

ISSN 1818-9792

МИНИСТЕРСТВО АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Строительная

НАУКА И ТЕХНИКА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 6(39), 2011



УДК 625.08

Алексей Никифорович МАКСИМЕНКО,
кандидат технических наук,
доцент, профессор кафедры
"Строительные машины и оборудование"
Белорусско-Российского университета

Екатерина Александровна КОСЕНКО,
студентка 3-го курса специальности
"Строительные, дорожные, подъемно-
транспортные машины и оборудование"
Белорусско-Российского университета

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

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА КОМПЛЕКТА МАШИН ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ

SUBSTANTIATION OF THE CHOICE OF MACHINE SET
FOR INTRODUCTION OF NEW TECHNOLOGIES
IN ASPHALT CONCRETE PAVEMENT
CONSTRUCTION AND REPAIRS

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

This article presents the substantiation of the choice of machine set for introduction of the technologies providing higher quality of asphalt 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 ремиксер-4500 превосходит аналогичную величину комплекта по традиционным технологиям в 3–15 раз в зависимости от дальности транспортирования материала). Однако расход дорогостоящего материала меньше в 10 раз

и более, что в процессе выполнения работ значительно перекрывает расходы на приобретение новой техники. При строительстве нового и ремонте асфальтобетонного покрытия важно применять новые технологии, повышающие его качество.

Высокая стоимость приобретаемых новых ДСМ и машино-часа их эксплуатации требует правильного решения по выбору технологии, дополнительно учитывать качество и объем выполняемых работ, расход материальных и энергетических ресурсов, уровень внутреннего использования рабочего времени, режим работы ДСМ, транспортные составляющие и другие факторы при оценке эффективности строительного производства.

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И КАЧЕСТВО — ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Строительство, поддержание и восстановление автомобильных дорог связаны с высокой материалоемкостью и стоимостью строительного производства. Так, только ремонт 1 км дороги IV категории составляет в среднем 50 000 долларов США [2]. В условиях ограниченных финансовых средств программа "Дороги Беларуси" на 2006–2015 годы может быть реализована по объему и качеству выполняемых работ только с учетом внедрения современных технологий строительства, поддержания и восстановления работоспособности автомобильных дорог.

Снижению стоимости строительства и повышению работоспособности (срок службы увеличивается в 2 и более раз) способствует технология "горячий на горячий", то есть укладка слоев асфальтобетонного покрытия при температуре и скорости строительства обеспечивает устройство методом "горячий ряд на теплый", при котором получается бесшовная поверхность; значительная

экономию 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 °С до 50 °С 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 технологией, где между укладкой верхнего и нижнего слоев могут пройти часы и даже дни.

При осуществлении горячей регенерации на заводе, благодаря подбору оптимальной рецептуры гранулометрического состава, приготовления асфальтобетона и поддержанию высокой температуры (160 °С–120 °С) при транспортировании и укладке, ресурс дорожного покрытия может быть равен нормативному сроку службы (порядка 14 лет [7]). Но обеспечить температурный режим (с увеличенной дальностью транспортирования) уплотнения асфальтобетонной смеси трудно.

В настоящее время срок службы асфальтобетонного покрытия повышают путем его армирования геосетками. Сегодня на рынке существуют геосетки из стекловолокна, полиэстера, из асбальтовых волокон и ряд других. Более высокие технико-экономические показатели имеет армирующая полиэфирная сетка типа Хателит [8]. В этом случае увеличиваются затраты на материалы, которые значительно перекрываются увеличением ресурса дорожного покрытия.

В процессе организации производства строительных работ важно, чтобы каждая машина приносила прибыль. Это возможно при строгом учете ее выходных параметров в процессе производства работ. Индивидуальное планирование и организация эксплуатации машины с учетом ее взаимодействия в единой технологической цепи при системном подходе позволяют получить максимальную прибыль для каждой единицы техники и строительного производства в целом.

Для определения прибыли от использования каждой машины важно учитывать изменение эксплуатационных показателей и простоев на поддержание и восстановление ее работоспособности. В системе Белавтодора проводится работа по оценке выходных параметров каждой машины параллельно зависимости от ее наработки с начала эксплуатации ведется учет по всем видам простоев, трудоемкости и затратам на поддержание и восстановление работоспособности, по расходу топливно-смазочных материалов (ТСМ), объему и стоимости выполняемых работ и прогнозированию работоспособности ДСМ на основе диагностирования по техническому состоянию сборочных единиц. Реализация этой методики позволяет повысить точность прогнозирования работоспособности ДСМ, значительно сократить продолжительность и трудоемкость восстановления работоспособности машин, практически исключить их очередь на ремонт, повысить объем выполняемых строительных работ и прибыль от реализации современных технологий.

Сбор и обработка информации по каждой машине позволяют не только оптимизировать процесс поддержания и восстановления ее работоспособности, но и рационально решать вопросы комплексной механизации строительного производства [9, 10]. Особенно это важно с учетом ежегодного увеличения объемов строительных работ и применения современных технологий. Для их реализации необходимо иметь мощный парк современной техники, производство которой связано с необходимостью приобретения дорогостоящей техники, производимой, зачастую, за рубежом. В связи с этим, возникает вопрос рационального расходования денежных средств на закупку машин с максимальной эффективной их эффективной эксплуатации. Результатом работы 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.

Комплекты машин формируются с учетом согласованности по производительности ведущих и комплектующих машин (формула (11) [12]) при получении максимальной прибыли Π^k , руб., определяемой по формуле

$$\Pi^k = \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^N \Pi_{ij} \rightarrow \max, \quad (2)$$

где T — количество типов машин в комплекте;
 N — количество машин одного типа в комплекте;
 Π_{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 полезно выполняемой работы, определяют в соответствии с формулой

$$\frac{\sum_{j=1}^{T_1} \sum_{i=1}^{N_1} C_{ji} + \sum_{c=1}^{D_1} C_c}{V_1} = \frac{\sum_{j=1}^{T_2} \sum_{i=1}^{N_2} C_{ji} + \sum_{c=2}^{D_2} C_c}{V_2}, \quad (3)$$

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

$$C_{\text{д}} + \frac{C_{\text{г}}^{\text{зав}} + C_{\text{ук}}^{\text{зав}} + C_{\text{пл}}^{\text{зав}}}{V_{\text{зав}}} = \frac{C_{\text{д}} + C_{\text{г}}^{\text{дор}} + C_{\text{ук}}^{\text{дор}} + C_{\text{пл}}^{\text{дор}}}{V_{\text{дор}}}, \quad (4)$$

где $V_{\text{зав}}, V_{\text{дор}}$ — объем работ, выполняемый соответственно при регенерации на заводе и регенерации на дороге;
 $C_{\text{д}}, C_{\text{г}}^{\text{зав}}, C_{\text{ук}}^{\text{зав}}, C_{\text{пл}}^{\text{зав}}$ — соответственно затраты на фрезерование, транспортирование гранулянта и асфальтобетонной смеси, ее укладку, уплотнение, а также на материалы при регенерации асфальтобетонного покрытия на заводе;
 $C_{\text{д}}, C_{\text{г}}^{\text{дор}}, C_{\text{ук}}^{\text{дор}}, C_{\text{пл}}^{\text{дор}}$ — соответственно затраты на приготовление и укладку асфальтобетонной смеси ремонтным способом, транспортирование дополнительных материалов, уплотнение дорожного покрытия и дополнительные материалы.

Результаты исследования рациональной дальности транспортирования материалов L с учетом транспортирования по дорогам различных групп [17] и высоты укладываемого слоя асфальтобетонной смеси h для комплектов машин приведены в таблице 1.

Рациональные области использования комплектов машин для проведения регенерации асфальтобетонного покрытия на заводе и регенерации его на дороге отражены графически на рис. 1.

Анализ составленных графиков расходов при восстановлении асфальтобетонного покрытия полосы шириной 3,75 м протяженностью 1,00 км, при толщине слоя 0,06 м показал, что при регенерации асфальтобетонного покрытия расходы на материалы составляют от 64,9 до 1,1 % при изменении дальности транспортирования асфальтобетонной смеси от 90 до 3 км. Транспортные расходы соответственно изменяются от 36 % до 3 %.

Результаты расчета планируемой прибыли при реализации традиционной и перспективной технологий при устройстве асфальтобетонного покрытия приведены в таблице 2.

Для оценки планируемой прибыли от использования традиционного комплекта машин и комплекта "горячий на горячий" необходимо учитывать изменение значений

Таблица 1

Группа дорог	Рациональная дальность транспортирования материалов L, км, при h, м	Дальность транспортирования материалов L, км, при h, м		
		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

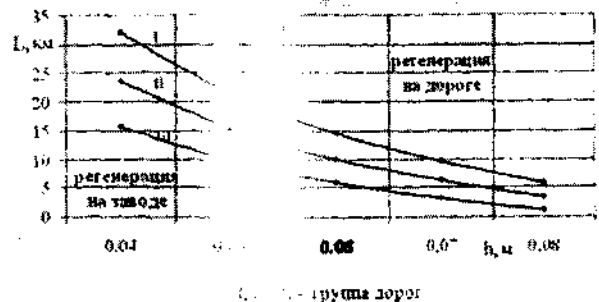


Рис. 1. Рациональные области применения комплектов машин при регенерации асфальтобетонного покрытия

