

## Влияние магнитных полей на свойства герметизирующих материалов аэродромных покрытий

Сергей С. Никулин <sup>1</sup>	nikulin_sergey48@m.ru
Алексей Н. Внуков <sup>2</sup>	vnukovaleksei@mail.ru
Юлия Е. Шульгина <sup>2</sup>	prostoyulianna@mail.ru
Евгений Е. Соболев <sup>3</sup>	sobolev_jenia@mail.ru

<sup>1</sup> кафедра технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, Россия

<sup>2</sup> научно-исслед. отдел НИЦ (проблем прим., обеспеч. и упр. авиацией ВВС), Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54А, г. Воронеж, 394064, Россия

<sup>3</sup> кафедра защитных сооружений, Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина, ул. Старых Большевиков, 54А, г. Воронеж, 394064, Россия

**Реферат.** В настоящее время большое внимание уделяется совершенствованию технологии производства аэродромных покрытий. Это связано с тем, что аэродромные покрытия подвергаются комплексному воздействию разноплановых факторов, таких как перепады температур, ударные нагрузки и др. В последние годы в технологии производства аэродромных покрытий активно используются новые материалы, которые выпускаются в промышленных масштабах. Применение их в качестве аэродромных покрытий позволяет увеличить срок их службы и повысить безопасность эксплуатации воздушного транспорта. В представленной работе рассмотрены основные проблемы, возникающие при эксплуатации цементобетонных аэродромных покрытий. Для обеспечения качественных долговременных эксплуатационных характеристик покрытия необходимо уделять большое внимание качеству герметизирующего материала швов аэродромных покрытий. Появившиеся в последние годы работы по применению физических полей в технологии производства полимерных материалов показали, что использование позволяет повысить ряд показателей получаемых композитов. В целях повышения качества герметиков возможно применение магнитных полей различной интенсивности. Проведенный комплекс экспериментальных исследований по обработке герметизирующих материалов в постоянном магнитном поле с различной интенсивности показал, что данная разработка позволяет повысить ряд эксплуатационных характеристик герметика. Описан анализ аэродромного герметика на морозостойкость. По результатам экспериментов оптимизированы условия проведения магнитной обработки герметика. Применение магнитной обработки с напряжённостью от  $6 \cdot 10^4$  до  $30 \cdot 10^4$  А/м в течение 15 мин способствует увеличению морозостойкости герметиков. Полученные результаты подтвердили теорию ориентации полимеров под действием магнитной обработки.

**Ключевые слова:** аэродромные герметики, магнитное поле, обработка, свойства герметизирующих материалов

## The effect of magnetic fields on the properties of sealing materials of airfield pavements

Sergei S. Nikulin <sup>1</sup>	nikulin_sergey48@m.ru
Aleksei N. Vnukov <sup>2</sup>	vnukovaleksei@mail.ru
Yuliya E. Shulgina <sup>2</sup>	prostoyulianna@mail.ru
Evgenii E. Sobolev <sup>3</sup>	sobolev_jenia@mail.ru

<sup>1</sup> organic synthesis technology and high-molecular compounds department, Voronezh state university of engineering technology, Revolution ave, 19, Voronezh, 394066, Russia

<sup>2</sup> Research and Development Research Center (application problems and ensure the Air Force aviation control) department, Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Prof. N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin", Starych Bolshevikov str., 54A, Voronezh, 394064, Russia

<sup>3</sup> department of defense equipment, Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Prof. N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin", Starych Bolshevikov str., 54A, Voronezh, 394064, Russia

**Summary.** Currently, much attention is paid to the improvement of production technology airfield pavements. This is due to the fact that the airfield pavements are exposed to the combined effect of diverse factors, such as temperature extremes, shock, and others. In recent years, production technology, new materials are widely used airfield pavements, which are produced on an industrial scale. Using them as airfield pavements can increase the battery life and improve the safety of air operations. In this study, the main problems arising from the operation of cement-concrete airfield pavements. To ensure the quality of long-term performance characteristics of the coating is necessary to pay great attention to the quality of the sealing seams airport paving material. Appeared in recent years, the work on the application of physical fields in production technology of polymeric materials have shown that the use can increase the number of indicators derived composites. In order to improve the quality of sealants can be applied magnetic fields of varying intensity. The above set of experimental studies on the treatment of sealing materials in a constant magnetic field with varying intensity has shown that this development can improve a number of performance characteristics of the sealant. Described analysis airfield sealant to frost. As a result of experiments, optimized conditions for the magnetic treatment of the sealant. Application of magnetic treatment with tensions from  $6 \cdot 10^4$  to  $30 \cdot 10^4$  A/m for 15 minutes helps to increase frost resistance sealants. The results confirmed the theory of polymer orientation under the action of magnetic treatment.

**Keywords:** sealants airfield, magnetic field, treatment, properties of the sealing material

Для цитирования

Никулин С. С., Внуков А. Н., Шульгина Ю. Е., Соболев Е. Е. Влияние магнитных полей на свойства герметизирующих материалов аэродромных покрытий // Вестник ВГУИТ. 2016. № 4. С. 207–214. doi:10.20914/2310-1202-2016-4-207-214

For citation

Nikulin S. S., Vnukov A. N., Shulgina Yu. E., Sobolev E. E. Effect of quaternary ammonium salts in the process of extracting oil filled rubber latex. *Vestnik VSUET* [Proceedings of VSUET]. 2016. no. 4. pp. 207–214. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2016-4-207-214

## Введение

Аэродромные покрытия представляют собой комплекс сложных инженерных сооружений, к эксплуатации которых предъявляются высокие требования [1].

В последние годы наблюдается возрастающая потребность в проведении эксплуатационных ремонтов цементобетонных покрытий аэродромов государственной авиации. Это обусловлено тем, что значительная часть существующих жёстких аэродромных покрытий, расположенных в различных регионах России имеют повреждения, с локальным характером разрушения.

В настоящее время в сложившихся неблагоприятных экономических условиях полномасштабная реконструкция аэродромов представляется проблематичной. Это обуславливает необходимость поиска и применения нетрадиционных методов, основанных на использовании современных способов диагностических обследований и расчётов оценки надёжности покрытий, на внедрении прогрессивных ремонтно-строительных технологий и новых эффективных материалов.

Анализ условий эксплуатации цементобетонных аэродромных покрытий показал, что на протяжении всего периода службы, они работают при постоянном напряжении из-за частой смены температурно-влажностного режима, многократно повторяющихся динамических нагрузок, что приводит к возникновению и развитию трещин. Опасность сквозных трещин заключается в снижении несущей способности цементобетонных покрытий, вследствие чего происходит проникновение воды в грунтовое основание.

К характерным разрушениям цементобетонных покрытий относятся нарушения целостности стыковых соединений и заполнителей швов. Для обеспечения качественных долговременных эксплуатационных характеристик покрытий необходимо уделять большое внимание качеству герметизирующего материала аэродромных швов [1].

В нашей стране доказательством необходимости использования качественных аэродромных герметиков является работа специалистов «НПО ПРОГРЕССТЕХ» в области строительства, реконструкции аэродромных покрытий и их ремонта. Проведенные исследования указывают на то, что долговечность аэродромных покрытий напрямую зависит от качества герметизирующих швов [2].

Герметизирующие материалы, применяемые при строительстве аэродромов, имеют различный состав, консистенцию и обладают показателями, изменяющимися в широком диапазоне, в зависимости от типа и условий эксплуатации.

По характеру применения герметики классифицируют на герметики холодного и горячего применения.

Среди герметизирующих материалов горячего применения используют полимерно-битумные герметики (ПБГ), резино-битумное вяжущее (РБВ) ТУ 21–27–75, которое представляет собой смесь резиновой крошки и битумов, кумароновой смолы, мягчителей, различных полимерных добавок (полиизобутилен). Применяются битумные смеси, изготовленные с частичным замещением битума гранулами пробки и резины. Проводится модификация полимерами битума [3,4].

Создан ряд более качественных материалов на основе битума, среди которых битумно-полимерный аэродромный герметик (БПАГ), представляющий собой однородную смесь битума, модифицирующих полимерных добавок, мягчителя и тонкомолотого минерального наполнителя.

На большинстве аэродромов иностранных государств применяют в качестве герметизирующего материала битумно-полимерные материалы, такие как герметик Burke 3055 Isotex, Stekoх, улучшенная каучуком битумная эмульсия Sulfiton [5].

В последнее время, как в России, так и за рубежом развивается производство герметизирующих материалов холодного применения. Такие герметики имеют более высокую стоимость, но обладают повышенными физико-механическими показателями.

В аэродромном строительстве применяют тиоколовые герметики марок ГС-1, УТ-38Г, СМ – 0,5, «Гидром», У-30 МЭС-10, а также их модификации [6].

В особую группу можно отнести кремнийорганические (силиконовые) герметики, которые получили широкое распространение и всё чаще применяются в тех случаях, когда для заполнения швов ранее использовались материалы других видов.

Герметики холодного и горячего применения обладают как достоинствами, так и недостатками, то есть ни один из них в полной мере не соответствует требованиям, предъявляемым к аэродромным герметикам.

Повышение физико-механических и эксплуатационных характеристик возможно достичь с помощью обработки герметизирующих материалов в магнитных полях различной интенсивности.

Магнитная обработка находит широкое применение в промышленности для очистки, обеззараживания вод, интенсификации химических процессов. [7]. Известны положительные результаты, полученные при использовании магнитных полей при отверждении мочевиноформальдегидных смол [8]. Установлено [9], что при воздействии магнитного поля на расплавы термоэластопластов повышается микротвердость и разрывная прочность полимеров

в блочном состоянии. Авторами [10] приведены данные по увеличению адгезионной прочности магнитообработанных полимерных покрытий на металлических подложках. В статьях [11, 12] показано, что обработка бутадиен-стирольного латекса СКС-30 АРК магнитным полем в течение пяти минут и более позволяет снизить расход коагулирующих агентов в 1,5–2,0 раза.

На основе изложенного выше, можно сделать предположение о том, что магнитная обработка герметизирующих составов также должна позволить повысить ряд эксплуатационных показателей аэродромных защитных покрытий и швов.

Цель работы – исследование влияния магнитных полей на свойства герметизирующих материалов аэродромных покрытий.

### Экспериментальная часть

В качестве герметизирующего материала использовали герметик горячего применения БПАГ-50. Интерес к изучению поведения данного герметика при воздействии на него магнитного поля основан на том, что данный герметик – материал высокого качества и имеет невысокую стоимость.

В таблице 1 представлены физико-механические характеристики герметизирующего материала.

С целью обработки образцов аэродромных герметиков в постоянном магнитном поле применяли установку, общий вид которой изображен на рисунке 1. На рисунке 2 представлена принципиальная схема установки для обработки герметика в магнитном поле.

Таблица 1.

Физико-механические характеристики герметика БПАГ-50

Table 1.

Physical and mechanical properties of the sealant BPAG-50

Температура размягчения, °С Softening point, °C	Температура устойчивости, °С Temperature-resistance, °C	Когезионная прочность, МПа Cohesive strength, MPa	Относительное удлинение, % Relative extension, %
170	160	0,5	60–70



Рисунок 1. Общий вид установки для воздействия на образец аэродромного герметика постоянным магнитным полем

Figure 1. General view of the installation for influencing the pattern of airfield sealant constant magnetic field

Электромагнитный индуктор состоит из двух подвижных обмоток электромагнита. Магнитное ярмо – 4 смонтировано из двух подвижных башмаков – 2, выполнено из стали марки 10880 (ГОСТ 11036-75). Намагничивающие катушки – 1, выполненные из провода марки ПСД и последовательно соединены между собой. Электромагнит подключен к блоку питания – 5, от которого подается ток силой до 12А на обмотку катушек – 1.

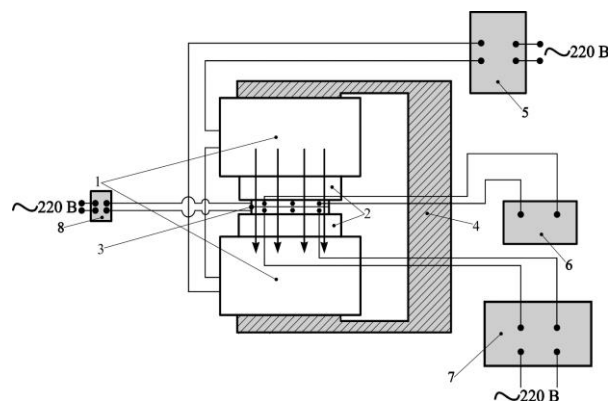


Рисунок 2. Принципиальная схема установки для воздействия на образец постоянным магнитным полем: 1 – обмотка электромагнита; 2 – башмаки электромагнита; 3 – нагревательное устройство с образцом; 4 – ярмо; 5 – блок питания; 6 – потенциометр; 7 – источник питания нагревательного устройства; 8 – источник питания

Figure 2. Schematic diagram of the installation for the exposure of the sample constant magnetic field: 1 – electromagnet coil; 2 – the shoes of an electromagnet; 3 – a heating device with a sample; 4 – yoke; 5 – power supply; 6 – potentiometer; 7 – a heater power supply devices; 8 – power supply

Регулируется напряжённость магнитного поля с помощью изменения силы подаваемого тока и расстояния между полюсами электромагнита.

Напряжённость магнитного поля достигает  $30 \cdot 10^4$  А/м. В зоне рабочей ячейки необходимый тепловой режим поддерживается с помощью специального нагревательного элемента с универсальным источником питания – 7. Через потенциометр – 6 в рабочей ячейке информация о тепловом режиме поступает от двух хромель-копелевых термодпар. Потенциометр в сочетании со специальным устройством регулирует температурный режим.

На рисунке 3 представлены графики зависимости напряжённости магнитного поля от силы тока при изменении расстояния полюсов. Отклонения не превышают 0,01–0,02%.

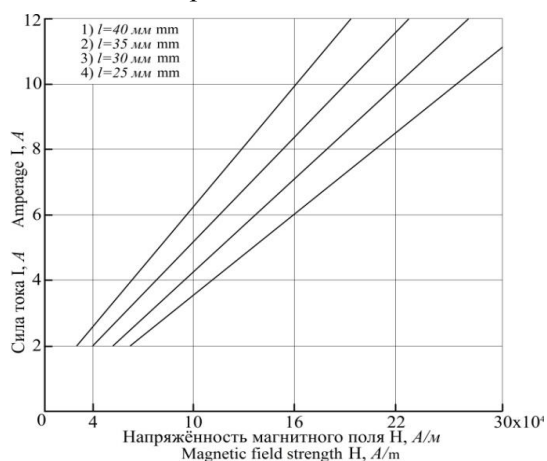


Рисунок 3. Зависимости напряжённости магнитного поля  $H$  от силы тока  $I$  при различном межполюсном расстоянии  $l$

Figure 3. Dependence of intensity of a magnetic field  $H$  of the current  $I$  at different interpolar distance  $l$

Обработка герметика в магнитном поле осуществлялась следующим образом. Устанавливается межполюсное расстояние, затем подаётся электрический ток постоянного напряжения заданной величины, напряжённость магнитного

поля изменяли от  $6 \cdot 10^4$  до  $30 \cdot 10^4$  А/м. Нагревательным элементом регулируется температура. В рабочую ячейку помещается ёмкость из магнитневосприимчивого материала (стекло, фторопласт) с образцом аэродромного герметика. Обрабатывают в течение 20 мин.

Анализ аэродромного герметика на морозостойкость. Для проведения экспериментов применяли медицинский морозильник SanyoMDF-U4186S, регулируемый диапазон температуры:  $-20 \sim -86$  °С. Точность контроля температуры:  $\pm 1$  °С.

Метод исследования морозостойкости основывается на охлаждении образца герметика и определении температуры, при которой на образце появляются изломы и трещины.

Изготавливают шесть образцов нанесением герметика толщиной  $0,5 \pm 0,05$  мм на полоски фольги размером  $60 \times 15 \times 0,025$  мм. Образцы выдерживают не менее 1 ч при температуре  $(23 \pm 2)$  °С.

Готовые образцы помещают в морозильную камеру, в которой выдерживают при температуре  $(-25 \pm 1)$  °С в течение  $(20 \pm 5)$  мин. По истечении заданного времени образцы извлекают из морозильной камеры и прикладывают к ровной поверхности бруса. Конец образца изгибают в течение  $(2 \pm 1)$  с вокруг закругленной части бруса до достижения другой ровной поверхности. Визуально оценивают наличие трещин и изломов.

Время испытания одного образца не должно превышать 5 с. При отсутствии трещин испытания проводят, снижая каждый раз температуру в морозильной камере на 3 °С, до появления трещин или изломов не менее чем у двух испытываемых образцов. За результат испытания принимают минимальную температуру, при которой не менее чем у пяти испытанных образцов не обнаружено трещин и изломов [13].

Результаты испытаний представлены на рисунке 4.

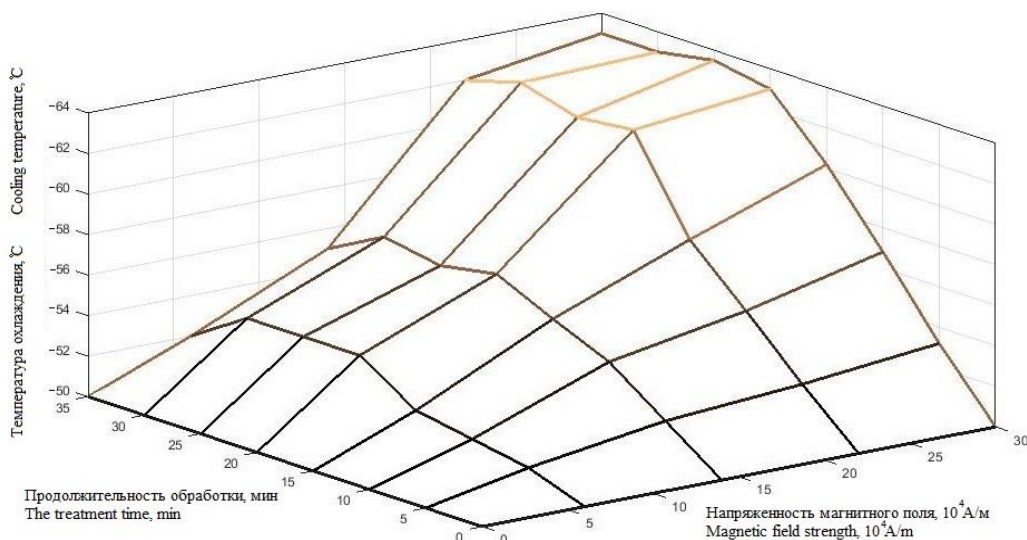


Рисунок 4. Зависимость хрупкости герметика от продолжительности магнитной обработки герметика и напряжённости магнитного поля

Figure 4. Dependence sealant fragility duration from magnetic treatment of the sealant and the magnetic field strength

На рисунке 4 приведена зависимость хрупкости герметика БПАГ-50 от продолжительности магнитной обработки герметика и напряженности магнитного поля. Анализ полученных экспериментальных данных показал, что обработка аэродромного герметика магнитным полем приводит к снижению температуры хрупкости. При напряженности  $22\text{--}30 \cdot 10^4$  А/м и продолжительности магнитной обработки 20–30 мин герметик растрескивается при температуре  $(-62)\text{--}(-64)^\circ\text{C}$ , тогда как без магнитной обработки растрескивание происходит при температуре  $-50^\circ\text{C}$ .

Возможно, снижение температуры хрупкости герметика под действием магнитного поля происходит в результате ориентации полимерных цепей. Существует ряд теорий, описывающих упорядочение растворов и расплавов полимеров.

Первая теория упорядочения полимерных цепей была предложена Онсагером в работе [14], в которой рассмотрен случай атермического раствора, где жидко-кристаллическое упорядочение происходит по стерическим причинам. Флори был развит другой подход упорядочения в растворе жестких стержней [15]. Теория Флори основана на предположении, что размер полимера определяется уравниванием таких двух факторов, как энтропия упругости полимера и расталкивание мономеров, т. е. определяется минерализацией свободной энергии.

В работе [16] рассмотрено влияние внешнего поля на упорядочение расплавов гибкоцепных полимеров, в рамках решеточной модели проведено рассмотрение проблемы при наложении на них внешнего поля. Исследования указывают на то, что внешнее поле индуцирует в расплаве фазовый переход в сильно упорядоченное состояние с развернутыми цепями.

Влияние магнитного поля на ориентационные процессы жесткоцепных полимеров было обнаружено для расплавов полиэфиров, полученных поликонденсацией 2,2'-диметил-4,4'-азоксибензола с хлоридом двухосновной додекановой и 3-метилэтил-адипиновой кислот, ароматических полиэфиров, сополимеров на основе пимелиновой кислоты цетоксифенил-4-ацетоксибензоата, сополимеров диацетатаметилгидрохинона и пирокатехина, 4,4'-бис(эпоксипропоксид) – метилстильбена, отвержденного сульфониламидом [17] и др.

Применяемая мастика состоит из битума, модифицирующих полимерных добавок, тонкомолотых минеральных наполнителей.

Битум является коллоидной системой, в которой диспергированы асфальтены, а дисперсионная среда – смолы и масла. Асфальтены

имеют размер частиц 18–20 мкм, являются ядрами, каждое из которых окружено оболочкой с убывающей плотностью – от тяжелых смол к маслам.

Средний фракционный состав дорожных битумов:

Масла 50–70%;

Смолы 20–40%;

Асфальтены 10–20%.

На рисунке 5 и 6 представлены модели полимерной структуры монослоя асфальтенов и молекулы смолы [18, 19].

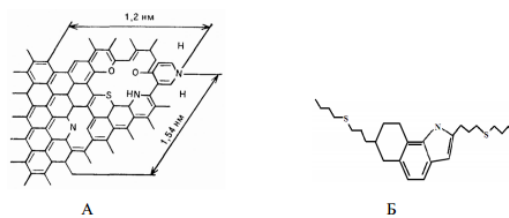


Рисунок 5. А) модель полимерной структуры монослоя асфальтенов; Б) модель молекулы смолы.

Figure 5. A) model of a polymer monolayer structure of asphaltene; B) resin model of the molecule.

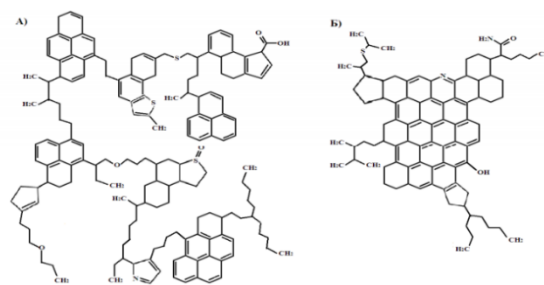


Рисунок 6. Модель молекул асфальтенов: А) тип «архипелаг»; Б) тип «континент»

Figure 6. Model asphaltene molecules: a) type of «Archipelago»; B) type of «Continent»

Молекулы А способствуют формированию упорядоченных надмолекулярных структур в матрице битума, а молекулы Б отвечают за стабилизацию частиц.

В работе [20] иерархия структур в зависимости от концентрации молекул асфальтенов описывается схемой: молекулы – наноагрегаты – кластеры наноагрегатов (рисунок 7).

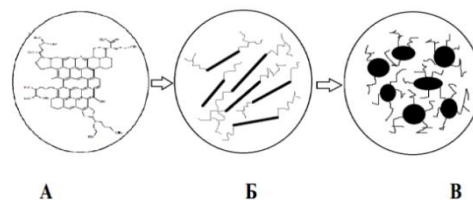


Рисунок 7. Модель Йена-Муллинса: А) молекула асфальтена Б) наноагрегаты асфальтенов В) кластеры наноагрегатов

Figure 7. Model Yen-Mullins: A) asphaltene molecule B) nanoaggregates asphaltene C) clusters nanoaggregates



Дисперсная частица может быть представлена как центрально-симметричное образование с плотным ядром, содержащим парамагнитные молекулы (высокомолекулярные парафины, высококонденсированная ароматика, гетероциклические соединения, металлоорганика), вокруг которых группируются ароматические, нафтеновые и парафиновые углеводороды в соответствии со значениями потенциалов парного взаимодействия, с постепенным снижением плотности потенциала межмолекулярного взаимодействия от центра частицы к ее периферии. При этом дисперсионная среда является также многокомпонентным нефтяным раствором [21].

Парамагнетизм нефтепродуктов и нефтеподобных веществ, оцениваемый числом парамагнитных центров (ПМЦ), изменяется от 1015 спин/г для бензиновой фракции, до 1022 спин/г для прокаленных коксов.

Стабильными парамагнитными характеристиками обладают асфальтены или более конденсированные соединения, составляющие ядро дисперсной частицы. Близлежащий к ядру слой молекул, преимущественно смолы, обладает диамагнитными характеристиками. В отсутствие внешнего ориентирующего фактора система мало ориентирована. Надмолекулярные структуры – находятся в хаотическом расположении. Под воздействием определенных внешних факторов система становится ориентированной более однородно. При этом может изменяться соотношение компонентов условного ядра и аморфного переходного слоя локальной флоккулы, плотность упаковки молекулярных фрагментов в этих областях, их прочность и т. д. [21].

Исследования [22] показали, то обработка нефти с различным содержанием смолистых компонентов знакопеременным магнитным полем существенно влияет на размеры частиц коллоидно-дисперсной фазы нефтяных систем и, следовательно, на их реологические характеристики. Для нефти, характеризующейся повышенным содержанием полярных кислых смол, после магнитной обработки наблюдается снижение размеров нефтяных ассоциатов, уменьшение вязкости, статического напряжения сдвига и энергии активации вязкого течения. Для нефти с повышенным содержанием неполярных нейтральных смол после магнитной

обработки отмечено увеличение размеров ассоциатов и значений реологических параметров. Через определенный промежуток времени происходит частичное или полное восстановление первоначальных размеров ассоциатов и релаксация реологических свойств магнитообработанной нефти [22].

Малоэнергетические технологии (магнитные, электрические и др.), с помощью которых можно без заметных внешних энергетических затрат или с использованием внутренних резервов вещества перестраивать его структуру, являются наиболее перспективными в виду их экономичности, эффективности и доступности. Эти методы находят все более широкое применение в нефтяной промышленности. Их использование позволяет за короткий промежуток времени достичь значительного уровня разрушения структуры нефтяных ассоциатов (т. е. к изменению их размеров и изменению соотношения фаз), образованных смолисто-асфальтовыми компонентами и кристаллическими парафиновыми углеводородами, и поддерживать этот уровень в течение времени, необходимого для осуществления массообменных процессов [22].

В результате направленного изменения внешними воздействиями происходит перераспределение углеводородов между фазами, реализуются стадии фазового перехода, которые влияют на прочностные свойства.

Внешние воздействия становятся управляемыми параметрами, которые позволяют регулировать выход и качество нефтепродуктов.

### **Выводы**

1. Впервые, с целью улучшения качества аэродромных герметиков, была применена обработка материалов в постоянном магнитном поле.

2. Применение магнитной обработки с напряженностью от  $6 \cdot 10^4$  до  $30 \cdot 10^4$  А/м в течении 15 мин способствует увеличению морозостойкости герметиков практически в 2 раза. Установлены режимы магнитной обработки герметизирующих материалов, обеспечивающие оптимальное сочетание времени обработки исследуемых показателей.

3. Полученные результаты подтвердили теорию ориентации полимеров под действием магнитной обработки.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Лешицкая Т.П., Попов В.А. Современные методы ремонта аэродромных покрытий. М.: МАДИ-ТУ, 1999. 132 с.

2 Рекомендации по поддержанию по поддержанию искусственного покрытия ВПП аэропорта Минеральные Воды в эксплуатационном состоянии на основании результатов его обследования и испытания: Отчёт о НИР / ГПН и НИИ ГА «Аэропроект». М., 1993. 42 с.

3 Перейра Симао М. С. и др. Механические свойства битумных смесей, изготовленных с гранулами пробки или резины в качестве частичных заместителей // Промстройпроект. и строит. матер. 2013. № 41. С. 209-215.

4 Чинг Ч. и др. Модификация полимерами битума: достижения и требования // Европейский журнал полимеров. 2014. № 54. С. 18-38.

5 Новый двухупаковочный клей-герметик для строительства. Новый клей-герметик 2К для строительной промышленности // Адгезия - Склеивание и герметизация. 2015. № 59(3). С. 47.

6 Обзор герметизирующих материалов для аэродромных покрытий 26 ЦНИИ. М.: Изд-во МО РФ, 2001. 56 с.

7 Душкин С.С. и др. Современные методы очистки воды и пути их // Бюл. НТИ ЦНИИТЭИчермет. 1982. № 23. С. 45-46.

8 Никулин С.С. Попов В.М., Латынин А.В., Шендриков М.А. Механизм воздействия электрического поля на прочность клеевых соединений // ЖПХ. 2013. Т. 86. № 4. С. 643-646.

9 Молчанов Ю.М., Кисис Э.Р., Родин Ю.П. Структурные изменения полимерных материалов в магнитном поле // Механика полимеров. 1973. № 4. С. 737-738.

10 Кестельман В.Н. Физические методы модификации полимерных материалов. М.: Химия, 1980. 224 с.

11 Никулин С.С., Шульгина Ю.Е., Пояркова Т.Н. Особенности выделения каучука из латекса N, N-диметил-N, N-диаллиламмоний хлоридом при воздействии магнитным полем // ЖПХ. 2014. Т. 87. № 7. С. 974-979.

12 Никулин С.С., Шульгина Ю.Е., Пояркова Т.Н. Влияние воздействия магнитного поля на процесс коагуляции бутадиен-стирольного латекса СКС-30 АРК в присутствии поли-N, N-диметил-N, N-диаллиламмоний хлорида // ЖПХ. 2014. Т. 87. № 11. С. 89-92.

13 ГОСТ 30740-2000. Материалы герметизирующие для швов аэродромных покрытий. М.: Изд-во стандартов, 2002. 19 с

14 Онсагер Л. // Анн. Н. Акад. Наук. 1949. Т. 51. С. 627.

15 Флори П.Д. // Другие журналы Королевского общества. Лондон. 1956. Т. 234. № 1. С. 60.

16 Василенко С.В., Хохлов А.Р., Шибаев В.П. // Макромолекулы. 1984. Т. 17. С. 2275.

17 Бенисевич Р.Х., Смит М.Е., Эрлс Д.Д. Ориентация в магнитном поле жидкокристаллической эпоксидной смолы // Макромолекулы. 1998. Т. 31. С. 4730-4738.

18 Боек Е.С., Хиден Т.Ф. Многомасштабное моделирование агрегации асфальтенов и осаждения капиллярного потока // Королевское общество химии. 2010. № 144. С. 271-284.

19 Тухватуллина А.З. и др. Супрамолекулярные структуры масел систем как ключ к регулированию нефтяного поведения // Нефтяная и экологическая биотехнологии. 2013. Т. 4. № 4. С. 1-8.

20 Унгер Ф.Г. и др. Наносистемы, дисперсные системы, квантовая механика, спиновая химия. Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. 264 с.

21 Пивоварова Н.А. и др. О свойствах и строении нефтяных дисперсных систем // Вестник Астраханского государственного технического университета. 2008. № 6(47). С. 138-143.

22 Лоскутова Ю.В. Влияние магнитного поля на структурно-реологические свойства нефтей // Известия Томского политехнического университета. 2006. Т. 309. № 4. С. 104-109.

## REFERENCES

1 Leschitskaya T.P., Popov V.A. Sovremennyye metody remonta aerodromnykh pokrytii [Modern methods of repair of airfield pavement] Moscow, MADI-TU, 1999. 132 p. (in Russian)

2 Rekomendatsii po podderzhaniyu iskustvennogo pokrytiya VPP aeroporta [Recommendations for keeping the maintenance of artificial turf runway airport in Mineralnye Vody operating condition based on the results of his inspection and testing: Report on R & D / FPG and NII GA «Aeroprojekt»] Moscow, 1993. 42 p. (in Russian)

3 Pereira Simao M. S. et al. Mechanical performance of asphalt mixtures produced with cork or rubber granulates as aggregate partial substitutes. *Promstroiproekt* [Constr. and Build. Mater.] 2013, no. 41, pp. 209-215. (in Russian)

4 Zhu Jiqing, et al. Polymer modification of bitumen: Advances and challenges // *Eur. Polym. J.* 2014. no. 54. pp. 18-38. (in Russian)

5 New two-pack adhesive sealant for construction. Neuer 2K-Klebdichtstoff für die Bauindustrie. [Adhas. - Kleben und Dichten] 2015, no. 59(3), pp. 47. (in Germ.)

6 Obzor germetiziruyushchikh materialov [Overview of sealing materials for airfield pavement 26 CRI.] Moscow, MO RF, 2001. (in Russian)

7 Dushkin S.S. et al. Modern methods of water treatment and ways. *Bulleten' NTI TsNIITelchermet* [Bul. STI TsNIITelchermet] 1982, no. 23. pp. 45-46 (in Russian).

8 Nikulin S.S. Popov V.M., Latinin A.V., Shendrikov M.A. The mechanism of action of the electric field strength of adhesive joints. *ZhPKh* [Russian Journal of Applied Chemistry]. 2013, vol. 86. no. 4. pp. 643-646. (in Russian)

9 Molchanov Y.U., Kisis E.R., Rodin Y.U. Structural changes of polymeric materials in the magnetic field. *Mekhanika polimerov* [Mechpolymers]. 1973. no 4. pp. 737-738. (in Russian)

10 Kestelman V.N. Fizicheskie metody modifikatsii [Physical methods for the modification of polymeric materials] Moscow, Khimiya, 1980. 224 p. (in Russian)

11 Nikulin S.S., Shulgina Y.E., Poyarkova T.N. Features isolation rubber latex N, N-dimethyl-N, N-di-allylammonium chloride when exposed to a magnetic field. *ZhPKh* [Russian Journal of Applied Chemistry] 2014. vol. 87. no. 7. pp. 974-979. (in Russian)

12 Nikulin S.S., Shulgina Y.E., Poyarkova T.N. The influence of the magnetic field on the coagulation process of styrene butadiene latex ARC SCS 30 in the presence of poly-N, N-dimethyl-N, N-di-allylammonium chloride *ZhPKh* [Russian Journal of Applied Chemistry] 2014. vol. 87. no 11. pp. 89-92. (in Russian)

13 GOST 30740-2000. Materialy germetiziruyushchie [State standard 30740-2000 Sealing materials for airfield pavement seams] Moscow, Izd. standartov, 2002. 19 p. (in Russian)

14 Onsager L. // Ann. N. Acad. Sci. 1949. vol. 51. pp. 627.

15 P.J. Flory // Other Royal Society journals. London. 1956. vol. 234. no 1. pp. 60.

16 Vasilenko S.V., Khokhlov A.R., Shibaev V.P. *Makromolekuly* [Macromolecules] 1984. vol. 17. pp. 2275. (in Russian)

17 Benicewicz B.C., Smith M.E., Earls J.D. Magnetic Field Orientation of Liquid Crystalline Epoxy Thermosets *Makromolekuly* [Macromolecules]. 1998. vol. 31. pp. 4730–4738. (in Russian)

18 Boek E.S., Headen T.F. Multi-scale simulation of asphaltene aggregation and deposition in capillary flow. J. The Royal Society of Chemistry. 2010. no. 144. pp. 271–284.

19 Tikhvatullina A.Z. [Et.al.] Supramolecular Structures of Oil Systems as the Key to Regulation of Oil Behavior. *Neftyanaya i ekologicheskaya biotekhnologiya* [Petroleum & Environmental Biotechnology] 2013. vol.4, no. 4. pp.1–8. (in Russian)

20 Unger F.G. et al. Nanosistemy, dispersnye sistemy [Nanosystems, disperse systems, quantum mechanics, spin chemistry]. Tomsk, TML-Press, 2010. 264 p. (in Russian)

21 Pivovarov N.A. et al. On the properties and structure of the oil disperse systems. *Vestnik AGTU* [Herald of Astrakhan State Technical University] 2008. no. 6(47). pp. 138–143. (in Russian)

22 Loskutov Y.V. The influence of magnetic field on the structural and rheological properties of oils. *Izvestiya Tomskogo universiteta* [Bulletin of the Tomsk Polytechnic University] 2006. vol. 309. no. 4. pp. 104–109. (in Russian)

#### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Сергей С. Никулин** д. т. н., профессор, кафедра технологии органического синтеза и высокомолекулярных соединений, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394066, nikulin\_sergey48@mail.ru

**Алексей Н. Внуков** д. т. н., подполковник, начальник, 24 научно-исследовательский отдел научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией ВВС), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54А, г. Воронеж, 394064, Россия, vnukovaleksei@mail.ru

**Юлия Е. Шульгина** д. т. н., научный сотрудник, 24 научно-исследовательский отдел научно-исследовательского центра (проблем применения, обеспечения и управления авиацией ВВС), Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54А, г. Воронеж, 394064, Россия, prostoyulianna@mail.ru

**Евгений Е. Соболев** адъюнкт, 33 кафедра защитных сооружений, Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», ул. Старых Большевиков, 54А, г. Воронеж, 394064, Россия, sobolev\_jenia@mail.ru

#### КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

**Сергей С. Никулин** написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

**Алексей Н. Внуков** консультация в ходе исследования

**Юлия Е. Шульгина** обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент, выполнила расчёты

**Евгений Е. Соболев** предложил методику проведения эксперимента и организовал производственные испытания

#### КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 10.11.2016

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 01.12.2016

#### INFORMATION ABOUT AUTHORS

**Sergei S. Nikulin** doctor of technical sciences, professor, organic synthesis technology and high-molecular compounds department, Voronezh state university of engineering technology, Revolution ave, 19, Voronezh, 394066, Russia, nikulin\_sergey48@mail.ru

**Aleksei N. Vnukov** candidate of technical sciences, lieutenant colonel, head, Research and Development Research Center (application problems and ensure the Air Force aviation control) department, Military Training and Research Center of the Air Force “Air Force Academy named after Prof. N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin”, Starych Bolshevikov str., 54A, Voronezh, 394064, Russia, vnukovaleksei@mail.ru

**Yuliya E. Shulgin** a candidate of technical sciences, researcher, Research and Development Research Center (application problems and ensure the Air Force aviation control) department, Military Training and Research Center of the Air Force “Air Force Academy named after Prof. N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin”, Starych Bolshevikov str., 54A, Voronezh, 394064, Russia, prostoyulianna@mail.ru

**Evgenii E. Sobolev** adjunct, department of defense equipment, Military Training and Research Center of the Air Force “Air Force Academy named after Prof. N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin”, Starych Bolshevikov str., 54A, Voronezh, 394064, Russia, sobolev\_jenia@mail.ru

#### CONTRIBUTION

**Sergei S. Nikulin** wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

**Aleksei N. Vnukov** consultation during the study

**Yuliya E. Shulgin** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

**Evgenii E. Sobolev** review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment, performed computations

#### CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.10.2016

ACCEPTED 12.1.2016