection (HPI), в нашей стране эта технология больше известна как струйная (рисунок 1) [3, 6].



Рисунок 1 – Демонстрация кинетической энергии водоцементной струи инъекционной струйной установки

Основной метод инъекционной струйной цементации грунтов запатентован в 1971 г. в Японии. Широкое распространение высоконапорная технология получила во многих развитых странах – в Японии: фирмы «Kaima», «Kumagi-Gumi», «Cocen-Boring», «Chemical-grouting»; в Италии: «Pachiosi», «Rodio», «Trevi», «Casagrande Group», «Soil-Mec», «Index», «Injectojet»; в Германии: «Bauer», «GKN Keller»; в Чехии: «Geotechnika»; во Франции: «Soletanche-Baschy»; в Великобритании: «Cementation»; в США: «Butter work jetting systems Inc.» и др.

С 1975 г. инъекционную струйную технологию устройства свай развивает фирма «Pachiosi», ее разработки основаны на применении комплексов оборудования с автоматизированным управлением всем процессом производства работ. В Японии разработаны и широко применяются технологические схемы автоматизированного устройства свай. В основу автоматизации процесса положены инженерно-геологические свойства грунтов площадки. Инъекционное струйное оборудование для размыва грунтов, как правило, объединено единой системой управления с оборудованием приготовления

и подачи раствора. Естественно, стоимость такого оборудования даже по западным меркам очень высока [4].

Первые экспериментальные работы по внедрению инъекционной струйной технологии в отечественную практику были проведены институтами «Гидроспецпроект» и НИИОСП еще в 1979-83 гг. Первое промышленное использование струйная технология получила для устройства вертикальных противофильтрационных завес, разработки мерзлого грунта под котлованы, а также при выполнении работ по уплотнению просадочных грунтов замачиванием. В 1986-88 гг. выполнялись работы по закреплению оснований под промышленные и жилые здания и устройству грунтобетонных свай усиления с привлечением фирм «Rodio», «Bauer». В институте «Гидроспецпроект» были разработаны конструкции струйных установок «Струя-25», «Струя-30», «СУ-4» для сооружения в грунте плоских противофильтрационных завес глубиной 25-30 м [5].

Для реализации струйного способа создания подземных конструкций в институте ВНИИнефтемаш при техническом содействии НИИОСПа был разработан и сконструирован мобильный буровой универсальный струйный комплекс МБУСК-1. В состав МБУСК-1 были включены: мобильная буровая установка с буровым насосом низкого давления, мобильная насосная установка высокого давления, склад порошкообразных материалов, блок приготовления растворов с насосом, устройство для очистки раствора, емкости для хранения растворов, шламовый насос, компрессор [3, 5].

Развитие инъекционных методов струйной геотехнологии осуществлялось тремя путями:

- 1) усовершенствование оборудования для инъекционных работ;
- 2) усовершенствование физико-химических свойств инъектируемых растворов;
- 3) активизация процессов закрепления грунтов путем наложения на инъектируемый раствор и упрочняемый массив внешних физических полей.

Совершенствование оборудования, применяемого в ходе инъекционных работ, является темой отдельных исследований. Однако следует отметить, что если первоначально этот способ применялся только для заполнения крупных пустот в грунтах, причем растворы в них проникали лишь под действием силы тяжести, то в последнее время научно-технические исследования за рубежом поз-

волили разработать оборудование, способное нагнетать растворы в грунты под давлением до 30-80 МПа.

При выполнении работ по струйному закреплению практически всех типов грунтов применяются та или иная из следующих трех технологических схем устройства конструкций в грунтах (рисунок 2).

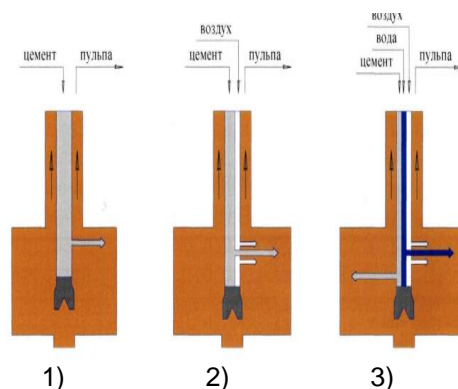


Рисунок 2 – Варианты струйной цементации грунтов: 1 – однокомпонентная технология; 2 – двухкомпонентная технология; 3 – трехкомпонентная технология

Однокомпонентная технология предусматривает размыв грунта струей твердеющего раствора (цементного, глинистого или глиноцементного) под давлением порядка 70 МПа. Двухкомпонентная технология осуществляет размыв грунта струей твердеющего раствора под защитой струи воздуха. Трехкомпонентная схема заключается в размыве грунта струей воды под защитой струи воздуха и заполнение размывной полости твердеющим цементно-песчаным раствором.

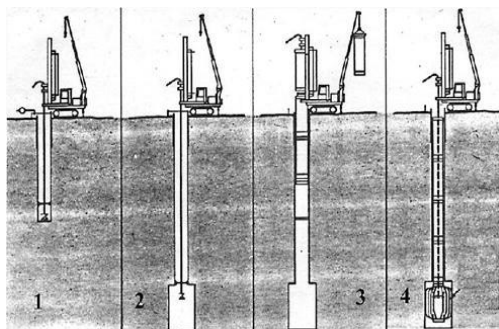
Для закрепления песчаных грунтов хорошо зарекомендовала себя однокомпонентная технологическая схема, когда размыв грунта осуществляется цементным раствором. Для устройства цементогрунтобетонных конструкций в глинистых грунтах за рубежом применяют, как правило, трехкомпонентную схему. При трехкомпонентной технологии твердеющий цементно-песчаный раствор подается по специальному каналу монитора в предварительно размываемую скважину. При этом может быть произведено практически полное замещение природного грунта цементно-песчаным или другим раствором.

Трехкомпонентная технологическая схема существенно сложнее в техническом исполнении. Применение одно- или двухкомпонентной технологий снижает возможность регулирования прочностных свойств цементогрунта в условиях пылевато-глинистых

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ СТРУЙНЫХ ГЕОТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

грунтов, но не требует для реализации сложного оборудования. В этом случае увеличение прочностных и деформационных характеристик получаемого материала возможно путем снижения водоцементного отношения цементного раствора, увеличения активности и дисперсности вяжущего материала и введением в раствор специальных химических добавок [7, 8].

В настоящее время наиболее перспективным представляются разработки японских геотехников [8, 9] по возведению колонн закрепленного грунта и свай в слабых пылевато-глинистых грунтах, когда используются либо комбинации технологии струйного и буросмесительного способов, либо сочетание струйной технологии с погружением готовых железобетонных элементов (рисунок 3). Для приготовления укрепляющего цементного раствора следует применять обыкновенный портландцемент М500. Приготовление цементного раствора должно производиться непосредственно перед нагнетанием его в грунт. Приготовление цементного раствора требуемого состава можно производить как на специализированном растворном узле, так и в передвижном приобъектном смесителе. Приготовленный (рабочий) раствор должен непрерывно перемешиваться или находится в движении до момента его поступления в скважину [8].



- 1 – устройство лидерной скважины струей жидкости при погружении инструмента;
- 2 – закрепление струей цементного раствора участка ствола – «острия сваи»;
- 3 – погружение в скважину готовых сборных железобетонных элементов;
- 4 – формирование луковичеобразного опорного элемента путем нагнетания цементного раствора в специальную тканевую оболочку

Рисунок 3 – Последовательность возведения свай повышенной несущей способности с использованием комбинированной технологии

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обзор и анализ зарубежного и отечественного опыта применения методов инъекционной струйной геотехнологии для укрепления грунтов, в том числе и лессовых, как оснований зданий и сооружений позволяет сделать следующие выводы:

1. В силу своей новизны и коммерческой ценности, результаты научных и практических исследований, посвященных установлению закономерностей при укреплении лессовых грунтов как оснований зданий и сооружений, с их особыми структурно-текстурными и физико-механическими свойствами, с помощью методов струйной геотехнологии, в открытой и доступной печати практически не публикуются, что существенно затрудняет разработку и внедрение этих методов в строительство.

2. В России в настоящее время отсутствует серийное производство специальных установок и оборудования для инъекционного закрепления лессовых грунтов методами струйной геотехнологии.

3. Для усиления оснований зданий и сооружений в условиях Алтайского края и Западной Сибири наиболее приемлемыми являются методы инъекционной струйной геотехнологии, как наиболее полно отвечающие Европейским нормам по технологичности, экономичности и экологической безопасности.

4. Применение для струйного закрепления лессовых грунтов сверхвысоких давлений порядка 40...80 МПа, с использованием импортного дорогостоящего насосного и бурового оборудования с соответствующими уникальными характеристиками, технически неоправданно, т.к. указанные сверхвысокие давления не определяются требованиями технологического процесса для струйного закрепления именно лессовых грунтов.

Следовательно, для закрепления лессовых грунтов как оснований зданий и сооружений вполне возможно применение типового серийного отечественного насосно-бурового геологоразведочного оборудования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Швецов Г.И. Лессовые породы Западной Сибири и методы устройства оснований и фундаментов: монография / Г.И. Швецов. – М.: Высшая школа, 2000. – 244 с.
2. Носков И.В., Ольховатенко В.Е. Современные технологии усиления оснований в грунтовых условиях Алтайского края. – Ползуновский вестник, № 4-1, 2013. – С. 22-26.
3. Малинин А.Г. Струйная цементация грунтов: монография / А.Г. Малинин. – Пермь: Пресстайм, 2007. – 168 с.

4. Мангушев Р.А. и др. Современные свайные технологии: учебное пособие / Р.А. Мангушев, А.В. Ершов, А.И. Осокин; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 240 с.
5. Рекомендации по струйной технологии сооружения противофильтрационных завес, фундаментов, подготовки оснований и разработки мерзлых грунтов. – М.: ВНИИОСП, 1989. – 89 с.
6. Pettit P. Jet grouting: the pace quickens. //Civil engineering // August. 1988. p. 65-68.
7. Бройд И.И. Струйная геотехнология: учебное пособие. – М.: Изд-во АСВ, 2004. – 448 с.
8. Струйная геотехнология [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.drilling.ru/>

geotehnologiya.

9. Богов С.Г. Струйная технология закрепления грунтов – опыт реализации в Санкт-Петербурге // Интернет-журнал «Реконструкция городов и геотехническое строительство»: Научно-техническое периодическое издание. – № 3 / 2000.

Лютов В.Н. – к.т.н., доцент, E-mail: vnlutov@mail.ru; Швецов Г.И. – д.г.-м.н., профессор; Куликов С.К. – магистрант, Алтайский государственный технический университет.

УДК 625.7

О ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОПИТОЧНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СВОЙСТВ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Г.С. Меренцова

Регулярная обработка покрытий восстанавливает свойства битума в асфальтобетоне и замедляет появление на покрытии повреждений отдалая межремонтные сроки. Применение пропиточных составов способствует восстановлению гидрофобности асфальтобетонных покрытий, уменьшая вредное влияние влаги.

Ключевые слова: продление ресурса, трещинообразование, деформативность, старение асфальтобетона, пропитка, разрушения, защитная функция, вырубки, обследования, инновационный метод.

ВВЕДЕНИЕ

Продление ресурса дорожных покрытий является актуальной проблемой, решение которой является первостепенной задачей строительства, ремонта, реконструкции и эксплуатации автомобильных дорог.

Необходимо повышать эффективность методов и средств эксплуатационного содержания и ремонта дорожных покрытий. Это достигается внедрением новых эффективных прогрессивных ремонтных технологий.

Эксплуатационный ресурс дорожных покрытий может быть продлен при условии проведения поддерживающих ремонтов по новым технологиям. В процессе эксплуатации происходит разрушение покрытий, которые проявляются в виде различных дефектов: трещин, шелушений, выбоин. На поддержание сети дорог с асфальтобетонными покрытиями необходимо проведение своевременного ремонта с целью устранения возникающих в процессе эксплуатации повреждений.

Основной причиной образования трещин на асфальтобетонных покрытиях является недостаточная прочность на растяжение и

недостаточная деформативность асфальтобетона при пониженных температурах. Эти факторы особенно проявляются на автомобильных дорогах резко-континентального климата Западно-Сибирского региона. При этом в процессе службы в покрытии битум и его структура изменяются в худшую сторону [1, 2].

На интенсивность старения битума в асфальтобетонном покрытии большое влияние оказывает структура и объем пор. Большая пустотность интенсифицирует процесс старения, так как при этом увеличивается доступ кислорода и битум становится более вязким. Старение битума является главной причиной старения самого асфальтобетона, повышенная хрупкость которого обуславливает возникновение большого количества трещин в асфальтобетонном покрытии.

Старение асфальтобетона сопровождается снижением его гидрофобности. В процессе эксплуатации водонасыщение асфальтобетона увеличивается. Вода оказывает на старение битумоминеральных композиций значительное воздействие, способствуя