

АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ С ПРИМЕНЕНИЕМ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ И ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ

В представленной статье с позиции инженера-проектировщика рассмотрены вопросы применения в дорожном хозяйстве вторичных ресурсов и вторсырья; приведены примеры такого использования в конструкциях дорожных одежд и земляном полотне. Кроме того, дан анализ действующей нормативной базы и наиболее популярных программных комплексов для автоматизированного расчета дорожных одежд. Статья основана на материалах вебинара «Аспекты проектирования автомобильных дорог с применением вторичных ресурсов» (<https://consult.rosdorspk.ru/vebinary/1134345117>), организованного ФАУ «РОСДОРНИИ».

При производстве работ на объектах дорожного хозяйства используется достаточно большое количество невосполнимых природных ресурсов.

В целях снижения потребления природных строительных материалов целесообразно рассматривать вопрос их частичной замены альтернативными материалами, полученными из вторичных ресурсов (вторичными материала-

ми). В этом случае одновременно решаются задачи экономии невосполнимых сырьевых запасов, утилизации отходов промышленного производства, а также улучшения экологической обстановки.

Применение вторичных материалов в рамках дорожной деятельности возможно при соответствующем технико-экономическом обосновании на конкретных объектах за счет сокращения логистических затрат

на транспортировку материалов, частичного замещения различных вяжущих и инертных материалов и т. д.

Отраслевой программой «Применение вторичных ресурсов, вторичного сырья из отходов в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства на 2022–2030 годы» от 10.10.2022 № 11795п-П11, утвержденной заместителем председателя правительства Российской Федерации В.А. Абрамченко, для дорожного хозяйства определены различные направления для широкого применения вторичных материалов.

К ним можно отнести вторичный асфальтобетон, вторичную резину, металлургические шлаки, золошлаки, белитовый (нефелиновый) шлам, вскрышные породы, прочие техногенные грунты (рис. 1).

СПРАВКА

По экспертной оценке ФАУ «РОСДОРНИИ», предварительный прогноз потребности в дорожно-строительных материалах на период 2025–2028 годов (на примере щебня) составит 275,7 млн т (с учетом содержания щебня в асфальтобетонных смесях в размере 60%).

Из общего объема потребления щебня (275,7 млн т) на вышеуказанный период распределение по видам дорожной деятельности следующее: на строительство уйдет 43,5 млн т (15,8%), на реконструкцию – 20,8 млн т (7,5%), на капитальный ремонт, ремонт и содержание автомобильных дорог – 211,4 млн т (76,7%).



Рис. 1. Основные вторичные ресурсы и вторичное сырье, применяемые в дорожной деятельности

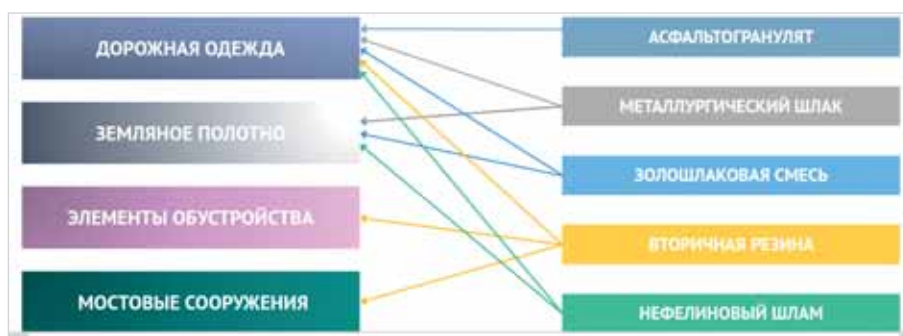


Рис. 2. Области применения вторичных ресурсов и вторичного сырья в дорожном строительстве

В настоящее время в Российской Федерации действует достаточно большое количество документов по стандартизации, регламентирующих применение вторичных ресурсов и вторичного сырья в дорожном строительстве, что, безусловно, должно способствовать расширению практики их использования.

Остановимся на актуальной нормативной базе и особенностях применения вторичных ресурсов и вторичного сырья в рамках дорожной деятельности. Объекты стандартизации и области применения некоторых из них представлены на рис. 2.

Росстандартом – в целях нормативного обеспечения применения вторичных ресурсов и вторичного сырья в составе асфальтобетонных на автомобильных дорогах общего пользования – утверждены и успешно применяются документы национальной системы стандартизации. Например, с использованием вторичных ресурсов и вторичного сырья допускается изготавливать асфальтобетонные, в том числе щебеночно-мастичные смеси, выпускаемые на базе методологии объемно-функционального проектирования (ГОСТ Р 58406.1-2020, ГОСТ Р 58406.2-2020 и ГОСТ Р 58401.1-2019), литые асфальтобетоны (ГОСТ Р 54401-2020), холодные асфальтобетоны (ГОСТ Р 70648-2023).

Вторичный асфальтобетон (асфальтобетонный гранулят, переработанный асфальтобетон – RAP) широко применяется при проведении дорожных работ в ходе устройства слоев основа-

ния и покрытия, при смешении на дороге или в установке методами холодной и горячей регенерации.

Кроме того, асфальтогранулят, в соответствии с действующими национальными стандартами, успешно применяется для укрепления, стабилизации грунтов и щебеночно-гравийно-песчаных смесей в основании дорожных одежд (ГОСТ Р 70197.1-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси органоминеральные холодные с использованием вторичного асфальтобетона. Общие технические условия», ГОСТ Р 70454-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные органическими вяжущими. Общие технические условия», ГОСТ Р 70452-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Грунты стабилизированные и укрепленные неорганическими вяжущими. Общие технические условия»), при укреплении обочин (ГОСТ Р 59201-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Капитальный ремонт, ремонт и содержание. Технические правила»).

По статистическим данным, полученным ФАУ «РОСДОРНИИ» от федеральных казенных учреждений, подведомственных Росавтодору, и органов управления дорожным хозяйством субъектов Российской Федерации, на сети автомобильных дорог общего пользования федерального, регионального, межмуниципального и местного значения в 2024 году было применено более 4 000 тыс. т асфальтобетонного гранулята.

Металлургические и фосфорные шлаки используются для реализации широкого спектра дорожно-строительных работ, а именно в составе асфальтобетонных, в том числе щебеночно-мастичных смесей (верхний и нижний слой покрытия, верхний слой основания), в составе цемента, минерального порошка, органоминеральных, щебеночно-гравийно-песчаных смесей, а также для повышения прочностных характеристик земляного полотна и укрепительных работ. Их применение регламентировано следующими стандартами: ГОСТ 32826-2014 на шлаковые щебень и песок, ГОСТ Р 58770-2019 на шлаковые щебеночно-песчаные смеси, ГОСТ 32761-2014 на минеральный порошок, ГОСТ 33174-2014 на цемент и другими документами.

Что касается металлургических шлаков, то, по информации ФАУ «РОСДОРНИИ», объем их применения на объектах дорожного хозяйства в 2024 году составил более 856 тыс. т.

Золошлаки (золы-уноса и золошлаковые смеси) могут использоваться в качестве техногенного грунта для возведения земляного полотна в качестве вяжущих материалов (в том числе в составе комплексных неорганических вяжущих) для укрепления грунтов и слоев дорожной одежды, в качестве техногенного грунта, укрепленного (обработанного) вяжущими, а также непосредственно для устройства слоев дорожных одежд. Применение золошлаковых материалов на сегодняшний день имеет широкую нормативную базу, насчитывающую более 15 документов по стандартизации: ГОСТ Р 70453-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Грунты, укрепленные органическими вяжущими. Общие технические условия», ГОСТ Р 70196-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Комплексные минеральные вяжущие для стабилизации и укрепления грунтов. Технические условия», ГОСТ Р 59300-2021 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси бетонные для устройства

слоев оснований и покрытий. Технические условия». ГОСТ 32761-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Порошок минеральный. Технические требования», ГОСТ Р 70455-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные, обработанные неорганическими вяжущими. Общие технические условия» и др. Следует также обратить внимание на утвержденный в 2025 году ПНСТ 1003-2025 «Дороги автомобильные общего пользования. Материалы золошлаковые. Классификация».

Статистические данные, которыми располагает ФАУ «РОСДОРНИИ», свидетельствуют, что количество примененных в 2024 году на сети автомобильных дорог золошлаковых материалов составило менее 1 тыс. т.

Белитовые (нефелиновые) шламы допускается применять для устройства несущих, морозозащитных и технологических слоев дорожных конструкций, в качестве слоев основания дорожной одежды и земляного полотна или для устройства переходного покрытия. Применение шламов в дорожной одежде регулируют, в частности, ГОСТ Р 70454-2022,

ГОСТ 70455-2022, упомянутые выше. К примеру, применение белитовых шламов в земляном полотне регламентируется ГОСТ Р 70452-2022.

При этом, по информации ФАУ «РОСДОРНИИ», в 2024 году отсутствуют сведения о дорожных объектах с применением нефелиновых шламов.

Вторичная резина (резиновый порошок, резиновая крошка) применяется для модификации асфальтобетонов и битумов, для изготовления элементов обустройства дорог, битумно-резиновых мастик, предназначенных для гидроизоляции конструктивных элементов мостовых сооружений. Использование в рамках дорожной деятельности материалов на основе вторичной резины также регулируется нормативной базой. Например, возможность применения модификаторов асфальтобетонной смеси на основе резинового порошка предусматривают ГОСТ Р 58406.1-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси щебеночно-мастичные асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия», ГОСТ Р 58406.2-2020

«Дороги автомобильные общего пользования. Смеси горячие асфальтобетонные и асфальтобетон. Технические условия», ГОСТ Р 54401-2020 «Дороги автомобильные общего пользования. Смеси литые асфальтобетонные дорожные горячие и асфальтобетон литой дорожный. Технические условия», ПНСТ 662-2022 «Дороги автомобильные общего пользования. Добавки модифицирующие и поверхностно-активные в битум и асфальтобетонную смесь. Классификация, выбор и применение», ГОСТ Р 55419-2013 «Материал композиционный на основе активного резинового порошка, модифицирующий асфальтобетонные смеси. Технические требования и методы испытаний».

В 2024 году объем примененного резинового порошка в составе модификаторов резиновой крошки составил менее 1 тыс. т.

Также производители материалов и изделий, созданных на основе резиновой крошки, предъявляют требования к использованию вторичной резины в рамках стандартов организаций на герметизирующие материалы, ограждающие и направляющие



Рис. 3. Примеры продукции, изготовленной на основе резиновой крошки

упругопластичные элементы обустройства и др.

Примеры элементов обустройства автомобильных дорог и битумно-резиновых мастик для гидроизоляции опорных частей, фундаментов, перекрытий мостовых сооружений, изготовленных на основе резиновой крошки, представлены на рис. 3.

Вскрышные породы и техногенные грунты фактически являются грунтами, которые могут быть отнесены к одному из разновидностей грунтов по ГОСТ 33063-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Классификация типов местности и грунтов», и их применение осуществляется в соответствии с общими принципами проектирования и проведения дорожных работ, в том числе по ГОСТ 33100-2023 «Дороги автомобильные общего пользования. Правила проектирования автомобильных дорог», ГОСТ Р 71404-2024 «Дороги автомобильные общего пользования. Нежесткие дорожные одежды. Правила проектирования» и др.

Кроме того, такие грунты могут быть соответствующим образом подготовлены в соответствии с действующими требованиями, а именно: для песка – ГОСТ 32824-2014 и ГОСТ 32730-2014, для щебня – ГОСТ 32703-2014, для щебеночно-гравийно-песчаных смесей – ГОСТ Р 70458- 2022 и др.

Объем техногенных грунтов, использованных в дорожной деятельности в 2024 году, ориентировочно составил чуть меньше 600 тыс. т.

Анализ полученных данных показывает, что объемы вторичных ресурсов и вторичного сырья, применяемых в дорожной отрасли, несопоставимо малы по сравнению с требуемым количеством природных ресурсов. Следует отметить, что одним из аспектов, сдерживающих применение вторичных ресурсов и вторичного сырья в дорожной деятельности, является проблема их эффективного применения на этапе проектирования.

До недавнего времени многие из таких материалов отсутствовали в базах данных наиболее популярных в нашей стране программных комплексов IndorPavement, Robur, РАДОН. Кроме того, не было нормативных документов, регламентирующих использование таких материалов в дорожных конструкциях, также отсутствовали расчетные характеристики этих материалов. Это вызывало определенные трудности при проектировании и расчете дорожных одежд.

На сегодняшний день в дорожной отрасли создана нормативная база для применения материалов с использованием вторичного сырья или вторичных ресурсов. Так, в частности, при проектировании дорожных одежд нежесткого типа руководствуются ГОСТ Р 71404-2024. При этом в базах программных комплексов имеются как характеристики типовых вторичных материалов из нормативной документации, так и сведения о представленных на рынке строительных материалов продуктах, которые возможно применять при проектировании дорожных одежд.

Проанализировав программы для расчета дорожных одежд IndorPavement, Robur, РАДОН на предмет наличия в базе данных материалов из вторичных ресурсов и вторичного сырья, был сделан вывод, что все программы позволяют рассчитать конструкции дорожной одежды с вторичными материалами, которые в достаточно широкой номенклатуре присутствуют в базе каждой из программ.

В частности, это асфальтогранулобетонные смеси на основе битумной эмульсии, минерального или комплексного вяжущего, щебень с заклиной вторичным асфальтобетоном или активным и высокоактивным шлаком, шлаковые смеси, в том числе щебеночно-песчаные смеси из неактивных, малоактивных, высокоактивных металлургических и фосфорных шлаков, грунты, обработанные

зольным или шлаковым вяжущим. Сюда же следует отнести органоминеральные смеси, в том числе на основе битумных, минеральных или комплексных вяжущих с использованием вторичного асфальтобетона и др.

Те или иные материалы при отсутствии их характеристик в базе данных программного комплекса могут быть добавлены пользователем в индивидуальную библиотеку и в дальнейшем применяться при проектировании и расчетах. Следует учитывать, что материалы могут быть использованы в расчетах, если они прошли испытания и известны их прочностные расчетные характеристики.

В качестве примера представим конструкцию с применением одновременно и шлакового щебня, и асфальтобетонного гранулята (рис. 4). Расчеты выполнены в программном комплексе КРЕДО РАДОН по ГОСТ 71404-2024. Готовые вторичные материалы (шлаковый щебень, расклинцованный асфальтогранулятом, и т. д.) выбраны из базы программы.

Следует обратить внимание на особенности применения модификаторов асфальтобетона на основе резинового порошка.

Применение в асфальтобетонных смесях модификаторов асфальтобетона и битумного вяжущего, при условии соответствия показателей полученных модифицированных асфальтобетонных смесей нормативным требованиям, обеспечено действующими в Российской Федерации национальными стандартами, перечисленными выше, при этом расчетные характеристики асфальтобетонных смесей с модификаторами применяются по ГОСТ Р 71404-2024 для соответствующего вида асфальтобетона.

На рис. 5 представлен пример конструкции дорожной одежды с покрытием из асфальтобетона с модификатором на основе резинового порошка и с основанием из фракционированного шлако-

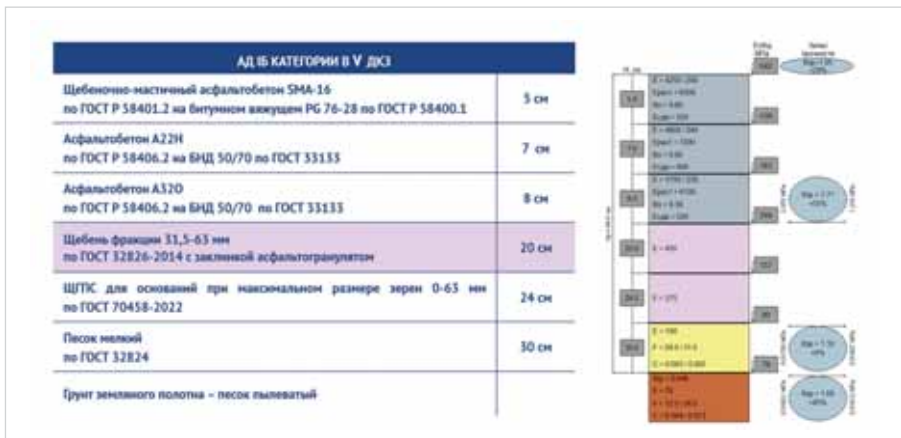


Рис. 4. Пример конструкции дорожной одежды с применением асфальтобетонного гранулята и шлакового щебня



Рис. 5. Пример конструкции дорожной одежды с применением резинового порошка и шлакового щебня

вого щебня с заклиной мелким активным шлаком.

Подробнее остановимся на направлении использования шлаков, золошлаков и шламов в земляном полотне, которые можно рассматривать в качестве техногенных грунтов. Согласно ГОСТ 33063, техногенные грунты (грунты особых разновидностей) имеют ограниченное применение в дорожном строительстве. Однако, согласно ГОСТ 25100, на территории Российской Федерации в целях классификации грунтов по ГОСТ 33063 техногенные грунты

возможно классифицировать как природные. При этом этот же ГОСТ 25100 позволяет относить шлаки, шламы и золошлаки к дисперсным несвязным грунтам.

В соответствии с ГОСТ 33063, несвязный грунт – это дисперсный грунт, обладающий физическими структурными связями с сыпучестью в сухом состоянии.

К подобным грунтам можно относить крупнообломочные и песчаные. Таким образом, золы, шлаки, шламы и золошлаки возможно классифицировать как

пески или крупнообломочные грунты и применять к ним соответствующие методы испытаний. По зерновому составу эти грунты, как правило, можно отнести к песчаным.

Кроме того, следует учитывать, что, как показывает практика, золошлаки ограниченно применимы в верхнем слое земляного полотна из-за высокой гигроскопичности. Поэтому их обычно используют в насыпях ниже рабочего слоя или стабилизируют, обрабатывают, укрепляют вяжущими.

Обращаем внимание, что в настоящее время ФАУ «РОСДОРНИИ» для всех заинтересованных сторон осуществляет мероприятия, направленные на оказание методологической и консультационной помощи участникам дорожной деятельности в целях расширения эффективного применения вторичных материалов на объектах дорожного хозяйства.

Следует подчеркнуть, что в настоящее время создана возможность для применения в дорожном хозяйстве весьма широкой номенклатуры вторичных ресурсов и вторичного сырья (при определенных технико-экономических обоснованиях) в соответствии с действующими нормативно-техническими документами.

Не следует забывать, что решение об использовании конкретных материалов, в том числе вторичных, на автомобильных дорогах принимается на стадии проектирования конкретных объектов. Целесообразность и эффективность принятых решений оценивается технико-экономическим сравнением вариантов для заданных условий производства работ.

СПРАВКА

В настоящее время в Реестре новых и наилучших технологий, материалов и технологических решений повторного применения (РННТ, <http://rnnt.ru>), оператором которого является ФАУ «РОСДОРНИИ», есть данные о таких модификаторах, как УНИРЕМ, ЭЛАДОРМ, ВИЛЕН-А, ПОЛИДОРМ, ЭЛАСТДОР™, РЕЦИКЛИЗАТ Б, ЛУКОЙЛ РКМ. Реестр постоянно дополняется сведениями о новых материалах и технологиях.

М.В. Михайленко,
начальник отдела развития технологий замкнутого цикла в дорожной деятельности,
Д.И. Гайлитис,
главный специалист отдела развития технологий замкнутого цикла в дорожной деятельности,
ФАУ «РОСДОРНИИ»