

DOI: 10.15593/24111678/2017.03.07

УДК 624

А.В. Кочетков^{1,2}, Л.В. Янковский²¹Саратовский государственный технический университет
имени Ю.А. Гагарина, Саратов, Россия²Пермский национальный исследовательский
политехнический университет, Пермь, Россия

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ ВЯЖУЩИХ ДЛЯ РЕМОНТА ОТКОСОВ, КОНУСОВ МОСТОВ И ПУТЕПРОВОДОВ

Актуальность задач по увеличению срока службы защитных слоев наклонных поверхностей дорожной насыпи и мостовых откосов (конусов путепроводов) определяет повышенные требования к конструктивным решениям и качеству материалов. Системным решением обозначенных задач является применение полимерных композиционных материалов российского производства, соответствующее стратегическим ориентирам государства на применение композитов и импортозамещение. Альтернативной технологией защиты откосов автомобильных дорог, подмостовых конусов и регуляционных сооружений является их укрепление щебнем, скрепленным полиуретановым вяжущим.

В статье описан эффективный способ устройства конструкции оснований и покрытий транспортных сооружений, включающий формирование на укрепляемом полотно слоя из зерновых элементов, введение в него вяжущего и формирование каркасной структуры, отличающийся тем, что введение вяжущего в слой из зерновых элементов осуществляют путем проливки его дискретными несвязанными струями под действием силы тяжести последовательно сверху вниз, образование каркасной структуры осуществляют путем обволакивания оболочками из вяжущего зерновых элементов и формирования вертикальных нитей из вяжущего в случайно распределенных пустотах между контактирующими друг с другом оболочками, последующего отверждения и усадки вяжущего каркасной структуры. При проливе вяжущего сверху под действием собственной силы тяжести в слое зернового элемента образуется каркас в виде оболочек вяжущего на зерновых элементах и вертикальных нитей из вяжущего в случайно распределенных пустотах между контактирующими друг с другом оболочками.

Конструкции, обработанные вяжущим материалом на основе полиуретана, обладают следующими характеристиками: высокая прочность сцепления щебеночного слоя, повышенная износостойкость обработанной поверхности, простота изготовления, презентабельный внешний вид верхнего слоя обработанного щебеночного покрытия (вид мокрого камня), стабильность при частых замерзаниях и оттаиваниях, стойкость к агрессивным средам, нетоксичность, класс горючести – В1 (трудновоспламеняемые), пожаробезопасность, высокая водопроницаемость готовой конструкции. При этом применение полиуретана не приводит к негативным последствиям загрязнения окружающей среды.

Приведены конкретные примеры ремонта мостовых откосов. Опыт применения технологии ремонта откосов, выемок, насыпных сооружений, конусов мостов и путепроводов, укрепленных объемными георешетками, с использованием полиуретанового вяжущего показывает ее перспективность для более широкого распространения в практике дорожного хозяйства.

Ключевые слова: полиуретан, вяжущим материал, георешетка, закрепление откосов, конус моста, путепровод.

A.V. Kochetkov^{1,2}, L.V. Iankovskii²

¹Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russian Federation

²Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

USE OF THE POLYURETHANE SLOPES KNITTING FOR REPAIR, CONES OF BRIDGES AND OVERPASSES

The relevance of tasks of increase in life cycle of protective layers of sloping surfaces of a road embankment and bridge slopes (cones of overpasses) defines increased requirements to constructive decisions and quality of materials. The system solution of the designated tasks is the use of polymeric composition materials of the Russian production corresponding to strategic reference points of the state on application of composites and import substitution. Alternative technology of protection of slopes of highways, subbridge cones and regulatory constructions is their strengthening by the crushed stone fastened polyurethane knitting

In article the effective way of the device of a design of the bases and coverings of transport constructions including forming on the strengthened layer cloth from grain elements, introduction to him knitting, and forming of frame structure, differing in the fact that introduction knitting in a layer from grain elements carry out by a prolivka it discrete untied streams by gravity consistently from top to down is described, formation of frame structure is carried out by an obvolakivaniye covers from the knitting grain elements, and forming of vertical threads from the knitting in accidentally distributed emptiness between the covers contacting with each other, subsequent curing and shrinkage knitting frame structure. At the passage of the grain element knitting from above under the influence of own gravity in a layer the framework in the form of covers knitting on grain elements and vertical threads from knitting in accidentally distributed emptiness between the covers contacting with each other is formed.

The designs processed by the knitting material on the basis of polyurethane possess the following characteristics: high strength of coupling of a crushed-stone layer; the increased wear resistance of a worked surface; simplicity of production; presentable appearance of a top ply of the processed crushed-stone covering (a type of a wet stone); stability at frequent zamerzaniye and defrostings; resistance to hostile environment; it isn't toxic; class of combustibility of B1 (flame-resistant); it is fireproof; high water permeability of a ready design. At the same time use of polyurethane doesn't lead to negative effects of environmental pollution.

Specific examples of repair of bridge slopes are given. Experience of use of technology of repair of slopes, dredging, bulk constructions, cones of the bridges and overpasses strengthened by volume geogrids using polyurethane knitting shows its prospects for broader application in road economy.

Keywords: polyurethane, knitting material, a geogrid, fixing of slopes, a bridge cone, the overpass.

Важнейшей задачей, стоящей перед дорожным хозяйством, является эффективное повышение транспортно-эксплуатационных показателей оснований и покрытий транспортных сооружений, одним из которых является прочность конструкций, зависящая от интенсивности ее эксплуатации под воздействием транспортных средств, погодноклиматических и грунтово-гидрологических факторов. В соответствии со Стратегией инновационного развития РФ на период до 2020 г. определены основные тенденции мирового технологического развития, в том числе широкое применение материалов с новыми специальными свойствами, например композиционных материалов. В Перечне поручений Президента Российской Федерации от 12.11.12 г. (№ ПР-3028)

по итогам заседания Совета при Президенте РФ по вопросам модернизации экономики и инновационному развитию в стране от 24.10.12 г. обозначены основные положения развития композитной отрасли, в том числе включение комплекса мероприятий, направленных на развитие технологий производства композиционных материалов, конструкций и изделий из них, и создание условий для их применения в гражданских секторах экономики в государственную программу России «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности».

Актуальность задач по увеличению срока службы защитных слоев наклонных поверхностей откосов, выемок, насыпных сооружений, конусов мостов и путепроводов определяет повышенные требования к конструктивным решениям и качеству материалов. Особенности транспортного сооружения являются его линейность и значительная протяженность. Это приводит к строительству и эксплуатации большого количества участков автомобильных дорог в зонах опасного проявления природно-техногенных процессов и явлений. Воздействие этих факторов может привести к нарушению устойчивости земляного полотна автомобильной дороги. Для предотвращения чрезвычайных ситуаций возводятся откосные укрепительные конструкции различного типа: укрепление откосов засевом травы, применение бетонных плит, геоячеек, габионных конструкций, укрепление щебнем или комбинация способов [1–3]. Каждый из применяющихся способов, помимо достоинств, имеет недостатки, сужающие возможности его применения.

Актуальность задач по увеличению срока службы защитных слоев наклонных поверхностей дорожной насыпи и мостовых откосов (конусов путепроводов) определяет повышенные требования к конструктивным решениям и качеству материалов. Системным решением обозначенных задач является применение полимерных композиционных материалов российского производства, соответствующее стратегическим ориентирам государства на применение композитов и импортозамещение. Альтернативной технологией защиты откосов автомобильных дорог, подмостовых конусов и регуляционных сооружений является их укрепление щебнем, скрепленным полиуретановым вяжущим [1].

Для укрепления конструкций георешеткой с заполнителем (щебнем или гравием), обработанным вяжущим материалом, возможны два сочетания [4]:

1) комбинированный метод (георешетка + щебень + вяжущий материал на основе полиуретана): укладывается георешетка на поверх-

ность откоса, поверх нее равномерно распределяется щебень (гравий), после этого поверх щебня проливается вяжущее, например реакционно-способная смесь на основе полиуретана;

2) простое сочетание щебня с вяжущим материалом на основе полиуретана: на уже равномерно распределенный по поверхности откоса насыпи щебень (гравий) проливают вяжущий материал на основе полиуретана.

После розлива на щебень вяжущего материала (на основе полиуретана) и его застывания образуется монолитная конструкция, которая уменьшает попадание влаги в дорожную конструкцию, в результате чего увеличивается устойчивость откосов. Следовательно, появляется возможность обеспечения повышения несущей способности укрепляемых грунтов в зависимости от вида грунта и типа сооружений, а также уменьшения риска недостижения требуемого срока службы возводимых сооружений и устраиваемых конструкций [5].

Результатом этой разработки является возможность обеспечения повышения несущей способности укрепляемых грунтов в зависимости от вида грунта и типа сооружений, а также уменьшения риска недостижения требуемого срока службы возводимых сооружений и устраиваемых конструкций. Достижимый технический результат основан на использовании физико-химических и механических свойств полиуретановых композиций. Конструкция «щебень – вяжущее» может также применяться совместно с геоячейками при ремонте существующих сооружений или при новом строительстве. К преимуществам такого способа следует отнести низкую трудоемкость устройства укрепления, возможность производства работ малыми картами ручным способом и в значительных объемах с применением средств механизации, стойкость к ультрафиолету, перепадам температур и воздействию противогололедных материалов.

Важным направлением применения в дорожном хозяйстве полиуретановых композитных составов является создание антиэрозионных протекторных покрытий и покрытий для предотвращения несанкционированного осыпания, оползания (или закрепления уже имеющихся гравийно-галечных осыпаний) на таких участках строительных работ, как откосы, выемки, насыпные сооружения, конусы мостов и путепроводов.

Проведенные в МАДИ и СГТУ им. Ю.А. Гагарина опытные исследования показали эффективность данной разработки при ее реализации на месте производства работ. Преимуществами данного способа яв-

ляются технологичность и ремонтоспособность, возможность использования при новом строительстве и ремонте существующих сооружений. Укрепление вяжущим материалом на основе полиуретана позволяет уменьшить толщину конструкции «щебень – вяжущее», уменьшив высоту объемной георешетки, применяя георешетку высотой не более 7,5 (перфорированную) или 5 см (неперфорированную). Таким образом оптимизируется вес конструкции [6].

АО «ОргСинтезРесурс» обладает исключительными правами на внедрение и широкомасштабное применение материала вяжущего на основе полиуретана для автомобильных дорог и искусственных сооружений производства ООО «РТ-Полипласт» (г. Азов, Ростовская область) в соответствии со стандартом организации «Материал вяжущий на основе полиуретана для автомобильных дорог и искусственных сооружений. Технические условия» (СТО 88902325-01–2014), предназначенного для укрепления существующих (при ремонте) и вновь обустраиваемых (при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте) откосов автомобильных дорог или конусов насыпей подходов к мостовым сооружениям, укрепленных или не укрепленных геосинтетическими материалами (геоячейками). Стандарт организации согласован в Федеральном дорожном агентстве (письмо от 03.09.2015 № 01-29/26944).

Стандарт распространяется на материал вяжущий на основе полиуретана, производимый ООО «РТ-Полипласт» и применяемый при строительстве и ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений, а также устанавливает требования к материалу вяжущему на основе полиуретана, производимому ООО «РТ-Полипласт» и применяемому при строительстве и ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений, к методам испытаний и контроля. Производство полиуретана – отечественное. Данный материал является композиционным со сроком службы более 12 лет.

Вышеперечисленные материалы имеют сертификаты соответствия и включены Федеральным центром ценообразования (ФЦЦС) в государственные сметные нормативы «Федеральные сметные цены на материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве» и ГЭСН и ФЕР на строительные и специальные строительные работы (ГЭСН 01-02-050) (Приказ Минстроя России от 11.12.2015 № 899/пр).

Опыты применения подобной технологии показывают перспективность данной технологии для более широкого использования в дорожном хозяйстве, например: укрепление балластной призмы связующим

составом для Северо-Кавказской дирекции инфраструктуры в 2014 г. по объекту «Модернизация железнодорожного пути на участке Белая Калитва – Грачи, путь нечетный, 52 км ПК1 – 71 км ПК1 19,1 км»; укрепление балластной призмы связующим составом для Северо-Кавказской дирекции инфраструктуры в 2015 г. по объектам «Модернизация железнодорожного пути на участке Белая Калитва – Грачи, путь четный, 51 км ПК1 – 71 км ПК1 19,5 км», «Модернизация железнодорожного пути на участке Лоо – Дагомыс, путь нечетный, 1946 км ПК10 – 1954 км ПК3 7,1 км»; опытное применение в 2016 г. на автомобильной дороге М-4 «Дон»; ремонт конусов (ППР) на автодорожном путепроводе на КМ 52 + 741 дороги М-5 «Урал» Москва – Рязань – Пенза – Самара – Уфа – Челябинск; ремонт конусов на автодорожном путепроводе на КМ 41 + 338 автомобильной дороги М-5 «Урал»; ремонт конусов мостовых путепроводов на 0,741 км автомобильной дороги Лыткаринское шоссе в Люберецком районе и через р. Пахра в п. Володарского на км 0,195 автомобильной дороги М-5 «Урал» – п. Володарского – Каширское шоссе – Андреевское в Ленинском районе; ремонт конусов двух мостовых сооружений СОГБУ «Смоленскавтодор», а также четырех путепроводов Московской кольцевой автомобильной дороги (МКАД) [1, 4, 6].

Фоторепортаж ремонта конуса мостового путепровода, укрепленного объемной георешеткой, на 0,741 км автомобильной дороги Лыткаринское шоссе в Люберецком районе приведен ниже (рис. 1–4).

На разработку технологии получено два патента РФ [4, 6]. Изобретенный состав полиуретановой реакционной смеси для укрепления и ремонта оснований и покрытий транспортных сооружений позволяет



Рис. 1. Исходное состояние конуса путепровода, укрепленного объемной георешеткой



Рис. 2. Устройство нетканого текстиля и новой объемной георешетки



Рис. 3. Обработка щебня полиуретановым вяжущим



Рис. 4. Окончание работ по ремонту конуса путепровода

предотвратить дефектообразование и повысить однородность вяжущего материала в местах соединения зерновых элементов транспортного сооружения. Это объясняется тем, что при проливе вяжущего сверху под действием собственной силы тяжести в слое зернового элемента образуется каркас в виде оболочек вяжущего на зерновых элементах и вертикальных нитей из вяжущего в случайно распределенных пустотах между контактирующими друг с другом оболочками.

При укреплении щебеночных слоев на конусах мостов, откосах дорог, оголовках водопропускных труб, обочин и других конструкций оснований и/или покрытий транспортных сооружений, подвергающихся внешнему стохастическому механическому, температурному воздействиям различной природы, их укрепление проводят путем повышения связанности между зернами щебня вяжущим веществом. Полученная гибкая пористая структура слоя зерновых элементов выполняет функцию дренирующих прослоек и армирования слоя, так как не задерживает на поверхности влагу, ее эластичные свойства в связанном состоянии позволяют улучшить его амортизационные характеристики, повышая стабильность грунтовых объектов автомобильных дорог в широком диапазоне воздействующих факторов, в том числе типичных климатических температур наружного воздуха и атмосферных осадков, при этом применение полиуретана не приводит к негативным последствиям загрязнения окружающей среды [7].

Это расширяет функциональные и технологические возможности проектирования и устройства конструкционного слоя транспортного сооружения, позволяет обеспечить его однородные свойства по геометрическим параметрам и напряженно-деформированному состоянию.

Полиуретан – это общее название целого класса синтетических материалов. Преимуществом полиуретанов является то, что их эластичность (твердость) программируется, т.е. может широко изменяться, это зависит от пропорций используемых частей. Полиуретаны различаются не только по составу, но и по объему используемых компонентов. Они бывают одно-, двух- и трехкомпонентными.

Макромолекулы полиуретана содержат замещенные и/или незамещенные уретановые группы $-N(R)-C(O)O-$, где $R = H$, алкилы, ацил или арил. В макромолекуле полиуретана также могут содержаться сложноэфирные и простые функциональные группы, амидная, мочевиная группы и некоторые другие группы, которые определяют свойства этих полимеров [8].

Полиуретан состоит в основном из двух компонентов – полиола и изоцианата, которые получают при переработке сырой нефти. При смешивании готовых к переработке двух жидких компонентов, которые включают разные вспомогательные компоненты (вспениватель, катализаторы, стабилизаторы и т.п.), возникают реакционно-способные смеси. В зависимости от рецептур можно регулировать спектр свойств образующегося полиуретана, получают мягкий, жесткий, интегральный, монолитный или ячеистый (вспененный) материал.

Механические свойства различных полиуретанов меняются в больших пределах и зависят от длины и природы участков цепей между уретановыми группами, структурой цепей (сетчатой или линейной), молекулярными массами и степенью кристалличности [8]. Полиуретан может быть вязким жидкостным веществом или твердым, в кристаллическом или аморфном состоянии и перерабатываться по существующим технологиям: прессованием, литьем, экструзией, заливкой. Усадка полиуретановых стандартных образцов составляет 0,001 % и может регулироваться путем изменения состава реакционной смеси.

Полиуретановые композиции не склонны к старению, обладают низкой температурой стеклования и высоким уровнем стойкости к различным воздействиям окружающей среды. Готовый термопластичный полиуретан может быть мягким и очень твердым материалом. Его свойства изменяются от жесткого пластика до высокоэластичной мягкой резины. Степень твердости определяется по шкале Шора и может изменяться в интервале от 40 до 98 единиц. В случае 40 единиц по Шору полиуретан обладает повышенной эластичностью и мягкостью, а в случае 98 единиц по Шору получается материал с твердостью железа [9].

Полиуретан обеспечивает хорошую совместимость с различными видами фракционных наполнителей (щебень, гравий) (по ГОСТ 7392–2022). Вяжущее может быть модифицировано в соответствии со специальными требованиями. В зависимости от различных условий применения (температура, влажность) оптимальные вязкость и скорость полимеризации вяжущего позволяют равномерно обволакивать частицы наполнителя и образовывать в местах их соприкосновения прочные, эластичные и долговечные «клеевые мостики».

Двухкомпонентная полиуретановая система предназначена для укрепления насыпных структур из щебня и гравия. Может применяться при ремонте и устройстве щебеночных противэрозионных конструкций из твердых и мягких горных пород на автомобильных дорогах, а также для решения прочих задач, связанных с необходимостью укрепления насыпных сооружений из щебня и гравия различного гранулометрического состава.

Глубина нанесения полиуретана согласно требованиям (на весь слой щебня до геосинтетического материала) составляет, например, до 19 см и даже глубже. Максимальная глубина нанесения полиуретанового вяжущего – 12 см. Глубина нанесения зависит от расхода вяжущего и фракции щебня.

Требования к транспортированию будут отражать специфику возможного воздействия на окружающую среду взаимодействующих компонентов, хранящихся в отдельной таре.

Проведен расчет угла осыпания склонов методом излишних фигур при проектировании защитных щебеночно-полиуретановых слоев [10]. Для сыпучих материалов известно свойство: склоны не осыпаются, если угол склона не превышает угла внутреннего трения (φ_0) сыпучего материала. На языке Си разработан программный комплекс расчета угла осыпания склонов.

На основе применения программного комплекса и результатов типовых расчетов получены практические рекомендации по проектированию защитных щебеночно-полиуретановых слоев без и с применением геосинтетических материалов: базовым показателем является угол внутреннего трения; расчет проводят относительно худшего состояния склона (сухого зернистого состояния); применение защитных щебеночно-полиуретановых слоев позволяет увеличить угол откоса относительно угла внутреннего трения на 4° без риска нарушения устойчивости склона; для углов, больших суммы угла внутреннего тре-

ния материала грунта откоса и 4°, рекомендуется использование объемных георешеток; применение нетканого геотекстиля служит для обеспечения функций «пассивного насоса» и своевременного, однородного по времени и площади водоотведения, что обеспечивает противэрозионные свойства защитного покрытия.

Полный цикл затвердевания полиуретанового вяжущего занимает от 18 до 20 ч при температуре окружающего воздуха не ниже 10 °С. Технология обработки щебня двухкомпонентной полиуретановой системой определяется для конкретных условий и объемов производства работ в зависимости от требуемой производительности.

Максимальная производительность (до 10 кг/мин) достигается при помощи установки горячей разливки типа НАСТ-10 с дополнительными нагревательными элементами. Преимущество данной установки заключается в возможности ее использования при температурных условиях от 5 до 10 °С за счет подогрева материала. При помощи установки горячей разливки материал нагревается до температуры от 30 до 40 °С и равномерно распределяется на щебень. Средняя производительность (до 7 кг/мин) достигается при помощи установки типа НАСТ-7 без нагревательных элементов.

Преимущество данной установки заключается также в ее размерах, позволяющих вести работы с платформы грузового автомобиля малой грузоподъемности. Малая производительность (до 2 кг/мин) достигается при помощи ручного разбрызгивающего устройства. Подобный способ применяется на небольших участках, при ремонтных работах или в труднодоступных местах. Допускается также применение иных способов и оборудования для омоноличивания при выполнении технологических требований к элементам двухкомпонентной полиуретановой системы [11–16].

В заключение можно сделать следующие выводы:

1. Конструкции, обработанные вяжущим материалом на основе полиуретана, обладают следующими характеристиками: высокая прочность сцепления щебеночного слоя, повышенная износостойкость обработанной поверхности, простота изготовления, презентабельный внешний вид верхнего слоя обработанного щебеночного покрытия (вид мокрого камня), стабильность при частых замерзаниях и оттаиваниях, стойкость к агрессивным средам, нетоксичность, класс горючести – В1 (трудновоспламеняемые), пожаробезопасность, высокая водопроницаемость готовой конструкции.

2. Разработан эффективный способ устройства конструкции оснований и/или покрытий транспортного сооружения, включающий формирование на укрепляемом полотне слоя из зерновых элементов, введение в него вяжущего и формирование каркасной структуры, отличающийся тем, что введение вяжущего в слой из зерновых элементов осуществляют путем проливки его дискретными несвязанными струями под действием силы тяжести последовательно сверху вниз, образование каркасной структуры осуществляют путем оболочивания оболочками из вяжущего зерновых элементов и формирования вертикальных нитей из вяжущего в случайно распределенных пустотах между контактирующими друг с другом оболочками, последующего отверждения и усадки вяжущего каркасной структуры.

3. При проливе вяжущего сверху под действием собственной силы тяжести в слое зернового элемента образуется каркас в виде оболочек вяжущего на зерновых элементах и вертикальных нитей из вяжущего в случайно распределенных пустотах между контактирующими друг с другом оболочками.

4. Опыт применения технологии ремонта откосов, выемок, насыпных сооружений, конусов мостов и путепроводов, укрепленных объемными георешетками, с использованием полиуретанового вяжущего показывает ее перспективность для более широкого распространения в практике дорожного хозяйства.

Список литературы

1. Кочетков А.В., Леонтьев В.Ю. Применение вяжущего материала на основе полиуретана для укрепления и ремонта защитных покрытий транспортных сооружений // Транспортное строительство. – 2016. – № 1. – С. 7–10.

2. Москалев О.Ю., Малышев Е.В., Кокодеева Н.Е. О влиянии слоя композита на основе геосотого материала на работу дорожной одежды // Дороги и мосты. – 2014. – Т. 2, № 32. – С. 55–69.

3. Задирака А.А. Применение полиуретановых композитных составов для устройства оснований и/или покрытий транспортных сооружений // Вестник Белгород. гос. техн. ун-та им. В.Г. Шухова. – 2017. – № 4. – С. 72–75.

4. Конструкция покрытия транспортного сооружения: пат. № 155397 Рос. Федерация / Кокодеева Н.Е., Кочетков А.В., Леонтьев В.Ю. – Заявл. № 2015101331/03 (001897), приоритет 19.01.2015.

5. Кокодеева Н.Е. Проектирование, строительство и эксплуатация транспортных сооружений по условию обеспечения безопасности движения с учетом теории риска // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2013. – № 1 (1). – С. 20–25.

6. Способ устройства конструкции основания и/или покрытия транспортного сооружения: пат. № 2593506 Рос. Федерация / Кокодеева Н.Е., Кочетков А.В., Леонтьев В.Ю. – Заявл. 10.08.2016.

7. Асталюхина А.С. Разработка и исследование свойств защитного покрытия на основе модифицированного полиуретана // Новая наука: от идеи к результату. – 2016. – № 5-2 (84). – С. 138–141.

8. Полиуретаны [Электронный ресурс]. – URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Полиуретаны> (дата обращения: 11.07.2017).

9. Промышленные материалы. Полиуретан [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.aston-balt.ru/print.htm?file=%2Fcat%2Fprom%2Fpoliuretan%2F1.htm> (дата обращения: 11.07.2017).

10. Методика расчета угла осыпания склонов методом излишних фигур при проектировании защитных щебеночно-полиуретановых слоев / В.Ю. Леонтьев, А.В. Кочетков, Л.В. Янковский, В.Ю. Задворнов, И.Г. Шашков // Дороги и мосты. – 2016. – № 36. – С. 51–66.

11. Леонтьев В.Ю. Укрепление откосов земляных сооружений. Вяжущий материал на основе двухкомпонентной полиуретановой системы ДОРОЛИТ // Новые технологии в строительстве. – 2016. – № 1. – С. 14–31.

12. Леонтьев В.Ю. Полиуретановые покрытия // Автомобильные дороги. – 2016. – № 5. – С. 78–83.

13. Леонтьев В.Ю. Применение вяжущего материала на основе полиуретана для укрепления и ремонта защитных покрытий транспортных сооружений // Транспортное строительство. – 2016. – № 1. – С. 7–10.

14. Кокодеева Н.Е., Валиев Ш.Н. Применение геосинтетики в транспортном строительстве и ландшафтном сервисе [Электронный ресурс] // Техническое регулирование в транспортном строительстве. – 2015. – № 3 (11). – URL: trts.esrae.ru/18-78 (дата обращения: 31.01.2016).

15. Леонтьев В.Ю., Кокодеева Н.Е. Методы ремонта щебеночных конструкций, армированных объемными георешетками на конусах мостовых сооружений и откосах автомобильных дорог // Дороги. Инновации в строительстве. – 2015. – № 43. – С. 74–78.

16. ОДМ 218.3.093–2017. Методические рекомендации по применению полиуретанового вяжущего для укрепления откосов, выемок, насыпных сооружений, конусов мостов и путепроводов / ФДА. – М., 2017. – 80 с.

References

1. Kochetkov A.V., Leont'ev V.Yu. Primenenie vyazhushchego materiala na osnove poliuretana dlya ukrepleniya i remonta zashchitnykh pokrytij transportnykh sooruzhenij [The use of binder based on polyurethane for strengthening and repair of protective coatings and transport facilities]. *Transportnoe stroitel'stvo*, 2016, no. 1, pp. 7-10.
2. Moskalev O.Iu., Malyshev E.V., Kokodeeva N.E. O vliianii sloia kompozita na osnove geosotovogo materiala na rabotu dorozhnoi odezhdy [On the influence of a composite layer on the basis of geosot material on the work of pavement]. *Dorogi i mosty*, 2014, no. 32, pp. 55-69.
3. Zadiraka A.A. Primenenie poliuretanovykh kompozitnykh sostavov dlya ustrojstva osnovanij i/ili pokrytij transportnykh sooruzhenij [Use a polyurethane composite for the device base and/or coatings of transportation facilities] *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova*, 2017, no. 4, p. 72-75.
4. Kokodeeva N.E., Kochetkov A.V., Leont'ev V.YU. Konstrukcija pokrytija transportnogo sooruzhenija [The coating design of transport structures]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 155397, 2015.
5. Kokodeeva N.E. Proektirovanie, stroitel'stvo i ekspluatatsiia transportnykh sooruzhenii po usloviu obespecheniia bezopasnosti dvizheniia s uchetom teorii riska [Design, construction and operation of transport facilities on the condition of ensuring traffic safety taking into account the risk theory]. *Tekhnicheskoe regulirovanie v transportnom stroitel'stve*, 2013, no.1 (1), pp. 20-25.
6. Kokodeeva N.E., Kochetkov A.V., Leont'ev V.Yu. Sposob ustrojstva konstrukcii osnovanija i/ili pokrytija transportnogo sooruzhenija [Method of device design base and/or cover transport facilities]. Patent Rossiiskaia Federatsiia no. 2593506, 2016.
7. Astalyuhina A.S. Razrabotka i issledovanie svojstv zashhitnogo pokrytija na osnove modifitsirovannogo poliuretana [Development and study of properties of protective coatings based on modified polyurethane]. *Novaya nauka: Ot idei k rezul'tatu*, 2016, 5-2 (84), pp. 138-141.
8. Poliuretany, available at: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Poliuretany>. (accessed 11 July 2017).
9. Promyshlennye materialy. Poliuretan, available at: <http://www.astonbalt.ru/print.htm?file=%2Fcat%2Fprom%2Fpoliuretan%2F1.htm>. (accessed 11 July 2017).

10. Leont'ev V.Ju., Kochetkov A.V., Jankovskij L.V., Zadvornov V.Ju., Shashkov I.G. Metodika rascheta ugla osypanija sklonov metodom izlishnih figur pri proektirovanii zashhitnyh shhebjonochno-poliuretanovyh sloev [The method of calculation of angle of repose slopes method unnecessary shapes in the design of protective gravel-the polyurethane layers]. *Dorogi i mosty*, 2016, no. 36, pp. 51-66.

11. Leont'ev V.Ju. Ukreplenie otkosov zemljanyh sooruzhenij. Vjzhushhij material na osnove dvuhkomponentnoj poliuretanovoj sistemy DOROLIT [Strengthening of slopes of earthen structures. A binder-based two-component polyurethane system DOROLIT], *Novye tehnologii v stroitel'stve*, 2016, no. 1, pp. 14-31.

12. Leont'ev V.Ju. Poliuretanovye pokrytija [Polyurethane coatings]. *Avtomobil'nye dorogi*, 2016, no. 5, pp. 78-83.

13. Leont'ev V.Ju. Primenenie vjzhushhego materiala na osnove poliuretana dlja ukreplenija i remonta zashhitnyh pokrytij transportnyh sooruzhenij [The use of binder based on polyurethane for strengthening and repair of protective coatings and transport facilities]. *Transportnoe stroitel'stvo*, 2016, no. 1, pp. 7-10.

14. Kokodeeva N.E., Valiev Sh.N. Primenenie geosintetiki v transportnom stroitel'stve i landshaftnom servise [The use of geosynthetics in road building and landscape services] *Tehnicheskoe regulirovanie v transportnom stroitel'stve*, 2015, no 3 (11), available at: <http://trts.esrae.ru/18-78> (accessed 31 January 2016).

15. Leont'ev V.Ju., Kokodeeva N.E. Metody remonta shhebenochnyh konstrukcij, armirovannyh ob"emnymi georeshetkami na konusah mostovyh sooruzhenij i otkosah avtomobil'nyh dorog [Repair methods crushed stone constructions, reinforced surround geogrid on cones of bridges and the road slopes] *Dorogi. Innovacii v stroitel'stve*, 2015, no. 43, pp. 74-78.

16. ODM 218.3.093-2017. Metodicheskie rekomendatsii po primeneniiu poliuretanovogo vjzhushchego dlja ukrepleniia otkosov, vyemok, nasypnykh sooruzhenii, konusov mostov i puteprovodov [Methodical recommendations on the use of a polyurethane binder for strengthening slopes, recesses, bulk structures, cones of bridges and overpasses]. Moscow, 2017, 80 p.

Получено 30.08.2017

Об авторах

Кочетков Андрей Викторович (Пермь, Россия) – доктор технических наук, профессор, Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина (410054, г. Саратов, ул. Политехническая, 77); профессор кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: soni.81@mail.ru); председатель Поволжского отделения РАТ, член президиума РАТ, главный эксперт ФАУ «РОСДОРНИИ», г. Москва.

Янковский Леонид Вацлавович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и технологические машины», Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: yanekperm@yandex.ru).

About the authors

Andrei V. Kochetkov (Perm, Russian Federation) – Doctor of Technical Sciences, Professor, Yuri Gagarin State Technical University of Saratov (77, Polytechnic st., Saratov, 410054, Russian Federation); Professor, Department of Automobiles and Technological Machines, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: soni.81@mail.ru); Chairman of the Povolzhsky Branch of the Russian Academy of Sciences, Member of the Presidium of the Russian Academy of Sciences, Chief Expert of the Federal Antimonopoly Service “ROSDORNII”, Moscow.

Leonid V. Iankovskii (Perm, Russian Federation) – Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor, Department of Automobiles and Technological Machines, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation, e-mail: yanekperm@yandex.ru).