

Научная статья
УДК 629.08

Комплекс машин для модульной технологии скоростного строительства асфальтобетонных покрытий

Михаил Александрович Яковлев¹, Сергей Александрович Ширнин²,
Александр Владимирович Ушков³

^{1,2,3}Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия

¹ykov00@yandex.ru

²sshirnin00@list.ru

³ushkov.av@yandex.ru

Аннотация. В данной статье рассмотрены теоретические аспекты первого приближения модульной технологии укладки асфальтобетонных покрытий, рассмотрены сравнения технологий асфальтоукладки и предложены конструктивные исполнения модулей машин для скоростного строительства дорог и их методики взаимодействия с базовыми машинами и асфальтобетонной смесью. В предлагаемой статье были проанализированы все преимущества и недостатки использования модульной системы укладки асфальтобетонных покрытий и обозначены проблемы для дальнейшего усовершенствования модулей системы для скоростного строительства асфальтобетонных покрытий.

Ключевые слова: перегружатель асфальтобетонных смесей, производительность перегружателя, дорожное строительство, технология укладки асфальтобетонных покрытий, скоростное строительство дорог, перегрузка асфальтобетонной смеси.

Для цитирования: Яковлев М.А., Ширнин С.А., Ушков А.В. Комплекс машин для модульной технологии скоростного строительства асфальтобетонных покрытий // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №3 (37).

Original article

The system of machines for modular technology of asphalt concrete pavements` high-speed construction

Mihail A. Yakovlev¹, Sergey A. Shirnin², Alexander V. Ushkov³

^{1,2,3}Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI),
Moscow, Russia

¹ykov00@yandex.ru

²sshirnin00@list.ru

³ushkov.av@yandex.ru

Abstract. This article presents the theoretical aspects of the first modular technology` approximation of asphalt paving. The paper also shows some comparisons of asphalt paving technologies and constructive versions of system of machines for high-speed road construction and their methods of interaction with basic machines and asphalt concrete mixture. The article analyses all the advantages and disadvantages of using a modular system for laying asphalt concrete pavements. It identifies some problems for further improvement of the system modules for asphalt concrete pavements` high-speed construction.

Keywords: asphalt concrete mix reloader, reloader performance, road construction, asphalt concrete paving technology, high-speed road construction, asphalt concrete mix overload.

For citation: Yakovlev M.A., Shirnin S.A., Ushkov A.V. The system of machines for modular technology of asphalt concrete pavements` high-speed construction. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2023. №3 (37).

Актуальность темы

Проанализировав рынок техники для укладки асфальтобетонных покрытий, было обнаружено, что на рынке не существует универсальной техники для перегрузки смеси из автосамосвала в асфальтоукладчики, которая могла бы работать как на малых дорогах, так и на автомагистралях. В связи с этим, появилась идея о создании независимой модульной системы, состоящей из перегружателя и бункера-накопителя асфальтобетонной смеси, которая бы позволила укладывать дороги как традиционным так и скоростным методом укладки асфальтобетонных покрытий, кроме того, сократить расходы, увеличить качество и производительность строительства дорог.

Актуальность выбранной темы необходимо подтвердить теоретическими расчетами, которые позволили бы обосновать необходимость применения модульной технологии укладки асфальтобетонных покрытий.

Для обоснования актуальности использования модульной системы укладки асфальтобетонных покрытий, необходимо подтвердить технические параметры комплекса техники, состоящего из парка автосамосвалов, модуля

перегрузателя асфальтобетонной смеси, модуля бункера-накопителя, асфальтоукладчика и комплектов катков разных весовых категории.

Целью исследований является улучшение качества асфальтобетонных покрытий и повышение производительности дорожно-строительной техники. Одной из задач, поставленных в исследовании нового комплекса машин, по укладке асфальтобетонных покрытий, состоящего из парка автосамосвалов, модуля перегружателя и бункера-накопителя асфальтобетонной смеси, асфальтоукладчика и уплотняющих катков разных весовых категорий, было рассмотрение и сравнение традиционной и новой модульной технологии укладки асфальтобетонных покрытий, а также выявление преимуществ и недостатков каждой технологии.

Технология укладки асфальтобетонных покрытий с применением модульной системы

Перед рассмотрением существующих и новых технологий необходимо разобраться, что же понимается под названием модульная система.

Модульная система – это система машин, обладающая заданными входными и выходными параметрами, способная дополнять или изменять функции основной машины.

Так было принято решение о создании модульной системы, состоящей из двух единиц техники (рис. 1).

В данном модуле машины могут работать как совместно, так и раздельно.

При строительстве дорог категории IА и IБ или дорог, находящихся далеко от асфальтобетонных заводов целесообразно использовать две машины совместно, поскольку бункер-накопитель имеет антисегрегационный разнозаходный шнек, для устранения фракционной сегрегации, также боковые стенки оснащены нагревателем, для уменьшения температурной сегрегации [8].

Основные теоретические характеристики модуля.

Характеристики	Перегрузчик	Бункер-накопитель
Производительность конвейера	700 т/час	700 т/час
Мощность ДВС	324 КВт	400 КВт
Рабочая скорость	До 4,5 км/ч	До 4,5 км/ч
Погрузочная высота	2000мм	200мм
Объем приемного бункера	4м ³	2,5 м ³
Объем накопительного бункера	-	22 м ³
Габаритные размеры Д/Ш/В	9280/3000/3180	7760/3000/3500

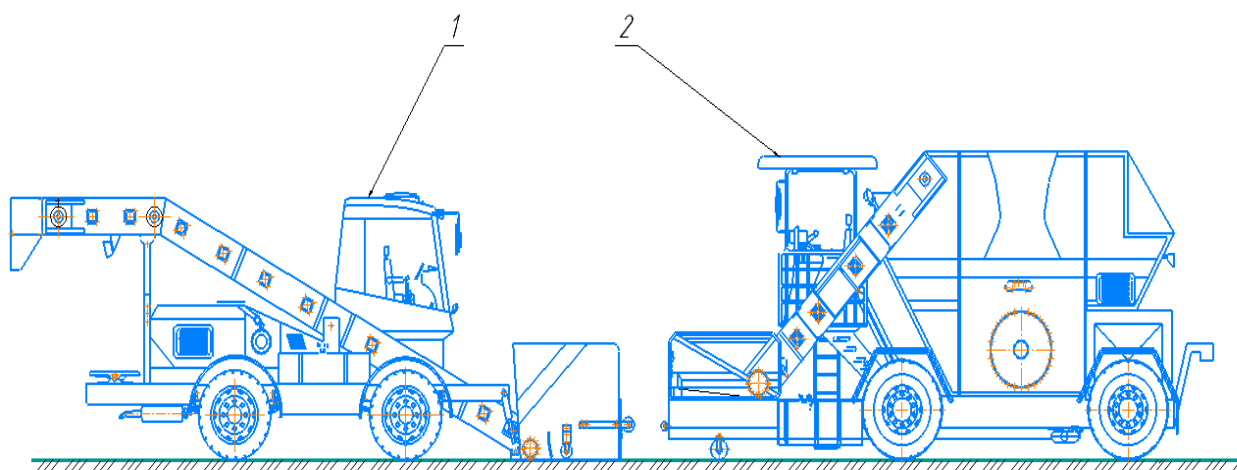


Рис. 1. Состав модульной системы.

- 1 – Модуль самоходного перегружателя асфальтобетонной смеси с приемным бункером;
2 – Модуль бункер-накопителя асфальтобетонной смеси с приемным бункером

Технологические цепочки укладки асфальтобетонной смеси

Для начала необходимо рассмотреть существующие технологии укладки дорожно-строительного полотна, проанализировать и выявить недостатки. Рассматривать будем одну стадию укладки асфальтобетонных покрытий, а именно этап перегрузки асфальтобетонной смеси из кузова автосамосвал в приемный бункер асфальтоукладчика.

Традиционная технология

Традиционная технология предусматривает использование двух единиц техники (рис. 2).

Рассмотрим технологическую схему перегрузки асфальтобетонной смеси:

Автосамосвал задним ходом подъезжает к асфальтоукладчику, упирается задними колесами в демпфер, поднимая кузов на определенный угол, начинает опустошать кузов, заполняя приемный бункер асфальтоукладчика.

Асфальтоукладчик и автосамосвал должны двигаться с одной скоростью, но поскольку у оператора автосамосвала нет возможности поддерживать одинаковую скорость, оператор асфальтоукладчика вынужден толкать автосамосвал, при этом асфальтоукладчик испытывает дополнительные динамические нагрузки [1].

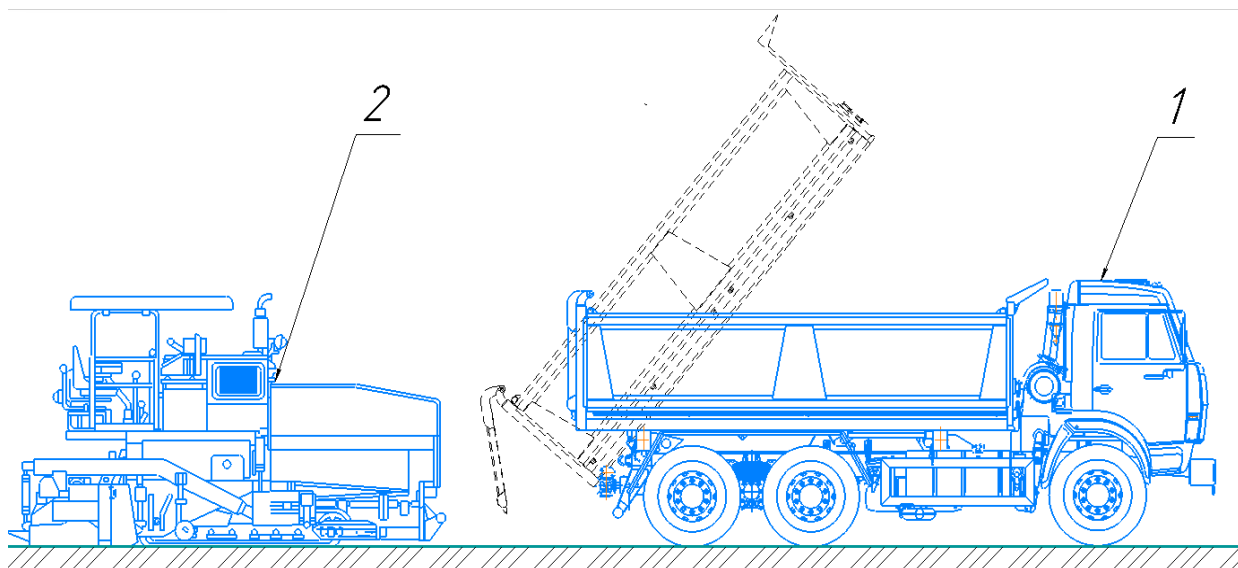


Рис. 2. Традиционная технология укладки асфальтобетонных покрытий.

1 – автосамосвал; 2 – асфальтоукладчик.

Данная схема была проанализирована и были выявлены определенные достоинства и недостатки как техники отдельно, так и системы вместе, и сведены в таблицу №1.

Таблица 1

	Достоинства	Недостатки
Асфальтоукладчик	1. Гусеничный ход. 2. Большой объем приемного бункера. 3. Наличие выравнивающей плиты и вибробруса. 4. Высокая производительность до 900 т/час. 5. Наличие электронных систем управления.	1. Большая металлоемкость. 2. Сложная конструкция. 3. Малая транспортная скорость. 4. Требуется транспортировка на трале до места проведения работ. 5. Высокая степень чувствительности системы нивелирования при возможном столкновении.
Автосамосвал	1. Большой объем кузова. 2. Высокая скорость передвижения. 3. Передвижение до места работ своим ходом. 4. Простота конструкции.	1. Отсутствие подогревателей и перемешивателей асфальтобетонных смесей в кузове, что приводит к появлению температурной и фракционной сегрегации. 2. Отсутствует рациональная подача смеси при опрокидывании кузова.
Традиционная технология укладки асфальтобетонных покрытий.	1. Используется всего одна единица техники для перевозки и передачи асфальтобетонной смеси. 2. Минимальные потери температуры при передаче из автосамосвал в приемный бункер асфальтоукладчика.	1. Возникновение динамических нагрузок на асфальтоукладчике. 2. Отсутствие возможности работы в тоннелях. 3. Замедление и остановки в процессе работы асфальтоукладчика при смене автосамосвалов.

Проанализировав традиционную технологию укладки асфальтобетонных покрытий, мы можем сделать вывод о том, что эту технологию целесообразно использовать при строительстве IV-V категории автомобильных дорог. Но из-за существующих недостатков в данной

технологии, возможно целесообразное применение иной технологии, с применением модулей.

Технология укладки асфальтобетонных покрытий с использованием модуля перегружателя асфальтобетонной смеси

Технология укладки дорожных покрытий с модулем перегружателя асфальтобетонной смеси включает в себя 3 единицы техники (рис. 3).

Рассмотрим технологическую схему перегрузки:

Автосамосвал (1) перемещается в соприкосновении с перегружателем асфальтобетонной смеси (2), перегружает асфальтобетонную смесь в приемный бункер асфальтоперегружателя при постепенном увеличении угла наклона кузова (при этом нет необходимости следить за плавным поднятием кузова как в традиционной технологии), перегружатель в свою очередь перемещает асфальтобетонную смесь при помощи скребкового конвейера в приемный бункер асфальтоукладчика (3), который движется за перегружателем без соприкосновения с постоянной скоростью.

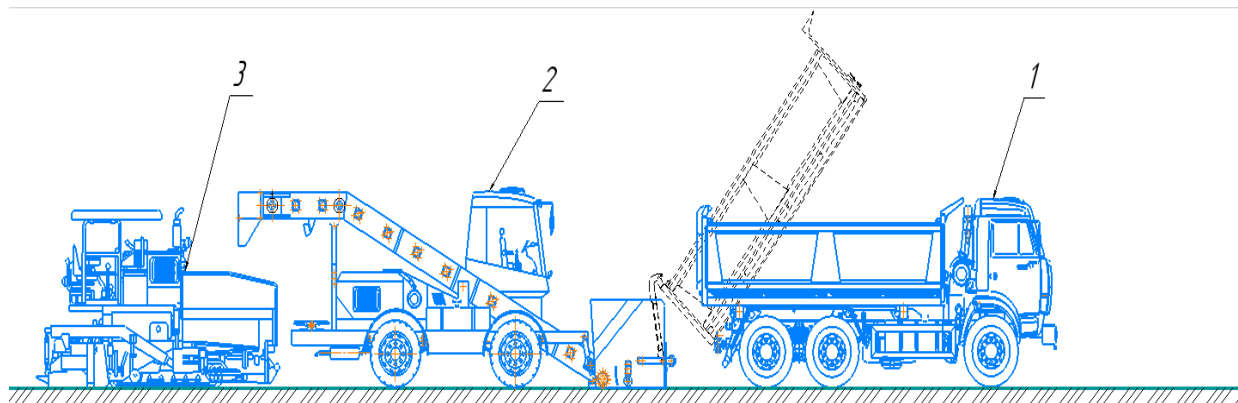


Рис. 3. Технология укладки асфальтобетонного покрытия с модулем перегружателя асфальтобетонной смеси. 1 – автосамосвал; 2 – модуль самоходного перегружателя асфальтобетонной смеси с приемным бункером; 3 – асфальтоукладчик

Проанализировав данную схему, были выявлены достоинства и недостатки как техники отдельно, так и системы вместе. Результаты анализа сведены в таблицу №2.

Таблица 2

	Достоинства	Недостатки
Перегружатель асфальтобетонной смеси.	1. Наличие приемного бункера. 2. Транспортировка до места проведения работ своим ходом. 3. Загрузка приемного бункера как стандартным методом (из автосамосвала), так и из валика. 4. Простота конструкции.	1. Большая металлоемкость.
Технология укладки асфальтобетонного покрытия с модулем перегружателя асфальтобетонной смеси.	1. Возможность минимизировать остановки техники при смене автосамосвалов. 2. Снижение динамических нагрузок на асфальтоукладчике. 3. Снижение температурной сегрегации смеси.	1. Отсутствие регулировки конвейерной ленты по высоте.

Исходя из данных, представленных в таблице 2, можно сделать вывод о том, что данная система является прогрессивной, поскольку, благодаря перегружателю, риск образования волнистости дороги снижается, которая происходит при традиционной технологии из-за динамических нагрузок на асфальтоукладчике. Также увеличиваются темпы строительства дорог в связи с отсутствием простоев асфальтоукладчика при смене автосамосвалов.

Технология укладки асфальтобетонных покрытий с модулем перегружателем асфальтобетонной смеси (скоростная технология)

Технология укладки асфальтобетонных покрытий с модулем перегружателя асфальтобетонной смеси включает в себя 3 единицы техники (рис. 4).

Рассмотрим технологическую схему перегрузки:

Для данной технологии необходимо использовать автосамосвал с донной разгрузкой (1), который перемещается перед перегружателем смеси, формируя валик, асфальтоперегружатель (2), с открытой передней стенкой приемного бункера подбирает асфальтобетонную смесь из валика и транспортирует ее при помощи скребкового конвейера в приемный бункер асфальтоукладчика, который движется за асфальтоперегружателем без соприкосновения с постоянной скоростью.

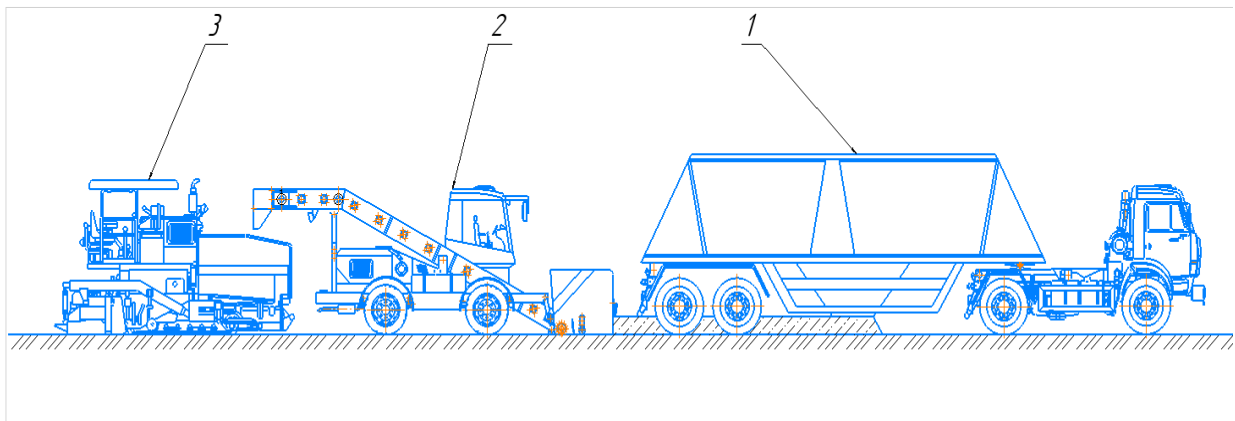


Рис. 4. Технология укладки асфальтобетонных покрытий с модулем перегружателем асфальтобетонной смеси (автосамосвал с донной разгрузкой)

1 – автосамосвал с донной выгрузкой; 2 – модуль самоходного перегружателя асфальтобетонной смеси с приемным бункером; 3 – асфальтоукладчик

Проанализировав данную технологическую схему, были выявлены достоинства и недостатки как техники отдельно, так и системы вместе.

Результаты анализа сведены в таблицу №3.

Таблица 3

	Достоинства	Недостатки
Автосамосвал с донной разгрузкой	1. Малая высота загрузки. 2. Равномерная подача смеси в валик. 3. Низкий центр тяжести.	1. Низкая маневренность. 2. Оствание смеси, находящейся в валике.

Технология укладки асфальтобетонных покрытий с модулем перегружателем асфальтобетонной смеси (автосамосвал с донной разгрузкой)	1. Возможность обеспечивать непрерывность процесса укладки. 2. Возможность укладки в длинных тоннелях и под пролетами мостов благодаря использованию автосамосвала с донной разгрузкой. 3. Снижение динамических нагрузок с асфальтоукладчика. 4. Частичное снижение температурной и фракционной сегрегации смеси за счет гравитационного перемешивания смеси в приемном бункере и на скребковом конвейере.	1. Необходимо 2 единицы новой техники (автосамосвал с донной разгрузкой и перегружатель асфальтобетонной смеси).
--	---	---

Рассмотрев технологию укладки асфальтобетонных покрытий с модулем перегружателем асфальтобетонной смеси (автосамосвал с донной разгрузкой), можно сделать вывод о том, что данная система является еще более усовершенствованной, нежели с загрузкой приемного бункера из кузова автосамосвала, поскольку недостаток количества смеси в приемном бункере асфальтоукладчика максимально минимизируется благодаря сформированному валику смеси, который перегружатель подбирает с дороги. Тем самым данная технология подходит под скоростное строительство дорог. Так же данная система позволяет лучше сохранить температуру асфальта, поскольку кузов автосамосвала полностью закрыт, что позволяет смеси аккумулировать тепло внутри кузова автосамосвала. При попадании смеси в валик, температура так же аккумулируется в центре валика, тем самым в приемном бункере асфальтоукладчика температура смеси обладает необходимой температурой.

Технология укладки асфальтобетонных покрытий с использованием двух модулей и автосамосвала с донной разгрузкой

Технология укладки асфальтобетонных покрытий с использованием двух модулей и автосамосвала с донной разгрузкой подразумевает в себе использование 4 единиц техники (рис. 5).

Рассмотрим технологическую схему перегрузки:

Для данной технологии необходимо использовать автосамосвал с донной разгрузкой (1), который перемещается перед перегружателем асфальтобетонной смеси (2), формируя валик, перегружатель, с открытой передней стенкой приемного бункера, собирает асфальтобетонную смесь из валика и транспортирует ее при помощи скребкового конвейера в бункер-накопитель асфальтобетонной смеси (3). Попад в бункер накопитель, смесь перемешивается при помощи антисегрегационного шнека и подогревается при помощи нагревателя, восстанавливая смеси необходимую температуру и структуру, далее при помощи скребкового конвейера смесь передается в приемный бункер асфальтоукладчика (4), который движется за перегружателем без соприкосновения с постоянной скоростью.

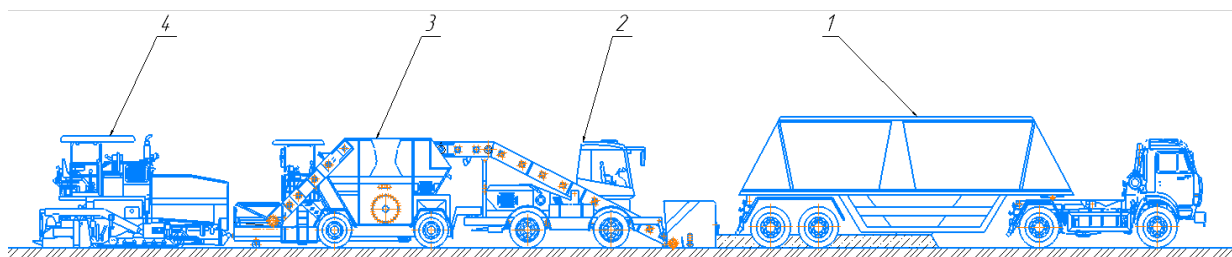


Рис. 5. Технология укладки асфальтобетонных покрытий с двумя модулями и автосамосвалом с донной разгрузкой.

1 – автосамосвал с донной выгрузкой; 2 – модуль самоходного перегружателя асфальтобетонной смеси с приемным бункером; 3 – модуль бункера перегружателя асфальтобетонной смеси с приемным бункером; 4 – асфальтоукладчик

Проанализировав данную технологическую схему, были выявлены достоинства и недостатки как техники отдельно, так и системы вместе. Результаты анализа сведены в таблицу №4.

Таблица 4

	Достоинства	Недостатки
Бункер-накопитель.	1. Большой объем накопительного бункера. 2. Снижение фракционной сегрегации смеси за счет гравитационного перемешивания смеси в бункере накопителе. 3. Снижение температурной сегрегации за счет подогреваемых стенок. 4. Возможность работы в стесненных условиях.	1. Большая металлоемкость. 2. Необходимо использовать трал для транспортировки к месту работ.
Технология укладки асфальтобетонных покрытий с двумя модулями и автосамосвалом с донной разгрузкой.	1. Возможность обеспечивать непрерывность процесса укладки, за счет большого объема бункера. 2. Возможность укладки в длинных тоннелях и под пролетами мостов. 3. Укладываемый асфальт имеет характеристики, близкие к заложенным на АБЗ. 4. Высокая производительность. 5. Обеспечивается скоростное строительство дорог. 6. Большая ширина укладки.	1. Необходимо использовать три единицы новой техники для загрузки асфальтоукладчика (автосамосвал, перегружатель и бункер накопитель).

Проанализировав традиционную и модульную технологии укладки асфальтобетонных покрытий, мы можем сделать вывод о том, что новый комплекс является более универсальным, поскольку предусматривает улучшение качества дорожного покрытия, а также повышение производительности. Кроме того, необходимо отметить, что модули могут работать независимо друг от друга, и это является главным преимуществом

данной технологии, поскольку при помощи разработанного комплекса можно укладывать любые категории автомобильных дорог. За счет того, что используются модули, мы можем одним комплексом укладывать любые категории дорог.

Обоснование применения модульной технологии

Использование новой технологии можно применять как универсальную, поскольку модульная система позволяет работать машинам как вместе, так и отдельно, поэтому при помощи модульной системы мы можем укладывать как сельскую дорогу, так и автомагистрали.

Для безостановочной работы модульной технологии необходимо рассчитать производительность каждой машины, которая участвует в процессе укладки асфальтобетонного покрытия, а именно автосамосвала, перегружателя и бункера накопителя асфальтобетонной смеси, асфальтоукладчика и уплотняющих катков разных весовых категорий.

Поскольку модульная система может включать в себя различные вариации подачи смеси в перегружатель, нам необходимо представить два расчета производительности перегружателя:

При загрузке приемного бункера стандартным способом:

$$П_{пер} = 3600 * k * h_{ж}^2 * \psi * k_{\beta} * \rho * v \quad (1)$$

где k – коэффициент: $k = B_{ж}/h_{ж} = 2...4$;

$B_{ж}$ – ширина желоба, м;

$h_{ж}$ – высота желоба, м;

ψ – коэффициент заполнения желоба ($\psi = 0,7...0,8$);

k_{β} – коэффициент, учитывающий угол наклона конвейера;

ρ – насыпная плотность груза, т/м³;

v – скорость транспортирования, м/с.

При загрузке приемного бункера из валика:

$$П_{пер} = F_{вал} * v_{пер} \quad (2)$$

где $F_{вал}$ – площадь поперечного сечения валика;

$v_{пер}$ – рабочая скорость перегружателя.

При использовании модульной системы укладки асфальтобетонных покрытий, производительность системы должна быть равной производительности основной машины – асфальтоукладчика [7].

$$П_{пер} = П_{бн} = П_{асф} \quad (3)$$

где $П_{пер}$ – Производительность перегружателя;

$П_{бн}$ – Производительность бункера накопителя;

$П_{асф}$ – Производительность асфальтоукладчика.

Вывод

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод о том, что новая технология укладки асфальтобетонной смеси является наиболее прогрессивной технологией качественной укладки асфальтобетонных покрытий, которая совмещает в себе возможность использования на всех категориях дорог. При этом новую технологию можно использовать как при традиционной, так и при скоростной укладки асфальтобетонных покрытий. Анализ модульной системы позволил рассчитать теоретическую производительность машин.

Список источников

1. Кустарев, Г. В. Высокоэффективные комплексы для скоростного строительства асфальтобетонных покрытий / Г. В. Кустарев, С. А. Павлов, А. В. Ушков. – М.: МАДИ, 2019. – 140 с. – ISBN 978-5-7962-0243-2. – EDN YXSZPF.
2. Шестопапов, К. К. Согласование параметров самосвала с донной разгрузкой и перегружателя / К. К. Шестопапов, Р. В. Морозов // Грузовик. – 2013. – № 7. – С. 28-31. – EDN QITDYJ.

3. Инновационные технологии в производстве асфальтобетонных смесей / Ю. Э. Васильев, А. В. Илюхин, В. И. Марсов, Е. В. Марсова. – М.: МАДИ, 2016. – 116 с. – EDN XQYGRD.
4. Научное обоснование проектирования и создания самосвала с донной разгрузкой и перегружателя асфальтовой смеси: отчет о НИР / К.К. Шестопалов, К.П. Мандровский, Р.В. Морозов, А.В. Ушков [и др.]; науч. рук. Г.В. Кустарев. – М.: МАДИ, 2012. – 341 с.
5. Совершенствование конструкции строительной машины, снижающей сегрегацию асфальтобетонной смеси / С. В. Савельев, И. К. Потеряев, А. Б. Летопольский, В. В. Михеев // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. – 2016. – № 2(48). – С. 31-37. – EDN VTNXIP.
6. Автосамосвалы с донной разгрузкой при скоростном строительстве автомобильных дорог / В. И. Баловнев, Р. Г. Данилов, А. В. Ушков, Е. В. Ушкова // Механизация строительства. – 2018. – Т. 79, № 3. – С. 19-25. – EDN YURLFX.
7. Ушков, А. В. Комплекс машин для инновационной технологии скоростного строительства асфальтобетонных покрытий / А. В. Ушков, Е. В. Собченко, Г. В. Кустарев // Транспортное дело России. – 2014. – № 1. – С. 188-190. – EDN SDVTDP.
8. Правила строительства асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов / Минтранс РФ, Росавтодор. – М.: ГП Росдорнии, 2006. – 144 с.
9. Реконструкция автомобильных дорог / В.Ф. Бабков, А.Я. Тулаев, В.К. Некрасов [и др.]; Под ред. В.Ф. Бабкова. – М.: Транспорт, 1978. – 264 с.

References

1. Kustarev G.V., Pavlov S.A., Ushkov A.V. *Vysokoeffektivnyye komplekсы dlya skorostnogo stroitel'stva asfal'tobetonnykh pokrytiy* (Highly efficient complexes for high-speed construction of asphalt concrete pavements), Moscow, MADI, 2019, 140 p.
2. Shestopalov K.K., Morozov R.V. *Gruzovik*, 2013, no. 7, pp. 28-31.
3. Vasil'yev YU.E., Ilyukhin A.V., Marsov V.I., Marsova Ye.V. *Innovatsionnyye tekhnologii v proizvodstve asfal'tobetonnykh smesey* (Innovative technologies in the production of asphalt concrete mixtures), Moscow, MADI, 2016, 116 p.
4. Shestopalov K.K., Mandrovskiy K.P, Morozov R.V, Ushkov A.V. [and others]; scientific hands Kustarev G.V. *Nauchnoye obosnovaniye proyektirovaniya i sozdaniya samosvala s donnoy razgruzkoy i peregruzhatelya asfal'tovoy smesi* (Scientific justification for the design and creation of a dump truck with bottom unloading and an asphalt mixture reloader), Moscow, MADI, 2012, 341 p.
5. Savelyev S.V., Poteryayev I.K., Letopol'skiy A.B., Mikheyev V.V. *Vestnik Sibirskoy gosudarstvennoy avtomobil'no-dorozhnoy akademii*, 2016, no. 2(48), pp. 31-37.

6. Balovnev V.I., Danilov R.G., Ushkov A.V., Ushkova Ye.V. *Mekhanizatsiya stroitel'stva*, 2018, vol. 79, no. 3, pp. 19-25.
7. Ushkov A.V., Sobchenko Ye.V., Kustarev G.V. *Transportnoye delo Rossii*, 2014, no. 1, pp. 188-190.
8. Mintrans RF, Rosavtodor. *Pravila stroitel'stva asfal'tobetonnykh pokrytiy i osnovaniy avtomobil'nykh dorog i aerodromov* (Rules for the construction of asphalt concrete pavements and foundations of highways and airfields), Moscow, GP Rosdormii, 2006, 144 p.
9. Babkov V.F., Tulayev A.YA., Nekrasov V.K. [and oth.]; Ed. Babkov V.F. *Rekonstruktsiya avtomobil'nykh dorog* (Reconstruction of highways), Moscow, Transport, 1978, 264 p.

Рецензент: Н.И. Баурова, д-р техн. наук, проф., МАДИ

Информация об авторах

Яковлев Михаил Александрович, магистрант, МАДИ.

Ширнин Сергей Александрович, магистрант, МАДИ.

Ушков Александр Владимирович, канд. техн. наук, доц., МАДИ.

Information about the authors

Yakovlev Mihail A., undergraduate, MADI.

Shirnin Sergey A., undergraduate, MADI.

Ushkov Alexander V., Ph.D., associate professor, MADI.

Статья поступила в редакцию 23.08.2023; одобрена после рецензирования 28.09.2023; принята к публикации 29.09.2023.

The article was submitted 23.08.2023; approved after reviewing 28.09.2023; accepted for publication 29.09.2023.