

ВЫВОДЫ

1. Разработана конструктивно-технологическая схема сборно-монолитной теплоизоляции наружных стен зданий на основе плитного пенополистирола и торкретполистиролбетона.

2. Выполнены теплотехнические расчеты вариантов теплоизолированных наружных стен для нормального и влажного режимов эксплуатации. Сопротивления теплопередаче и паропроницанию конструкций отвечают нормативным требованиям.

3. При равной толщине монолитной и сборно-монолитной теплоизоляции сопротивление теплопередаче стены со сборно-монолитной теплоизоляцией повышается на 16...20 %.

4. При устройстве сборно-монолитной теплоизоляции значительно сокращается на 40...50 % объем работ с «мокрым» процессом, что снижает трудоемкость и стоимость устройства теплоизоляции, уменьшает зависимость выполнения работ от погодных условий.

ЛИТЕРАТУРА

1. РСН 74-92. Устройство полистиролбетонной теплоизоляции ограждающих конструкций зданий методом торкретирования. – Мн.: Госстрой Республики Беларусь, 1992.

2. СНБ 2.04.01-97. Строительная теплотехника. – Мн.: МАиС Республики Беларусь, 1998.

УДК 625.7.002.5

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО РЕЦИКЛЕРА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА АВТОДОРОЖНЫХ ПОКРЫТИЙ НИЗКИХ КАТЕГОРИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭНЕРГОРЕСУРСΟΣБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Докт. техн. наук, проф. ВАВИЛОВ А. В., инж. БОЧКАРЕВ Д. И.

*Белорусский национальный технический университет,
Белорусский государственный университет транспорта*

Государственная программа развития села предусматривает не только поддержку сельхозпроизводителей, но и бесперебойное круглогодичное обеспечение всех сельских населенных пунктов автомобильными дорогами общего пользования. В программе «Дороги Беларуси» одним из приоритетных направлений выделяется создание устойчивых транспортных связей с 10,5 тыс. населенных пунктов, в которых проживают около 500 тыс. чел. [1].

Решение данной задачи невозможно без разработки оптимального варианта переустройства существующих асфальтобетонных, грунтовых, гравийных, полевых и лесных дорог, не имеющих категорий и не соответствующих требованиям нормативных документов, в автомобильные дороги V или IV категории.

Одним из рациональных способов решения данной задачи является развитие и внедрение прогрессивных технологий дорожных покрытий на основе использования уже имеющихся в дороге материалов.

Обзор технологий капитального ремонта автодорожных покрытий. В настоящее время для строительства и ремонта покрытий автодорог наиболее широко применяется технология укладки и уплотнения горячей асфальтобетонной смеси, основными недостатками которой являются значительные материало- и энергоемкость, транспортные расходы и высокая стоимость. Снижения расходов на производство дорожно-строительных работ добиваются при использовании прогрессивных технологий, од-

ной из которых является рециклинг, или регенерация.

Технология рециклинга может быть представлена двумя основными направлениями: горячим и холодным, которые, в свою очередь, подразделяются на способы, представленные на рис. 1 [2].

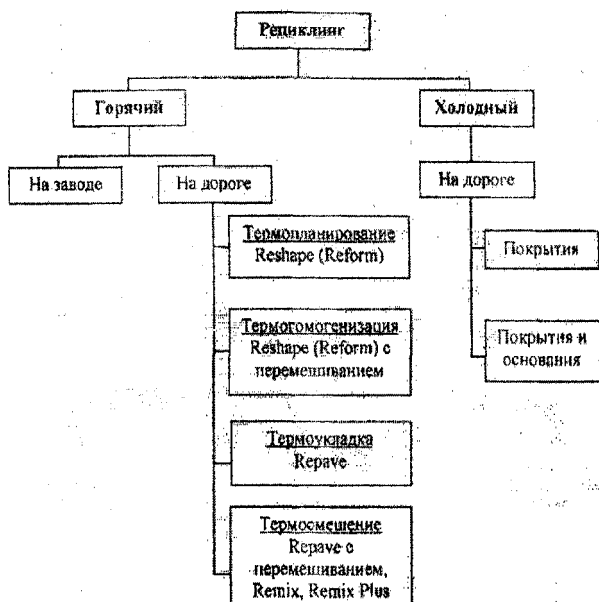


Рис. 1. Классификация способов рециклинга

Технологический процесс рециклинга на дороге заключается в снятии материала ремонтируемого покрытия посредством фрезерования и последующего приготовления на его основе асфальтобетонной смеси для укладки и уплотнения традиционным способом. Технологический процесс рециклинга на дороге производится специальной машиной – рециклером, за один рабочий ход которой материал ста-

рого покрытия измельчается, перерабатывается с добавлением или без добавления нового материала, перемешивается с вяжущим, распределяется и уплотняется. При предварительном разогреве ремонтируемого покрытия получаемый материал представляет собой горячую асфальтобетонную смесь, а рециклинг называется горячим. При холодном рециклинге аналогичные операции выполняются без разогрева покрытия, в качестве вяжущего используется битумная эмульсия, а получаемый материал является эмульсионно-минеральной смесью [2].

Основные достоинства рециклинга – повторное использование материалов, позволяющее снизить стоимость ремонта покрытия, и сохранение толщины его слоя. Недостатком рециклинга является снижение свойств полученного покрытия по сравнению с первоначальным вследствие низкой точности дозирования компонентов асфальтобетонной или эмульсионно-минеральной смеси и их слабого адгезионного взаимодействия из-за непостоянства гранулометрического состава и загрязнения минеральной части.

Машины и оборудование для рециклинга автодорожных покрытий. Для выполнения технологических операций горячего рециклинга применяются машины, конструкция которых включает следующие основные узлы (рис. 2): нагреватель для репластификации асфальтобетонных покрытий, приемный бункер с механизмом подачи свежей асфальтобетонной смеси, емкости для вяжущего с системой распределения, рыхлитель, распределитель, смеситель, профилирующий и укладочный органы, а также систему контроля и управления [2, 3].

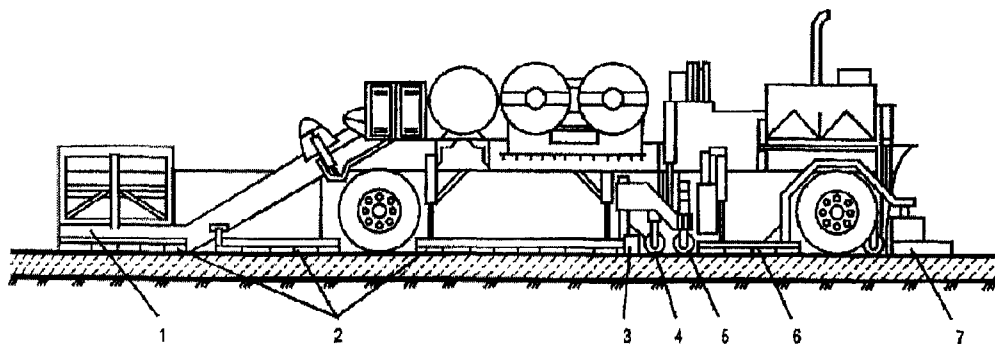


Рис. 2. Конструктивная схема рециклера для выполнения технологического процесса горячего рециклинга: 1 – приемный бункер для свежей асфальтобетонной смеси; 2, 6 – газовые горелки; 3 – рыхлитель; 4 – распределитель; 5 – профилирующий орган; 7 – укладочный орган

Рыхлитель включает один или несколько барабанов, на которых по винтовой линии установлены резцы, позволяющие фрезеровать покрытие и производить смешение получаемого материала и вяжущего. Распределитель состоит из вращающегося перпендикулярно оси рециклера шнека, распределяющего материал по ширине полосы или собирающего в смеситель в зависимости от технологии горячего рециклинга. Смеситель представляет собой механизм принудительного действия, в котором происходит непрерывное получение асфальтобетонной смеси объединением минерального материала и вяжущего, подаваемого с помощью системы форсунок.

Профилирующий орган позволяет формировать заданный поперечный профиль укладываемого слоя, а также гибко регулировать ширину укладки, согласуя ее с шириной захвата рыхлителя. Укладочный орган оборудован системой подогрева и вибробрусом для предварительного уплотнения нового покрытия. Управление положением рабочих органов может осуществляться как вручную, так и системой автоматического нивелирования.

По данной конструктивной схеме выполнены рециклеры, производимые фирмами Wirtgen (Германия) и Kalottikone (Финляндия), имеющие общее название «ремиксер» – по наименованию реализуемой технологии, основные технические характеристики которых представлены в табл. 1.

Недостатки ремиксеров заключаются в не-

возможности точного контроля и регулирования температуры покрытия, дозирования компонентов асфальтобетонной смеси, приводящие к перегреву материалов и снижению ее качества, а также в невозможности модифицирования смеси и активации ее компонентов.

Принцип работы машин для холодного рециклинга заключается в следующем: фрезерный рабочий орган, вращающийся с большой окружной скоростью, срезает стружку материала покрытия автодороги и отбрасывает ее к задней стенке кожуха, измельчая материал. Одновременно в рабочую зону вводятся битумная эмульсия и вода, что приводит к получению эмульсионно-минеральной смеси, распределяемой по ширине ремонтируемой полосы (рис. 3) [2]. Окончательное формирование профиля автодороги выполняется автогрейдером, после чего производится уплотнение комбинированным катком вибрационного действия и открывается движение транспорта (рис. 4).

Конструкция машин для холодного рециклинга в общем виде представляет собой раму, на которой смонтированы силовая установка, ведущая и управляемая оси, рабочий орган и кабина управления. Наиболее эффективной является конструкция, у которой фрезерный барабан расположен в центре колесной базы [2, 4]. По такой схеме изготовлены рециклеры МРН-120, МРН-121 фирмы Bomag и Raco-250 фирмы Hamm (Германия), рециклеры фирм Bitelli (Италия), Caterpillar (США), Wirtgen (Германия) и Panien (Франция).

Таблица 1

Основные технические характеристики ремиксеров

Параметр	Kalottikone (Финляндия)		Wirtgen (Германия)
	Road mix KM 2000 RS	Road mix KM 3000 RS	4500
Мощность двигателя, кВт	600	800	182
Привод механизма передвижения и рабочих органов	Гидравлический		
Рабочая ширина ремонтируемого покрытия, мм	2850...4600	2850...4600	3000...4500
Максимальная глубина фрезерования, мм	80	280	60
Объем емкости для вяжущего, м ³	14,0	14,8	н. д.
Производительность смесителя, т/ч	150	400	н. д.
Рабочая скорость, км/ч	0...10	0...16	н. д.
Транспортная скорость, км/ч	5	5	н. д.
Скорость буксировки, км/ч	50	50	–
Ориентировочная производительность, м ² /ч	600...1200		500...1000
Рабочая масса, т	70,0	83,0	48,8

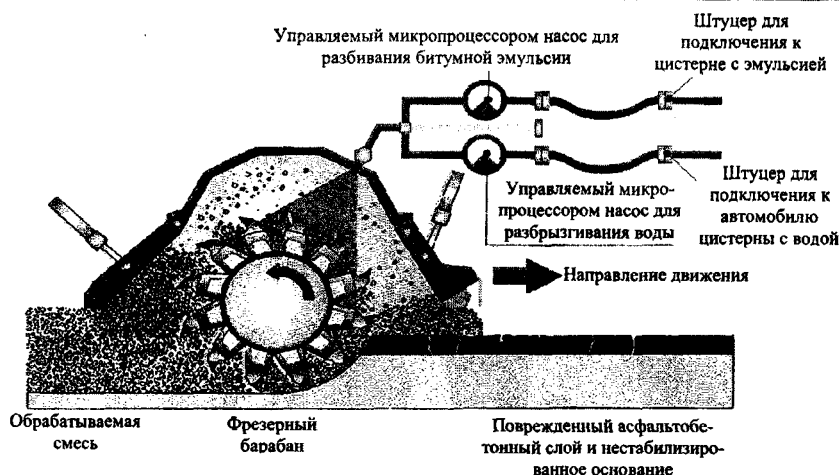


Рис. 3. Рабочий орган машины, выполняющей технологический процесс холодного рециклинга

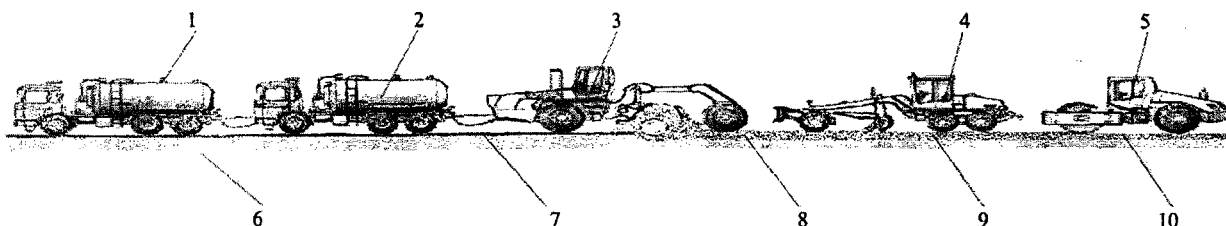


Рис. 4. Комплекс техники, выполняющей холодный рециклинг автомобильных дорог: 1 – автоцистерна с водой; 2 – битумовоз с битумной эмульсией; 3 – рециклер; 4 – автогрейдер; 5 – виброкаток; 6 – песчано-гравийное основание; 7 – существующее покрытие; 8 – рециклированный слой; 9 – спрофилированный слой из рециклированной смеси; 10 – новое покрытие

Основные технические характеристики рециклеров, рассмотренных выше конструкций, представлены в табл. 2.

Главными недостатками машин для холодного рециклинга являются: низкая точность дозирования компонентов эмульсионно-минеральной смеси, невозможность введения в нее модифицирующих добавок, а также активация компонентов.

Технологические и экономические аспекты рециклинга покрытий автомобильных дорог. Физико-механические характеристики получаемого при рециклинге покрытия зависят от содержания минерального материала, окружной скорости рабочего органа, скорости движения фрезы, дозирования вяжущего и воды, температурного режима, а также коэффициента уплотнения. Кроме этого, материал, получаемый в результате холодного рециклинга, имеет достаточно высокую чувствительность к природе, свойствам и составу исходных компонентов (минерального материала и вяжущего), что может проявляться в недостаточной прочности адгезионного взаимодействия в системе

«минеральный материал – органическое вяжущее». Решение этой проблемы в настоящее время представляется эффективным посредством применения активационной технологии усиления адгезионного взаимодействия компонентов.

Так, специалистами БНТУ [5] и ИММС им. В. А. Белого НАН Беларуси разработан ряд технологий и аппаратов, в которых они реализуются, позволяющих путем активации компонентов достичь увеличения физико-механических характеристик эмульсионно-минеральной смеси, в частности увеличить предел прочности при сжатии (основного параметра, характеризующего сопротивление материала деформации и разрушению под действием сжимающих нагрузок) до 60 %.

Преимущества технологии холодного рециклинга по сравнению с технологией горячего проявляются в значительном снижении энергозатрат на разогрев покрытия, а перед традиционной технологией капитального ремонта изношенных покрытий автомобильных дорог – в показателях, представленных в табл. 3.

Таблица 2

Основные технические характеристики машин для холодного рециклинга покрытий автомобильных дорог

Параметр	Bomag		Hamm	Wirtgen				Panien
	MPH 100 S/ MPH 100 R	MPH-120 R	RACO-250	2100-DCR	WR-2500/ WR-2500K	WR-4500	WR-2000	Challenger- 460
Ширина фрезеруемой полосы, мм	2100/2005	2100	2350	2000	2438	3000-4500	2000	2450
Глубина фрезерования, мм	0...356/ 0...305	0...400	0...420	0...250	0...500	0...500	0...500	0...540
Число зубьев фрезерного барабана, шт.	70/160	214	124...242	н. д.	248	н. д.	н. д.	66
Диаметр окружности резания, мм	1218/1118	1170	1350	н. д.	1480	н. д.	н. д.	н. д.
Частота вращения фрезерного барабана, об/мин	0...135	120...220	0...155	н. д.	н. д.	н. д.	н. д.	80...160
Тип привода фрезерного барабана	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический	Ременная передача	Ременная передача	Гидравлический	Ременная передача	Гидравлический
Марка двигателя	Detroit Diesel 16V 92T	Deutz BF 10L 513	Deutz TBD V8 Turbo	н. д.	Mercedes-Benz OM 444 LA	н. д.	н. д.	Cummins OSX15
Охлаждение	Жидкостное	Воздушное	Жидкостное	н. д.	Жидкостное	н. д.	н. д.	Жидкостное
Число цилиндров	6	10	8	н. д.	12	н. д.	н. д.	6
Мощность, кВт (л. с.)	345 (469)	263 (358)	339 (461)	448 (610)	448 (610)	550 (750)	н. д.	391 (532)
Частота вращения, об/мин	2100	2300	2000	н. д.	2100	н. д.	н. д.	н. д.
Тип привода механизма передвижения	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический	Гидравлический
Тип механизма передвижения	Колесный	Колесный	Колесный	Гусеничный	Колесный	Гусеничный	Колесный	Колесный
Формула привода	4×2	4×2 (4×4)	4×2 (4×4)	4×4	4×4	4×4	4×4	4×4
Скорость движения, км/ч: на I передаче на II передаче на III передаче на IV передаче	0...3,7 0...21,9	0...2 0...6 0...12	0...3,0 0...6,2 0...8,5 0...17,8	н. д. н. д. н. д. н. д.	0...0,9 0...2,4 0...4,8 0...12,0	н. д. н. д. н. д. н. д.	н. д. н. д. н. д. н. д.	н. д. н. д. 0...4 0...16
Максимальный преодолеваемый подъем, %: при движении при фрезеровании	н. д. н. д.	40 37	н. д. н. д.	н. д. н. д.	57 н. д.	н. д. н. д.	н. д. н. д.	48 н. д.
Минимальный радиус поворота, м: по внешнему следу по внутреннему следу	н. д. 6,4	6,3 3,5	6,2 3,2	н. д. н. д.	9,68 5,82	н. д. н. д.	н. д. 4,5	7,0 4,3
Габаритные размеры, мм: длина ширина высота	8535 2795 3555	9050 2850 3420	8900 2990 3400	н. д. н. д. н. д.	8280/9780 3000 4100	н. д. н. д. н. д.	н. д. 2500 3000	9200 2950 3200
Рабочая масса, кг	14664	19945	19300	43600	33000/40000	80000	н. д.	24600

Кроме этого, применение технологии горячего рециклинга при капитальном ремонте покрытий гравийных, полевых или лесных дорог экономически неэффективно, а порой и технологически невозможно.

В Республике Беларусь технология холодного рециклинга впервые была применена КПРСУП «Гомельоблдорстрой» в 2001 г. при

капитальном ремонте автомобильной дороги местного значения «Мирный – Долголесье» шириной 6,0 м и протяженностью 1,8 км, имевшей значительные повреждения в виде ямочности, деформаций и трещин. Структура дороги состояла из асфальтобетонного покрытия толщиной 6 см, песчано-гравийной смеси толщиной 22 см на основании из супеси.

Таблица 3

Преимущества технологии холодного рециклинга по сравнению с технологией капитального ремонта поврежденных покрытий автомобильных дорог укладкой горячего асфальтобетона

Качественные показатели	Количественные показатели
Строительно-технологические: • высокая производительность	2000...3000 м ² в смену
Экономические: • экономия затрат на капитальный ремонт	20...40 %
Экологические: • экономия сырья; • уменьшение воздействия на окружающую среду	• использование до 100 % материалов старого покрытия; • снижение объема транспортных перевозок, выбросов загрязняющих веществ

Работы по рециклингу производились с применением фрезы модели МРН-120 R немецкой фирмы Bomag при скорости движения 5 м/мин, глубине фрезерования 8 см и получением гранулята старого покрытия фракцией 40...60 мм, который в рабочем органе фрезы перемешивался с катионной битумной эмульсией и водой. После прохода фрезы с помощью автогрейдера был получен требуемый профиль покрытия автодороги и произведено уплотнение вибрационным катком модели BW-211 D 3 фирмы Bomag. Во время производства работ движение на ремонтируемом участке не перекрывалось. Полученные положительные результаты позволили капитально отремонтировать в Гомельской области 21,8 км автодорог в 2001 г. и 11,8 км – в 2002 г.

В то же время стоимость работ с применением холодного рециклинга в настоящее время составляет около 65,0 млн руб/км, или около 10,5 тыс. руб/м². Данные показатели объясняются высокой стоимостью импортной техники. Разработка отечественного рециклера, базирующегося на агрегатах техники, выпускаемой в Республике Беларусь или России, позволит достичь существенной экономии (стоимость такой машины будет в 4...6 раз ниже импортного аналога). А при выполнении технологического процесса холодного рециклинга только отечественной техникой стоимость работ будет

ориентировочно составлять около 30,0 млн руб/км, или 5,0 тыс. руб/м².

Прогнозируемый срок окупаемости мобильной машины для холодного рециклинга составляет два года при объемах производства не менее 25,0 км в год. При этом косвенный экономический эффект, получаемый от создания твердых дорожных покрытий низких категорий на основе грунтовых или гравийных, составляет ориентировочно 20...30 млн руб/км в год.

В 2004 г. КИРСУП «Минскоблдорстрой» предложило свой вариант комплекса мобильной техники, выполняющей технологический процесс холодного рециклинга автодорог с гравийным покрытием. Данный комплекс включает: автогудронатор, осуществляющий розлив вяжущего по поверхности восстанавливаемого покрытия; дисковую фрезу, агрегатируемую с трактором третьего тягового класса, перемещающую материал покрытия с вяжущим; автогрейдер, формирующий требуемый профиль, и каток, уплотняющий его.

Достоинством данного комплекса является низкая стоимость и техники, и производимых работ. В то же время данный комплекс имеет низкую производительность, не обеспечивает стабильного качества получаемого материала, а также не позволяет выполнять рециклинг изношенных асфальто- и цементобетонных покрытий.

Разработка концепции отечественного рециклера. Анализ парка техники, эксплуатируемой в дорожных организациях Республики Беларусь, показывает, что наиболее рациональным конструктивным решением по созданию рециклера является агрегатирование фрезерного рабочего органа с автогрейдером тяжелого класса путем замены его ножа (рис. 5) или с самоходным скрепером посредством замены ковша (рис. 6).

Данное решение позволяет с минимумом затрат создать машины многофункционального назначения с высокой унификацией, а также привлечь отечественные предприятия машиностроительного комплекса. В то же время необходима координация действий и средств всех заинтересованных предприятий.

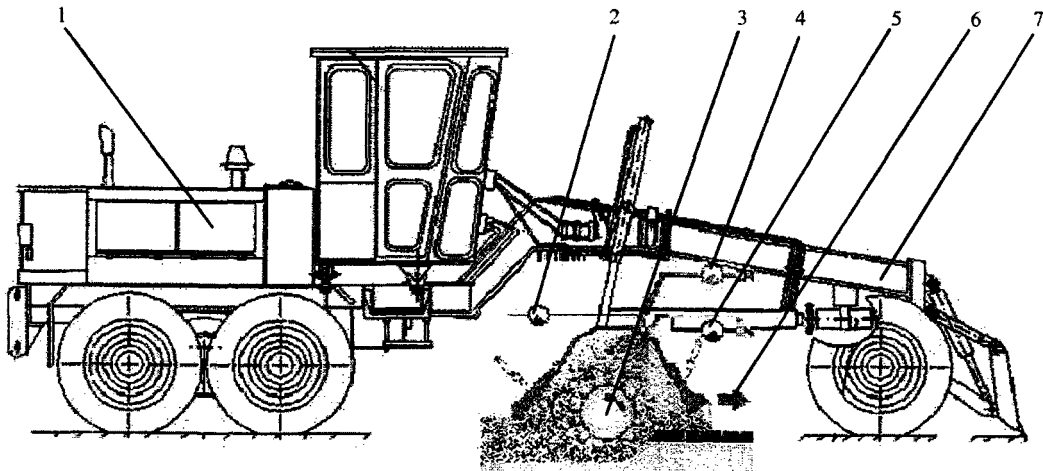


Рис. 5. Конструктивная схема рециклера на агрегатах автогрейдера тяжелого класса: 1 – базовое шасси; 2 – устройство подачи активирующей добавки; 3 – ротор (фрезерный барабан); 4 – насос подачи вяжущего (битумной эмульсии); 5 – насос подачи воды; 6 – направление движения; 7 – хребтовая рама

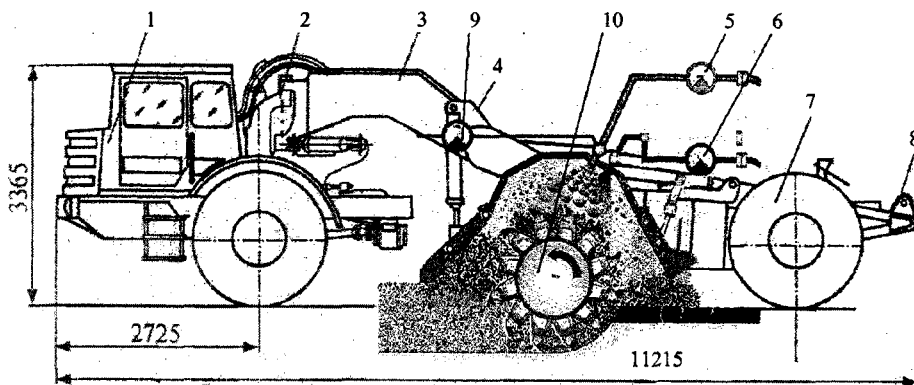


Рис. 6. Конструктивная схема рециклера на агрегатах скрепера МоАЗ-6014: 1 – одноосный тягач; 2 – седельно-сцепное устройство; 3 – тяговая рама; 4 – гидроцилиндр; 5 – насос подачи вяжущего (битумной эмульсии); 6 – насос подачи воды; 7 – заднее колесо; 8 – буфер; 9 – устройство подачи активирующей добавки; 10 – ротор (фрезерный барабан)

ВЫВОД

Таким образом, направление инвестиций не только в строительство транспортных объектов, но и в развитие технологий, дорожного машиностроения и материаловедения позволит достигнуть поставленных государственными программами задач с наименьшими затратами, что особенно актуально в условиях объективной необходимости снижения финансовых расходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Автомобильные дороги в государстве:** Роль, состояние, пути улучшения // Материалы второго рес-

публ. совещания дорожников Беларуси. – Гродно, 2000. – 175 с.

2. **Машины по содержанию и ремонту автомобильных дорог и аэродромов** / А. В. Вавилов, А. М. Щемелев, Д. И. Бочкарев и др.; Под ред. А. В. Вавилова. – Мн.: БНТУ, 2003. – 408 с.

3. **Новые технологии и машины при строительстве, содержании и ремонте автомобильных дорог** / Г. Л. Антипенко, Е. В. Кашевская, К. К. Костенко и др.; Под ред. А. Н. Максименко. – Мн.: Вышэйш. шк., 1998.

4. **Коровкин Г. В.** Новая техника для дорожного строительства и ремонта // Строительные и дорожные машины. – 2004. – № 11. – С. 13–17.

5. **Ковалев Я. Н.** Активационные технологии дорожных композиционных материалов: Науч.-практ. основы. – Мн.: БелЭн, 2002. – 336 с.