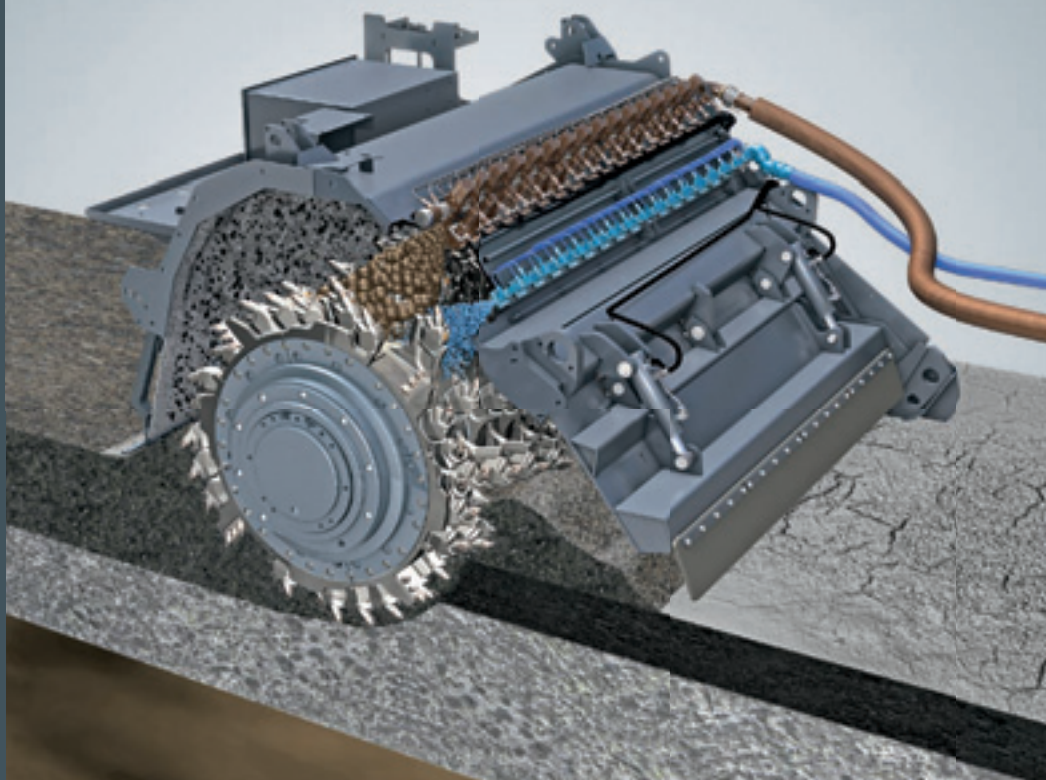


Холодный ресайклинг

Wirtgen

Технология холодного ресайклинга



Оглавление

	Предисловие	10
1	Дорожные одежды	15
1.1	Конструкция дорожной одежды	16
1.2	Элементы дорожной одежды	18
1.2.1	Слой покрытия	18
1.2.2	Слои основания	19
1.2.3	Земляное полотно	21
1.3	Исходные оценки для проектирования дорожной одежды	22
1.3.1	Воздействие окружающей среды	23
1.3.2	Нагрузки со стороны транспорта	25
1.4	Типы разрушения дорожной одежды	26
1.4.1	Последствия разрушения дорожной одежды	26
1.5	Содержание и восстановление дорожных одежд	28
1.6	Варианты восстановления	30
1.6.1	Восстановление покрытия	31
1.6.2	Восстановление основания	34
2	Восстановление дорожных одежд	38
2.2.1	Общая информация	41
2.2	Восстановление дорожных одежд: расчет и планирование	42
2.3	Шаг 1: Сбор информации	44
2.3.1	Информация о существующей дорожной одежде (история)	45
2.3.2	Ожидаемая интенсивность движения	46
2.4	Шаг 2: Предварительные исследования	48
2.4.1	Выделение основания участков	49
2.4.2	Визуальная проверка	52
2.4.3	Оценка однотипных участков	54
2.5	Шаг 3: Подробные исследования	55
2.2.5.1	Взятие проб	55
2.5.2	Лабораторные испытания	56
2.5.3	Взятие кернов	57

2.5.4	Динамический конусный пенетрометр (DCP)	58
2.5.5	Анализ результатов испытаний на прогиб	60
2.5.6	Измерение колесных колеи	60
2.5.7	Анализ всех имеющихся данных	61
2.6	Шаг 4: Предварительные варианты восстановления дорожной одежды	62
2.6.1	Расчет дорожной одежды	62
2.6.2	Каталогизированные методы расчета	63
2.6.3	Метод структурных чисел	63
2.6.4	Метод индексирования дорожных одежд	64
2.6.5	Механистические методы расчета	66
2.6.6	Методы расчета по величине прогиба	67
2.6.7	Выводы	67
2.7	Шаг 5: Проверка пригодности смеси в лаборатории	68
2.8	Шаг 6: Окончательные варианты дорожной одежды	70
2.9	Шаг 7: Экономический анализ	71
3	Холодный ресайклинг	73
3.1	Общая информация	75
3.2	Технология холодного ресайклинга	77
3.2.1	Ресайклинг «на заводе»	78
3.2.2	Ресайклинг «на месте»	79
3.3	Машины для ресайклинга «на месте»	84
3.4	Применение холодного ресайклинга	90
3.4.1	Ресайклинг только регенерируемого материала	93
3.4.2	Смешивание регенерируемого гранулированного материала	94
3.5	Преимущества холодного ресайклинга	97
3.6	Условия применения холодного ресайклинга	98
4	Вязущие	100
4.1	Типы вяжущих	103
4.1.1	Общая информация	103
4.1.2	Свойства материалов	104

Оглавление

4.1.3	Гидравлические вяжущие	105
4.1.4	Битумные вяжущие	106
4.1.5	Влияние различных вяжущих на свойства материалов	109
4.2	Стабилизация цементом	110
4.2.1	Общая информация	110
4.2.2	Факторы, влияющие на прочность	110
4.2.3	Трещинообразование в слоях, укрепленных цементом	111
4.2.4	Разрушение покрытия	114
4.2.5	Срок службы	115
4.2.6	Применение цемента	116
4.2.7	Преждевременное открытие движения	120
4.2.8	Основные характеристики материалов, стабилизированных цементом	121
4.3	Стабилизация битумом	123
4.3.1	Общая информация	123
4.3.2	Механизмы разрушения материалов, стабилизированных битумом	126
4.3.3	Параметры материалов, стабилизированных битумом	127
4.3.4	Материалы, требующие стабилизации битумом	128
4.3.5	Битумные вяжущие	136
4.3.6	Активный наполнитель	140
4.3.7	Качество воды	141
4.3.8	Подбор состава смеси	142
4.3.9	Классификация материалов, стабилизированных битумом	144
4.3.10	Работа с материалами, стабилизированными битумом	146
4.3.11	Механические испытания	152
4.3.12	Методы расчета дорожных одежд из материалов, стабилизированных битумом	154
4.4	Преимущества и недостатки гидравлических и битумных вяжущих	160
5	Варианты ресайклинга	163
5.1	Рекомендации по ресайклингу различных дорожных одежд	165
5.1.1	Слабонагруженные дороги (0,3 млн. ESAL)	166
5.1.2	Малонагруженные дороги (1 млн. ESAL)	168
5.1.3	Второстепенные загородные дороги (3 млн. ESAL)	170

5.1.4	Главные загородные дороги (10 млн. ESAL)	172
5.1.5	Внутригородские магистрали (30 млн. ESAL)	174
5.1.6	Главные многополосные магистрали (100 млн. ESAL)	176
5.2	Варианты восстановления дорожной одежды	178
5.2.1	Существующая дорожная одежда	180
5.2.2	Требования к восстановлению	181
5.2.3	Варианты восстановления	182
5.2.4	Мероприятия по сохранению работоспособности дорожной одежды	190
5.2.5	Затраты на строительство и содержание дорожной одежды	192
5.2.6	Энергозатраты	195
5.2.7	Замечания	199
6	Ресайклинг с использованием только регенерируемого материала	201
6.1	Регенерируемый асфальтобетон	203
6.1.1	Битумное вяжущее	203
6.1.2	Гранулометрический регенерируемого материала	205
6.2	Использование регенерируемого материала при холодном ресайклинге	206
6.2.1	Необработанные регенерируемые материалы	206
6.2.2	Регенерируемый материал, обработанный цементом	207
6.2.3	Регенерируемый материал, стабилизированный битумной эмульсией	207
6.2.4	Регенерируемый материал, стабилизированный вспененным битумом	211
Библиография		214
Приложение 1 - Лабораторные испытания стабилизированных материалов		218
Приложение 2 - Определение пропускной способности дорожной одежды по информации об интенсивности движения		307
Приложение 3 - Подготовка технических условий для ресайклинга		320
Приложение 4 - Основные методы экономического анализа		355

> **Фрезерование и укладка нового слоя.**

В этом случае удаляется слой растрескавшегося асфальтобетона и на его место укладывается слой новой горячей смеси, зачастую с модифицированным вяжущим. Процесс занимает мало времени благодаря высокой

производительности современных дорожных фрез. Таким образом, проблема решается с сохранением высоты дорожного полотна.

Фрезерование



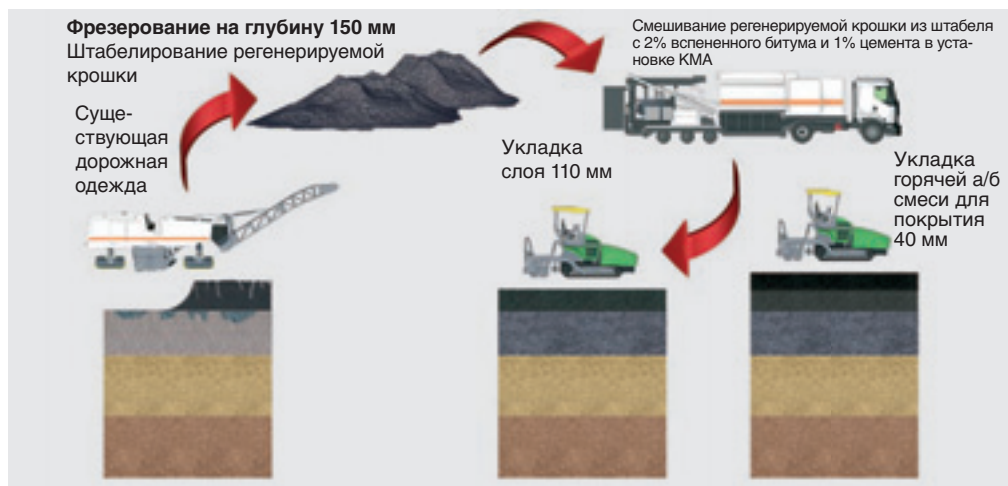
Укладка нового слоя



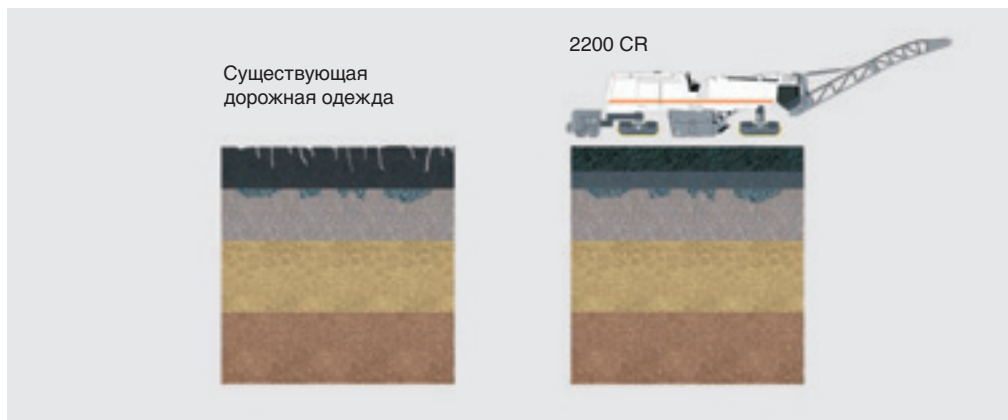
Фрезерование старого и укладка нового слоя

> Ниже представлена схема **ресайклинга** относительно тонкого (100 - 150 мм) слоя асфальтобетона на разрушенной дорожной одежде. Этот процесс может быть осуществлен

«на заводе», когда сфрезерованный материал передается на мобильную установку КМА 2200 для приготовления холодной смеси, или «на месте» ресайклером 2200 CR или WR 4200.



Ресайклинг на глубину 150 мм



Ресайклинг на глубину 100 мм

На этом рисунке показана типичная «чаша прогиба» для двух различных дорожных одежд.



Типичные «чаши прогиба»

Первое, что вводится в систему контроля качества дорожной одежды при оценке их состояния, проводимой дорожными службами на главных дорогах дорожной сети обычно с интервалом 3 - 5 лет, - результаты испытаний на прогиб. Полученные таким образом результаты чрезвычайно ценны для определения границ характерных участков, которые можно выявить простым статистическим расчетом. Анализ по накопленной сумме позволяет найти места, где параметры конструкции дорожной одежды изменяются. При этом накопленная сумма максимальных прогибов рассчитывается следующим образом:

Для каждой точки на график наносится соответствующая накопленная сумма, обычно вместе со значением максимального прогиба (как это показано ниже). Относительно постоянный наклон кривой накопленной суммы указывает на участки с примерно одинаковой реакцией на нагрузку, т.е. характерные.

Указание: Метод накопленной суммы не ограничивается расчетом максимального прогиба. Он часто используется и с другими его характеристиками, например, с индексом кривизны поверхности (SCI).

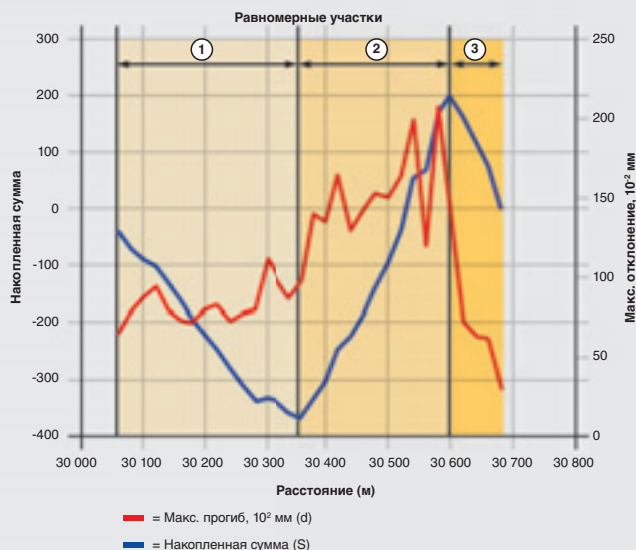
$$S_i = (\delta_i - \delta_{\text{mean}}) + S_{i-1} \quad (\text{Уравнение 2.1})$$

где S_i = Накопленная сумма в точке i ;
 δ_i = Максимальный прогиб в точке i
 δ_{mean} = Среднее значение максимального прогиба на всем участке
 S_{i-1} = Накопленная сумма в точке перед точкой i

Другие методы

Если данных о прогибе нет, характерные участки должны определяться иными способами. Информация о конструкции дорожной одежды (если она имеется) часто используется в таких случаях в качестве отправной точки при предварительном тщательном визуальном обследовании, как это пояснено ниже. Однако, если требуемая нагрузочная пропускная способность дороги превышает 10 млн. ESAL, рекомендуется сначала произвести испытание на прогиб с применением

Расстояние (м)	Макс. отклонение (d)	Накопит. сумма (S)
30 060	64,80	-41,14
30 080	76,70	-70,38
30 100	86,60	-89,71
30 120	94,00	-101,65
30 140	79,10	-128,49
30 160	72,70	-161,73
30 180	71,30	-196,36
30 200	79,50	-222,80
30 220	82,40	-246,34
30 240	71,70	-280,58
30 260	76,80	-309,71
30 280	78,90	-336,75
30 300	110,40	-332,29
30 320	98,70	-339,53
30 340	86,70	-358,76
30 360	97,40	-367,30
30 380	139,60	-333,64
30 400	134,70	-304,88
30 420	164,00	-246,81
30 440	129,50	-223,25
30 460	142,50	-186,69
30 480	152,30	-140,33
30 500	150,10	-96,16
30 520	163,50	-38,60
30 540	198,90	54,36
30 560	119,60	68,02
30 580	208,60	170,69
30 600	132,80	197,55
30 620	72,10	163,71
30 640	63,20	120,98
30 660	61,10	76,14
30 680	29,80	0,00
Mean (D)	105,94	

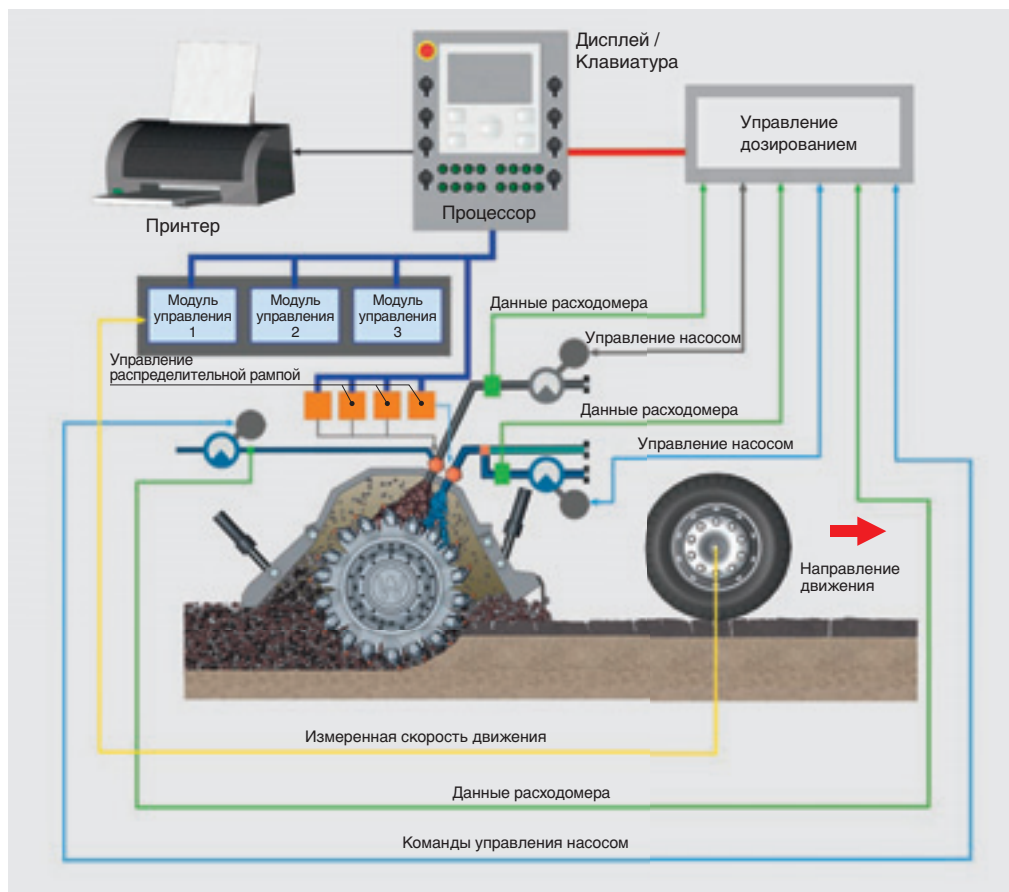


Идентификация однотипных участков

прогибомера с падающим грузом. Наряду с выделением характерных участков информация, получаемая при таком испытании, чрезвычайно важна для статистической оценки различных характеристик дорожной одежды (см. раздел 2.5.5).

Указание:

- Методы накопленной суммы могут использоваться для выделения характерных участков по результатам испытаний на прогиб или по другой соответствующей информации (например, по калифорнийскому числу для земляного полотна), полученной для точек, распределенных по длине дороги.



Микропроцессорная система управления распределением на ресайклере WR 2500 S

Ресайклер работает совместно с большими автоцистернами, которые он буксирует или толкает перед собой и которые несут запас жидких добавок, например, битумной эмульсии, для готовящейся на нем смеси.

Автоцистерны, объединенные в один комплекс с ресайклером, выбираются в соответствии с конкретной задачей ресайклинга и типом используемого для этого вяжущего (вяжущих).



Комплекс машин для ресайклинга

Самый простой комплекс состоит из ресайклера и связанной с ним только одной автоцистерны с водой. Когда ресайклер движется, он своим фрезерным барабаном срезает верхний слой (слои) дорожной одежды и смешивает получаемый при этом материал с водой, закачиваемой из цистерны. Микропроцессор управляет подачей воды так, чтобы ее требуемое количество впрыскивалось в смесительную камеру фрезерного барабана через распределительную рампу, расположенную в передней части корпуса смесительной камеры.

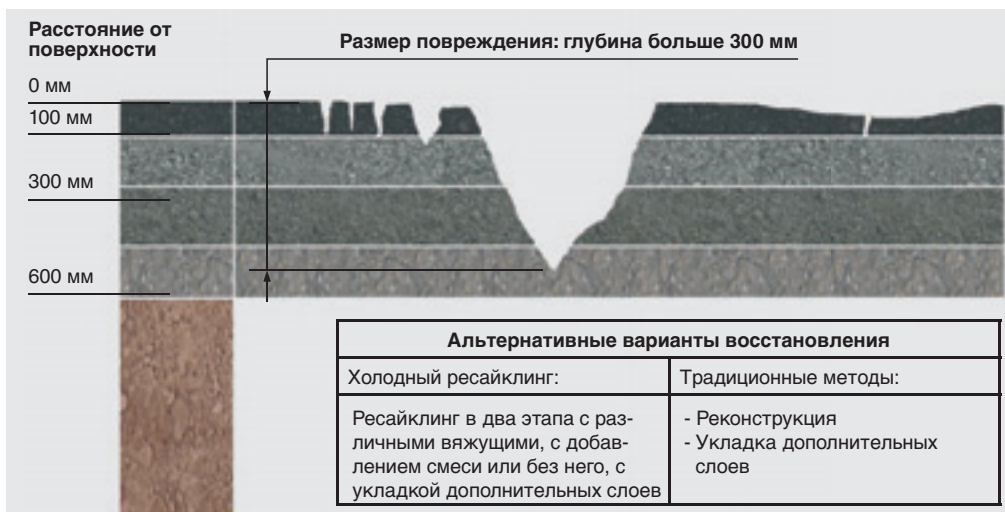
Вращающийся барабан смешивает воду с регенерируемым материалом до получения однородной смеси. Расход подаваемой воды регулируется так, чтобы влажность этой смеси была достаточной для ее требуемого уплотнения.

Смесь сваливается в полосу, выфрезерованную барабаном, и разравнивается задней стенкой смесительной камеры до заполнения этой полосы. Следующий за ресайклером каток уплотняет ее перед грейдером, который выравнивает слой до необходимых высотных отметок. (Здесь на рисунке не показан процесс окончательного уплотнения и финиширования, для которого используются вибро- и пневмокотки с водяной цистерной.)

Порошковые вяжущие, такие как цемент или гашеная известь, обычно наносятся на поверхность существующей дорожной одежды перед началом ресайклинга. Ресайклер перемешивает такое вяжущее с регенерируемым материалом и водой. В одном проходе!

Указание:

- Микропроцессор играет важную роль для управления подачей воды и битума.



Варианты восстановления в случае глубоко лежащих структурных повреждений

Материалы, расположенные вблизи горизонта ресайклирования, могут быть классифицированы на два основных типа:

- > асфальтобетонные материалы дорожной одежды, регенерируемые на 100%, когда ресайклинг производится только на глубину слоя асфальтобетона, и
- > смесь регенерируемого гранулированного материала, когда ресайклинг по глубине захватывает различные материалы, использованные для устройства верхней части дорожной одежды. Эта смесь содержит как полностью регенерируемые материалы, а также содержащие битум материалы покрытия, щебень и природный гравий, так и материалы, которые были ранее стабилизированы (преимущественно щебень и природный гравий).

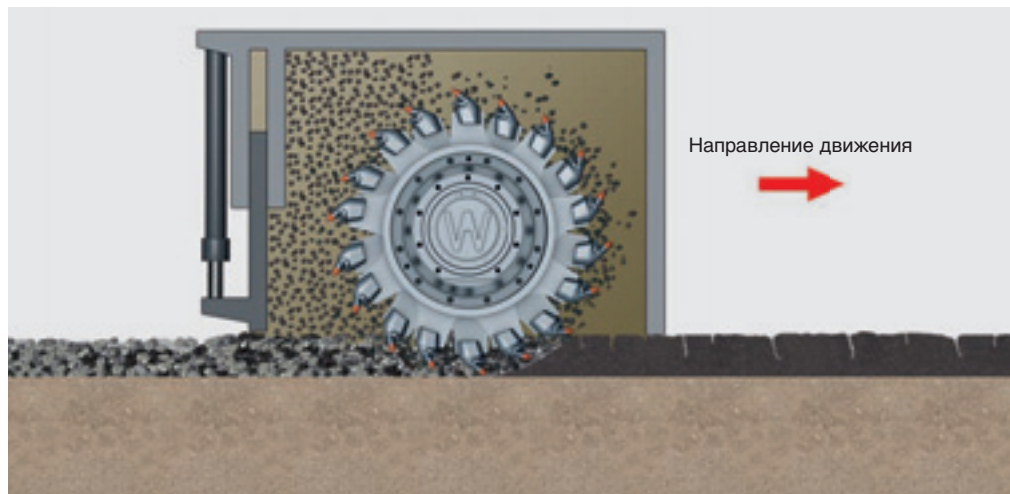
Материалы этих двух типов рассматриваются в следующих разделах с обсуждением различных методов их обработки, которая может потребоваться для улучшения их технических свойств и обеспечить тем самым расчетный срок службы восстановленной дорожной одежды.

3.4.1 Ресайклинг только регенируемого материала

При ресайклинге, когда для восстановления используется только регенируемый материал старой дорожной одежды, необходим учет следующих факторов:

- > тип и состав материала существующей дорожной одежды, например, тип асфальтобетонной смеси, крупность ее минерального материала, содержание вяжущего, степень старения битума и т.п.;
- > вид и причины повреждения, например, усталостная деформация (колеи, неровности), растрескивание (термическое или усталостное);
- > размеры повреждения (ограниченного или распространяющегося);
- > цель ресайклинга (фиксация в данном состоянии или восстановление структурной целостности).

В зависимости от требований к дорожной одежде регенируемый материал может быть улучшен добавками или вновь уложен в виде гранулированного материала (см. главу 6).



Ресайклинг с применением только материала существующей дорожной одежды