



УДК 625.06
ГРНТИ 05.23.05

ВЛИЯНИЕ СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ СОСТАВА НА СВОЙСТВА ГЕРМЕТИКА ДЛЯ ШВОВ АЭРОДРОМНОГО ПОКРЫТИЯ

*Ю.Е. ГРЯДУНОВА, кандидат технических наук
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
О.Н. ФИЛИМОНОВА, доктор технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
М.В. ЕНЮТИНА, кандидат технических наук, доцент
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
С.С. НИКУЛИН, доктор технических наук, академик РАЕ, профессор
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

В статье проведен анализ герметика для заливки швов аэродромных покрытий. Проведена оценка влияния основных факторов на свойства битумно-полимерного герметика. Получены регрессионные уравнения зависимости влияния компонентов состава герметика на его свойства.

Ключевые слова: состав; свойства; герметик; аэродромное покрытие; регрессионное уравнение.

INFLUENCE OF THE COMPOSITION COMPONENTS RATIO ON THE PROPERTIES OF THE SEALANT FOR AIRFIELD COVERINGS SEAMS

*YU.E. GRYADUNOVA, Candidate of Technical Sciences
MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)
O.N. FILIMONOVA, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor
MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)
M.V. ENYUTINA, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
MESC AF "N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin Air Force Academy" (Voronezh)
S.S. NIKULIN, Doctor of Technical Sciences, Academician of the RAS, Professor
VUNЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

The article analyzes the sealant for filling joints of airfield coatings. The influence of the main factors on the properties of the bitumen-polymer sealant is estimated. The regression equations of the sealant components influence on its properties are obtained.

Keywords: composition; properties; sealant; aerodrome coating; regression equation.

Введение. В настоящее время совершенствуются летательные аппараты, увеличивается их грузоподъемность, что в свою очередь должно отражаться и на конструктивных особенностях взлётно-посадочных полос.

Одними из важных элементов аэродрома являются искусственные аэродромные покрытия, которые представляют собой сложные дорогостоящие инженерные сооружения.

Возможность эксплуатации воздушных судов на искусственных покрытиях определяется их несущей способностью и эксплуатационно-техническим состоянием, от которых напрямую зависит регулярность и безопасность полетов.

Современные аэродромные покрытия зачастую выполнены из предварительно напряженных железобетонных плит. В процессе эксплуатации аэродромных покрытий под воздействием колесных нагрузок воздушных судов, эффектов струйного воздействия



реактивных двигателей, климатических и гидрогеологических факторов происходит постепенное снижение прочности всей аэродромной конструкции, связанное с внутренними необратимыми изменениями. Природные факторы (температура, осадки, колебания уровня грунтовых вод и др.) оказывают отрицательное влияние на работу аэродромных покрытий, а также на состояние и свойства резинобитумного герметика в монтажных проемах и швах покрытия.

Актуальность. Для предотвращения преждевременного разрушения аэродромных покрытий и увеличения срока их службы необходимо соблюдение ряда эксплуатационных требований, создание системы контроля за их состоянием на различных этапах эксплуатации, организация планово-предупредительных ремонтов.

Первые дефекты в момент их появления не оказывают заметного влияния на состояние покрытия. Однако, со временем данные дефекты способствуют дальнейшему нарушению целостности покрытия, при которых эксплуатация взлетно-посадочных полос становится недопустимой по условиям обеспечения безопасности полетов.

Аэродромное покрытие из плит ПАГ (плита аэродромная гладкая), собранных через сварное соединение монтажных скоб, лежит на искусственном основании из уплотненного щебня различных фракций через пескоцементную прослойку толщиной не менее 5 см. Швы между плитами на 2/3 толщины плиты заполняются пескоцементной смесью и на 1/3 заливаются резинобитумным герметиком. Это делается для того, чтобы исключить попадание влаги в виде талых вод и атмосферных осадков к основанию. Подмывание основания приводит к потере несущей способности покрытия, его просадке и преждевременному разрушению, что отрицательно влияет на безопасность полетов воздушных судов [1]. Поэтому к качеству герметизирующего материала необходимо уделять особое внимание.

Актуальной проблемой в области аэродромного строительства является повышение надежности и долговечности аэродромных покрытий, которое можно достичь благодаря улучшению качества герметизирующего материала швов цементобетонных плит.

В последние годы активно развивается промышленность полимерных материалов, совершенствуются технологии их производства, позволяющие придать комплекс новых свойств получаемым композитам.

Синтетические полимерные материалы широко используются в различных областях строительства, в том числе и в военно-промышленном комплексе. Успехи химии в области синтеза полимеров открывают неограниченные возможности для изготовления материалов, обладающих комплексом новых свойств.

В зависимости от категории покрытия, дорожно-климатической зоны в качестве герметика применяют резинобитумные вяжущие, битумно-полимерные мастики, полимерные герметики [2]. В резинобитумных и битумно-полимерных герметиках высокомолекулярные органические соединения позволяют улучшить эксплуатационные свойства применяемых композитов, их физико-механические показатели, и для этих целей чаще всего используются полибутадиеновый каучук, нефтеполимерные смолы, резиновые термоэластопласты [3-5], либо резиновая крошка в сочетании с термоэластопластом [6]. Могут быть использованы смеси этилен-пропиленового и бутадиев-стирольного каучуков с полиэтиленом высокого давления [7], соляровое масло, жирные органические кислоты, полиэтиленполиамин [8], отходы производства каучуков и латексов. Для повышения гомогенности системы компоненты состава растворяют в горячем состоянии в органических растворителях, например, в смеси керосина и мазута [9], сланцевом масле, толуоле [10].

Основными компонентами полимерных герметиков являются каучук, наполнитель и пластификатор. Природа используемого полимера оказывает доминирующее влияние на эксплуатационные свойства герметика [2]. В качестве компонентов герметиков чаще всего применяют бутилкаучуки, полиизобутилен, этилен-пропиленовый каучук (СКЭПТ) [11]. Из литературных источников известно [11], что в промышленных масштабах находит применение



для герметизации швов аэродромных покрытий герметик, состоящий из олигомерного бутадиенового каучука с концевыми гидроксильными группами ди- или полиизоцианата, аминного катализатора, наполнителя и пластификатора – нефтяного масла. Основными недостатками данного герметика являются низкие показатели относительного удлинения при когезионном разрыве; невысокая стойкость к ультрафиолетовому облучению; ограниченный диапазон рабочих температур; дороговизна и дефицитность используемого компонента.

Авторами [12] предложена полимерная композиция, включающая бутадиен-стирольный термоэластопласт, бутилкаучук, этилен-пропиленовый каучук, пластификатор, антиоксидант и наполнитель. Другая композиция включает олигомерный бутадиеновый каучук с концевыми гидроксильными группами, ди- и полиизоцианат, аминный катализатор, наполнитель и нефтяное масло в качестве пластификатора [13].

Объекты и методы исследования. Объектом является герметик, содержащий низкомолекулярный диеновый каучук, ди- или полиизоцианаты, пластификатор, в качестве низкомолекулярного диенового каучука добавлен деструктурированный бутадиен-стирольный сополимер, а в качестве пластификатора-инденкумароновая смола и дополнительно латекс высокостирольного бутадиен-стирольного сополимера, агидол-2 ВС-30А, а также фенотиазин и его производные: фенотиазин (МРТУ 6-09-4099), 2-ацетилфенотиазин, 2-винилфенотиазин и растворители: нефрас С-4-150/200 (ТУ 38.1011026), ксилол (ГОСТ 9949).

Исследования направлены на улучшение эксплуатационных свойств герметика, применяемого для швов покрытий аэродромов, а именно, снижение температуры хрупкости, расширение диапазона рабочих температур, увеличение относительного удлинения при низких температурах.

Экспериментальная часть. Получение герметизирующего состава осуществляли следующим образом.

На первом этапе проводили деструкцию отходов бутадиен-стирольного каучука СКС-30 АРК, СКС-30 АРКПН с целью снижения молекулярной массы сополимера. Деструкцию ведут при 100 °С в течение 7 ч. В качестве катализатора деструкции использовали тройной сиккатив (ТУ 205 РСФСР 11.880) в количестве 5,0 мас. %. Процесс проводили в углеводородных растворителях: ксилол, нефрас в присутствии кислорода воздуха. Содержание низкомолекулярного сополимера в растворе 20 %. Характеристическая вязкость полученного раствора 0,7-0,8 дл/г.

В аппарат загружали заданное количество деструктурированного бутадиен-стирольного каучука, инденкумароновую смолу, бутадиен-стирольный латекс с высоким содержанием стирола. Гомогенизацию системы осуществляли при интенсивном перемешивании при температуре (125±2) °С. Через 10-15 мин начинали отгонку азеотропной смеси (углеводородный растворитель - вода). Температуру и скорость отгонки регулировали подачей пара. Отгонку проводили до получения сухого остатка 40-60 мас. % (~ 60 мин). После чего аппарат охлаждали и выгружали полученный композит.

Отгонку растворителя можно проводить и под вакуумом. Так, при давлении 200 мм рт. ст., температура отгонки снижается до 90 °С, а ее продолжительность сокращается до 40 минут.

Антиоксиданты вводили в состав получаемого герметика после завершения отгонки растворителя.

На завершающей стадии осуществляли смешение полученной композиции с ди- или полиизоцианатами при 0-30 °С. После смешения компонентов герметик сохраняет жизнеспособность 2-3 ч, время полного отверждения герметика 24 ч при 20 °С.

Для установления наилучшего соотношения компонентов в герметизирующем составе был использован метод планирования эксперимента. Исследование влияния таких факторов, как содержание деструктурированного бутадиен-стирольного каучука, содержание полиизоцианата марки «Д», дозировка бутадиен-стирольного латекса, содержание инденкумаронової смолы, проводили с применением плана греко-латинского квадрата 4×4 [14].



Для каждого фактора были взяты четыре уровня варьирования:

фактор А – содержание деструктированного бутадиен-стирольного каучука, мас.ч. – 29,0; 36,0; 43,0; 50,0;

фактор В – содержание полиизоцианата марки «Д», мас.ч. – 1,0; 2,6; 4,3; 6,0;

фактор С – дозировка бутадиен-стирольного латекса, мас.ч. – 2,0; 3,5; 5,0; 6,5;

фактор D – содержание инден-кумароновой смолы, мас.ч. – 0,5; 1,0; 1,5; 2,0.

Свойства получаемого герметика оценивали по изменению относительного удлинения при температурах плюс 20 °С и минус 30 °С.

Результаты и их обсуждение. По экспериментальным результатам построены графические зависимости (рисунок 1) влияния вышеперечисленных факторов на относительное удлинение при температурах плюс 20 °С и минус 30 °С и получены регрессионные уравнения, имеющие следующий вид:

при плюс 20 °С:

$$Y_{20} = 1,037 \cdot 10^{-8} \cdot (555,80 - 2,45 \cdot a) \cdot (554,94 - 26,93 \cdot b) \cdot (473,44 - 3,48 \cdot c) \cdot (464,60 - 4,80 \cdot d);$$

при минус 30 °С

$$Y_{-30} = 3,533 \cdot 10^{-8} \cdot (387,20 - 2,08 \cdot a) \cdot (356,07 - 44,42 \cdot b) \cdot (303,02 + 0,41 \cdot c) \cdot (312,90 - 6,50 \cdot d).$$

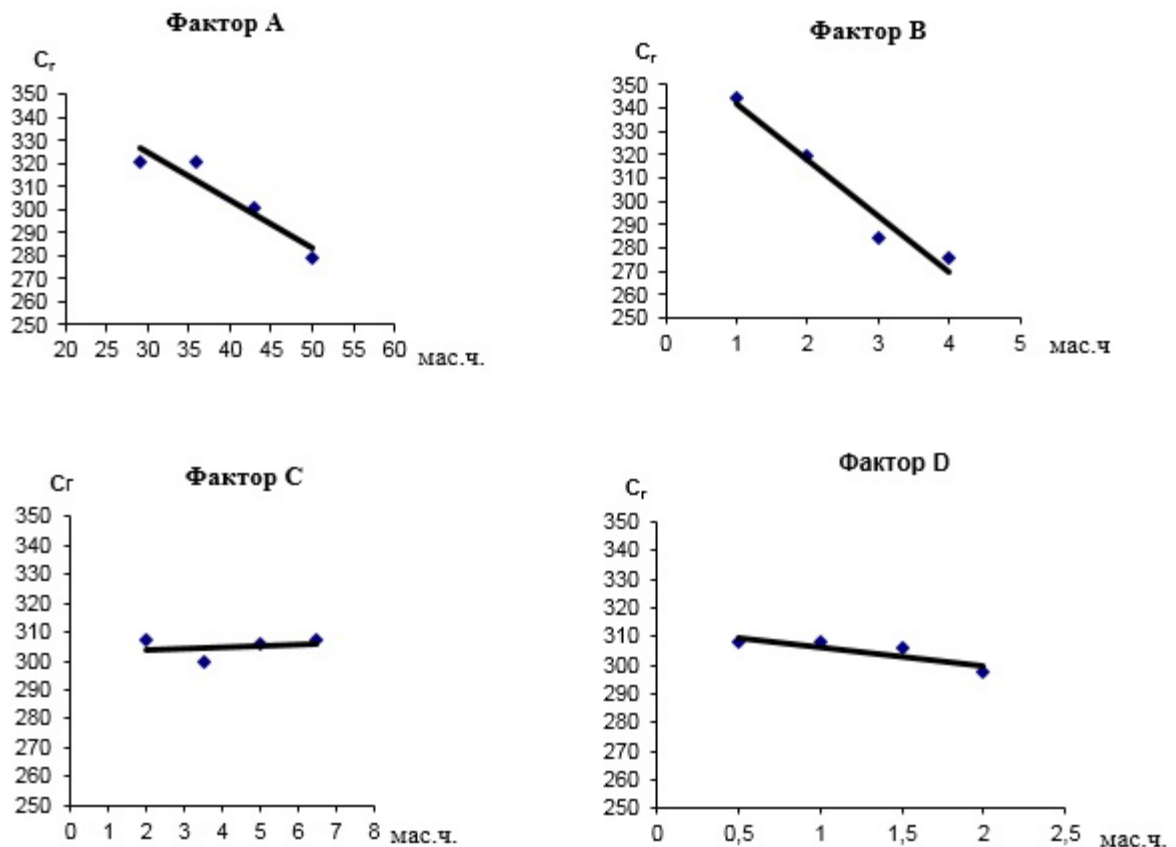


Рисунок 1 – Среднегеометрические значения факторов при температуре минус 30 °С

Анализ зависимостей показал, что наиболее сильное влияние на изменение относительного удлинения как при обычной, так и при пониженной температуре оказывают первые два фактора (содержание деструктированного бутадиен-стирольного каучука и полиизоцианата марки «Д»).

Последующие два фактора оказывают незначительное влияние на эти две функции отклика. Повышение содержания бутадиен-стирольного каучука с высоким содержанием



стирола приводит к естественному снижению удлинения как при обычных, так и при пониженных температурах.

Высокое содержание стирола снижает также эластичность системы и повышает жесткость композита. Аналогичное влияние оказывает и второй фактор. С повышением полиизоцианата в герметизирующей композиции возрастает густота получаемой сетки, что также приводит к снижению относительного удлинения.

Однако снижение этих показателей для герметика, используемого для заделки швов аэродромного покрытия не является радикальным, так как даже с высоким содержанием первых двух компонентов герметик обладает достаточно высокой эластичностью как при обычной, так и при повышенной температуре.

Использование при приготовлении герметиков деструктивных бутадиен-стирольных каучуков позволяет ввести в получаемые низкомолекулярные полимерные материалы кислородсодержащие функциональные группы. Появление функциональных групп в получаемой полимерной композиции приводит к снижению потерь антиоксидантов в процессе приготовления герметика, что связано с образованием водородных связей между полярными группами окисленного бутадиен-стирольного каучука и антиоксидантом [2]. Введение полярных групп повышает сродство макромолекул бутадиен-стирольного каучука, обретающего полярность, с полярными молекулами антиоксиданта. Это позволит с одной стороны уменьшить потери антиоксиданта вследствие выпотевания его на поверхность, с другой стороны снижение потерь антиоксиданта позволит повысить срок службы получаемых герметизирующих материалов.

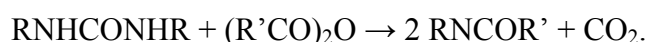
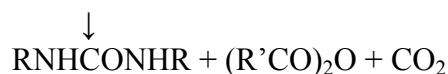
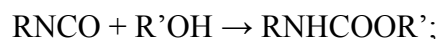
Уменьшения потерь антиоксиданта не наблюдается в случае использования в составе герметизирующей композиции веществ, не несущих в себе функциональных групп (гидроксильных, карбонильных, карбоксильных).

Стабилизация свойств получаемой герметизирующей композиции во времени повышает устойчивость к УФ-воздействию, увеличивает срок службы герметика. Кроме того, использование в герметизирующем составе низкомолекулярных полимеров, содержащих кислородсодержащие функциональные группы придает герметизирующей композиции повышенное сродство к бетонной матрице за счет повышения ее адгезионных свойств.

Использование в качестве отвердителя низко- и высокомолекулярных изоцианатов способствует получению безусадочного герметика, т.е. в процессе его отверждения изоцианатными группами, которые выполняют функцию сшивающих агентов, происходит выделение низкомолекулярных газообразных продуктов, обеспечивающих его вспенивание и соответственно увеличение объема.

Это исключает возникновение при отверждении герметика впадин, в которых может скапливаться вода, что особенно нежелательно в осенне-зимне-весенний период, так как в эти периоды часто происходит замерзание воды и образование обледенения, способного привести к нарушению герметизации получаемого покрытия.

Применение изоцианатного отвердителя в герметизирующем составе позволяет получить сшитый полимерный композит, устойчивый к действию химических реагентов. Химические реакции взаимодействия изоцианатов с кислородсодержащими функциональными группами представлены в следующем виде.





Взаимодействие изоцианатов с кислородсодержащими функциональными группами обеспечивает придание однородности составу, при этом увеличивается стойкость к образованию трещин.

Заключение. Использование в двухкомпонентном герметике в качестве отверждающих компонентов изоцианатных добавок позволяет получить композиты, обладающие повышенной устойчивостью к низким температурам и термоокислительному воздействию, особенно в случае применения фенотиазиновых антиоксидантов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лешицкая Т. П., Попов В. А. Современные методы ремонта аэродромных покрытий. М.: МАДИ-ТУ, 1999. 132 с.
2. Платонов А.П. Полимерные материалы в дорожном и аэродромном строительстве: Монография. М.: Транспорт, 1994. 157 с.
3. Пат. 2148063 Российская Федерация, МПК7 С 08 L 95/00, С 04 В 26/26. Вяжущее для дорожного строительства / Илиополов С.К. [и др.]; заявитель и патентообладатель Илиополов С.К., Безродный О.К., Углова Е.В., Мардиросова И.В., Меркулова С.А., Кучеров В.А., Шитиков С.В.; заявл.30.06.1998; опубл. 27.04.2000.
4. Пат. 2516605 Российская Федерация, МПК7 Е 01 С 7/35, С 08 L 95/00. Способ обработки асфальтобетонных дорожных покрытий / Санду Р.А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГУП «Госуд. ордена труд. кр. знам. НИИ хим. реактивов и особо чистых хим. вещ-в». № 2012153391/03; заявл. 11.12.2012; опубл. 20.05.2014.
5. Пат. 2186044 Российская Федерация, МПК7 С 04 В 26/26, С 08 L 95/00. Вяжущее для дорожного строительства / Илиополов С.К. [и др.]; заявитель и патентообладатель Илиополов С.К., Болдырев В.И., Мардиросова И.В., Углова Е.В., Котов В.Л., Задорожний Д.В.; заявл.17.11.2000; опубл. 27.07.2002.
6. Пат. 2426754 Российская Федерация, МПК7 С 08 L 95/00. Битумно-резиновая мастика / Илиополов С.К. [и др.]; заявители и патентообладатели Илиополов С.К., Мардиросова И.В., Леконцев Е.В., Горелов С.В., Каклюгин А.В., Ивановская И.В., Черных Д.С., Балабанов О.А., ГОУ ВПО «Ростовский государственный строительный университет». № 2010105357/04; заявл. 15.02.2010; опубл. 20.08.2011.
7. Пат. 5153 Республика Беларусь, МПК7 С 08 L 95/00. Битумно-полимерная композиция (варианты) / Мацкевич В.Н. [и др.]; заявитель и патентообладатель № а 19990793; заявл. 13.08.1999; опубл. 30.06.2003.
8. Пат. 2345967 Российская Федерация, МПК7 С 04 В 26/26, С 08 L 95/00, С 09 D 195/00. Холодная смесь для ремонта асфальтобетонных дорожных покрытий / Васильев Ю.Э. [и др.]; заявитель и патентообладатель Шитиков Е.С. № 2007240872/04; заявл. 07.11.2007; опубл. 10.02.2009.
9. Пат. 2270846 Российская Федерация, МПК7 С 08 L 95/00, С 09 D 195/00. Способ приготовления битумно-каучукового вяжущего / Калгин Ю.И. [и др.]; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО ВГАСУ. № 2004124336/04; заявл. 09.08.2004; опубл. 27.02.2006.
10. Пат. 2218369 Российская Федерация, МПК7 С 08 L 5/00, С 08 L 17/00, С 08 L 23/16, С 08 K 3/06, С 08 K 5/44, С 08 K 7/00. Способ получения композиционной мастики / Щелков Ф.Л. [и др.]; заявитель и патентообладатель ООО «Татнефтедор». № 2001100313/04; заявл. 09.01.2001; опубл. 10.12.2003.
11. Муртазина Л.И. и др. Неотверждаемые герметики высокого наполнения на основе этиленпропилендиенового каучука // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 24. С. 71-73.
12. А.с. 449088 СССР, С 09 К 3/10, С 09 J 3/12, С 08 D 9/00 Состав для герметизации строительных конструкций / В.К. Комлев, В.И. Ватажина, А.Л. Панферова, В.В. Смирнова,



заявитель Всесоюзный научно-исследовательский проектно-конструкторский институт новых строительных материалов, заявка 1928077/23-5, заявл. 29.05.73, опубл. 05.11.74.

13. А.с. 979482 СССР, С 09 К 3/10, С 08 L 9/00. Герметизирующая композиция / Л.М. Демченко, С.В. Булычева, В.К. Комлев, В.Л. Косарева, Е.И. Несмелов; заявитель Всесоюзный научно-исследовательский институт полимерных строительных материалов. заявка 3247017/23-05, заявл. 10.02.81, опубл. 07.12.82.

14. Грачев Ю.П., Плаксин Ю.М. Математические методы планирования эксперимента. М.: ДеЛиПринт, 2005. 296 с.

REFERENCES

1. Leshhitskaya T. P., Popov V. A. *Sovremennye metody remonta aehrodromnykh pokrytij*. М.: МАДИ-TU, 1999. 132 с.

2. Platonov A.P. *Polimernye materialy v dorozhnom i aehrodromnom stroitel'stve: Monografiya*. М.: Transport, 1994. 157 с.

3. Pat. 2148063 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 S 08 L 95/00, S 04 V 26/26. Vyazhushhee dlya dorozhnogo stroitel'stva / Iliopolov S.K. [i dr.]; заявитель i patentoobladatel' Iliopolov S.K., Bezrodnyj O.K., Uglova E.V., Mardirosova I.V., Merkulova S.A., Kucherov V.A., SHitikov S.V.; заявл.30.06.1998; opubl. 27.04.2000.

4. Pat. 2516605 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 E 01S 7/35, S 08 L 95/00. Sposob obrabotki asfal'tobetonnykh dorozhnykh pokrytij / Sandu R.A. [i dr.]; заявитель i patentoobladatel' FGUP «Gosud. ordena trud. kr. znam. NII khim. reaktivov i osobo chistykh khim. veshh-v». № 2012153391/03; заявл. 11.12.2012; opubl. 20.05.2014.

5. Pat. 2186044 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 S 04 V 26/26, S 08 L 95/00. Vyazhushhee dlya dorozhnogo stroitel'stva / Iliopolov S.K. [i dr.]; заявитель i patentoobladatel' Iliopolov S.K., Boldyrev V.I., Mardirosova I.V., Uglova E.V., Kotov V.L., Zadorozhnij D.V.; заявл.17.11.2000; opubl. 27.07.2002.

6. Pat. 2426754 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 S 08 L 95/00. Bitumno-rezinovaya mastika / Iliopolov S.K. [i dr.]; заявители i patentoobladateli Iliopolov S.K., Mardirosova I.V., Lekontsev E.V., Gorelov S.V., Kaklyugin A.V., Ivanovskaya I.V., CHernykh D.S., Balabanov O.A., GOU VPO «Rostovskij gosudarstvennyj stroitel'nyj universitet». № 2010105357/04; заявл. 15.02.2010; opubl. 20.08.2011

7. Pat. 5153 Respublika Belarus', MPK7 C 08 L 95/00. Bitumno-polimernaya kompozitsiya (varianty) / Matskevich V.N. [i dr.]; заявитель i patentoobladatel' № a 19990793; заявл. 13.08.1999; opubl. 30.06.2003.

8. Pat. 2345967 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 S 04 V 26/26, S 08 L 95/00, S 09 D 195/00. KHolodnaya smes' dlya remonta asfal'tobetonnykh dorozhnykh pokrytij / Vasil'ev YU.EH. [i dr.]; заявитель i patentoobladatel' SHitikov E.S. № 2007240872/04; заявл. 07.11.2007; opubl. 10.02.2009.

9. Pat. 2270846 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 S 08 L 95/00, S 09 D 195/00. Sposob prigotovleniya bitumno-kauchukovogo vyazhushhego / Kalgin YU.I. [i dr.]; заявитель i patentoobladatel' GOU VPO VGASU. № 2004124336/04; заявл. 09.08.2004; opubl. 27.02.2006.

10. Pat. 2218369 Rossijskaya Federatsiya, MPK7 S 08 L5/00, S 08 L 17/00, S 08 L 23/16, S 08 K 3/06, S 08 K 5/44, S 08 K 7/00. Sposob polucheniya kompozitsionnoj mastiki / SHHelkov F.L. [i dr.]; заявитель i patentoobladatel' ООО «Tatneftedor». № 2001100313/04; заявл. 09.01.2001; opubl. 10.12.2003.

11. Murtazina L.I. i dr. Neotverzhdaemye germetiki vysokogo napolneniya na osnove ehtilenpropilendienovogo kauchuka // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2013. № 24. S. 71-73.

12. А.с. 449088 SSSR, S 09 K 3/10, S 09 J 3/12, С 08 D 9/00 Sostav dlya germetizatsii stroitel'nykh konstruksij / V.K. Komlev, V.I. Vatazhina, A.L. Panferova, V.V. Smirnova, заявитель



Vsesoyuznyj nauchno-issledovatel'skij proektно-konstruktorskij institut novykh stroitel'nykh materialov, zayavka 1928077/23-5, zayavl. 29.05.73, opubl. 05.11.74.

13. A.s. 979482 SSSR, S 09 K 3/10, S 08 L 9/00. Germetiziruyushhaya kompozitsiya / L.M. Demchenko, S.V. Bulycheva, V.K. Komlev, V.L. Kosareva, E.I. Nesmelov; zayavitel' Vsesoyuznyj nauchno-issledovatel'skij institut polimernykh stroitel'nykh materialov. zayavka 3247017/23-05, zayavl. 10.02.81, opubl. 07.12.82.

14. Grachev YU.P., Plaksin YU.M. Matematicheskie metody planirovaniya ehksperimenta. M.: DeLiPrint, 2005. 296 s.

© Грядунова Ю.Е., Филимонова О.Н., Енютина М.В., Никулин С.С., 2018

Грядунова Юлия Евгеньевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник 24 отдела 2 управления научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, prostoyulianna@mail.ru

Филимонова Ольга Николаевна, доктор технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник 22 отдела 2 управления научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, olga270757@rambler.ru

Енютина Марина Викторовна, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник 21 отдела 2 управления научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, maryena63@mail.ru

Никулин Сергей Саввович, доктор технических наук, академик РАЕ, профессор, старший научный сотрудник 24 отдела 2 управления научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), Россия, 394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков, 54А, nikulin_sergey48@mail