

ствованию системы экологического образования. В данном ключе среди целей устойчивого развития выделяются такие как цифровизация страны, повсеместное внедрение инноваций и качественный подход к образованию. Сущность данной цели исключительная роль личности и социализация каждого человека. Качество образования – это успешное жизненное устройство человека, его мировоззрение, стержень и активная гражданская позиция.

Система образования должна быть ориентирована на востребованные на национальном рынке профессиональные навыки и компетенции, поощрение возможности обучения граждан на протяжении всей жизни, обеспечение доступности образовательных услуг. Объемной необходимостью становится усиление инклюзивного подхода в деятельности образовательных структур. Вышеназванное соответствует одной из основных целей в сфере социального развития, такой как создание качественной системы образования отвечающей потребностям цифровизации общества и мировым стандартам профессионального обучения. В сфере же экологии такой целью является повышение уровня экологического образования и экологической культуры населения. Так описывает цели образования Концепция национальной стратегии устойчивого развития Республики Беларусь до 2035 года.

Следует отметить, в связи с этим, что развитие экологического образования позволит в большей степени эффективно развивать промышленную экологию. Так как хозяйственная деятельность человека и природная среда взаимосвязаны. Без навыков должного обращения с окружающей средой и развития цифровых и промышленных технологий.

Экологическое образование должно стать частью образования на всех уровнях. Подходами к экологическому образованию в области промышленной экологии должны стать:

- прогнозирование, целью которого должно быть составление плана действий, направленных на развитие экологического образования;
- анализ промышленных технологий, с точки зрения защиты окружающей среды, данный подход предполагает возможность развития технологий, направленных на минимизацию выбросов загрязняющих веществ в окружающую среду;
- анализ методов цифровизации с точки зрения развития цифровых технологий, которые будут направлены на развитие экологического механизма охраны окружающей среды и «зеленой экономики».

УДК 625.8

О ПРИМЕНЕНИИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ПРИ РАБОТЕ С ВТОРИЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ В ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Хоу Цян^{1, 2}, Алексеев Ю. Г.³, Хоу Дэхуа^{1, 2}

Henan Gaoyuan Highway Maintenance Technology Co., Ltd¹

Henan Gaoyuan Highway Maintenance Technology Co., Ltd²

Государственное предприятие «Научно-технологический парк БНТУ «Политехник»³

e-mail: 7379349@qq.com, 7379349@qq.com, post@.park.bntu.by

Summary. *The results of the analysis to determine the feasibility of developing technical solutions using ultrasonic exposure when working with asphalt granulate are presented. Ultrasonic action allows to increase the penetrating ability of regenerating additives and, as a result, to improve the quality of the asphalt concrete pavement.*

Вторичным материалом, получаемым путем переработки, является асфальтовая крошка, также известная как асфальтогранулят и применяемая в широком спектре работ по строительству и ремонту. В составе асфальтобетонных смесей в процессе регенерации асфальтогранулят является одним из основных компонентом при устройстве асфальтобетонных покрытий. Получается данный материал путем измельчения методом холодного фрезерования старого покрытия, снятого во время замены или ремонта дорожного полотна. В Беларуси введена нормативная база – СТБ 1705-2006 «Асфальтогранулят для транспортного строительства. Технические условия». Асфальтогранулят представляет собой зернистый ми-

неральный материал, покрытый органическим вяжущим, с крупностью зерен до 40 мм. В то же время в составе асфальтогранулята более низкая способность вяжущего образовывать после нагрева и последующего остывания прочные связи, которая определяется количеством и качеством битума на поверхности зерен минеральных частиц. Введение асфальтогранулята с состаренным битумом оказывает существенное влияние на свойства асфальтобетонной смеси, и как следствие снижается долговечность асфальтобетонного покрытия.

В научно-технической литературе к настоящему времени (Копотилов А., Веренько В., Кравченко С., Бахрак Г., Крупин Н., Игошкин Д., Майданова Н., Мельник К., Покровский А., Шибалов С., Гладышев Н., Milton L., Earland M., Muncy S., Vorobieff G., Neussner E., Collings D., Diaz Minguela J., Lefort M., Jacobson T., Hornwall F., Akeroyd F., Hicks B., Jasienski A., Rens L. и др.) приводится широкий перечень проведенных научных исследований по моделированию оценки и повышения жизненного цикла дорожных покрытий с применением процессов восстановления асфальтового покрытия. Сложность решения данной задачи во многом определяется широким составом требований, которые должны быть учтены: механические свойства получаемого дорожного покрытия, его себестоимость, возможность массового применения данной технологии, экологические характеристики [1, 2, 3, 4].

С учетом вышеизложенного в Белорусско-Китайском совместном проекте «Outstanding Foreign Scientist Studio of Green Low-carbon Technology for Pavement Construction and Maintenance» (Grant No.: GZS2022004), 道路绿色低碳建养技术杰出外籍科学家工作室 (项目号: GZS2022004) одной из задач стоит изучение использования ультразвуковых технологий при производстве асфальтобетонных смесей с использованием асфальтогранулята и регенерирующих добавок. Возможным решением задачи обеспечения проникновения жидких компонентов в структуру асфальтогранулята может стать применение ультразвуковой обработки.

На сегодняшний день энергия ультразвука широко применяется для ускорения технологических процессов в самых разных сферах производства, протекающих в жидких, твердых и газообразных средах. На основе использования индикаторов патентной информации [5] был проведен поиск и выполнен анализ патентных документов, относящихся к методам ультразвукового воздействия при производстве различных строительных материалов. В патентных документах США, Российской Федерации, Республики Беларусь, Республики Корея, Европейского патентного ведомства, Евразийского патентного ведомства, а также в международных заявках (РСТ) за период с 2000 по 2020 годы было найдено 43 международных заявки и патента на изобретения и полезные модели.

Наибольшее количество запатентованных технических решений относятся к технологиям изготовления цемента, бетона и добавок нему. Соотношение запатентованных технических решений по видам строительных материалов, к которым они относятся, приведено на рис. 1.

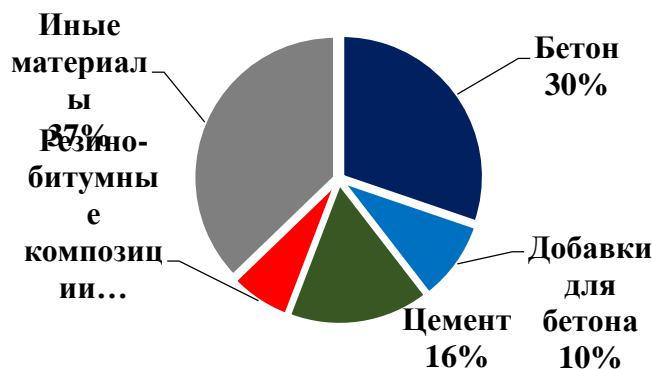


Рисунок 1 – Распределение патентных документов по видам материалов

Основными целями запатентованных технических решений в области производства бетона с использованием ультразвукового воздействия являются: повышение прочности;

упрощение процессов бетонирования; уменьшение требуемого для изготовления бетона объема жидкости.

В целом направление исследований по разработке метода ультразвукового воздействия при производстве строительно-дорожных материалов [6] можно охарактеризовать как перспективное, что обосновывается способностью ультразвука содействовать повышению проникающей способности жидких добавок в микропоры и как следствие позволяет повысить служебные характеристики строительных материалов.

При воздействии ультразвука с частотой 20–40 кГц на жидкую среду при присутствии в ней тел с капиллярной структурой происходит эффект, который заключается в подъеме жидкости в капилляре и в проникновении жидкости через полупроницаемые мембраны. Под влиянием источника ультразвука капиллярный эффект резко возрастает в десятки раз. При этом жидкость толкают вверх не радиационное давление и капиллярные силы, а стоячие ультразвуковые волны. Данный процесс идет до тех пор, пока напор, создаваемый ультразвуковыми волнами, не уравнивается высотой столба жидкости или силами поверхностного натяжения.

В целях установления перспективности использования ультразвукового воздействия в процессе регенерации материалов для дорожного строительства в Белорусско-Китайском совместном проекте начаты исследования по воздействию ультразвука на асфальтогранулят, осуществляемое для повышения его «активности», т. е. повышения способности асфальтового вяжущего в составе асфальтогранулята образовывать с использованием технологии нагрева и последующего остывания прочные и долговечные связи. Первые результаты исследований представлены на III Международная научно-техническая конференция «Дорожное строительство и его инженерное обеспечение», прошедшей в Белорусском национальном техническом университете 27–28 октября 2022 года в г. Минске.

Список использованных источников

1. Reuse of bituminous pavements: A mini-review of research, regulations and modelling [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/311335126_Reuse_of_bituminous_pavements_A_mini-review_of_research_regulations_and_modelling/. – Дата доступа: 04.02.2021.
2. Recommendations and strategies for using reclaimed asphalt pavement in the Flemish Region based on a first life cycle assessment research [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/236/1/012088/>. – Дата доступа: 09.02.2021.
3. Определение расчетного срока службы асфальтобетонных смесей, приготовленных с использованием регенерирующих добавок [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.npfselena.ru/opredelenie-raschetnogo-sroka-sluzhby-asfaltobetonnih-smesei-prigotovlennyh-s-ispolzovaniem-regeneriruyushhih-dobavok/>. – Дата доступа: 02.02.2021.
4. Смирнов, Е. А. Использование гранулята старого асфальтобетона в дорожном строительстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dorogniki.com/novosti/ispolzovanie-granulyata-starogo-asfaltobetona-vdorozhnom-stroitelstve/>. – Дата доступа: 30.01.2021.
5. Калинин, А. Ю. Использование патентной информации в инновационной деятельности / А. Ю. Калинин // Наука и инновации. – 2020. – № 4 (206). – С. 24–27.
6. Ultrasonic Mixing of Asphalt Rejuvenators [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hielscher.com/ultrasonic-mixing-of-asphalt-rejuvenators.htm/>. – Дата доступа: 01.02.2021.