

ISSN 1818-9792

МИНИСТЕРСТВО АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Строительная НАУКА и ТЕХНИКА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 6(39), 2011



VVK 625 08

Алексей Никифорович МАКСИМЕНКО,
кандидат технических наук,
доцент, профессор кафедры
*"Строительство фундаментов и грунто-
выварки"*
Белорусского Государственного Университета

Екатерина Александровна КОСЕНКО,
студентка 5-го курса специальности
"Строительные, дорожные, подъемно-
транспортные машины и оборудование"
Белорусско-Российского университета

Денис Юрьевич МАКАРСКИЙ,
кандидат технических наук,
докторант кафедры "Правовая информатика"
прикладные дисциплины"
Могилевского высшего колледжа МВД
Республики Беларусь

В статье приводится обоснование выбора комплекта машин для внедрения технологий, оснащенных асфальтобетонного покрытия при строительстве и ремонте автомобильных дорог.

This article presents the substantiation of the choice of machine set for introduction of the technique of concrete pavement during construction and repairs of roads.

ВВЕДЕНИЕ

Эффективность социально-экономического развития страны во многом определяется протяженностью и качеством автомобильных дорог. Плотность дорог с твердым покрытием на территории Республики Беларусь близка плотности таких же дорог в странах Западной Европы, однако качество значительно уступает. Программой "Дороги Беларуси" на 2006–2015 годы предусмотрено дополнительно построить и провести реконструкцию 5360 км дорог, а также выполнить капитальный ремонт автомобильных дорог протяженностью 9921 км [1].

В настоящее время дороги Беларуси становятся составной частью европейских маршрутов, что существенно поднимает планку требований к обеспечению их качества. Особенно это важно при поддержании и восстановлении твердого покрытия, как наиболее капиталоемких и материалоемких составляющих. К сожалению, во всех регионах нашей страны наблюдается тенденция роста недоремонта автомобильных дорог (на республиканских автомобильных дорогах он составляет около 70 %), что ведет к необратимому процессу ухудшения состояния дорожного покрытия и увеличению средств на восстановительные работы в 2,5-3 раза.

Для решения этой проблемы необходимо внедрение современных технологий при строительстве, реконструкции, содержании и особенно ремонте автомобильных дорог, которые уже апробированы в странах Западной Европы.

Реализация современной технологии предусматривает использование зарубежных дорожно-строительных машин (ДСМ), которые имеют высокие показатели работоспособности и по стоимости значительно превышают машины, используемые в соответствии с традиционными технологиями (при восстановлении асфальтобетонного покрытия стоимость комплекта ремиксовер-4500 превосходит аналогичную величину комплекса по традиционным технологиям в 3-15 раз в зависимости от дальности транспортирования материала). Однако расход дорогостоящего материала меньше в 10 раз

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МАШИН ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО

КОМПЛЕКТА З РЕМОНТЕ ОКРЫТИЯ

SUBSTANTIATION OF THE CHOICE FOR INTRODUCTION OF NEW TECH IN ASPHALT CONCRETE PAVEMENT AND REPAIRS

**MACHINE SET
LOGIES
INSTRUCTION**

СИГНАЛЫ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА

providing higher quality of asphalt.

и более, что в процессе перекрывает расходы на При строительстве нового покрытия важно при его качество.

Высокая стоимость и машино-часа их эксплуатации, современных технологий, выбору технологии здешнего производства качества и объема материальных и энергетических ресурсов, сменного использования оборудования ДСМ, транспорта и т. д. Контрольные факторы при оценке производств.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФОРМУ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ

Строительство, под-
богоспособности автом-
кой материалоемкость
производства. Так, толь-
кии составляет в среде
В условиях ограниче-
граммма "Дороги Белару-
быть реализована по си-
строительных работ тол-
менных технологий стро-
становления работоспособ-

Снижению стоимости и повышению качества и повышению производительности труда способствует введение в строительство асфальтобетонных смесей на горячий". то есть способом, который обеспечивает устойчивость методу "горячий ряду", получается бесшовная

полнения работ значительно
иобретение новой техники.
ремонте асфальтобетонно-
й технологии, повышающие

побретаемых новых ДСМ
ции сдерживает внедрение
я правильного решения по-
скно дополнительно учиты-
ваемых работ, расход мате-
ресурсов, уровень внутри-
личного времени, режим ра-
сставляющие и другие
активности строительного

ПОГИИ И КАЧЕСТВО —
ТОРЫ
РЕМОНТЕ
СГ

ние и восстановление различных дорог связаны с высокой стоимостью строительного контракта 1 км дороги IV категории - 60 000 долларов США [2]. Внедрение финансовых средств проектирования на 2006-2015 годы может улучшить и качеству выполняемых работ с учетом внедрения современности, поддержания и восстановления автомобильных дорог, сокращению времени строительства (срок службы увеличивается), существует технология "горячая" современная укладка двух ярусов. Повышение качества фальцобетонного покрытия двух соседних покрытий по "теплым", при котором верхность; значительная

экономия дорогостоящего вяжущего материала и повышение качества достигаются при внедрении устройств тонкослойных асфальтобетонов взамен поверхностных обработок и т. д. [3].

С. Е. Кравченко и Д. Г. Игошкин в работе [4], посвященной влиянию температуры формирования структуры на прочностные свойства асфальтобетона, представили асфальтобетон как бинарную систему, состоящую из вяжущего материала и минеральной части. При строительстве и реконструкции асфальтобетонного покрытия важно обеспечить оптимальный температурный режим, достаточную связь слоев, качество смеси и ее уплотнение в соответствии с принятой технологией [4].

Изменение температуры асфальтобетона от 150 °C до 50 °C приводит к увеличению предела прочности в 2–2,5 раза и модуля деформации в 4 раза. Следовательно, наибольший эффект уплотнения может быть получен при высокой температуре смеси, когда битум имеет малую вязкость. Однако время, в течение которого смесь имеет высокую температуру после ее укладки, незначительно и составляет около 8 %–10 % от продолжительности работы в заданном температурном интервале. С понижением температуры смеси вязкость битума увеличивается, образуются прочные связи между частицами материала и снижается эффективность работы катков [5].

Применение традиционной технологии ремонта асфальтобетонного покрытия укладкой нового слоя приводит к значительному расходу дорогостоящего материала и удорожанию процесса восстановления работоспособности автомобильных дорог. Кроме того, состояние с их недоремонтом, а также включение отечественных дорог в систему Европейских грузоперевозок требуют внедрения современных технологий — регенерации асфальтобетонных покрытий, которые начали активно внедряться еще в конце прошлого века в западноевропейских странах.

Применять эти технологии необходимо еще и потому, что при эксплуатации автомобильных дорог, требующих капитального ремонта, проявляются дефекты, которые невозможно устранить традиционными технологиями. Как правило, ремонтно-профилактические работы в настоящее время ограничиваются поверхностной обработкой с использованием ремонтных материалов с избыточным содержанием дорогостоящего битума. Кроме того, на дороге появляются колеи глубиной до 10 см, которые можно убрать только фрезерованием. Как правило, поверхностная обработка с фрезерованием повторяется через 4 года, что значительно удорожает процесс поддержания работоспособности твердого покрытия дороги. Применение технологий с регенерацией асфальтобетонного покрытия позволяет не только восстановить работоспособность автомобильных дорог, но и значительно снизить расход энергии и дорогостоящих материалов [6].

Ресурс асфальтобетонного покрытия дорожного полотна после горячей регенерации методом Remix и Remix-Plus может быть увеличен в 2 и более раз за счет осуществления технологии, аналогичной методу "горячий на горячий", то есть одновременное устройство нижнего и верхнего слоев асфальтобетонного покрытия, что обеспечивает их хорошее сцепление при сохранении высокой температуры укладываемого асфальтобетона, позволяющей производить более эффективное одновременное уплотнение обоих слоев по

сравнению со стандартной верхней и нижней даже дни.

При осуществлении, благодаря подбору оптимального состава, на и поддержка (160 °C–120 °C) при цикле дорожного покрытия сроку службы (при температурный режим транспортирования) (с увеличенной дальностью транспортирования) уплотнения асфальтобетонной смеси трудно.

В настоящее время покрытия повышают его армирования геосетками. Сегодня на рынке: стекловолокна, полиэстера, и других. Более высокие геосетки имеют армирующая и [8]. В этом случае увеличиваются затраты на материалы, которые значительно перекрываются увеличением ресурса дорожного покрытия.

В процессе организованных работ важно, чтобы машина приносila при строгом учете ее выходных параметров в производстве работ. Индивидуальная организация эксплуатации машины с учетом ее технологической цепи при способить максимальную производительность и строительного

Для определения машины важно учитывать показателей и пространственное ее работоспособности: проводится работа по каждой машине параллельно с начала эксплуатации: стоев, трудоемкости и становление работоспособности смазочных материалов, выполняемых работ и достоверности ДСМ на основе состоянию сборочных единиц. Проведение этого позволяет повысить работоспособности ДСМ, длительность и работоспособности машины на объектах, что выполняемых строительных

Сбор и обработка позволяют не только улучшения и восстановления, но и рационально решать вопросы строительного производства с учетом ежегодных работ и применения для их реализации: ДСМ, формирования приобретения дорожной, зачастую, за рубежом, вопрос рациональной на закупку машин с эксплуатации. Результаты

ной технологией, где между укладкой слоев могут пройти часы и даже дни.

Горячей регенерации на заводе, малой рецептуры гранулометрического асфальтобетона с высокой температуры спиртировании и укладке, результат может быть равен нормативному (до 14 лет [7]). Но обеспечить (с увеличенной дальностью транспортирования) уплотнения асфальтобетонной смеси трудно.

В настоящее время покрытия повышают его армирования геосетками. Сегодня на рынке: стекловолокна, полиэстера, и других. Более высокие геосетки имеют армирующая и [8]. В этом случае увеличиваются затраты на материалы, которые значительно перекрываются увеличением ресурса дорожного покрытия.

В процессе организации производства строительных работ каждая машина приносila при строгом учете ее выходных параметров в производстве работ. Индивидуальная организация эксплуатации машины с учетом ее технологической цепи при способить максимальную производительность и строительного

были от использования каждой машины: изменение эксплуатационных параметров на поддержание и восстановление. В системе Белавтодора оценке выходных параметров зависит от ее наработки: ведется учет по всем видам производственным поддержанию и восстановлению, по расходу топливно-энергетическим (ТЭМ), объему и стоимости. Прогнозированию работоспособности машины по техническим единицам. Реализация этой может точность прогнозирования, значительно сократить производительность восстановления работоспособности машины на объектах, что позволит исключить их отказы. Очевидно, что это повысит объем работ и прибыль от реализации.

Формации по каждой машине, оптимизировать процесс поддержания работоспособности, но и разработки комплексной механизации труда [9, 10]. Особенно это важно для увеличения объемов строительства современных технологий. Необходимо иметь мощный парк дорогостоящей техники, производимой. В связи с этим, возникает необходимость расходования денежных средств на эффективной эксплуатации такого парка ДСМ явля-

мирования парка машин положены технологии выполнения необходимых работ, обеспечивающие их качество, сроки выполнения и максимальную прибыль. В целом невозможно эффективно решать вопросы производственной и технической эксплуатации машин вне зависимости от применяемых технологий строительного производства в конкретных условиях.

Комплект машин формируется с учетом согласованности по производительности ведущих и комплектующих машин (формула (11) [12]) при получении максимальной прибыли P^* , руб., определяемой по формуле

$$P^* = \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^{N_j} P_{ij} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где T — количество типов машин в комплекте;

N_j — количество машин одного типа в комплекте;

P_{ij} — прибыль от эксплуатации i -й машины j -го типа, определяемая в соответствии с формулой (1).

Определение сменных норм и расценок с учетом качества готовой продукции и формирование комплекта с учетом согласованности по производительностям ведущих и комплектующих машин позволяют обосновать целесообразность внедрения новых технологий в строительное производство с более высокими первичными затратами на приобретение новой техники. При формировании комплекта машин с разными ресурсами и наработками с начала эксплуатации важен индивидуальный подход к определению производительности каждой машины, так как она может отличаться более чем на 50 % на этапе эксплуатации ее жизненного цикла.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКТОВ МАШИН ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Рациональную область применения комплектов машин для регенерации на дороге и регенерации на заводе с укладкой по технологии "горячий на горячий", отражающую затраты на проведение механизированных работ и затраты на материал, приведенные к единице выполняемой работы, определяют в соответствии с формулой

$$\frac{\sum_{j=1}^{T_1} \sum_{i=1}^{N_1} C_{ji} + \sum_{c=1}^{D_1} C_c}{V_1} = \frac{\sum_{j=1}^{T_2} \sum_{i=1}^{N_2} C_{ji} + \sum_{c=1}^{D_2} C_c}{V_2}, \quad (3)$$

где C_{ji} — затраты, связанные с использованием i -й машины j -го типа, руб.;

C_c — затраты на материал c -го типа, руб.;

V_1 , V_2 — объем работ, выполняемый каждым из сравниваемых комплектов машин, единица работы;

T_1 , T_2 — количество типов машин, входящих в каждый из комплектов;

N_1 , N_2 — количество машин одного типа в каждом из комплектов;

D_1 , D_2 — количество типов материалов, используемых каждым из комплектов машин.

Рациональные области применения комплектов машин для регенерации на дороге и регенерации на заводе с укладкой по технологии "горячий на горячий" можно определить из выражения

$$\frac{C_{\phi} + C_{\rho}^{reg} + C_{y}^{reg} + C_{\rho}}{V^{reg}} \leq \frac{C_{\phi} + C_{\rho}^{reg} + C_{y} + C_{\rho}}{V^{reg}}, \quad (4)$$

где C_{ϕ} , V^{reg} — соответственно прибыль от эксплуатации на дороге;

C_{ρ} , C_{y}^{reg} — соответственно затра-

тие на фрезерование, транспорти-

рование гранулята и асфальтобе-

тобетонной смеси, ее укладку, уп-

лотнение, а также на материалы при регенерации

асфальтобетонного покрытия на заводе;

C_y , C_{ρ} — соответственно затраты на

приготовление смеси ремон-

тительных материалов, укладку

и покрытия...

Результаты исследования транспортирования и регенерации по дорогам, ладываемого слоя и комплектов машин приведены в таблице 1.

Рациональные машины для проведения покрытия на за-

ражены графически.

Анализ состава работоспособности машины шириной 3,75 м, толщине слоя 0,06 м, асфальтобетонного слоя 0,06 м, ставят от 64,2 % транспортирования 3 км. Транспортируется от 36 % до 3 %.

Результаты реализации традиционного устройстве асфальтобетонного покрытия приведены в таблице 2.

Для оценки площади традиционного покрытия "горячий на горячий" необходимо

иметь работы, выполняемые соответственно при эксплуатации на заводе и регенерации на дороге;

C_{ϕ} , C_{ρ} — соответственно затра-

тие на фрезерование, транспорти-

рование гранулята и асфальтобе-

тобетонной смеси, ее укладку, уп-

лотнение, а также на материалы при регенерации

асфальтобетонного покрытия на заводе;

C_y , C_{ρ} — соответственно затраты на

приготовление смеси ремон-

тительных материалов, укладку

и покрытия...

ния рациональной дальности материалов L с учетом транспорти-личных групп [17] и высоты укладки асфальтобетонной смеси h для ком-пенсации на заводе и на дороге

ти использования комплектов машин для регенерации асфальтобетонного покрытия его на дороге от-

расходов при восстановлении асфальтобетонного покрытия пол-

отказом, что при регенерации ас-

тия расходы на материалы со-

здают % при изменении дальности

асфальтобетонной смеси от 90 до

100 % соответственно изменяют-

ся планируемой прибыли при ре- перспективной технологий при

асфальтобетонного покрытия приведены

таблице 3. Площадь прибыли от использования машины и комплекта "горячий на горячий" необ-

ходимо учитывать изменение значений

Таблица 1

Группа дорог	Рацио-	дальность транспортирования		
		0,06	0,07	0,08
I	32	14,5	9,5	5,8
II	23,5	10	6,2	3,3
III	15,6	5,9	3,1	1,1

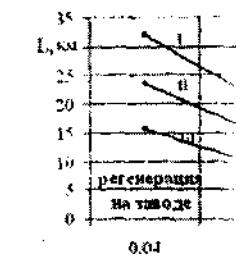


Рис. 1. Рациональные области применения комплектов машин для регенерации асфальтобетонного покрытия

дальность транспортирования		
материалов L , км, при h , м		
0,06	0,07	0,08
14,5	9,5	5,8
10	6,2	3,3
5,9	3,1	1,1

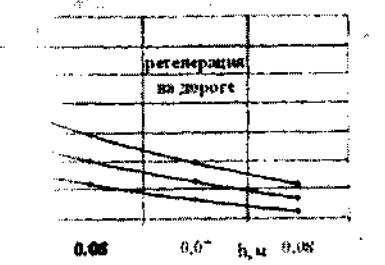


Рис. 2. Рациональные области применения комплектов машин для регенерации асфальтобетонного покрытия

Таблица 2. Результаты сравнения применяемых технологий при устройстве

Применяемая технология	Скорость, м/мин	K_{us}	K_n^x
Традиционная технология	7,5	1	0,9
Перспективная технология "горячий на горячий"	5	2	0,95
	5	1,5	0,95
	5	1	0,95
	5	1,165	0,95

коэффициентов $K_{\text{нн}}$, K_c , K_n^X . Комплект "горячий на горячий" позволяет укладывать два слоя дорожной одежды за один проход ведущей машины. При этом снижается время работы двигателя без выполнения полезной работы ($K_n^X = 0,95$), а ресурс дорожного покрытия увеличивается, что учитывается коэффициентом K_n .

Традиционный комплект машин перед укладкой слоя износа должен снова вернуться к месту начала укладки. При этом часть времени тратится на маневрирование, возврат в исходное положение, повторную загрузку приемного бункера материалом и др. Следовательно, увеличивается время работы двигателя без непосредственного выполнения работы, а значение $K_x^* = 0.90$.

Анализ расчетов показывает, что ресурс дорожного покрытия по технологии "горячий на горячий" должен быть на 20 % выше для получения прибыли, сравнимой с традиционной технологией, и в 7 раз превышать ее с учетом приведенных данных по работоспособности дорожного покрытия [3]. Упрочнение дорожного покрытия с использованием армированных сеток способствует росту себестоимости единицы асфальтобетонного покрытия и повышению ресурса, что следует учитывать при определении планируемой прибыли по формуле (1).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Программа "Дороги Беларуси" на 2006–2015 годы.
 - Леонович, И. И. Теоретические и практические основы системного управления // И. И. Леонович, С. В. Богданович // Строительная наука и техника. — 2008. — № 1. —
 - Говоров, А. Ю. Технология двухслойной укладки асфальтобетона за один проход / А. Ю. Говоров // Строительная наука и техника. — 2008. — № 6. — С. 20–24.
 - Кравченко, С. Е. Влияние температуры формирования структуры на прочностные свойства асфальтобетона / С. Е. Кравченко // Строительная наука и техника. — 2007. — № 2(11). — С. 37–41.
 - Зубков, А. Ф. Технология строительства асфальтобетонных покрытий автомобильных дорог / А. Ф. Зубков, В. Г. Однолько. — Минск: Машиностроение, 2009. — 224 с., ил.
 - Новые технологии и машины при строительстве, содержании и ремонте автомобилей / А. Ф. Зубков, В. Г. Однолько. — Минск: Дизайн ПРО, 2002. — 224 с., ил.
 - Кравченко, С. Е. Усталостное разрушение асфальтобетона / С. Е. Кравченко // Строительная наука и техника. — 2009. — № 5. — С. 33–36.
 - Официальный сайт компании Регдорстрой [Электронный ресурс] // <http://www.regdorstroy.com.ua/article/armoring.html>.
 - Максименко, А. Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин: учебное пособие. — Минск: БГУПИ, 2006. — 400 с.: ил.
 - Кудрявцев, Е. М. Комплексная механизация строительства. Издание третье, перераб. и испр. — Минск: БГУПИ, 2009. — 464 с.: ил.
 - Официальный сайт компании Дупарас [Электронный ресурс] // http://www.dynapac.ru/Downloads/Mobile_Roads/DOCS/01_CrossRoadsAsphalt_web.pdf.
 - Максименко, А. Н. Анализ возможных направлений применения строительных, дорожных машин для повышения эффективности их использования на этапе эксплуатации жизненного цикла / А. Н. Максименко // Актуальные проблемы науки и практики строительных, дорожных машин: материалы научно-практической конференции по вопросам строительных, дорожных машин и подъемно-транспортных машин на базе БГУПИ. — Минск: БГУПИ, 2011. — № 1(34). — С. 117–121.
 - Максименко, А. Н. Выбор способа производства строительных и дорожных машин на базе БГУПИ / А. Н. Максименко // Строительная наука и техника. — 2011. — № 3(36). — С. 52–55.
 - Инструкция о порядке начисления амортизации основных средств и нематериальных активов: утв. постановлением Правительства Республики Беларусь от 27 февраля 2009 г. № 37/18/6 // Налоги Беларусь [Электронный ресурс]. — Минск: Налоги Беларусь, 2009. — № 25. — С. 33–49.
 - Методические указания о порядке разработки индивидуальных нормативов архитектурно-строительства Республики Беларусь от 18.06.2010 № 217 // КонсультантПлюс: Беларусь [Электронный ресурс]. — Минск: КонсультантПлюс: Беларусь, 2010.
 - Методические указания по определению сметной стоимости работ с применением вибрационных механизмов, в том числе и для дорожной техники: приказ Министерства архитектуры и строительства Республики Беларусь от 08.07.2004 № 184 // КонсультантПлюс: Беларусь [Электронный ресурс]. — Минск: КонсультантПлюс: Беларусь, 2004.
 - Волкова, С. М. Расчетные нормы пробега грузовых автомобилей при расчете норматива износа и капитального ремонта автомобилей / С. М. Волкова // Строительная наука и техника. — 2003. — № 2. — С. 39.

гий при устройстве армированых цементобетонных покрытий

Планируемая прибыль, у.е	
	1
	7
	3
	-1,5
	0

Учитывая данное значение гравитации рассматриваемым различным изменениям по ресурсу, стоимости монтированных работ, количеству прибыли при использовании различных комплексов машин будет раз-

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- 1 При формировании комплектов машин для реализации перспективных технологий необходимо учитывать как готовой продукции, интенсивных технико-экономических показателей, затраты на новые материалы или (и) экономии материальных и энергетических ресурсов.
 - 2 Для соответствия производительности ведущих машин важен индивидуальный проектирований комплекта с учетом их эксплуатации.
 - 3 Перспективную технологию "горячий на горячий" можно реализовать при регенерации асфальтобетонной смеси с использованием ее в качестве сырья для производства суперплиток. Рациональной областью ее применения в соотношении с предложенной авторами ис. 1.