

## **ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ МЕСТНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

*Борисенко Елена Александровна, Викин Евгений Николаевич,  
студенты 3-го курса кафедры «Автомобильные дороги»  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск  
(Научный руководитель – Козловская Л.В., старший преподаватель)*

Современные автомобильные дороги являются местом повседневной работы множества автовладельцев. Традиционно, из года в год растет автомобильный трафик, что показывает повышение уровня автомобилизации по регионам и странам в целом. Это сказывается на качестве автомобильных дорог. Состояние дорог стремительно ухудшается в связи с увеличением нагрузок на них, так же на это сказывается не только автомобилизация личных автомобилей, но и количество пассажирских автобусов и автомобильных поездов. Для совершенствования транспортно-дорожной инфраструктуры необходимо внедрять новые системы качества и инновационные технологии строительства и ремонта автомобильных дорог. Для решения данной проблемы изобретают новые технологии строительства и обслуживания дорог.

**Холодный ресайклинг** (от англ. recycling - "повторное использование") – эта технология позволяет перерабатывать существующие слои как асфальтобетонного покрытия, так и основания. Специальные машины – ресайклеры (марок Caterpillar, Wirtgen) измельчают старое покрытие, в процессе вводя укрепляющие добавки (цемент или битум) и специальные добавки – стабилизаторы, призванные улучшить качество получаемого дорожного основания. Данная технология выделяется среди других тем, что она экономичнее и экологичнее. Достигается это тем, что старое дорожное полотно используется как строительный ресурс для новой дороги, а также не требуется подвоз дополнительных материалов. Прочность у ресайклированных покрытий будет несколько выше, чем у асфальтобетона, но по морозостойкости свойства будут хуже. Поэтому необходимо делать верхний защитный слой из нового асфальтобетона или эмульсионно-минеральных смесей на основе органических вяжущих. По сравнению с традиционными методами у холодного ресайклинга минимальные сроки ремонта и быстрый ввод дороги в эксплуатацию, а именно до нескольких суток после ремонта. Возможно проводить работы в ночное время.



Рисунок 1 – Ресайклер

Холодный ресайклинг применяется для строительства оснований и окончательных покрытий дорог V категории, местных, сельских, временных и подъездных дорог, площадок под склады, а также при капитальных ремонтах, реконструкциях автомобильных дорог, новом строительстве земляного полотна и оснований дорожных одежд дорог I-V категорий. Универсальность метода холодного ресайклинга позволяет удовлетворить различные требования заказчика по ремонту дорожных одежд, обеспечивая повышенные транспортно-эксплуатационные показатели восстановленных и укрепленных объектов на протяжении длительного времени. Максимальная толщина всех фрезерованных слоев может достигать 25-30 см. В зависимости от категории автомобильной дороги регенерированные смеси могут укладываться в верхние слои основания, нижний или верхний слой дорожного покрытия. Однако этот метод требует дорогостоящего оборудования - ресайклеров и современных цементораспределителей, которые с точностью дозируют цемент.

Эта технология применяется практически во всем мире, у нас в стране - пока только в Минске. Она показывает высокую эффективность там, где необходимо повышение несущей способности дороги и есть достаточное количество старого асфальта. В целом же одним из главных преимуществ технологии является то, что все работы производятся на месте, ограниченным количеством машин без подвоза дополнительных строительных материалов, что позволяет максимально уменьшить использование новых материалов, а также количество производимых отходов.

**Superpave** (от англ. Superior Performing Asphalt Pavements) – это передовой метод разработки составов асфальтобетонов с высокой эксплуатационной надежностью. Система была разработана в США при участии специалистов из разных стран. Главное достоинство таких асфальтобетонов – повышенный межремонтный срок эксплуатации. Он характеризуется увеличением стойкости дорожного полотна к остаточной деформации, механическим повреждениям, а также к низкотемпературным трещинообразованиям. Существенным плюсом системы «Суперпейв» является внедрение местных материалов и ресайклинг. Благодаря этому мы экономим на повторном использовании регенерированных покрытий и сокращении затрат на транспортировку материалов издалека.

Любая асфальтобетонная смесь состоит из минеральных материалов: битума, песка, щебня и гравия. Долговечность итоговой смеси во многом зависит от качества связывающего битума. Технология Superpave предполагает точный подбор битума не по морально устаревшим нормам, а по специально созданной шкале PG Grade. Классификация PG позволяет определить битумное вяжущее, подходящее для конкретного участка дороги. Выбор битума по шкале PG Grade основан на анализе характеристик в данном районе строительства: особенности природных условий; интенсивность нагрузок при автомобильном движении; максимально высокие показатели летней и зимней температуры за последние 20 лет.

Таблица 1 - Шкала PG Grade для определения марки вяжущего

Марки по высокой температуре, °C	Марки по низкой температуре, °C						
PG 46	-34	-40	-46				
PG 52	-10	-16	-22	-28	-34	-40	-46
PG 58	-16	-22	-28	-34	-40		
PG 64	-10	-16	-22	-28	-34	-40	
PG 70	-10	-16	-22	-28	-34	-40	
PG 76	-10	-16	-22	-28	-34		
PG 82	-10	-16	-22	-28	-34		

При строительстве дороги методом Superpave существуют критерии подбора и испытания каменного материала. При испытаниях по методу Superpave, необходимо обратить внимание на использование более узких фракций гранулометрического состава каменного материала и применение сит с квадратными ячейками. Это позволяет достигнуть более плотного расположения минеральных материалов в составе асфальтобетонной смеси. И, как следствие, получить материал с максимальной плотностью и каркасностью, то есть который сможет одинаково эффективно сопротивляться пластическим деформациям и усталостным разрушениям.

Таблица 2 – Зависимость расчетной нагрузки от параметров гранулометрического состава асфальтобетонной смеси

Число Проездов осей с расчетной нагрузкой 80 кН по одной полосе	Процент крупных зерен с отколотой гранью, не менее		Пористость неуплотненного мелкого каменного материала, % не менее		Песчаный эквивалент, % не менее	Содержание зерен пластинчатой и игловатой форм, % не более
	При глубине слоя менее 10 см	При глубине слоя более 10 см	При глубине слоя менее 10 см	При глубине слоя более 10 см		
<0,3	55/-	-/-	-	-	40	-
0,3-3	74/-	50/-	40	40	40	10
3-10	85/80	60/-	45	40	45	10
10-30	95-90	80/75	45	40	45	10
>30	100/100	100/100	45	45	50	10

Завершающая стадия проектирования по данной системе – это поиск «идеального» содержания битума и каменного материала по двум параметрам: остаточной пористости и пористости минеральной части. Далее проверяют механические свойства спроектированного объекта при кратковременных нагрузках. В лаборатории смесь максимально уплотняют, используя специальный прибор – гиратор-компактор. В результате приходят к рабочей формуле смеси, которая выдерживает оптимальные нагрузки. (ESALs – суммарное приведенное к расчетной нагрузке число проездов осей с нагрузкой 80 кН.)

В итоге мы получаем покрытие, которое используется 10-12 лет. Оно изначально создается с расчетом длительной эксплуатации, поэтому состав тщательно разрабатывается, а затем тестируется в лаборатории. Итоговый асфальтобетон не нуждается в частом ремонте, что увеличивает экономическую эффективность материала на 30-50%.

**Волокна, проводящие электричество.** Ученые из Голландии предлагают при строительстве, замене или ремонте ввести в состав предназначенного для укладки асфальтобетона проводящие электричество волокна в конфигурации замкнутых контуров. При образовании трещин или при интервальном обслуживании, через волокна-наполнители вокруг трещины пропускается электрический ток, в результате чего создается тепло такой температуры, что вяжущее вещество начинает плавиться и заполнять трещины.

Таблица 3 – Требования к параметрам уплотнения в зависимости от транспортной нагрузки

Интенсивность движения ESALs, млн	Количество оборотов прибора			Стандартные условия движения
	N	N	N	
<0,3	6	50	75	Использование на дорогах с очень низкой интенсивностью движения.
0,3-3	7	74	115	Применение на жилых улицах и среднезагруженных природных дорогах.
3-30	8	100	160	Возможно внедрение на государственных трассах и скоростных автомагистралях.
>30	9	125	205	Использование на межрегиональных дорогах в городской и сельской местности.



Рисунок 2 – Процесс строительства дороги по методу Superpave

**Диатомит.** Возможно, в ближайшем будущем заменит традиционный асфальтобетон. Российский ученый из Тюменского университета предложил использовать диатомит - природный материал, который обладает водоотталкивающими свойствами и устойчив к низким температурам. Это означает, что на построенных из него дорог будет отсутствовать сам факт наличия трещин. Также если учесть, что диатомит - природный материал, то залежи его просто огромны и находятся практически на поверхности земли, добыча диатомита обходится недорого. Уже существует несколько экспериментальных участков дорог на основе диатомита. Их эксплуатация

определил дальнейшие перспективы использования этого материала в дорожном строительстве.

Использование предложенных инновационных технологий для автомобильных дорог позволит снизить себестоимость дорожной инфраструктуры, скорость ремонта и строительства, а также повысить качество самих дорог.

#### Литература:

1. [https://cemdor.ru/recycling\\_dorog/recycling\\_dorogi.html](https://cemdor.ru/recycling_dorog/recycling_dorogi.html)
2. [https://roadconcrete.ru/about\\_technology/tekhnologiya-kholodnyy-resaykling/](https://roadconcrete.ru/about_technology/tekhnologiya-kholodnyy-resaykling/)
3. <https://www.rusalmix.ru/superpave/>
4. <https://cemdor.ru/lab/superpave.html>
5. <https://proteh.org/articles/11102019-innovacionnye-tehnologii-v-dorozhnom-stroitelstve-i-remonte/>