

Научная статья
УДК 629.08

Применение бункера модуля перегружателя при формировании технологии укладки асфальтобетона

Сергей Александрович Ширнин¹, Александр Владимирович Ушков²

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

¹sshirnin00@list.ru

²ushkov.av@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрены теоретические аспекты возможности практического применения модульной технологии укладки асфальтобетонных покрытий с применением бункера модуля перегружателя. Рассмотрен производственный цикл во время работы модуля, а также конструктивные решения, которые могут позволить модулю-перегружателю стать универсальной машиной для скоростного строительства дорог и методики их взаимодействия с базовыми машинами и асфальтобетонной смесью.

В статье предлагается комплексный подход для решения таких проблем, как включение в дорожно-строительный комплект новой строительной машины, являющейся бункерным модульным перегружателем, с обеспечением требуемой рабочей температуры асфальтобетонной смеси, а при необходимости дополнительного её подогрева. Эффективность работоспособности машины состоит в возможности минимизации температурной и фракционной сегрегации, что обеспечивает увеличение сроков её хранения до применения, а также механического перемешивания и перемещения горячей асфальтобетонной смеси из автосамосвала в асфальтоукладчик.

Ключевые слова: перегружатель, перегрузка асфальтобетонной смеси, бункер модуля перегружателя, технология укладки асфальтобетонных покрытий, скоростное строительство дорог, сегрегация.

Для цитирования: Ширнин С.А., Ушков А.В. Применение бункера модуля перегружателя при формировании технологии укладки асфальтобетона // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №3 (37).

Original article

Application of the hopper of the loader module in the formation of asphalt concrete laying technology

Sergey A. Shirnin¹, Alexander V. Ushkov²

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

²sshirnin00@list.ru

³ushkov.av@yandex.ru

Abstract. This article discusses the theoretical aspects of the possibility of practical application of the modular technology of laying asphalt concrete pavements using the hopper of the loader module. The production cycle during the operation of the module is considered, as well as design solutions that can allow the reloading module to become a universal machine for high-speed road construction and methods of their interaction with basic machines and asphalt concrete mix.

The article proposes an integrated approach to solving such problems as the inclusion of a new construction machine in the road construction kit, which is a bunker modular loader, with the required operating temperature of the asphalt concrete mixture, and if necessary, its additional heating. The efficiency of the machine's operability consists in the possibility of minimizing temperature and fractional segregation, which ensures an increase in its shelf life before use, as well as mechanical mixing and movement of hot asphalt concrete mixture from a dump truck to an asphalt paver.

Keywords: road construction, asphalt concrete paving technology, high-speed road construction, asphalt concrete mixture overload, asphalt concrete mixture shuttle buggy, segregation.

For citation: Shirnin S.A., Ushkov A.V. Application of the hopper of the loader module in the formation of asphalt concrete laying technology. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2023. №3 (37).

Актуальность темы

Маркетинг рынка асфальтоукладчиков показал, что на данный момент отсутствует универсальное оборудование для переноса асфальтобетонной смеси с самосвалов на асфальтоукладчики, применяемое на дорогах общего пользования с различным объемом выполняемых работ. Возникла необходимость в создании современной модульной системы, состоящей из бункера-накопителя и перегружателя на отдельном шасси.

Актуальность выбранной темы подтверждена теоретическими расчетами, обосновывающими необходимость применения модульных технологий укладки асфальтобетонных покрытий.

Для разработки конструкции проектируемой дорожно-строительной машины необходимо задаться техническими параметрами, обеспечивающими её применяемость в действующий комплекс применяемой дорожно-строительной техники для укладки асфальтобетонных покрытий. В

такой комплекс входит: парк автосамосвалов, модуль перегружателя асфальтобетонной смеси, модуль бункера-накопителя, асфальтоукладчик и комплект катков разных весовых категорий.

Целью проведенных исследований являлось повышение качества асфальтобетонных покрытий и производительности комплекса дорожно-строительной техники. Главной задачей исследования являлась оценка повышения эффективности работы комплекса дорожно-строительной техники с внедрением в неё проектируемого бункера модуля перегружателя (БМП). В работе было проведено сравнение между традиционными и новыми модульными технологиями укладки асфальтобетонных покрытий, а также выявлены преимущества и недостатки каждого метода.

Технологии укладки асфальтобетонной смеси

Существуют такие тенденции развития дорожного строительства, которые помогают выполнить работу эффективнее с наименьшими затратами, а именно: упрощение технологического процесса, увеличение эксплуатационных свойств покрытия, выполненного с учетом технологических особенностей БМП при укладке асфальтобетонной смеси, что обеспечивает увеличение производительности всего комплекса дорожно-строительных машин. Такая технология укладки, как модульная, соответствует вышеуказанным тенденциям, а поэтому её можно считать альтернативной.

Модульная система – система машин, обладающая заданными входными и выходными параметрами, способная дополнять или изменять функции используемого комплекса [1].

Модульная технология укладки асфальтобетонной смеси относится к скоростной технологии укладки асфальтобетона. Такой способ укладки является более производительным по отношению к широко используемой американской технологии укладки. Однако, благодаря модульной технологии

также можно более гибко подбирать дорожно-строительный комплект в зависимости от поставленных задач [2, 3].

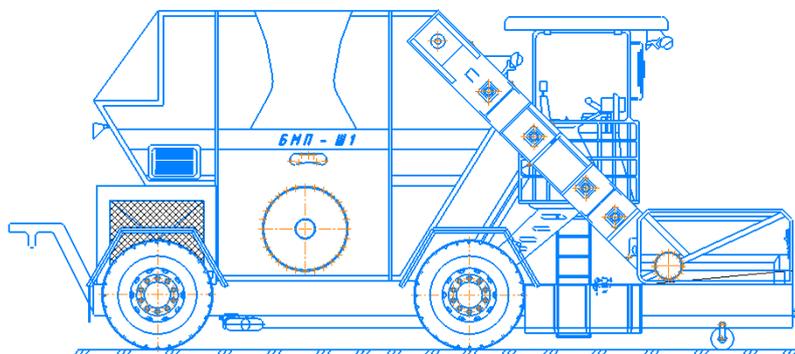


Рис. 1. Модуль бункер-накопителя асфальтобетонной смеси с приемным бункером

Спроектированную дорожно-строительную машину целесообразно использовать при строительстве дорог на удалении от асфальтобетонных заводов, а также она эффективно покажет себя в стесненных условиях, таких как пролеты мостов и транспортных туннелей. Такое использование машины возможно потому, что модуль бункер перегружатель обладает антисегрегационным разнозаходным шнеком, а также жидкостной системой подогрева накопительного бункера. Согласно исследованиям, это минимизирует как температурную, так и фракционную сегрегацию в асфальтобетонной смеси, после транспортировки с асфальтобетонного завода на участок, где происходит укладка полотна. Основные теоретические характеристики бункера модуля перегружателя представлены в таблице 1 [4, 5].

Таблица 1

Основные теоретические характеристики БМП

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

Расчет производственного цикла бункера модуля перегружателя асфальтобетонной смеси

Бункер модуль перегружателя способен выполнять работу в различных режимах, одним из которых является режим циклической работы. Во время этого режима БМП работает отдельно от модуля самоходного перегружателя асфальтобетонной смеси и представляет собой машину циклического действия.

Технический процесс работы БМП:

- подъезд автосамосвала;
- загрузка асфальтобетонной смеси из автосамосвала;
- заполнение накопительного бункера;
- отъезд автосамосвала;
- подъезд БМП к асфальтоукладчику;
- состыковка с асфальтоукладчиком;
- разгрузка в приемный бункер асфальтоукладчика.

Рассмотрим более подробно каждый из технологических процессов по отдельности.

БМП рационально использовать в циклическом режиме в труднодоступных участках устраиваемого полотна, таких как: пролеты мостов, туннели с невысоким сводом, городские улицы. Накопительный бункер БМП способен вместить 22 м³ и поддерживать температуру асфальтобетонной смеси в течение значительного промежутка времени путем нагрева и интенсивного перемешивания антисегрегационного шнека [6].

Подготовка к разгрузке автосамосвала, загрузка асфальтобетонной смеси из автосамосвала, заполнение накопительного бункера, отъезд автосамосвала рационально объединить под одним термином: время загрузки БМП ($T_{ЗБМП}$), которое рассчитывается по формуле 1.

$$T_{ЗБМП} = T_{под} + T_c + T_{пк} + T_v + T_z + T_{оп} + T_{от} \quad (1)$$

Значения данных величин взяты из действующего технологического процесса разгрузки автосамосвала и лежат в определенном диапазоне с учетом ошибки оператора и других непредвиденных факторов. Полученные данные представлены в таблице 2. Время загрузки БМП складывается из времени подъезда самосвала ($T_{\text{под}}$), времени состыковки (T_c), времени подъема кузова ($T_{\text{пк}}$), времени выгрузки асфальтобетонной смеси (T_b), времени работы скребкового конвейера (T_z), время опускания кузова автосамосвала ($T_{\text{оп}}$), времени отъезда автосамосвала $T_{\text{от}}$.

Согласно таблице 2 принимаем значения временных диапазонов работы и рассчитываем количество времени на проведение технологического процесса загрузки БМП.

$$T_{\text{зБМП}} = 20 + 25 + 19 + 80 + 68 + 18 + 15 = 245 \text{ с}$$

Следующим этапом в технологическом процессе работы БМП в циклическом режиме весь объем асфальтобетонной смеси будет перегружен в приемный бункер асфальтоукладчика, происходит отстыковка и перегон БМП к стоянке автосамосвалов и обратно к асфальтоукладчику. Время полного цикла рассчитывается по формуле (2).

Таблица 2

Экспериментальные данные продолжительности циклов

Название цикла	Обозначение цикла	Диапазон продолжительности цикла, с
Время подъезда самосвала	$T_{\text{под}}$	15 – 20
Время состыковки	T_c	20 – 25
Время подъема кузова	$T_{\text{пк}}$	19 – 21
Время выгрузки асфальтобетонной смеси	T_b	70 – 80
Время работы скребкового конвейера	T_z	65
Время опускания кузова автосамосвала	$T_{\text{оп}}$	15 – 18
Время отъезда автосамосвала	$T_{\text{от}}$	15 – 20

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{от}} + T_{\text{мб}} + T_{\text{з1БМП}} + T_{\text{з2БМП}} + T_{\text{сб}} + T_{\text{и}} \quad (2)$$

Время цикла ($T_{\text{ц}}$) складывается из времени отъезда БМП ($T_{\text{от}}$), времени маневрирования БМП $T_{\text{мб}}$, времени стыковки БМП с асфальтоукладчиком ($T_{\text{сб}}$), также учитывается время издержек, которые могут возникнуть в любой момент времени в течение выполнения технологического процесса ($T_{\text{и}}$) за счет влияния человеческого фактора. Значение данных величин взяты из действующего технологического процесса разгрузки автосамосвала и лежат в установленном диапазоне, с учетом ошибки оператора и других различных неучтенных факторов. Время продолжительности рассмотренных выше циклов представлены в таблице 3.

$$T_{\text{ц}} = 6 + 10 + 245 + 245 + 15 + 10 + 30 = 561 \text{ с}$$

Необходимым условием применения технологии с использованием БМП является обеспечение наличия в приемном бункере асфальтоукладчика не менее 5 м^3 асфальтобетонной смеси. Это необходимо для непрерывного устройства асфальтобетонного полотна, пока происходит загрузка накопительного бункера перегружателя.

Таблица 3

Время продолжительности циклов

Название процесса	Обозначение процесса	Длительность процесса, с
Время отъезда БМП	$T_{\text{от}}$	6 - 10
Время маневрирования БМП	$T_{\text{мб}}$	10 – 15
Время стыковки БМП с асфальтоукладчиком	$T_{\text{сб}}$	10 – 20
Время издержек	$T_{\text{и}}$	30

Последовательность выполнения операций с использованием БМП

На момент расстыковки БМП с асфальтоукладчиком в его приемном бункере должно оставаться не менее 5 м^3 асфальтобетонной смеси. Это обеспечит бесперебойную укладку дорожного полотна.

БМП отъезжает со скоростью $4,4 \text{ м/с}$ на 25 метров. За это время асфальтоукладчик проезжает $0,23 \text{ метра}$ со скоростью $0,041 \text{ м/с}$, операция изображена на схеме (рис. 3, а).

После того, как БМП отъехал на расстояние 25 м от начального положения асфальтоукладчика, происходит маневрирование в соседнюю полосу, где уже ожидают автосамосвалы с готовой асфальтобетонной смесью (рис. 3, б). Первый самосвал начинает маневр состыковки с БМП, после чего разгружает весь объем смеси в приемный бункер перегружателя, в котором установлен разнозаходный шнек, транспортирующий асфальтобетонную смесь от крайней части приемного бункера к центральной, где установлен скребковый конвейер, транспортирующий смесь в накопительный бункер с производительностью до 700 т/час.

Технологический процесс работы БМП представлен на рисунке 3.

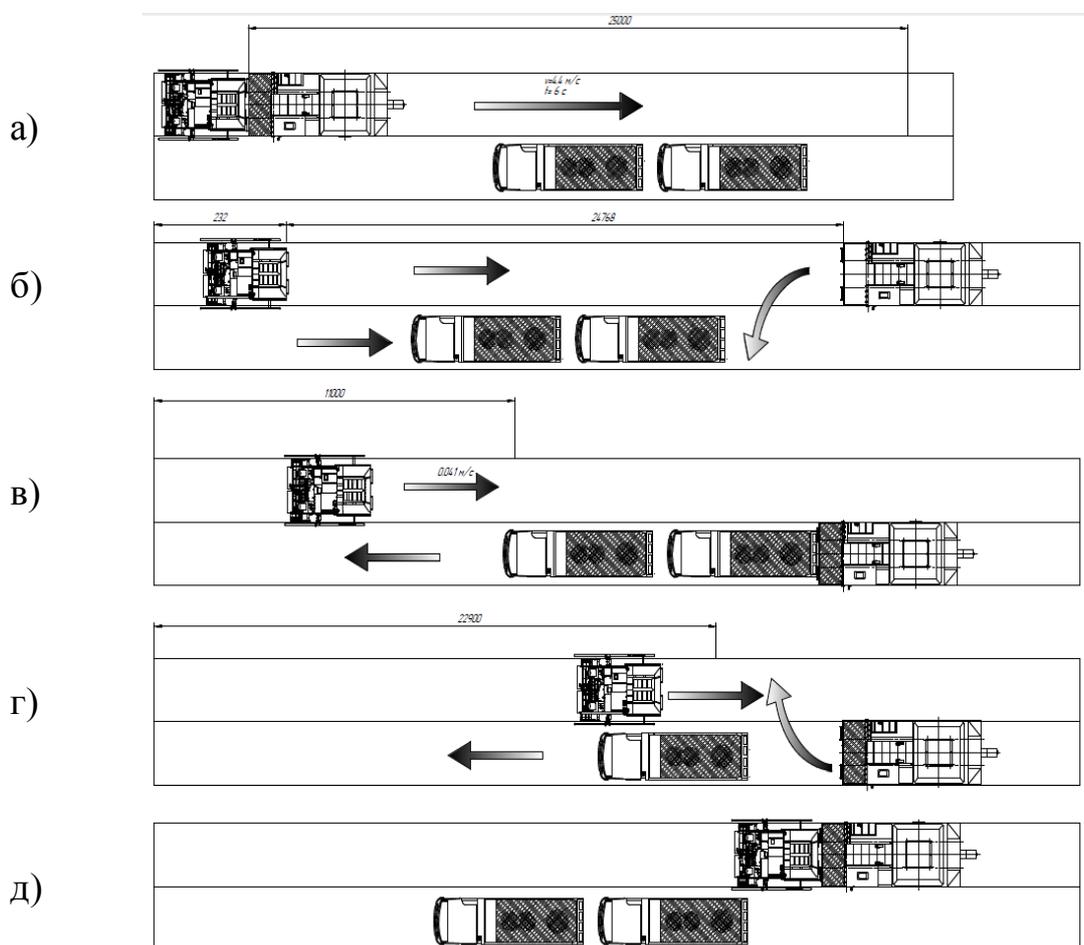


Рис. 3. Производственный процесс БМП, а) Отъезд БМП от асфальтоукладчика; б) Маневрирование БМП в полосу к автосамосвалам; в) Отъезд первого автосамосвала; г) Маневрирование БМП в полосу работы асфальтоукладчика; д) Цикл совместной работы

В накопительном бункере смесь интенсивно перемешивается с помощью модернизированного антисегрегационного разнозаходного шнека и нагревается с помощью жидкостной системы нагрева модели ВДА 70/200, что позволяет оперативно поддерживать необходимую рабочую температуру асфальтобетонной смеси.

После того, как смесь попала в бункер БМП, она интенсивно перемешивается и нагревается, что в свою очередь устраняет негативные последствия транспортировки с асфальтобетонного завода на строительную площадку. Данное воздействие на асфальтобетонную смесь способствует устранению температурной и фракционной сегрегации. В конечном итоге, это сказывается на эксплуатационных свойствах устроенного дорожного полотна, а бесперебойная подача смеси с восстановленными свойствами повысит как производительность рабочего процесса, так и качество устроенного полотна [4, 7, 8].

После разгрузки первого автосамосвала происходит повторение процесса с изменением местоположения БМП на рядом расположенную полосу до второго автосамосвала, а первый автосамосвал на асфальтобетонный завод за свежей асфальтобетонной смесью, состыковка с БМП и разгрузка представлена на схеме (рис. 3, в).

Затем, автосамосвал покидает строительную площадку, а БМП, заполненный асфальтобетонной смесью, выполняет маневр в полосу работы асфальтоукладчика, который на этот момент уже уложил, согласно расчетам, 22 метра дорожного полотна, а запас смеси в приемном бункере рассчитан на 25 метров. После этого следует состыковка и цикл совместной работы до новой загрузки БМП.

Данный способ обеспечивает снижение динамических нагрузок с асфальтоукладчика, путем уменьшения операций стыковки, а также увеличивает эксплуатационные качества асфальтобетонной смеси.

Также БМП можно применять как бункер для оперативного хранения асфальтобетонной смеси. Такой способ может быть полезен в тех случаях, когда произошел разрыв технологической цепочки. Пример такой ситуации: на строительную площадку привезли недостаточное количество материала. В такой ситуации, вместо того, чтобы вернуться на асфальтобетонный завод, при наличии БМП можно разгрузить несколько автосамосвалов в накопительный бункер. Это позволит демпфировать разрыв технологической цепочки и сохранить асфальтобетонную смесь в пригодном состоянии для укладки дорожного полотна.

Заключение

Бункер модуль-перегрузатель является универсальной дорожно-строительной машиной, которая при малых затратах и простоте использования осуществляет качественное улучшение асфальтобетона путем устранения гранулометрической и температурной сегрегации после транспортировки асфальтобетонной смеси с асфальтобетонного завода за счет возможности подогрева асфальтобетонной смеси. Также преимуществом данной дорожно-строительной машины является жидкостная система подогрева асфальтобетонной смеси в бункере. С помощью данной системы можно поддерживать температуру смеси или устранять температурную сегрегацию во всем объеме, поскольку используемая система подогрева по периметру накопительного бункера является достаточно эффективной.

Список источников

1. 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.
2. 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.

3. Кустарев, Г. В. Высокоэффективные комплексы для скоростного строительства асфальтобетонных покрытий / Г. В. Кустарев, С. А. Павлов, А. В. Ушков. – Москва : Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2019. – 140 с. – ISBN 978-5-7962-0243-2. – EDN YXSZPF.
4. 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.
5. 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.
6. Казаков, А. С. Системы контроля температурной сегрегации / А. С. Казаков // Мир дорог. – 2018. – № S1. – С. 46-48. – EDN AREUWW.
7. Технология и организация строительства автомобильных дорог / Н.В. Горельшев, С.М. Полосин-Никитин, М.С. Коганзон [и др.]; под ред. Н.В. Горельшева. – М.: Транспорт, 1992. – 551 с.
8. Зубков, А. Ф. Технология устройства дорожных покрытий с учетом температурных режимов асфальтобетонных смесей : монография / А. Ф. Зубков ; А. Ф. Зубков ; Федеральное агентство по образованию, Тамбовский гос. технический ун-т. – Тамбов : Изд-во Першина Р. В., 2006. – 151 с. – ISBN 5-91253-033-7. – EDN QNUVTP.

References

1. Balovnev V.I., Danilov R.G., Ushkov A.V., Ushkova Ye.V. *Mekhanizatsiya stroitel'stva*, 2018, vol. 79, no. 3, pp. 19-25.
2. Ushkov A.V., Sobchenko Ye.V., Kustarev G.V. *Transportnoye delo Rossii*, 2014, no. 1, pp. 188-190.
3. Kustarev G.V., Pavlov S.A., Ushkov A.V. *Vysokoeffektivnyye kompleksy dlya skorostnogo stroitel'stva asfal'tobetonnykh pokrytiy* (Highly efficient complexes for high-speed construction of asphalt concrete pavements), Moscow, MADI, 2019, 140 p.
4. 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.
5. 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.
6. Kazakov A.S. *Mir dorog*, 2018, no. S1, pp. 46-48.
7. Gorelyshev N.V., Polosin-Nikitin S.M., Koganzon M.S. [et al.]; edited by Gorelyshev N.V. *Tekhnologiya i organizatsiya stroitel'stva avtomobil'nykh dorog* (Technology and organization of highway construction), Moscow, Transport, 1992, 551 p.

8. Zubkov A.F. *Tekhnologiya ustroystva dorozhnykh pokrytiy s uchetom temperaturnykh rezhimov asfal'tobetonnykh smesey* (Technology of the device of coatings from hot asphalt concrete mixtures taking into account temperature conditions), Tambov, Izd-vo Pershina R. V., 2006, 152 p.

Рецензент: А.И. Доценко, д-р техн. наук, проф., МАДИ.

Информация об авторах

Ширнин Сергей Александрович, магистрант, МАДИ.

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

Information about the authors

Shirnin Sergey A., undergraduate, MADI.

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

Статья поступила в редакцию 28.09.2023; одобрена после рецензирования 10.10.2023; принята к публикации 16.10.2023.

The article was submitted 28.09.2023; approved after reviewing 28.09.2023; accepted for publication 16.10.2023.