

Научный обзор
УДК 625.7/8

Совершенствование технологии укладки асфальтобетонной смеси путем внедрения специальной машины для повышения износостойкости долговечности покрытий

Михаил Александрович Яковлев¹, Михаил Игоревич Сартаков²,
Александр Владимирович Ушков³, Ольга Юрьевна Улитич⁴

^{1,2,3,4}Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия

¹ykov00@yandex.ru

²hotkeyoff@gmail.com

³ushkov.av@yandex.ru

⁴ulitol@mail.ru

Аннотация. Автомобильные дороги являются неотъемлемой частью нашей жизни, количество автомобилей ежегодно увеличивается, что требует создания качественных асфальтобетонных покрытий, поэтому возникает вопрос о модернизации технологии укладки дорожного полотна. В данной статье предлагается разработка модуля инновационной технологии укладки дорожных покрытий, а именно перегружатель асфальтобетонной смеси, который позволит оптимизировать процесс транспортировки смеси из кузова автосамосвала в приемный бункер асфальтоукладчика. Рассмотрены преимущества и недостатки использования перегружателей асфальтобетонных смесей, используемых при строительстве разных категорий автомобильных дорог, подробно изучены этапы строительства и процессы, возникающие в асфальтобетонной смеси. Произведены расчеты времени укладки асфальтобетонных покрытий при использовании традиционной технологии, а также при использовании проектируемого перегружателя. Сравнительный анализ продемонстрировал целесообразность технологии, которая позволяет повысить качество дорожного полотна.

Ключевые слова: асфальтобетонная смесь, перегружатель, технология, дорожное покрытие, приемный бункер, качество покрытия.

Для цитирования: Яковлев М.А., Сартаков М.И., Ушков А.В. Улитич О.Ю. Совершенствование технологии укладки асфальтобетонной смеси путем внедрения специальной машины для повышения износостойкости долговечности покрытий // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №4 (38).

Original article

Improving the technology of laying asphalt concrete mix by introducing a special machine to increase the wear resistance and durability of coatings

Mikhail A. Yakovlev¹, Mikhail I. Sartakov², Alexander V. Ushkov³, Olga Yu. Ulitich⁴

^{1,2,3,4}Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI),

Moscow, Russia

¹ykov00@yandex.ru

²hotkeyoff@gmail.com

³ushkov.av@yandex.ru

⁴ulitol@mail.ru

Abstract. Highways are an integral part of our life, the number of cars increases annually, which requires the creation of high-quality asphalt concrete pavements, so the question arises about the modernization of the technology of laying the roadway. This article proposes the development of an innovative technology module for laying road surfaces, namely an asphalt concrete mixture loader, which will optimize the process of transporting the mixture from the dump truck body to the receiving hopper of the paver. The advantages and disadvantages of using asphalt concrete mix loaders used in the construction of different categories of highways are considered, the construction stages and processes arising with asphalt concrete mix are studied in detail. Calculations of the time of laying asphalt concrete pavements using traditional technology, as well as when using the designed loader, have been made. Comparative analysis has demonstrated the feasibility of technology that allows to improve the quality of the roadway.

Keywords: asphalt concrete mix, loader, technology, road surface, receiving hopper, coating quality.

For citation: Yakovlev M.A., Sartakov M.I., Ushkov A.V. Ulitich O.Yu. Improving the technology of laying asphalt concrete mix by introducing a special machine to increase the wear resistance and durability of coatings. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2023. №4 (38).

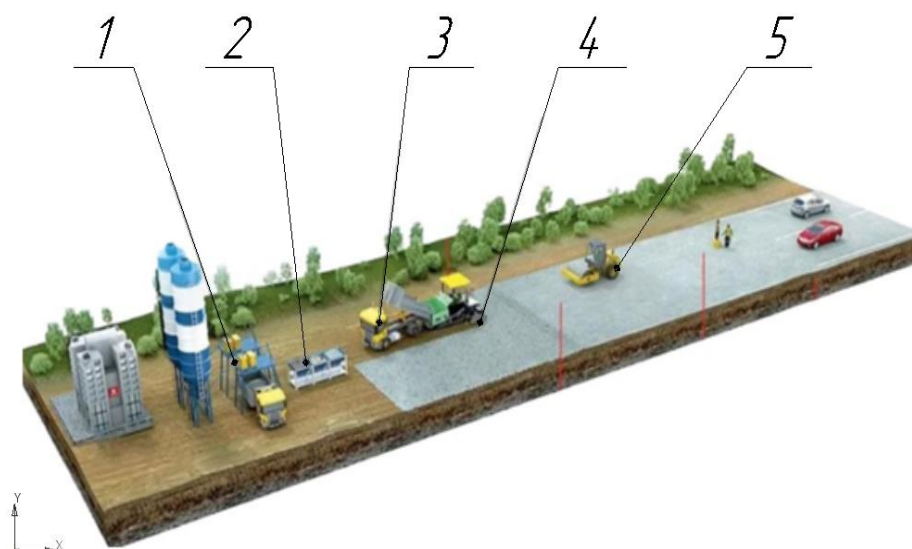
Введение

Строительство автомобильных дорог подразумевает использование техники, позволяющей транспортировать, передавать и укладывать асфальтобетонную смесь с последующим ее уплотнением. Каждый из этих этапов является ответственным и требует специальной техники. Остановимся на технике для транспортирования асфальтобетонной смеси из кузова автосамосвала в приемный бункер асфальтоукладчика. Перегрузатель – прицепная или самоходная машина, которая является связующим звеном

между автосамосвалом и асфальтоукладчиком. Основным действием перегружателей асфальтобетонной смеси является прием смеси либо из кузова автосамосвала, либо из сформированного на покрытии валика, полученного благодаря автосамосвалу с донной выгрузкой. Основной задачей перегружателя является подача смеси в приемный бункер асфальтоукладчика [3].

Этапы строительства дорог

Для совершенствования технологии необходимо разобраться с процессами, которые происходят со смесью, начиная с асфальтобетонного завода (АБЗ) и заканчивая готовым дорожным покрытием (рис. 1).



*Рис. 1. Схема технологического процесса укладки асфальтобетонных покрытий
1 – загрузка автосамосвала асфальтобетонной смесью; 2 – транспортировка смеси до места проведения работ; 3 – перегрузка асфальтобетонной смеси; 4 – укладка асфальтобетонного покрытия; 5 – уплотнение готового полотна*

В технологии укладки покрытия можно выделить этап загрузки автосамосвала смесью с температурой до 150°С. На этом этапе асфальтобетонная смесь вступает в контакт с кузовом автосамосвала, что сопровождается процессом теплопотерь на нагрев кузова, и остывание смеси из-за значительной разницы температур окружающей среды и смеси. Стоит отметить, что чем ниже температура окружающей среды, тем теплопотери больше [4].

Вторым этапом можно выделить транспортировку асфальтобетонной смеси до места проведения работ. Этот этап сопровождается продолжением теплопотерь, но кроме этого, поскольку смесь в кузове автосамосвала находится в неподвижном состоянии (кузов автосамосвала не оснащен перемешивающим или вибрационным устройством), компоненты смеси, имеющие равномерное их распределение, обеспеченное АБЗ, начинают неравномерно распространяться по объему кузова. При транспортировке происходит концентрация крупнозернистых материалов в нижних слоях смеси кузова автосамосвала, в верхних слоях сосредотачиваются мелкозернистые материалы. Сегрегация – это процесс появления неоднородных по заданному гранулометрическому составу смесей [2].

Следующим в технологии укладки покрытия является этап перегрузки асфальтобетонной смеси. На этом этапе добавляются теплопотери на нагрев приемного бункера асфальтоукладчика, в который смесь попадает неоднородная в следствие появления фракционной сегрегации.

Четвертый этап – укладка асфальтобетонного покрытия, где продолжают теплопотери, и из-за неоднородности асфальтобетонной смеси, попадающей на шнек асфальтоукладчика, в результате полученное асфальтобетонное покрытие не обеспечивает необходимых характеристик износостойкости и долговечности.

Заключительный пятый этап – уплотнение уложенной смеси. Для уплотнения необходимо выполнение следующих условий:

- температура смеси не выше 140°C ;
- температура смеси не ниже 90°C .

Соблюдение данных требований необходимо, поскольку при температурах выше или ниже описанных, процесс уплотнения является неэффективным.

Техника для снижения температурной и фракционной сегрегации

Рассмотрев процессы и выявив основные недостатки традиционной технологии, перейдем к рассмотрению техники, которая позволяет уменьшить как температурную, так и фракционную сегрегацию – перегружатели асфальтобетонных смесей.

Стоит отметить, что в 27 штатах США запрещена укладка асфальтобетонной смеси без применения перегружателя и даже документально закреплено обязательное использование перегружателей асфальтобетонной смеси на определенных объектах [6].

На данный момент на рынке представлено несколько типов перегружателей асфальтобетонных смесей (рис. 2):

- прицепные перегружатели;
- самоходные колесные перегружатели;
- самоходные гусеничные перегружатели.



Рис. 2. Типы перегружателей асфальтобетонных смесей

1 – прицепные перегружатели; 2 – самоходные колесные перегружатели;
3 – самоходные гусеничные перегружатели

Каждый тип перегружателя имеет свои достоинства и недостатки, для более наглядного анализа сведем данные в таблицу 1.

Таблица 1

Достоинства и недостатки перегружателей асфальтобетонных смесей

Характеристика	Тип перегружателя		
	Прицепной	Колесный	Гусеничный
Простота конструкции	да	нет	нет
Частичная минимизация температурной и фракционной сегрегации	да	да	да
Компактность	да	нет	нет
Позволяет укладывать дорожное покрытие без остановок	да	да	да
Необходимо использовать доп. Технику для перевозки по строительной площадке	да	нет	нет
Работоспособен лишь с автосамосвалом с донной выгрузкой	да	нет	нет
Работоспособен лишь с стандартным автосамосвалом	нет	да	да
Высокая производительность	да	да	да
Маневренность комплекта	нет	да	да
Высокая металлоемкость	нет	да	да
Возможно самостоятельное передвижение на небольшие расстояния	нет	да	нет
Позволяет снять с асфальтоукладчика динамические нагрузки	частично	да	да
Необходимо использовать тралы для перевозки	нет	нет	да

Описание разрабатываемой конструкции

Из анализа видно, что основными недостатками существующей техники является однозначность способа загрузки перегружателя смесью. Можно предположить, что конструкция приемного бункера, используемая в проектируемом перегружателе асфальтобетонной смеси, является наиболее прогрессивной, в отличие от существующих зарубежных и отечественных машин, поскольку в ней учтены достоинства рассмотренных перегружателей. Исходя из этого принято решение объединить возможность загрузки приемного бункера как обычным способом (из кузова автосамосвала), так и из сформированного валика асфальтобетонной смеси (рис. 3).

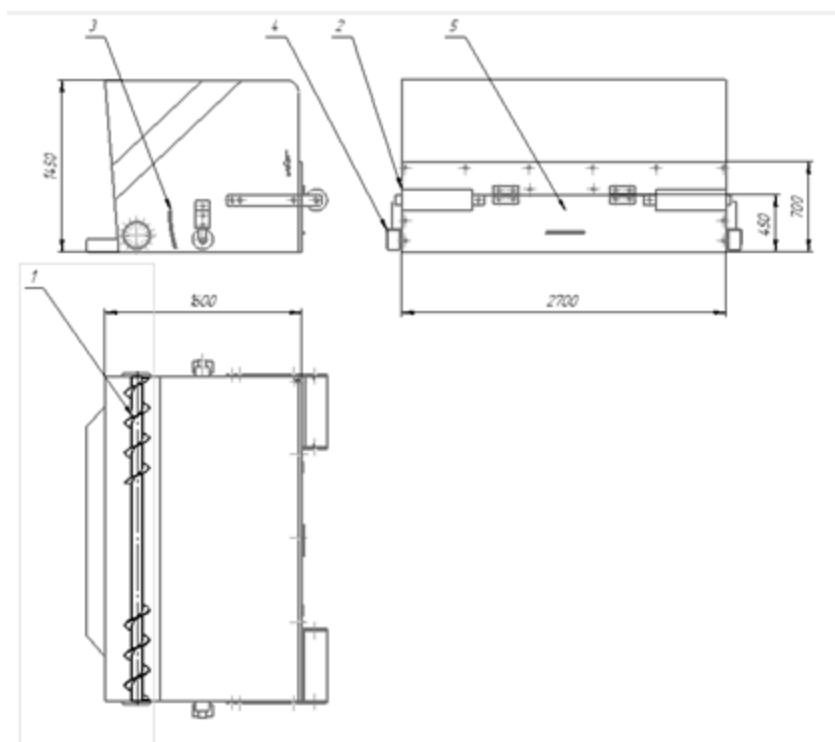


Рис. 3. Приемный бункер перегружателя асфальтобетонной смеси

Данное инновационное решение осуществляется благодаря открывающейся нижней части передней стенки бункера (5). Для реализации технического решения трансформации бункера в бункер-подборщик, необходимо демонтирование демпфера (2) и снятие болтов крепления нижней

части передней стенки. Специальная ручка поднимает стенку, которая фиксирует при помощи цепочек боковые стенки бункера, а наклонная часть днища поднимается по направляющим (3), открывая доступ смеси к шнекам. Высота окна для валика составляет 450 мм. На рисунке 4 представлена технологическая схема трансформации приемного бункера в бункер-подборщик [8].

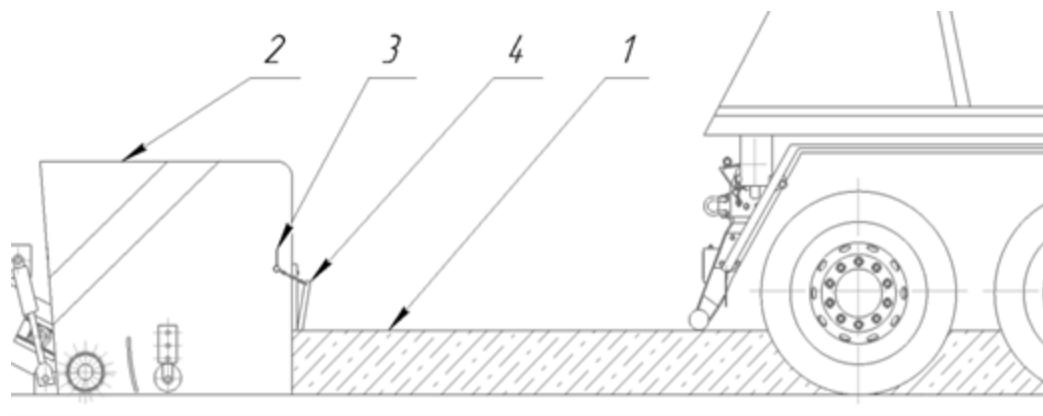


Рис. 4. Схема загрузки приемного бункера из сформированного валика

При помощи крепежной цепи (3) фиксируется, открывающаяся нижняя стенка приемного бункера. Асфальтобетонная смесь, сформированная в валике (1), поступает в приемный бункер (2), после чего смесь передается на скребковый конвейер и подается на асфальтоукладчик.

При загрузке бункера из кузова самосвала выдвигаются боковые колеса (4), обеспечивающие снижения трения днища бункера о поверхность (рис. 5).

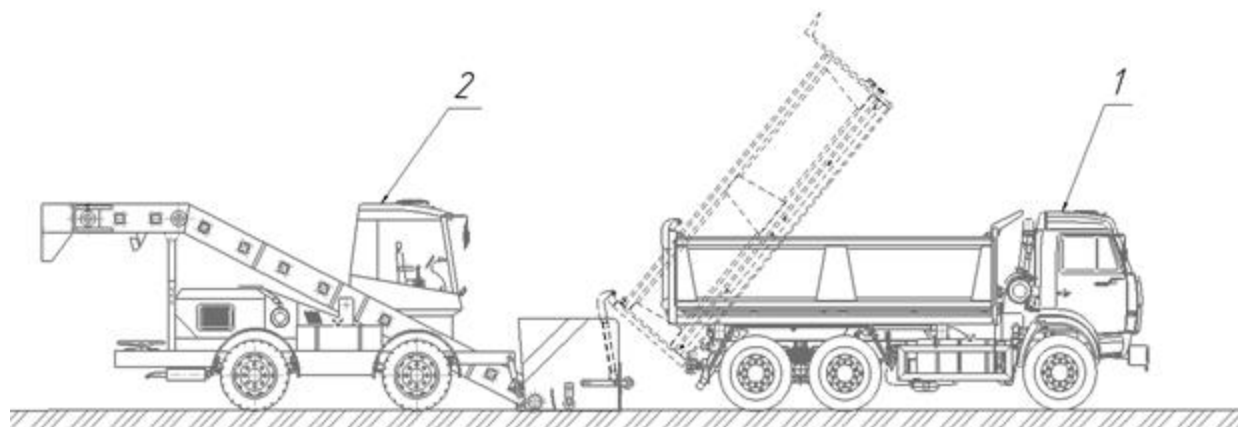


Рис. 5. Схема загрузки перегружателя асфальтобетонной смеси из автосамосвала

1 – автосамосвал; 2 – перегружатель асфальтобетонной смеси

Как и зарубежные аналоги, бункер оснащен разнозаходным шнеком (рис. 6), для увеличения производительности машины в целом и предотвращения скопления асфальтобетонной смеси на краях бункера.

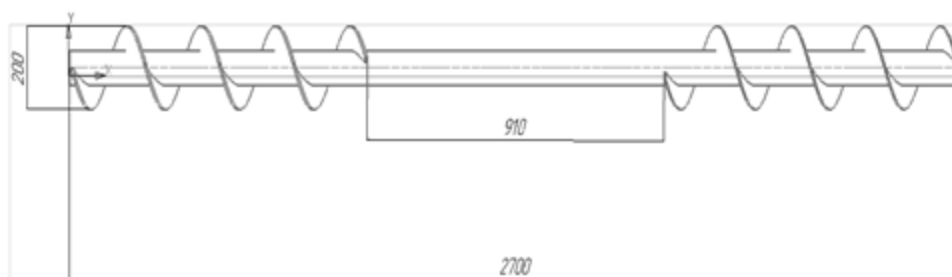


Рис. 6. Шнек приемного бункера перегружателя асфальтобетонной смеси

Основные параметры приемного бункера

- геометрические размеры бункера, мм:
1600x2700x1450;
- объем бункера, м³: 4;
- диаметр шнека, мм : 200;
- тип загрузки : Стандартный/ из валика;
- высота загрузки, мм : 700;
- высота окна для валика, мм: 450;

Кроме вышесказанного, для полного понимания достоинств использования проектируемой техники, проведен расчет времени цикла укладки асфальтобетонных покрытий при различных технологиях.

Для расчета времени цикла необходимо сложить время каждого этапа при укладке асфальтобетонного покрытия (рис. 7а, 7б). Стоит отметить, что при данном расчете не учитывается время транспортировки, и уплотнения асфальтобетонной смеси. Для расчета был взят участок двухполосной дороги Согласно ГОСТ 33100-2014 длиной 2000 м. Площадь данного участка дороги составляет 7500 кв/м, для которой потребуется 530 т асфальтобетонной смеси. Автосамосвал при устройстве автомобильных дорог – КАМАЗ-65801 с

грузоподъемностью 33 тонны (для заданного участка потребуется 16 автосамосвалов), асфальтоукладчик – Vogele SUPER 1800-2 SprayJet с производительностью 650 тонн в час.

Время цикла представляет собой учет временных циклов на каждый этап с учетом особенностей технологического процесса и рассчитывается по формуле:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{под}} + T_{\text{п-о}} + T_{\text{нз}} + T_{\text{см}} + T_{\text{укл}} + T_{\text{всп}}$$

где $T_{\text{ц}}$ – время цикла;

$T_{\text{под}}$ – первоначальный подъезд к асфальтоукладчику и стыковка;

$T_{\text{п-о}}$ – подъем кузова на начальный уровень и опускание после опустошения;

$T_{\text{нз}}$ – начальная загрузка приемного бункера;

$T_{\text{см}}$ – пересмена автосамосвалов;

$T_{\text{укл}}$ – время укладки;

$T_{\text{всп}}$ – вспомогательное время на наладку.

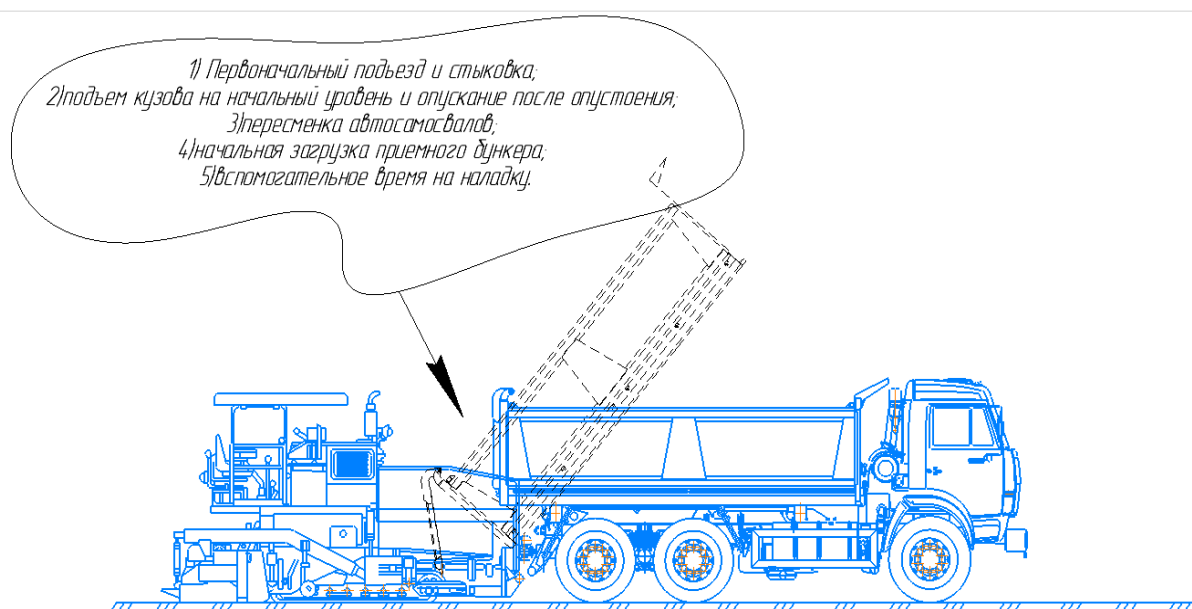


Рис. 7а. Технологические этапы при использовании стандартной технологии

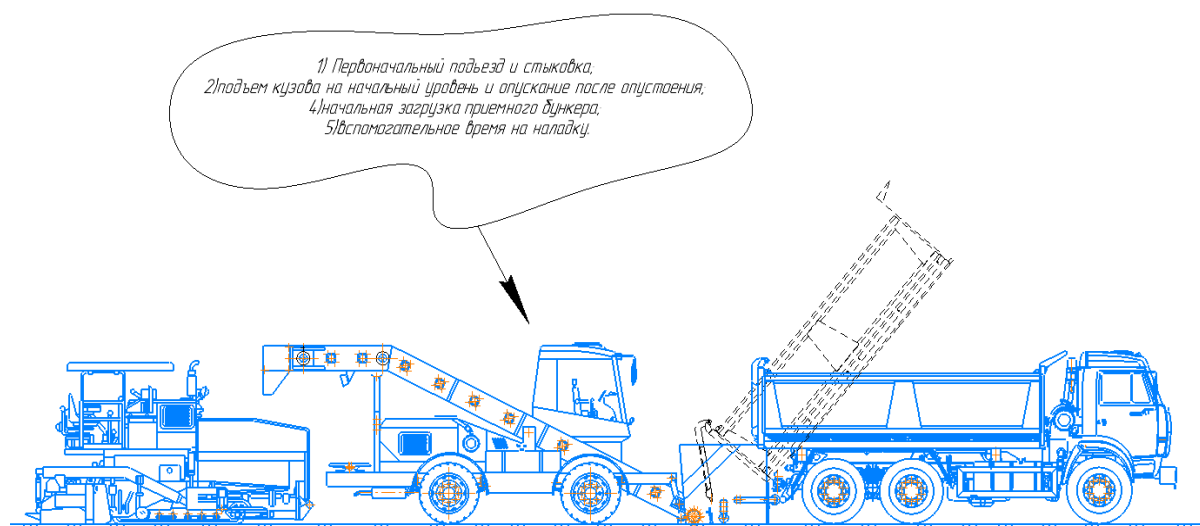


Рис. 7б. Технологические этапы при использовании перегружателя

На основании расчета времени цикла укладки дорожного покрытия на объекте строительства получена зависимость времени укладки от расстояния (рис. 8).

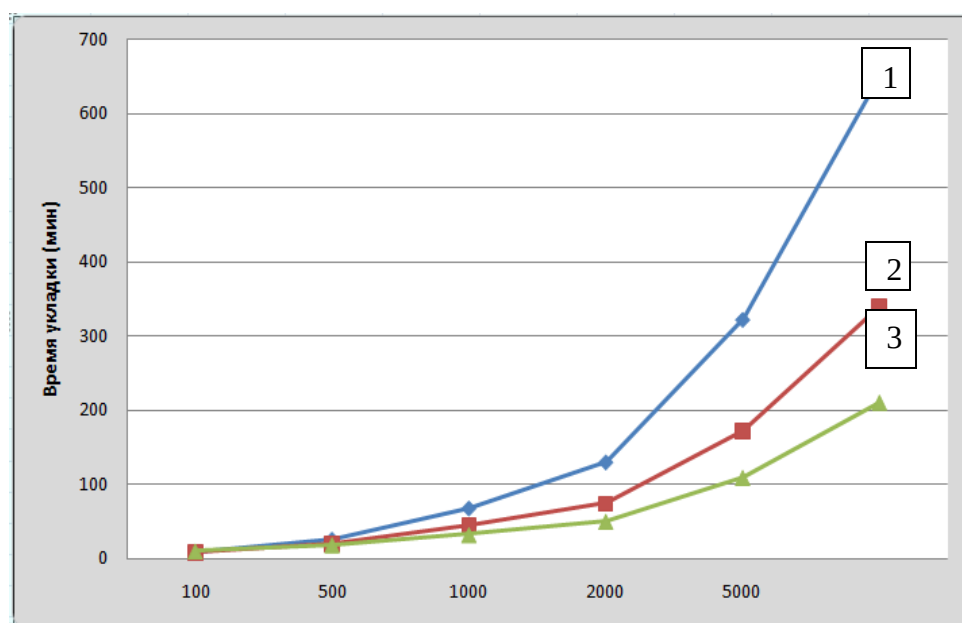


Рис.8. Зависимости времени укладки от используемой технологии:
1 – традиционная технология; 2 – использование перегружателя;
3 – использование перегружателя и автосамосвала с донной выгрузкой

Данная диаграмма позволяет наглядно увидеть преимущество использования перегружателя и в целом модульной технологии в сравнении с традиционной технологией.

Заключение

Укладка асфальтобетонных покрытий – это сложный технологический процесс, имеющий множество этапов, во время которых необходимо обеспечивать заданную температуру асфальтобетонной смеси. В данной статье проведен анализ существующих перегружателей асфальтобетонных смесей, предложена конструкция инновационного перегружателя асфальтобетонной смеси, который позволит повысить качество и износостойкость дорожных покрытий. Кроме того представлен расчет времени укладки участка дорожного покрытия и представлена диаграмма, которая позволяет наглядно определить эффективность применения предлагаемой конструкции, которая влияет на снижение времени укладки дорожного полотна при использовании инновационной технологии.

Список источников

1. Титова, Л.А. Сегрегация асфальтобетонной смеси / Л.А. Титова, С.В. Алексеев // Современные направления развития технологии, организации и экономики строительства: Сборник научных трудов участников межвузовской научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 11 апреля 2019 года / Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва. – Санкт-Петербург: Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва, 2019. – С. 316-321. – EDN VOFKPT.
2. Алексеев, С.В. Устранение дефектов асфальтобетонного покрытия при укладке асфальтобетонной смеси / С.В. Алексеев, Л.А. Титова // Неделя науки СПбПУ: материалы научной конференции с международным участием, Инженерно-строительный институт. В 3 ч., Санкт-Петербург, 18–23 ноября 2019 года / отв. ред. Н.Д. Беляев, В.В. Елистратов. Том Ч. 2. – Санкт-Петербург: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", 2019. – С. 37-39. – EDN UMНММG.

3. Отрадовой дорожный методический документ // Мир дорог. – 2019. – № 117. – С. 34-37. – EDN XXUWKF.
4. Семейшева, И.В. Перегрузатель асфальтобетонной смеси как способ устранения сегрегации / И.В. Семейшева, А.А. Лыткин // Молодой ученый. – 2018. – № 22(208). – С. 173-176. – EDN XPVALB.
5. 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.
6. Инновационные технологии в производстве асфальтобетонных смесей / Ю.Э. Васильев, А.В. Илюхин, В.И. Марсов, Е.В. Марсова. – Москва: Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2016. – 116 с. – EDN XQYGRD.
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.

References

1. Titova L.A., Alekseev S.V. Sovremennyye napravleniya razvitiya tekhnologii, organizatsii i ekonomiki stroitel'stva, Sbornik nauchnykh trudov, Saint Petersburg, Voennoy institut (inzhenerno-tekhnicheskoy) Voennoy akademii material'no-tekhnicheskogo obespecheniya imeni generala armii A. V. Khrulova, 2019, pp. 316-321.
2. Alekseev S.V., Titova L.A. Nedelya nauki SPbPU, materialy nauchnoy konferentsii, Saint Petersburg, Sankt-Peterburgskiy politekhnicheskoy universitet Petra Velikogo, 2019, pp. 37-39.
3. *Mir dorog*, 2019, no. 117, pp. 34-37.
4. .Semejsheva I.V., Lytkin. A.A. *Molodoj uchenyj*, 2018, no. 22, pp. 173-176.
5. Shestopalov K.K., Morozov R.V. *Gruzovik*, 2013, no. 7, pp. 28-31.
6. Vasil'ev YU.E., Ilyuhin A.V., Marsov V.I., Marsova E.V. *Innovacionnye tekhnologii v proizvodstve asfal'tobetonnykh smesey* (Innovative technologies in the production of asphalt concrete mixtures), Moscow, MADI, 2016, 116 p.
7. Ushkov A.V., Sobchenko E.V., Kustarev G.V. *Transportnoye delo Rossii*, 2014, no. 1, pp. 188-190.

Рецензент: А.Г. Савельев, д-р техн. наук, проф., генеральный директор ООО «РСЦ»

Информация об авторах

Яковлев Михаил Александрович, магистрант, МАДИ.

Сартаков Михаил Игоревич, студент, МАДИ.

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

Улитич Ольга Юрьевна, канд. техн. наук, доц., МАДИ.

Information about the authors

Yakovlev Mikhail A., undergraduate, MADI.

Sartakov Mikhail I., student, MADI.

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

Ulitich Olga Yu., Ph.D., associate professor, MADI.

Статья поступила в редакцию 31.10.2023; одобрена после рецензирования 15.11.2023; принята к публикации 15.12.2023.

The article was submitted 31.10.2023; approved after reviewing 15.11.2023; accepted for publication 15.12.2023.