

ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКТА МАШИН ДЛЯ ГОРЯЧЕЙ РЕГЕНЕРАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

В статье рассматриваются вопросы роста недоремонта автомобильных дорог, обоснование применения горячей регенерации асфальтобетонного покрытия и выбор рациональных режимов машин при реализации технологии восстановления дорожного покрытия непосредственно на дороге.

Перспективы социально-экономического развития Республики Беларусь и Российской Федерации во многом зависят от качества автодорог, их транспортно-эксплуатационного состояния. К сожалению, из-за недостаточного финансирования ежегодно увеличивается недоремонт автомобильных дорог по капитальному и текущему ремонту. Так недоремонт дорог в год составляет до 15% (рис. 1). Решить задачи по сохранению и восстановлению работоспособности автомобильных дорог в сложившихся условиях можно при внедрении технологии горячей регенерации асфальтобетонных покрытий.

Применение этой технологии позволит не только восстановить работоспособность автомобильных дорог, но и значительно снизить расходы энергоресурсов и строительных материалов, что очень важно в условиях резкого роста цен на них. Горячая регенерация асфальтобетонного покрытия на дороге широко используется в западно-европейских странах, США и других странах.

Эффективное обновление дорожного покрытия путем его переработки на месте стало возможно с появлением новых комплектов машин и механизмов. Однако, стоимость этих комплектов машин в несколько раз выше, чем у комплектов машин по устройству новых слоев покрытия, что приводит к увеличению себестоимости механизированных работ в 5 и более раз. При этом экономия стоимости проекта, за счет особенностей технологии, достигает

10-30% по сравнению с обычным методом ремонта покрытия — фрезерованием с укладкой нового слоя. Качество восстановления автомобильной дороги комплектом Ремиксер повышается и потому, что два слоя дорожного покрытия укладываются на горячее основание, образуя единый монолит [1]. Регенерация асфальтобетонного покрытия с одновременной укладкой слоя износа аналогична технологии двухслойной укладки асфальтобетона за один проход по технологии «горячий на горячий», что способствует увеличению ресурса дорожной одежды в 2-3 раза [2].

ОБОСНОВАНИЕ ВНЕДРЕНИЯ РЕГЕНЕРАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ НА ДОРОГЕ

Тенденция ежегодного роста недоремонта автомобильных дорог во всех регионах Республики Беларусь, ведущая к необратимому процессу ухудшения состояния дорожного покрытия, требует в ближайшей перспективе увеличения средств на восстановительные работы в 2,5-3 раза [3]. Решение этой проблемы возможно при использовании высокоэффективной техники для регенерации асфальтобетонного покрытия непосредственно на дороге. Расход дорогостоящего материала в этом случае меньше на порядок, что в процессе выполнения работ значительно перекрывает расходы на приобретение новой техники [4]. Важно оценить эффективность использования этой техники с учетом экономии используемых материалов, стоимости механизированных работ и ресурса дорожного покрытия. Затраты на материалы при реализации отдельных

операции многократно превышают стоимость механизированных работ (затраты на материалы асфальтобетонного покрытия при дальности транспортирования асфальтобетонной смеси 20 км в 7,5 раза выше стоимости механизированных работ). Применять комплекты машин для регенерации асфальтобетонного покрытия необходимо, потому что при эксплуатации автомобильных дорог, требующих капитального ремонта, проявляются дефекты, которые невозможно устранить традиционными технологиями.

Ремонтно-профилактические работы в настоящее время в основном ограничиваются поверхностной обработкой. С ростом нагрузок на оси транспортных средств и увеличением интенсивности движения на дорогах появляются колеи глубиной до 10 см, которые можно убрать только регенерацией.

Фрезерованием дорожного покрытия с последующей поверхностной обработкой можно устранить проблему колеиности на срок 2-4 года, однако это приведет к значительному удорожанию процесса поддержания работоспособности твердого покрытия дороги. Применение регенерации асфальтобетонного покрытия позволит восстановить работоспособность автомобильных дорог с увеличением ресурса ее службы в 2-3 раза [2] и значительно снизить расходы энергоресурсов и строительных материалов. В дорожном строительстве наибольшие затраты связаны с потребляемыми энергоресурсами, материалами и механизацией производственных процессов. Поэтому экономия строительных

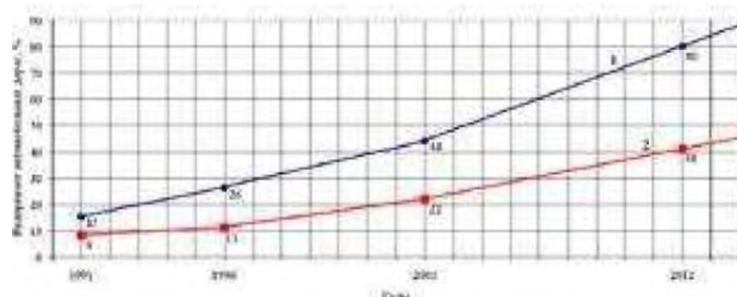


Рисунок 7. Диаграмма роста недоремонта автомобильных дорог по капитальному и текущему ремонту

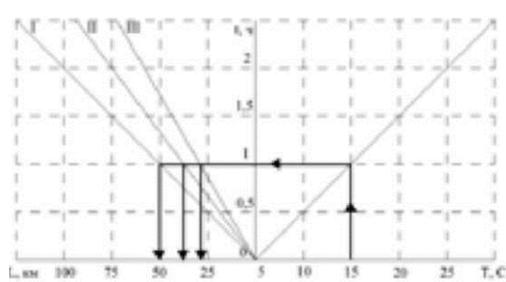


Рисунок 1. Номограмма определения предельной дальности транспортирования асфальтобетонной смеси в зависимости от температуры воздуха окружающей среды

материалов и используемых энергоресурсов, а также снижение себестоимости механизированных работ приобретают в современных условиях особую значимость. На автомобильных дорогах наиболее материал- и энергоёмкими процессами являются строительство и ремонт дорожного покрытия. Применение высокотехнологичных

машин способствует увеличению темпов проведения работ за счет высокой производительности используемой техники, снижению технологических простоев и экономии строительных материалов, что приводит к получению максимальной прибыли. Так, использование способов регенерации асфальтобетонного покрытия автомобильных

дорог позволяет экономить материал за счет снятия, последующей переработки и дальнейшего использования существующего дорожного покрытия. Анализ показал, что в условиях роста цен на строительные материалы существенно увеличивается и стоимость устройства дорожного покрытия. Это связано в первую очередь с тем, что затраты на материал во

много раз превышают затраты на проведение механизированных работ и составляют до 95% стоимости работ по устройству дорожного покрытия. Экономия строительных материалов снизит затраты на транспортирование их к месту приготовления асфальтобетонных смесей и к месту укладки.

В связи с этим возникают предпосылки использования высокотехнологичных машин, связанные с тем, что более высокая стоимость их приобретения компенсируется экономией затрат на строительные материалы. Повышение ресурса дорожного покрытия пропорционально увеличивает прибыль от применения комплекта «Ремиксер» и сокращает объем и тенденцию роста недоремонта автомобильных дорог.

ВЫБОР РАЦИОНАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ КОМПЛЕКТОВ МАШИН ДЛЯ ГОРЯЧЕЙ РЕГЕНЕРАЦИИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДОРОГЕ

Качество восстанавливаемого дорожного покрытия зависит от температуры укладки и уплотнения асфальтобетонной смеси, состава смеси. Высокое качество восстанавливаемого покрытия при использовании комплекта Ремиксер с одновременной укладкой слоя износа обеспечивается высокими связующими свойствами двух слоев покрытия между собой и с основанием. При восстановлении покрытия по этому методу можно целенаправленно влиять на качество смеси, добавляя вяжущие и изменяя состав смеси по специально разработанным рецептам с автоматическим обеспечением контроля за толщиной перерабатываемого слоя покрытия, температурным режимом, ровностью восстанавливаемого покрытия и поперечным уклоном.

Важно при организации работ по горячей регенерации на дороге выбирать рациональные режимы работы комплекта. Его рабочая скорость зависит от начальной температуры покрытия, содержания воды, направления и скорости ветра, а также от типа разогреваемого слоя асфальтобетона. Для оптимизации используемой мощности разогревателей, а также для достижения равномерного прогрева асфальтобетонного покрытия комплект машин Ремиксер оснащен специальными устройствами, позволяющими:

- регулировать количество тепла, передаваемого покрытию путем изменения расхода газа, подаваемого к горелкам;
 - повышать температуру покрытия или быстро отводить водяной пар при влажных асфальтобетонных слоях путем изменения высоты разогревательных блоков;
 - разделять разогреваемую площадку на отдельные регулируемые участки для предотвращения влияния ветра.
- Применение технологии горячей регенерации на дороге возможно при пониженных температурах воздуха окружающей среды (не ниже +5°C при применении асфальтозагретителя). Система регулирования температуры восстанавливаемого покрытия обеспечивается изменением подачи газа, высотой установки рабочей поверхности нагревательных блоков от поверхности покрытия и скоростью движения комплекта. Скорость перемещения комплекта зависит от времени прогревания асфальтобетонного покрытия, которое

определяется соотношением между скоростью изменения тепловых условий в окружающей среде и скоростью перестройки поля температуры внутри рассматриваемого тела, определяемой начальной температурой покрытия и крайними значениями диапазона распределения температур по глубине прогрева.

Время прогревания асфальтобетонного покрытия зависит от начальной температуры покрытия, толщины нагрева, длины блока нагревательных элементов (горелок инфракрасного излучения) и

является асфальтозагретитель, который позволяет осуществить прогрев асфальтобетонного слоя на глубину от 0,02 до 0,06 м при одинаковой рабочей скорости машины, путем изменения подачи газа и высоты установки рабочей поверхности нагревательных блоков от поверхности покрытия.

Нагревание поверхности покрытия для комплекта Ремиксер осуществляется в 4 ступени (2 ступени приходится на асфальтозагретитель НМ-4500 и 2 — на заключительный разогрев асфальтобетона блоками нагревательных элементов

t _с F	Н								
	0,1 0,1	0,2 0,47	0,3 0,78	0,4 1,2	0,5 2	0,6 3,6	0,7 7	0,8 17,2	
Температура поверхности покрытия, °C					0,04				0,06
					0,02				
					Рабочая скорость перемещения, м/мин				
5					0,9-1,0	0,23-0,25		0,1-0,11	
10					1,0-1,1	0,25-0,28		0,11-0,13	
15					1,1-1,3	0,28-0,33		0,13-0,15	
20					1,5-1,7	0,38-0,43		0,16-0,18	
25					1,8-2,0	0,45-0,5		0,2-0,22	
30					2,3-2,8	0,57-0,7		0,25-0,3	
35					4,6-5	1,15-1,3		0,51-0,58	
40					5	1,65-1,9		0,75-0,84	

коэффициента температуропроводности, который для асфальтобетонов различной плотности и различного процентного содержания агрегатов, а также заданной температуры прогрева носит индивидуальный характер [5]. Рабочую скорость движения комплекта можно определить по формуле [6]:

$$V_M = \frac{l \cdot a}{F_0 \cdot h^2}$$

где F_0 — коэффициент гомотермности (критерий Фурье),

- l — длина блока нагревательных элементов, м;
- a — коэффициент температуропроводности, м²/ч;
- h — толщина разогреваемого слоя, м.

Численное значение критерия Фурье при постоянном тепловом потоке определяется в зависимости от безразмерной величины (5 (таблица 1 [6]), которая определяется из выражения

$$\beta = \frac{(t - t_0)}{(t_H - t_0)}$$

где t — требуемая температура в нижней части нагреваемого слоя, °C; t_0 — начальная температура асфальтобетона, °C;

t_H — требуемая температура поверхности асфальтобетона, °C.

Коэффициент температуропроводности рассчитывается по формуле [6]:

$$a = \frac{3600 \cdot \lambda}{c \cdot \rho}$$

где λ — коэффициент теплопроводности асфальтобетона, Вт/(м·°C); c — удельная теплоемкость асфальтобетона, кДж/(кг·°C);

ρ — плотность асфальтобетона, кг/м³.
 Ведомой машиной комплекта Ремиксер

Ремиксера — 4500)

Согласно рекомендациям производителя средняя температура разогреваемого слоя покрытия, достигаемая асфальто-загретителем для $h=0,02$ м — 150 °C, $h=0,04$ м — 138 °C, $h=0,06$ м — 125 °C, благодаря чему после заключительного нагрева разогревателями Ремиксера достигается средняя температура асфальтобетонного покрытия 168 °C, 164 °C и 160 °C соответственно. Данная температура позволяет обеспечить хорошие сцепные свойства разогретого основания дорожной одежды с вновь уложенным слоем переработанного асфальтобетона и с уложенным поверх него слоем износа из свежей асфальтобетонной смеси, образуя единый монолит [1], что обеспечивает повышение ресурса в 3 раза [2]. Для обеспечения рациональной температуры асфальтобетонной смеси в таблице 2 представлены значения рабочих скоростей асфальтозагретителя НМ-4500 для асфальтобетонов различного агрегатного состава и плотности в зависимости от температуры поверхности покрытия, заданной толщины прогреваемого слоя и крайних значений диапазона распределения температур по глубине прогрева. Известно, что температура поверхности асфальтобетонного покрытия напрямую зависит от температуры воздуха окружающей среды и в летний период может достигать до 60 °C [7]. Для разогрева асфальтобетонных покрытий различных типов, рабочая скорость и мощность теплового излучения асфальтозагретителя определяется с учетом индивидуальных теплофизических свойств материала. При равных рабочих скоростях мощность теплового излучения для разных по типу асфальтобетонных покрытий может иметь разные значения, что отражается на удельном расходе сжиженного газа, требуемого для разогрева. Так, для крупнозернистого пористого асфальтобетона в зависимости от начальной температуры покрытия, часовой расход газа



на 5-10% меньше, чем для мелкозернистого асфальтобетона типа Б при одинаковых рабочих скоростях, полученных в результате расчета. Поэтому важно выбирать режим работы асфальтогревателя не только с учетом температуры окружающей среды, но и с учетом индивидуальных теплофизических свойств разогреваемого асфальтобетонного покрытия с целью точного определения потребляемого количества газа в соответствии с необходимой мощностью теплового излучения для обеспечения заданной температуры прогрева. При увеличении температуры внешней среды, допускается увеличение рабочей скорости асфальтогревателя до максимально возможной. Максимальная скорость асфальтогревателя в данном случае определяется максимальной рабочей скоростью ремиксера $U_{MAX}=5\text{ м/мин}$. Поэтому при достижении расчетной рабочей скорости выше $U_{MAX}=5\text{ м/мин}$ в соответствии с увеличением температуры поверхности асфальтобетонного покрытия с 35 до 40 °С необходимо снизить подачу газа на 5% для обеспечения рекомендуемой температуры нагрева на глубину $B=0,02\text{ м}$. При этом наблюдается сокращение требуемой мощности теплового излучения и, как следствие, уменьшение часового расхода газа. Необоснованное температурой поверхности покрытия увеличение рабочей скорости асфальтогревателя приводит к недогреву материала, и, следовательно, к снижению качества. При поддержании неизменной температуры удельный расход сжиженного газа возрастает пропорционально, а рабочая скорость асфальтогревателя в соответствии с формулой 1 уменьшается пропорционально квадрату увеличению толщины прогрева (таблица 2). С изменением температуры покрытия от 5

до 40 °С в соответствии с рациональными режимами работы, стоимость машиночаса асфальтогревателя возрастает в 1,5 раза, при этом часовая эксплуатационная производительность увеличивается почти в 6 раз, что способствует снижению приведенной себестоимости механизированных работ в 3,5-4 раза и, как следствие, получению большей прибыли. Полученные данные говорят о необходимости учета температуры поверхности асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог, агрегатного состава и плотности нагреваемого материала при назначении рабочих режимов асфальтогревателя с целью обеспечения оптимальной мощности теплового излучения и соответствующего ей расхода сжиженного газа для достижения требуемой температуры прогрева асфальтобетонного покрытия.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНОЙ ДАЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ АСФАЛЬТОБЕТОННОЙ СМЕСИ

Устройство покрытия из горячих асфальтобетонных смесей с увеличением дальности транспортирования требует повышения температуры материала на выходе из АБЗ или размещения мобильных асфальтобетонных установок ближе к месту укладки асфальтобетонной смеси, что ведет к увеличению энергозатрат и дополнительным издержкам на подготовку производства. Согласно принятым нормативам времени охлаждения асфальтобетонной смеси [8-10] и скорости перемещения транспортных средств по дорогам I—III групп [11], была построена номограмма определения предельной дальности транспортирования асфальтобетонной смеси в соответствии с температурой окружающей среды и группой дороги, по которой осуществляется транспортирование (рис. 2).

Например, при температуре воздуха окружающей среды 15 °С, время транспортирования горячей асфальтобетонной смеси не должно превышать 1 час, что соответствует расстоянию транспортировки 50 км при движении по дорогам I группы, 37 км — по дорогам II группы, 28 км — по дорогам III группы. Время охлаждения асфальтобетонной смеси при выполнении транспортных операций можно более точно определить через решение уравнения теплопроводности в пространственном случае [5]. В этом случае учитываются индивидуальные физико-механические и теплофизические свойства асфальтобетонной смеси.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сокращение объемов по недоремонту и снижению затрат на обеспечение работоспособности автомобильных дорог возможно при внедрении комплекта Ре-миксер для горячей регенерации асфальтобетонного покрытия. Обеспечение заданного качества дорожного покрытия и экономии расхода энергоресурсов регламентируется рациональной скоростью перемещения комплекта Ремиксер (таблица 2) в зависимости от температуры окружающей среды. Для определения предельной дальности транспортирования асфальтобетонной смеси в зависимости от температуры окружающей среды и дорожных условий можно использовать предложенную номограмму. ■

А. Н. Максименко, к. т. н., профессор (ГУВПО «Белорусско-Российский университет»);

Д. Ю. Макацария, к. т. н., доцент, (ГУВПО «Белорусско-Российский университет», УО «Могилевский институт МВД Республики Беларусь»); А. И. Лопатин, («Могилевавтодор»); Е.А. Косенко, магистр технических наук («Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)»).