

**УДК 339.54.012**

**Воронов Александр Андреевич**, студент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург

**Новиков Вадим Андреевич**, студент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург

**Фалев Александр Сергеевич**, студент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ RAP (RECYCLED ASPHALT PAVEMENT) В СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

### **Аннотация**

Настоящая статья ставит своей целью изучение альтернативного материала дорожного полотна. RAP (Recycled asphalt pavement) – переработанное асфальтовое покрытие. Данная технология используется при строительстве и обслуживании автомобильных дорог. В настоящее время переработанный асфальт является особенно актуальным, так как он более экологичен и экономичен, чем классическое асфальтовое покрытие. Раньше асфальтобетонный лом считался отходом и отправлялся на утилизацию, однако на сегодняшний день активно используются несколько способов регенерации материала, при этом не теряя в качестве смеси и экономя денежные ресурсы. Тема использования переработанного асфальтобетона при устройстве нового полотна особенно важна, так как на сэкономленные финансы можно построить новые дороги на большой территории Российской Федерации и привести уже построенные линейные объекты к нормативному состоянию.

### **Annotation**

This article aims to explore an alternative road surface material. RAP (Recycled asphalt pavement) is a recycled asphalt pavement. This technology is used in the construction and maintenance of roads. Currently, recycled asphalt is becoming

increasingly important due to its environmental and cost-effective advantages over traditional asphalt pavements. Previously, asphalt scrap was considered waste and disposed of, but today, several methods are being used to regenerate the material without compromising its quality or increasing costs. The use of recycled asphalt concrete in the construction of new road surfaces is particularly important, as the savings can be used to build new roads across the vast territory of the Russian Federation and to bring existing linear facilities up to regulatory standards.

**Ключевые слова:** переработанный асфальтобетон, RAP, асфальтобетон, автомобильные дороги.

**Keywords:** recycled asphalt concrete, RAP, asphalt concrete, highways.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Использование вторичного сырья в дорожном строительстве является одной из значимых проблем современного дорожного строительства. По мере старения автомобильных дорог ежегодно образуется огромное количество отходов асфальтобетонных материалов. В этой связи, все более популярным и актуальным становится использование технологии RAP, что обусловлено эффектом в сокращении отходов, экономических затрат на дорогостоящий природный ресурс, выбросов углекислого газа, и достижением устойчивого развития экономики, общества и окружающей среды.

Однако связующее RAP является устаревшим и имеет ряд недостатков, в том числе плохую удобоукладываемость, низкую утомляемость получаемых смесей и низкое сопротивление разрушению.

Целью данной работы является изучение технологии RAP, способы ее применения, технологии производства, проблемы и перспективы развития.

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГИИ RAP (RECYCLED ASPHALT PAVEMENT)**

Технология RAP очень универсальна и может использоваться с различными модификациями асфальта в зависимости от спецификации и возможностей обработки. В производстве горячей смеси переработанное

асфальтовое покрытие смешивается с заполнителем и свежим или омоложенным связующим для создания материала, который работает наравне с традиционными смесями.

Переработанный асфальт часто используется в базовых или подбазовых слоях, где важна структурная целостность поверхности. В этих случаях RAP помогает построить прочные фундаменты при одновременном снижении затрат. Более продвинутые операции также восстанавливают битумный связующий из RAP и повторно вводят его в конструкцию смеси. Эти подходы предъявляют дополнительные требования к тому, как хранится и обрабатывается связующее вещество, особенно когда согласованность и контроль температуры имеют решающее значение для производительности смеси.

Состав RAP включает следующие основные компоненты:

1. Асфальтобетонный гранулят (RAP, асфальтовая крошка) — основной компонент. В составе RAP должно быть 35–45% гранул крупнее 5 мм и не более 5% гранул более 50 мм.
2. Скелетный материал — щебень, песок, ПГС/ЩПС. Его добавляют, когда RAP «тонкий» или недостаточно каменистый, чтобы скорректировать гранулометрию крошки.
3. Вяжущее — органическое и/или минеральное. Оно обновляет плёночный битум RAP, снижает межгранулярное трение, повышает водостойкость и несущую способность.
4. Вода — обязательна для смесей на эмульсии, вспененном битуме и минеральных вяжущих. Подбирается по максимальной плотности при уплотнении (оптимальная влажность).

Согласно ГОСТ Р 59118.1 – 2020 «Дороги автомобильные общего пользования переработанный асфальтобетон (RAP) Технические условия» переработанное асфальтовое покрытие классифицируется:

- В зависимости от крупности RAP классифицируют по размеру зерен в миллиметрах, проходящих через большее сито (D) и задерживающихся на меньшем сите (d).

- В зависимости от исходного сырья, полученного из конструктивных слоев. RAP классифицируют следующим образом:

- В – RAP, полученный путем сортировки и/или дробления с последующим грохочением асфальтобетонного гранулята и асфальтобетонного лома из верхнего слоя покрытия;

- Н – RAP, полученный путем сортировки и/или дробления с последующим грохочением асфальтобетонного гранулята и асфальтобетонного лома из нижнего слоя покрытия;

- О – RAP, полученный путем сортировки и/или дробления с последующим грохочением асфальтобетонного гранулята и асфальтобетонного лома из слоя основания;

- С – RAP, полученный путем сортировки и/или дробления с последующим грохочением асфальтобетонного гранулята и асфальтобетонного лома с различных участков дорог и/или различных конструктивных слоев.

Доля применения RAP варьируется в зависимости от категории дороги и состава смеси:

1. Для дорог 5-й категории и ремонта обочин — до 100% гранулята в верхнем слое покрытия.
2. Для верхнего слоя покрытия дорог высших категорий — 25%.
3. Для основания дорожных одежд — до 60% с незначительным добавлением битумной эмульсии (до 1%) и цемента (до 1%).
4. На дорогах с тяжёлыми условиями движения — не более 20% RAP в составе асфальтобетонных смесей для верхних слоёв покрытий.

## **ПРОИЗВОДСТВО RAP (RECYCLED ASPHALT PAVEMENT)**

Существует несколько методов производства переработанного асфальтового покрытия в зависимости от двух основных факторов: места производства и способа регенерации.

Методы, зависящие от места производства:

1. Заводская регенерация (на АБЗ) — переработка снятого фрезой или демонтажом материала в стационарных или передвижных смесительных установках.

2. Регенерация на месте (in-place) — восстановление покрытия непосредственно на объекте с применением специализированной техники: термопрофилировщиков, инфракрасных разогревателей, ремиксеров, ресайклеров.

Методы, зависящие от способа регенерации:

1. Холодный ресайклинг — RAP-материал не нагревают, полученная в итоге смесь имеет температуру окружающей среды.

2. Горячий ресайклинг — RAP-материал предварительно нагревают, а уже после отправляют в смеситель, где находится горячий состав из щебня или гравия, песка, минерального порошка. После этого в агрегат подают битум и, при необходимости, регенерирующую добавку, которая восстанавливает свойства состаренного RAP-вяжущего.

## **ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ТЕХНОЛОГИИ RAP (RECYCLED ASPHALT PAVEMENT)**

В ходе изучения данной технологии были выявлены основные преимущества её производства и применения:

1. Исследование влияния пропорций RAP на эксплуатационные характеристики дорожного покрытия показало, что с увеличением содержания RAP улучшаются механические свойства и высокотемпературные свойства, сначала усиливаются, а затем ослабляются низкотемпературные свойства и влагостойкость. Учитывались обычная асфальтобетонная смесь АС-20 и модифицированная смесь АС-13 с различными пропорциями RAP.

2. Исследование устойчивости к растрескиванию двух типов асфальтобетонных смесей, переработанных повторно, имела тенденцию к увеличению с увеличением содержания RAP (от 0 до 50%), а затем ослабевала. Наилучшие низкотемпературные характеристики были достигнуты, когда содержание RAP составляло 20%.

3. Исследование восприимчивости к влаге двух типов переработанных смесей показала тенденцию к увеличению, а затем к снижению с увеличением RAP и достигла наилучшего состояния, когда RAP составил 40%.

4. Благодаря использованию RAP стало возможно существенно сократить добычу первичных минеральных ресурсов, таких как песок и щебень, и битума.

5. Из-за уменьшения объемов производства битума и снижения энергозатрат на добычу минеральных ресурсов обеспечивается снижение выбросов углекислого газа (CO<sub>2</sub>).

6. Фрезерованный асфальтобетон рассматривается не отход, а как строительный материал и вторичный ресурс. Это снижает загрузку полигонов, уменьшает риск порчи почвы и подземных вод.

Использование переработанного асфальтобетона, RAP в асфальтобетонных смесях может вызывать такие проблемы, как:

1. Старение битума. Это приводит к повышению теплоустойчивость, жёсткость и упругость, понижается пластичность — увеличивается хрупкость битума при низких зимних температурах.

2. Повышенная вязкость старого битума при использовании в асфальтобетонных смесях с RAP может снижать значения показателей «Средняя глубина колеи» и «Коэффициент водостойкости». Это свидетельствует о повышении жёсткости асфальтобетонной смеси, что отрицательно сказывается на её усталостных и низкотемпературных свойствах.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

В ходе работы был проведен сбор информации об эксплуатационных характеристиках переработанного асфальтового покрытия, технологии его производства. Удалось определить, что применение данной технологии имеет как преимущества, так и недостатки, однако, в большинстве она благоприятно влияет на асфальтовое покрытие и обеспечивает улучшение его прочностных и эксплуатационных характеристик. В связи с актуальностью применения технологии RAP в наши дни необходимо более детально изучить возможности для долгосрочном анализе эксплуатационных характеристик и разработке новых методов производства переработанного асфальтового покрытия.

## Литература

1. Тхакур Дж. К., Хан Д. Recent Development of Recycled Asphalt Pavement (RAP) Bases Treated for Roadway Applications // Transportation Infrastructure Geotechnology. — 2015. — Vol. 2, P. 68–86. — DOI: 10.1007/s40515-015-0018-7.
2. Asphalt Pavement Recycling with Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) / Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. — Washington, DC, USA, 2020.
3. Reclaimed Asphalt Pavement: How Recycling Can Benefit the Road Construction Industry / TEC Container Solutions. — 22 May 2023.
4. Дороги автомобильные общего пользования. Переработанный асфальтобетон (RAP). Технические условия. ГОСТ Р 59118.1-2020. — Национальный стандарт Российской Федерации. — Введён в действие 01.03.2021.
5. Байдуллаев И., Айткалиева Г. С., Елубай М. А., Демеубаева Н. С., Амитова А. А. Регенерирование вторичных асфальтовых покрытий омолаживающими средствами // Вестник университета Шакарима. Технические науки. — 2024. — № 3(15). — С. 356–360.
6. Markja I., Dhoska K., Ahmetaj B., Fraholli M., Elezi D., Mustafaraj G. Asphalt Pavement Recycling Technology with Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) According to the Standards EN 13108-8 and EN 13108-1 // Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Cham : Springer, 2023.

## Literature

1. Thakur J. K., Khan D. Recent Development of Recycled Asphalt Pavement (RAP) Bases Treated for Roadway Applications // Transportation Infrastructure Geotechnology. — 2015. — Vol. 2, P. 68–86. — DOI:10.1007/s40515-015-0018-7.
2. Asphalt Pavement Recycling with Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) / Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation. — Washington, DC, USA, 2020.

3. Reclaimed Asphalt Pavement: How Recycling Can Benefit the Road Construction Industry / TEC Container Solutions. — 22 May 2023.
4. Public roads. Reclaimed asphalt concrete (RAP). Technical conditions. GOST R59118.1-2020. — National Standard of the Russian Federation. — Enacted on 01.03.2021.
5. Baidullaev I., Aitkalieva G. S., Elubai M. A., Demuebayeva N. S., Amitova A. A. Regeneration of secondary asphalt pavements with rejuvenating agents // Bulletin of Shakhim University. Technical Sciences. — 2024. — No. 3(15). — P. 356–360.
6. Markja I., Dhoska K., Ahmetaj B., Fraholli M., Elezi D., Mustafaraj G. Asphalt Pavement Recycling Technology with Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) According to the Standards EN 13108-8 and EN 13108-1 // Lecture Notes in Mechanical Engineering. Cham: Springer, 2023.