



ДЕПАРТАМЕНТ
БЕЛАВТОДОР

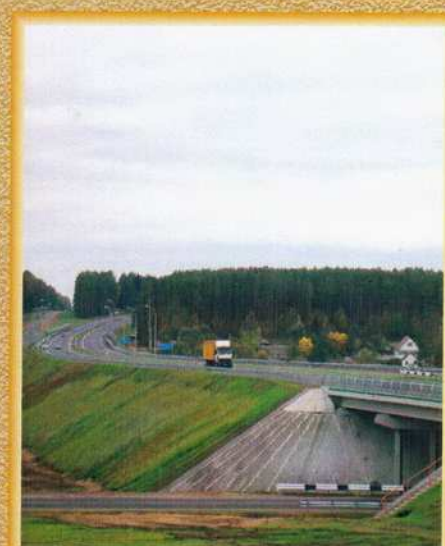
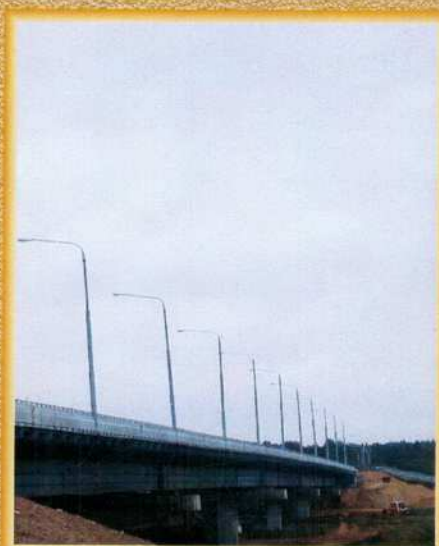


*"Дороги, дороги,
они для тебя, Беларусь ..."*

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ДОРОГИ И МОСТЫ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№ 2 (10), 2012



СТРОИТЕЛЬСТВО



РЕМОНТ И СОДЕРЖАНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И МОСТОВ



ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И КОНСТРУКЦИИ



МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ



ОРГАНИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ



ЭКОНОМИКА

- С. С. Песецкий, Я. Н. Ковалев, В. Н. Яглов, Д. Г. Игошкин, О. В. Гурбан*
Быстротвердеющие смеси для ямочного ремонта асфальтобетонных покрытий
- S. S. Pesetsky, Ya. N. Kovalyov, V. N. Yaglov, D. G. Igoshkin, O. V. Gurban*
Quick-hardening mixes for patching repair of asphalt concrete coats

64

МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

- А. Н. Максименко, А. И. Лопатин, Д. Ю. Макацария, О. В. Борисенко, Е. А. Косенко*
Оценка эффективности использования комплектов машин для обеспечения работоспособности автомобильных дорог
- A. N. Maksimenko, A. I. Lopatin, D. Yu. Makatsaria, O. V. Borisenko, E. A. Kosenko*
Evaluation of the efficiency of using machine complexes to provide durability of motor roads

68

ОРГАНИЗАЦИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

- В. А. Грабауров, Г. М. Кухаренок, В. Н. Кузьменко, А. Г. Рыбинский*
Повышение безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования Республики Беларусь путем устройства кольцевых развязок
- V. A. Grabaurov, G. M. Kukharenok, V. N. Kuzmenko, A. G. Rybinsky*
Enhancing road safety on public motor roads of the Republic of Belarus by arranging traffic circles
- Д. В. Капский, А. И. Рябчинский, И. И. Леонович*
Аудит безопасности дорожного движения
- D. V. Kapsky, A. I. Ryabchisky, I. I. Leonovich*
Auditing road traffic safety

76

83

ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

- М. Г. Солодкая*
Повышение эффективности затрат на ремонт и содержание автомобильных дорог
- M. G. Solodkaya*
Enhancing effectiveness of motor roads' repair and maintenance expenses

91

ПРОБЛЕМЫ И СУЖДЕНИЯ

- И. И. Леонович*
Теоретические основы и современная практика диагностирования автомобильных дорог
- I. I. Leonovich*
Theoretical basis and modern practice of motor roads' diagnostics

96

СТАНДАРТИЗАЦИЯ

- Технические нормативные правовые акты, действующие в дорожном хозяйстве по состоянию на 20.11.2012
- Actual road technical standard legal norms as of 20.11.2012

100

ОРГАНИЗАЦИИ И ПРЕДПРИЯТИЯ ДОРОЖНОГО ХОЗЯЙСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

- Полвека на острие прогресса
Half a century at the edge of progress

103

- Белгипродор может все!
Belgyprodor can do anything!

107

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЛЕКТОВ МАШИН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF USING MACHINE COMPLEXES TO PROVIDE DURABILITY OF MOTOR ROADS

А. Н. Максименко, кандидат технических наук, профессор кафедры «Строительные, дорожные, подъемно-транспортные машины и оборудование» ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Беларусь

А. И. Лопатин, генеральный директор РУП «Могилевавтодор», г. Могилев, Беларусь

Д. Ю. Макацария, кандидат технических наук, доцент кафедры правовой информатики прикладных дисциплин УО «Могилевский высший колледж МВД Республики Беларусь», г. Могилев, Беларусь

О. В. Борисенко, начальник отдела РУП «Могилевавтодор», г. Могилев, Беларусь

Е. А. Косенко, магистрант ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет», г. Могилев, Беларусь

В статье рассматриваются вопросы оценки эффективности применения дорожных машин при обеспечении работоспособности автомобильных дорог. Проведено сравнение применения различных комплектов машин для регенерации на дороге и укладки дополнительного слоя асфальтобетонной смеси.

The article considers the issues of evaluation of road machines' efficiency in providing motor roads' durability. The use of different machine complexes is compared for road regeneration and placement of additional layer of asphalt concrete mix.

ВВЕДЕНИЕ

Для обеспечения работоспособности автомобильных дорог в настоящее время используются различные комплекты машин, значительно отличающиеся по стоимости. Применение комплектов с более высокой стоимостью, реализующих современные технологии, позволяет не только восстанавливать работоспособность автомобильных дорог и (или) увеличивать их ресурс, но и значительно снижать расходы энергии, материалов.

В этом случае к оценке эффективности внедрения конкретной технологии необходимо подходить комплексно, с учетом качества и стоимости дороги, условий эксплуатации и стоимости комплектов используемой техники.

При восстановлении работоспособности асфальтобетонного покрытия с применением дорогостоящей импортной техники снижается стоимость и повышается качество дороги, а также экономятся строительные материалы, что приводит к быстрой окупаемости вложенных средств по формированию комплектов машин.

На практике важно знать граничные условия применения комплектов и наработки окупаемости затрат на их приобретение.

КОМПЛЕКТЫ МАШИН, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В настоящее время в Республике Беларусь для обеспечения работоспособности автомобильных дорог используются комплекты машин для поверхностной обработки (включающие: механизированную щетку, автосамосвалы, щебнераспределитель, погрузчик, автогудронатор, пневмошинные катки) и традиционные комплекты для укладки дополнительного слоя асфальтобетонного покрытия (включающие: механизированную щетку, автогудронатор, автосамосвалы, асфальтоукладчик, катки [1]). Широкое использование этих комплектов объясняется невысокой стоимостью и наличием кадров для их применения, обслуживания и ремонта.

Однако использование этих технологий для ремонтно-профилактических работ приводит

к значительному повышению расхода строительных материалов и снижению ресурса дорожного покрытия по сравнению с технологией регенерации асфальтобетонного покрытия. Стоимость комплекта машин (без автосамосвалов) для регенерации асфальтобетонного покрытия на дороге превышает стоимость комплекта для поверхностной обработки в 9 раз и в 4 раза – комплекта асфальтоукладчика. Такое превышение стоимости ограничивает их применение в условиях дефицита средств.

Использование технологии горячей регенерации на дороге подразумевает применение разогревателей (как правило, в количестве 2 шт.) *HM-4500* для ступенчатого разогрева имеющегося асфальтобетона в дорожной одежде. Фрезерование разогретого старого асфальтобетона, его перемешивание, укладка и предварительное уплотнение производятся посредством использования специализированной высокотехнологичной машины *Ремиксер-4500*, которая способна также одновременно укладывать верхний слой износа из свежей асфальтобетонной смеси. Для корректировки гранулометрического состава повторно используемой асфальтобетонной смеси возможно добавление свежего щебня, рассыпаемого перед ремиксером щебне-распределителем. Окончательное уплотнение асфальтобетонных слоев осуществляется традиционным способом при помощи звена уплотняющей техники [1].

Только анализ суммарных затрат за жизненный цикл автомобильной дороги позволит оценить эффективность внедрения современных технологий и целесообразность приобретения дорогостоящей техники, учитывая возможность повышения ресурса дорожного покрытия, экономии основных строительных материалов, повышения темпов строительных работ и получения максимальной прибыли.

С учетом качества строительных работ в условиях рыночной экономики в строительном производстве важно обеспечить максимальную прибыль с учетом внедрения перспективных технологий и обеспечения высокого качества готовой продукции, которое связано с повышением сметной стоимости выполняемых работ. Как правило, при разработке проектов закладываются традиционные технологии с использованием машин значительно меньшей стоимости по сравнению с машинами, реализующими перспективные технологии. Производителями комплектов для реализации технологии «горячий на горячий» являются немецкая компания «Фогель» и шведский производитель «Динапак». Метод выполнения технологии «горячий на горячий» фирмой «Фогель» заключа-

ется в использовании дополнительного асфальтоукладчика, который осуществляет укладку верхнего слоя асфальтобетона. «Динапак» предлагает использование как специализированного асфальтоукладчика, оборудованного двумя бункерами, так и новую модульную конструкцию, которой можно переоборудовать базовый асфальтоукладчик. Стоимость комплекта машин для реализации технологии «горячий на горячий» может превышать стоимость комплекта машин, применяемых по традиционной технологии, этой же фирмы на 60–250 тыс. евро, в зависимости от использования модульного переоснащения базового асфальтоукладчика или применения дополнительного асфальтоукладчика [2].

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКТОВ МАШИН ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В Республике Беларусь для устранения недоремонта автомобильных дорог необходимо ежегодно увеличивать объемы строительных работ. Для реализации этого необходимо внедрять регенерацию асфальтобетонного покрытия с использованием комплекта ремиксер, обеспечивающего высокие темпы строительного производства. Приобретение машин этого комплекта за рубежом предполагает ограничения по их применению. Только анализ с учетом получаемой прибыли от использования комплектов машин позволит принять решение о целесообразности их приобретения.

Оценку эффективности использования комплектов машин важно осуществлять с учетом стоимости используемых материалов, т. к. в сравниваемых вариантах, как правило, расходуется различное количество дорогостоящих материалов. Затраты на материалы при реализации отдельных выполняемых работ многократно превышают стоимость механизированных работ (себестоимость 1 км асфальтобетонного покрытия для полосы шириной 3,75 м находится в пределах 155 млн руб. при затратах на материалы 137 млн руб. и стоимости механизированных работ 18 млн руб., с учетом дальности транспортирования асфальтобетонной смеси 20 км). Поэтому при оценке эффективности использования машин важно рассматривать себестоимость механизированных работ и стоимость применяемых материалов.

Основное условие безубыточной работы состоит в том, чтобы выручка, за вычетом налогов от выполнения единичного объема работ ком-

плектом машин, превышала себестоимость механизированных работ, приведенную к данному объему работ

$$C_T > \frac{C_{\text{МАШ-Ч}}^K}{\Pi_3^K}, \quad (1)$$

где C_T – стоимость единицы производимой работы или договорная цена за вычетом налогов от выполнения единичного объема работ комплектом СДМ, руб./единицу полезной работы;

$C_{\text{МАШ-Ч}}^K$ – себестоимость машино-часа эксплуатации комплекта СДМ с учетом накладных расходов, руб.;

Π_3^K – часовая эксплуатационная производительность комплекта СДМ, измеряемая в т, м², м³ и т. д.

Себестоимость машино-часа эксплуатации комплекта СДМ будет состоять из суммы себестоимостей машино-часа всех машин, входящих в данный комплект

$$C_{\text{МАШ-Ч}}^K = \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^N C_{\text{МАШ-Ч}_{ji}}, \quad (2)$$

где $C_{\text{МАШ-Ч}_{ji}}$ – себестоимость машино-часа i -й машины j -го типа, входящей в данный комплект, руб.;

T, N – соответственно количество типов СДМ, входящих в комплект, и машин одного типа.

Себестоимость машино-часа ($C_{\text{МАШ-Ч}}$) каждой СДМ будет включать в себя накладные расходы и все затраты связанные с ее приобретением, перебазировкой и эксплуатацией, приведенные к часу ее работы

$$C_{\text{МАШ-Ч}} = K_{\text{НР}} \cdot K_{\text{Д}} \cdot \sum_{h=1}^G Z_h, \quad (3)$$

где $K_{\text{НР}}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы;

$K_{\text{Д}}$ – коэффициент дисконтирования;

Z_h – затраты h -го вида, приведенные к часу работы СДМ, руб.;

G – общее количество составляющих затрат, связанных с эксплуатацией машины.

Осуществление основного технологического процесса всегда связано либо с расходом строительного материала (в процессе строительства и ремонта дорожного покрытия – асфальтобетонной смеси), либо с его получением (разработка карьера экскаватором). При этом можно использовать материал как одного вида, так и нескольких. В общем случае затраты на материал (C_M), приведенные к одному часу эксплуатации машины, использующей этот материал, можно представить в виде суммы:

$$C_M = \sum_{c=1}^D (C^{1c} \cdot P), \quad (4)$$

где C^{1c} – стоимость 1 тонны материала c -го вида, руб.;

D – количество видов материала, необходимого для проведения работ;

P – расход используемого материала, т/ч, м²/ч, м³/ч и т. д.

Переход к годовому режиму работы СДМ предусматривает согласованность рабочего времени в течение года и продолжительность выполнения работ. При этом общая продолжительность проведения работ на всех участках не должна превышать количество часов рабочего времени машины в году.

Для получения рационального комплекса машин необходимо рассмотреть большое количество вариантов, состоящих из различных комплектов СДМ, включающих в себя различную по функциональному назначению технику. Представляется целесообразным разработать математический аппарат, который позволит определить эффективность эксплуатации машин в зависимости от их стоимости, приведенных затрат на выполнение работы с учетом экономии материальных и энергетических ресурсов. При этом необходимо согласование по следующим пунктам:

- максимальное приближение к критерию эффективности;

- техника, входящая в комплект СДМ, является единичной рабочей величиной, каждая из которого независима и взаимосвязана с другой по производительности;

- отсутствие способности комплекта машин выполнять возложенную на него функцию приводит к невыполнению всей работы;

- в сложившихся условиях экономии материальных и энергетических ресурсов предпочтение отдается комплектам машин, способным перерабатывать и повторно использовать существующий материал.

В основу математического аппарата закладывается основной показатель экономической эффективности – прибыль. Она включает в себя определение полной себестоимости исходя из стоимости потребного количества используемых материалов и механизированных работ, с одной стороны, и сметной стоимости или договорной цены – с другой.

Базисный момент времени в данной модели может быть отражен посредством коэффициента дисконтирования. Максимизировать результирующий экономический эффект можно посредством организации арендных операций, а также использования финансового или оперативного лизинга. Модель будет соответствовать среде предприятия, владеющего парком СДМ. При минимизации себестоимости маши-

но-часа устанавливается целесообразная наработка использования СДМ с начала эксплуатации. Имея возможность выбирать конкретную машину, зная себестоимость ее машино-часа и договорную цену выполнения единицы механизированного объема работ в час, можно обеспечить формирование наиболее эффективно-го комплекта машин, использование которого даст максимальную прибыль эксплуатационной организации.

При определении целесообразности использования машин важно учитывать снижение количества строительных материалов и их экономию при восстановлении работоспособности автомобильных дорог, применение комплексов машин, предусматривающих экономию материалов, возможность приобретения дорогостоящей техники. Необходимо определять и учитывать затраты на используемый строительный материал и затраты на проведение механизированных работ. Учет этих факторов позволит определить рациональный комплект машин, работающих по материалосберегающим технологиям.

Приведенная себестоимость единицы выполненной работы с учетом стоимости машино-часа и приведенных затрат на материал ($C_e^{пр}$) определяется по формуле

$$C_e^{пр} = \frac{C_{маш-ч} + C_m}{\Pi_э} \quad (5)$$

Продолжительность выполнения работ определяется исходя из количества рабочего времени СДМ и значения коэффициента технического использования. Изменение значения комплексного показателя надежности, отражающего процесс старения техники, будет влиять на прибыль.

Применение высокотехнологичных машин способствует увеличению темпов проведения работ за счет высокой производительности используемой техники, снижению технологических простоев и экономии строительных материалов, что способствует получению максимальной прибыли. Так, применение способов регенерации асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог позволяет экономить материал за счет снятия, последующей переработки и дальнейшего использования существующего дорожного покрытия.

Анализ показал, что затраты на строительные материалы составляют до 95 % стоимости дорожного покрытия. Снижение необходимого количества строительного материала и возможность его экономии будут способствовать как уменьшению затрат на материал, так и снижению затрат на транспортирование его к месту проведения работ.

В связи с этим возникают предпосылки использования высокотехнологичных машин с более высокой стоимостью их приобретения, так как затраты на поддержание и восстановление их работоспособности и затраты на строительный материал с учетом его экономии в сумме могут быть ниже аналогичных затрат на традиционные машины, работающие без экономии материала.

При оценке внедрения перспективной технологии, изменяющей ресурс строительного объекта или (и) экономящей строительный материал, планируемую прибыль для отдельной машины комплекта можно определить по формулам:

$$\Pi = (K_{нт} \cdot C_T - C_e^{пр}) \cdot \Pi_T^H \cdot K_C \cdot K_B \cdot t \cdot K_{ти}, \quad (6)$$

$$\Pi = (K_{нт} \cdot C_T - C_e^{пр}) \cdot \Pi_T^H \cdot K_C \cdot K_B \cdot T_ч, \quad (7)$$

$$\Pi = (K_{нт} \cdot C_T - C_{ea}^{пр}) \cdot \Pi_T^H \cdot K_C \cdot K_{п}^X \cdot (H - H_{ок}), \quad (8)$$

где $K_{нт}$ – коэффициент, учитывающий повышение качества производимой работы при реализации перспективных технологий;

Π_T^H – техническая производительность новой машины, единица работы/машино-час;

t – количество рабочего времени СДМ с учетом простоев на ТО и ТР кроме КР за рассматриваемый интервал времени, машино-час;

$K_{ти}$ – коэффициент технического использования СДМ, учитывающий простои в ТО и ТР;

K_C – коэффициент, учитывающий снижение технической производительности от наработки машины с начала ее эксплуатации;

$K_{п}^X$ – коэффициент, учитывающий работу двигателя на холостых оборотах;

H – наработка машины, моточас;

$H_{ок}$ – наработка окупаемости машины, моточас;

$C_{ea}^{пр}$ – единица стоимости производимой продукции без учета отчислений на амортизацию машины.

Величина $K_{нт}$ определяется на основании данных исследований, определяющих качественные показатели перспективных технологий. Например, при внедрении технологии по одновременной укладке двух слоев дорожной одежды повышается ее ресурс в 2–3 раза [3]. В этом случае коэффициент $K_{нт}$ определяется отношением ресурса, соответствующего перспективной технологии, к ресурсу дорожной одежды, устроенной по традиционной технологии, т. е. в рассматриваемом примере он будет изменяться от 2 до 3.

Производственная эксплуатация строительных и дорожных машин предусматривает выбор отдельных машин, комплектов и комплексов для выполнения заданного объема строительных работ с учетом конкретных условий на ос-

нове их технологических, технико-экономических и эргономических показателей. В основу формирования 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 при получении максимальной прибыли, определяемой по формуле

$$\Pi^k = \sum_{j=1}^T \sum_{i=1}^N \Pi_{ji} \rightarrow \max, \quad (9)$$

где T – количество типов машин в комплекте;

N – количество машин одного типа в комплекте;

Π_{ji} – прибыль от эксплуатации i -й машины j -го типа, определяемая в соответствии с одной из формул 6–8.

Определение сменных норм и расценок с учетом качества готовой продукции и формирование комплекта с учетом согласованности по производительностям ведущих и комплектующих машин позволят 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, т. к. она может отличаться более чем 50 % на этапе эксплуатации ее жизненного цикла.

Применительно к современному комплекту машин для восстановления работоспособности асфальтобетонного покрытия автомобильных дорог, включающему в качестве ведущей машины высокотехнологичную машину, такую как ремиксер (рмр), и комплектующую технику: разогревательные машины (рм) в количестве $N_{рм}$, щебне-распределитель (щр) в количестве $N_{щр}$, катки (к) в количестве N_k и автотранспорт (ат) в количестве $N_{ат}$, реализующих технологию ремикс-плюс, прибыль с учетом формулы (6) можно определить

$$\begin{aligned} \Pi^k = & \left[(K_{нт} \cdot C_r - C_e^{np}) \cdot \Pi_r^h \cdot K_c \cdot K_b \cdot t \cdot K_{ти} \right]_{рмр} + \\ & + \sum_{i=1}^{N_{рм}} \left[(K_{нт} \cdot C_r - C_e^{np}) \cdot \Pi_r^h \cdot K_c \cdot K_b \cdot t \cdot K_{ти} \right]_{рм} + \sum_{i=1}^{N_{щр}} \left[(K_{нт} \cdot C_r - C_e^{np}) \cdot \Pi_r^h \cdot K_c \cdot K_b \cdot t \cdot K_{ти} \right]_{щр} + \\ & + \sum_{i=1}^{N_k} \left[(K_{нт} \cdot C_r - C_e^{np}) \cdot \Pi_r^h \cdot K_c \cdot K_b \cdot t \cdot K_{ти} \right]_k + \sum_{i=1}^{N_{ат}} \left[(K_{нт} \cdot C_r - C_e^{np}) \cdot \Pi_r^h \cdot K_c \cdot K_b \cdot t \cdot K_{ти} \right]_{ат}. \end{aligned} \quad (10)$$

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА И ЭКОНОМИЯ РЕСУРСОВ – ВАЖНЕЙШЕЕ НАПРАВЛЕНИЕ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В Республике Беларусь наблюдается рост недоремонта автомобильных дорог по капитальному и среднему ремонту, что приводит к значительному увеличению затрат на обеспечение их работоспособности.

Кроме того, качественное состояние дорожного покрытия обеспечивает нормальные условия для автомобильных перевозок; стимулирует экономическое развитие района, территория которого прилегает к дороге; позволяет экономить время и обеспечивает комфортабельность поездок пассажиров; позволяет сокращать сроки и на порядок снижать себестоимость перевозки грузов; уменьшать число дорожно-транспортных происшествий и материальных потерь от аварий.

В настоящее время ремонтно-профилактические мероприятия ограничиваются в основном работами с использованием поверхностных обработок с избыточным содержанием битума и битумных эмульсий. Поверхностная обработка обеспечивает дорожному покрытию шероховатость и водонепроницаемость и не входит в его расчетную толщину [4].

В результате эксплуатации таких покрытий в течение 12–15 лет в верхнем слое образуются дефекты, которые невозможно устранить с помощью традиционных проектных решений.

В сложившейся ситуации оптимальным выходом является регенерация асфальтобетонного покрытия, позволяющая обеспечить необходимое качество дорожного покрытия, значительно сократить потребление материальных и энергетических ресурсов, повысить темпы строительного производства и в совокупности получить максимальную прибыль от эксплуатации автомобильных дорог.

Регенерация существующих покрытий предусматривает «рециклирование» в зоне верхнего слоя старого покрытия с обогащением его добавками нового материала без наращивания или с незначительным наращиванием кон-

структивных слоев асфальтобетонного покрытия, обеспечивая оптимальный температурный режим его уплотнения.

Горячая регенерация асфальтобетонного покрытия по методу «ремикс-плюс» позволяет восстанавливать покрытие и одновременно укладывать новый слой износа из свежей асфальтобетонной смеси с одновременным уплотнением двух слоев в горячем состоянии за один рабочий ход, что способствует повышению сцепления между ними и аналогично технологии «горячий на горячий» позволяет увеличить ресурс дорожного покрытия в 2–3 раза [3].

Высокое качество получаемого покрытия определяется также медленным охлаждением более толстого слоя асфальтобетона с образованием резерва времени для его эффективного уплотнения.

Повторное использование асфальтобетонных позволяет сократить энергозатраты до 50 ГДж/км и экономить от 80 % до 100 % каменных материалов.

Анализ экономии строительных материалов при восстановлении работоспособности асфальтобетонного покрытия приведен в таблице 1.

**ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ
ПРИМЕНЕНИЯ КОМПЛЕКТОВ
МАШИН ПО ВОССТАНОВЛЕНИЮ
РАБОТОСПОСОБНОСТИ
АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ
И НАРАБОТКИ ОКУПАЕМОСТИ ЗАТРАТ
НА ИХ ПРИОБРЕТЕНИЕ**

Возможность восстановления работоспособности асфальтобетонного покрытия различными комплектами требует определения граничных условий их применения и наработки окупаемости затрат на их приобретение.

Самая низкая стоимость комплекта для поверхностной обработки обеспечивает работоспособность асфальтобетонного покрытия с минимальным его ресурсом и повышенным расходом вяжущих. Для снижения расхода материалов и повышения работоспособности асфальтобетонного покрытия целесообразно проводить его регенерацию с одновременной укладкой слоя износа, что соответствует качественным показателям технологии «горячий на горячий». Себестоимость механизированных работ и затрат на приобретение техники при регенерации асфальтобетонного покрытия на дороге (комплект «ремиксер») значительно превышает аналогичные затраты при восстановлении работоспособности дорожного покрытия с использованием других комплектов (таблица 2). Однако при оценке эффективности использования различных комплектов при восстановлении асфальтобетонного покрытия с включением составляющих по экономии материалов и повышению его ресурса (таблица 2) применению комплекта «ремиксер» при полной его загрузке нет альтернативы. При годовом объеме производства работ менее 260 тыс. м²/год применение этого комплекта нецелесообразно (рис. 1). Высокая стоимость комплекта и себестоимость механизированных работ для регенерации асфальтобетонной смеси препятствуют внедрению современной технологии. Здесь важно рассматривать все технико-экономические показатели этого комплекта при обеспечении его загрузки в течение сезона, включая наработку окупаемости затрат на приобретение.

Наработку окупаемости с учетом стоимости комплекта ($C_{и}$), экономии строительных материалов и ресурса дорожного покрытия можно определять по формуле

Таблица 1 – Потребное количество дорожно-строительных и ремонтных материалов при использовании различных комплектов машин для восстановления работоспособности дорожного покрытия

Вид комплекта	Стоимость комплекта без самосвалов, млн руб.	Потребное количество нового материала			Фрезерованный асфальтогранулят (т/м ²)	Экономия (перерасход) материалов (т/м ²)
		Асфальтобетонная смесь (т/м ²)	Вяжущие (т/м ²)	Каменный материал (т/м ²)		
Комплект «асфальтоукладчик» (с устройством слоя износа)	5350	0,2762	0,0166	0,2596		
Комплект для поверхностной обработки	2480		0,0029	0,0976		-0,0503
Комплект «ремиксер» (технология ремикс-плюс)	22155	0,0488	0,0029	0,0292	0,1142	0,1953

Таблица 2 – Изменения технико-экономических показателей использования комплектов машин в зависимости от их объема работ (годового)

V _р , тыс. м ²	Вид комплекта	Технико-экономические показатели				
		T _ч , ч	C _{маш-ч} , у. е.	C _{пр} , у. е./маш-ч	C _{пр^е} , у. е./м ² год	H _{ок} , моточас
100	Асфальтоукладчик	221	516	3871	1,21	1462
	Ремиксер	207	5805	7127	1,05	757
200	Асфальтоукладчик	443	258	3563	1,13	283
	Ремиксер	413	2903	4224	0,62	220
300	Асфальтоукладчик	664	172	3477	1,10	223
	Ремиксер	620	1935	3257	0,48	178
400	Асфальтоукладчик	886	129	3434	1,09	202
	Ремиксер	827	1451	2773	0,41	163
500	Асфальтоукладчик	1107	103	3408	1,08	191
	Ремиксер	1034	1161	2483	0,37	155
600	Асфальтоукладчик	1329	86	3391	1,07	184
	Ремиксер	1240	967	2289	0,34	150
700	Асфальтоукладчик	1550	74	3379	1,06	180
	Ремиксер	1447	829	2151	0,32	146

Примечание – V_р – годовой объем выполненной работы; T_ч – годовое количество часов рабочего времени; C_{маш-ч} – себестоимость машино-часа; C_{пр} – приведенная себестоимость выполненных работ за машино-час; C_{пр^е} – приведенная удельная стоимость 1 м² дорожного покрытия, отнесенная к ресурсу; H_{ок} – наработка окупаемости.

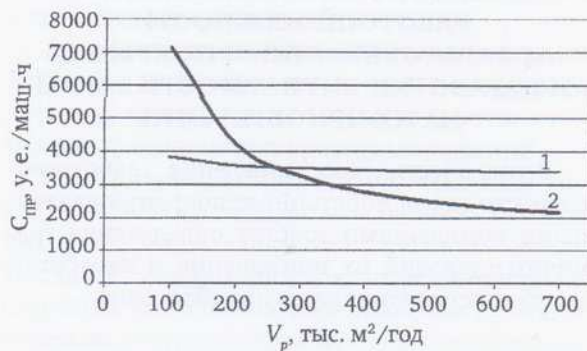
$$H_{ок} = \frac{C_{и}}{(K_{нт} \cdot C_{т} - C_{е}^{пр}) \cdot П_{т} \cdot K_{с} \cdot K_{п}^x} \quad (11)$$

Для сравниваемых вариантов превышающая стоимость комплекта «ремиксер» в 4,2 раза быстрее окупается за меньшую наработку (до 30 %) по сравнению с комплектом «асфальтоукладчик» при их полной загрузке за сезон и работе в одну смену.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Оценку эффективности применения комплектов машин по обеспечению работоспособности асфальтобетонного покрытия необходимо проводить с учетом их стоимости, затрат на проведение механизированных работ, стоимости строительных материалов и ресурса дорожного покрытия.

2. При полной загрузке комплекта «ремиксер» с учетом его стоимости, затрат на проведение механизированных работ, стоимости строительных материалов и ресурса дорожного покрытия целесообразность его применения неоспорима.



1 – комплект «асфальтоукладчик»; 2 – комплект «ремиксер»

Примечание – Ресурс дорожного покрытия для двух комплектов принят одинаковым.

Рисунок 1 – Граничные условия применения комплектов машин для восстановления работоспособности асфальтобетонных покрытий

3. При годовом объеме работ менее 260 тыс. м²/год для обеспечения работоспособности асфальтобетонного покрытия целесообразно применять традиционные комплекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Правила устройства асфальтобетонных покрытий и защитных слоев при строительстве и ремонте автомобильных дорог : ТКП 094-2007 (02191). – Минск, 2007. – 92 с.
2. Максименко, А. Н. Обоснование выбора комплекта машин для внедрения новых технологий при строительстве и ремонте асфальтобетонного покрытия / А. Н. Максименко, Е. А. Косенко, Д. Ю. Макацария // Строительная наука и техника. – 2011. – № 6 (39). – С. 70–74.
3. Говоров, А. Ю. Технология двухслойной укладки асфальтобетона за один проход / А. Ю. Говоров // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 6. – С. 20–24.
4. Рекомендации по назначению ремонтных мероприятий с учетом расчетных межремонтных сроков службы дорожных конструкций : ДМД 02191.5.002-2006. – Минск, 2006. – 20 с.
5. Максименко, А. Н. Эксплуатация строительных и дорожных машин : учеб. пособие. – СПб. : БХВ-Петербург, 2006. – 400 с. : ил.

Статья поступила в редакцию 31.08.12.