Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>
Russian journal of transport engineering

2018, №4, Том 5 / 2018, No 4, Vol 5 <https://t-s.today/issue-4-2018.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/18SATS418.pdf>

DOI: 10.15862/18SATS418 (<http://dx.doi.org/10.15862/18SATS418>)

Статья поступила в редакцию 18.10.2018; опубликована 07.12.2018

Ссылка для цитирования этой статьи:

Джабраилов Х.А., Солтамурадов М.-Э.А., Газиев С.С. Экспериментальное исследование характера остывания асфальтобетонных смесей, с целью компенсации потерь тепла при их транспортировке от асфальтобетонного завода к объекту устройства дорожного полотна // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2018 №4, <https://t-s.today/PDF/18SATS418.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/18SATS418

For citation:

Dzhabrailov Kh.A., Soltamuradov M.-E.A., Gaziev S.S. (2018). Experimental investigation of an asphalt concrete mixture cooling characteristics with the aim of reducing heat loss during transportation from the asphalt plant to the roadbed construction site. *Russian journal of transport engineering*, [online] 4(5). Available at: <https://t-s.today/PDF/18SATS418.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/18SATS418

УДК 625.7/8

ГРНТИ 67.17.15

Джабраилов Хизар Абубакарович

ФГБОУ ВО «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет», Москва, Россия
Заведующий лабораторией
E-mail: hizarmuslim@mail.ru
РИНЦ: https://elibrary.ru/author_profile.asp?id=918614

Солтамурадов Магомед-Эми Ахмедович

ООО «СПЕЦДОРСТРОЙ», Москва, Россия
Генеральный директор
E-mail: info@specdorstroy.com

Газиев Саламу Салманович

ООО «СПЕЦДОРСТРОЙ», Москва, Россия
Первый заместитель генерального директора
E-mail: info@specdorstroy.com

Экспериментальное исследование характера остывания асфальтобетонных смесей, с целью компенсации потерь тепла при их транспортировке от асфальтобетонного завода к объекту устройства дорожного полотна

Аннотация. В связи с резким повышением транспортного потока, на первый план выходит проблема долговечности асфальтобетонных покрытий – их способности на протяжении некоторого периода времени сохранять свои свойства в определенных пределах. Во многом, качество будущего покрытия закладывается технологичностью процесса укладки, неукоснительным соблюдением требований проектной документации и существующих строительных норм и правил (СНиП, ГОСТ, ISO и пр.). Однако, сама технология процесса устройства асфальтобетонных дорожных одежд постоянно развивается – появляются новые комплексы, внедряются изменения в существующие конструкции машин для сооружения

покрытий. Дополнение, сокращение и совмещение операций технологического процесса позволяет, в том числе, на фоне повышения качества и, как следствие, долговечности покрытия, сократить трудоемкость выполняемых работ, снизить количество необходимого персонала – все это положительно сказывается на экономической составляющей строительства, высвобождает дополнительные средства. А, как известно, на протяжении уже достаточно существует суждение, что основным фактором, затормаживающим развитие дорожной сети в Российской Федерации, является, как раз-таки, необходимость траты огромных бюджетных средств (в 2016 году порядка 30 млрд руб. выделено из федерального бюджета на ремонт уже существующих дорог в виду их неудовлетворительного состояния). В свою очередь, развивающаяся высокими темпами дорожно-строительная индустрия, задает жесткие требования обеспечения необходимого уровня качества на всем протяжении технологического процесса, начиная с мест производства асфальтобетонной смеси (АБЗ).

Ключевые слова: асфальтобетон; автоматизация; прогнозирование; управление качеством; теплообмен; температура смеси

Введение

Основной проблемой процесса уплотнения асфальтобетонной смеси является создание режима наиболее эффективного уплотнения. Одним из важнейших факторов, влияющих на качество и степень уплотнения, является температура уплотняемой асфальтобетонной смеси [3, 6]. Из анализа графика следует, что изменение плотности и остаточной пористости при различных температурах разных смесей в процессе уплотнения в указанных пределах носит экстремальный характер (рис. 1) [7]:

Рисунок 1. Влияние температуры уплотнения на плотность асфальтобетона и остаточную пористость

Абсолютные значения оптимальной температуры смеси для уплотнения сдвигаются в область больших значений температуры, что в свою очередь существенно влияет на прочность асфальтобетонного покрытия.

Транспортные операции являются неотъемлемой частью технологического процесса устройства асфальтобетонных покрытий. Однако, как показывает практика, этот элемент, в настоящее время никак не учитывается в процессе управления изготовлением асфальтобетонной смеси [1]. Процесс транспортировки смеси к месту площадки влияет на:

- Температуру смеси.
- Температурную сегрегацию смеси.

Исходя из этого мною была произведена серия пассивных экспериментов, суть которых заключалась в фотосъемке в инфракрасном диапазоне асфальтобетонной смеси на этапах погрузки, транспортировки, простоя в очереди, перегрузки и уплотнения. Целью данного исследования было наблюдение картины изменения температурного поля транспортируемой асфальтобетонной смеси, на основании которого, в последствие, можно сделать выводы о характере остывания смеси на этапах транспортировки, что позволяет оценить степень сегрегации смеси и ее пригодность к укладке.

Программа исследования включала в себя:

- Фиксацию температурного поля при погрузке асфальтобетонной смеси в самосвал на АБЗ;
- Фиксацию температурного поля по прибытии самосвала на строительную площадку;
- Фиксацию изменения температурного поля при простом самосвале в очереди на разгрузку;
- Фиксацию температурного поля смеси, погруженной в бункер асфальтоукладчика;
- Фиксацию температурного поля дорожного покрытия после укладки и уплотнения.

Исследования проводились в соответствии с методикой, утвержденной лабораторией ООО «СПЕЦДОРСТРОЙ» и в сотрудничестве с ее специалистами, при их обширном содействии, большой заинтересованности в объективности эксперимента с целью повышения качества строительных работ и достижения максимальной долговечности, надежности и безопасности строящейся автомобильной дороги.

Строительный объект был выбран не случайно, а исходя из соображений отдаленности и труднодоступности, заключающейся в том, что строительство ведется в условиях горной местности, что, в свою очередь, затрудняет доставку и позволяет более ярко проявить картину остывания смеси при транспортировке. На рисунке ниже представлена протяженность маршрута доставки и примерное время движения, полученное при помощи сервиса Яндекс Карты (рис. 2)¹.

¹ Подробная Яндекс карта места строительства
<https://yandex.ru/maps/?ll=46.128649%2C43.034986&z=10&rtxt=43.305161%2C45.825686~42.697349%2C45.576107&rtt=auto&l=trf%2Ctrfe&mode=routes>.

Рисунок 2. Протяженность маршрута и время доставки

Речь идет о реализации масштабного проекта в рамках данного региона – строительство дороги, соединяющей столицу Чеченской республики г. Грозный с горнолыжным курортом «Ведучи» (рис. 3)².

Протяженность дороги составляет 85 км, включает в себя участки разных категорий:

- Дорога 2-ой технической категории, протяженность 35,7 км.
- Дорога 3-ей технической категории, протяженность 49,3 км.

Проект «Ведучи» играет важную экономическую роль не только для Итум-Калинского района, но и для всей Чеченской Республики в целом. В первую очередь это инвестиционная привлекательность, которая в свою очередь благоприятно способствует развитию бизнеса, посредством которого, можно снизить уровень безработных граждан, проживающих в данном районе. Также надо заметить, что по масштабу и сложности строительных работ, аналогов дороги «Грозный – Ведучи» в республике нет.

² <https://www.youtube.com/watch?v=4icxYRpun74>.

Рисунок 3. Данные о проекте строящейся, а/д «Грозный – Ведучи» (составлено автором)

При укладке верхнего слоя дорожного полотна, используется мелкозернистая асфальтобетонная смесь типа Б, марки 2, битум БНД 60/90 [11]. Смеси для устройства дорожного покрытия производились на асфальтобетонном заводе (далее АБЗ) ГУП «Асфальтобетонное хозяйство», находящийся по адресу: Чеченская Республика, Грозненский р-он, пос. Примыкание, ул. Шоссейная, д. 2. Современное предприятие, со сложной структурой производственного комплекса, отличающееся высокой автоматизацией основных технологических процессов.

Кратко, методика основывалась на следующих пунктах [2, 6]:

1. Настройка оборудования, определение точек съемки и фокусного расстояния; фиксация погодных условий.
2. Фотосъемка на АБЗ с фиксацией времени снимка, с определенных точек.
3. Фотосъемка по прибытию самосвала на строительную площадку, с тех же точек и ракурсов, что и при съемках на АБЗ.
4. Фотосъемка кузовов самосвалов, находящихся в очереди на разгрузку, с интервалом в десять минут, с целью получения картины изменения температурного поля при простое.

5. Фиксация температурного поля смеси, перегруженной в бункер асфальтоукладчика, с целью получения картины изменения температурного поля смеси при перегрузке.
6. Фиксация температурного поля уплотненной асфальтобетонной смеси дважды с интервалом в десять минут, с целью получения картины температурной сегрегации.

Оборудование

Наблюдения производились с помощью тепловизора марки HeatSeaker 61-844 (табл. 1)³. Это простой и удобный в эксплуатации прибор для контроля состояния, и выявления потенциальных проблем электрической проводки, инженерных сетей, объектов и технологических процессов. Позволяет бесконтактно обнаруживать горячие и холодные зоны с выводом результатов измерений температуры на дисплей [10]. В памяти прибора сохраняется 1849 температурных параметров, которые отображаются на экране в режиме реального времени. Для удобства просмотра результатов обследования видимый и инфракрасный каналы снимка могут быть совмещены в одно изображение. Насыщенность отображаемого на дисплее инфракрасного изображения регулируется с дискретным шагом 25 %. Сохраняемые изображения могут сопровождаться текстовыми и аудио комментариями, а мощное программное обеспечение поможет произвести всесторонний анализ результатов и составить детализированные отчеты [8].

Таблица 1

Технические и эксплуатационные характеристики HeatSeaker 61-844

Диапазон измерений температуры	-10°C – +350°C
Точность измерений	±2°C или ±2% °C
Коэффициент излучения	0,1 – 1,0 (настраиваемая коррекция с шагом 0,1)
Хранение изображений	до 1000 изображений (на поставляемой карте Micro SD)
Дисплей	3,5" LCD, палитра 8 цветов
Тип лазерного целеуказателя	Class 2
Фокусное расстояние	> 0,5 м (ручная настройка)
Количество указателей	2 указателя
Поле обзора (FOV)	20°x20°
Спектральная чувствительность	8-12 мкм
Размеры	130x95x90 мм (без рукоятки)
Температура эксплуатации	-5°C – +45°C
Степень защиты	IP 54

Составлено автором

Результаты исследования

На первом этапе исследования были произведены съемки в ИК-диапазоне кузовов семи самосвалов, загруженных асфальтобетонной смесью (время: 13:20; 43°18'18.6"N 45°49'32.5"E). Характерной была картина малой дисперсии температурного поля (рис. 4).

³ Технические характеристики камеры <https://www.idealind.com/ideal-electrical/us/en/products/test-measurement/z-discontinued/61-844-thermal-imager.aspx>.

Рисунок 4. Характерное температурное поле смеси, загруженной в самосвал в ходе эксперимента (составлено автором)

На втором этапе производилась съемка кузовов самосвалов, попавших в дорожный затор, через 40 минут спустя от отъезда с АБЗ, что, изначально, было не запланировано (время 14:03; 42°57'47.1"N 45°43'08.7"E). На полученных снимках наблюдается характерная картина остывания смеси, самой остывшей зоной является корка неприкрытой бортом части массива смеси (рис. 5).

Рисунок 5. Остывание смеси попавшего в затор самосвала (составлено автором)

Далее, делалась серия снимков кузовов самосвалов, прибывших на строительную площадку с фиксацией времени прибытия (время 14:40; 42°51'35.5"N 45°40'43.6"E). Отчетлива видна малая температурная дисперсия поверхности смеси, однако произошло остывание корки смеси до критических значений (рис. 6). В том случае, если корка достаточно тонкая, то, при

перегрузке асфальтобетонной смеси в бункер асфальтоукладчика с последующим ее распределением к трамбующему брусу и выглаживающей плите укладчика, она смешивается и разрушается [9]. Если же комки смеси заметны в покрытии за выглаживающей плитой, то необходимо отрегулировать температурный режим смеси: повысить температурную однородность приготовления смеси, укрыть смесь в кузове пологом или теплоизолировать, снизить простой автосамосвала перед выгрузкой смеси. При этом необходимо, чтобы общая продолжительность транспортных операций не превышала времени нахождения смеси в удобоукладываемом состоянии, т. е. чтобы температура смеси перед началом укладки находилась на допустимом уровне.

Рисунок 6. Смесь в кузове самосвала (составлено автором)

Следующим этапом эксперимента стала фиксация температурного поля смеси при простом самосвале в очереди на разгрузку, с интервалом повторной фиксации в 10 минут. Была отмечена интересная особенность – температурная дисперсия смеси была минимальной, корка смеси остывала относительно однородно по всей поверхности на небольшие значения.

После чего, выполнили серию ИК-снимков смеси в процессе перегрузки в бункер асфальтоукладчика (рис. 7). На границах разлома смеси виден остывший в меньшей степени внутренний массив смеси, что подтверждает собой суждение об образовании корки на поверхности смеси.

Рисунок 7. Смесь в кузове самосвала при выгрузке (составлено автором)

Далее, произведя съемку смеси, погруженной в бункер асфальтоукладчика, я отметил для себя ожидаемую особенность – смесь в бункере имела неоднородное температурное поле с областями, имеющими критическую температуру (рис. 8).

Рисунок 8. Массив смеси в бункере асфальтоукладчика (составлено автором)

Результаты съемки уложенного дорожного покрытия из асфальтобетона (время 15:00; 42°51'29.4"N 45°40'34.6"E) демонстрируют нам однородную температурного поля уплотненной

асфальтобетонной смеси (рис. 9), однако, заметим, что на одном из снимков присутствует нехарактерная неоднородность, которая, в последствии, может привести к низкому качеству уплотнения (рис. 10).

Рисунок 9. Уложенный асфальтобетон (составлено автором)

Наибольший интерес для предмета исследования представляют снимки со значительными перепадами температур, области которых представляют собой характерные пятна (рис. 10).

Рисунок 10. Пятна температурной неоднородности (составлено автором)

По результатам исследования можем сделать следующие основные выводы [7]:

- Температурное поле смеси сразу после загрузки на АБЗ имеет минимальную дисперсию.
- Сбои на АБЗ существенно влияют на дисперсию температурного поля.
- Корка на поверхности смеси формируется от самого охлажденного участка к самому нагретому.
- Сформировавшаяся корка имеет малую неоднородность температурного поля.
- Смесь под коркой сохраняет докритические значения температуры.
- Перемешивание смеси шнеками снижает степень температурной сегрегации.

Вывод

Исходя из вышеуказанных тезисов, прежде всего, необходимо отметить важность и актуальность полученных в ходе эксперимента данных. Во-первых, заметим, что качество смеси при погрузке на АБЗ является приемлемым, температурная дисперсия минимальна, однако, сбои могут существенно повлиять на температуру смеси и ее неоднородность еще до отбытия самосвала от АБЗ. Во-вторых, отметим доказательство того, что транспортировка и условия окружающей среды существенно влияют на температуру смеси и характер ее остывания, что наглядно видно на полученных снимках [4]. В-третьих, исследован, в том числе, процесс образования корки на смеси, который, как и предполагалось, начинается с незащищенных и, следовательно, наиболее быстро остывающих участков массива смеси, что в свою очередь еще раз доказывает целесообразность использования защитных тентов [5]. Тем не менее, нельзя не заметить, что сформировавшаяся корка (характеризуется однородным температурным полем корки) замедляет остывание смеси, это доказано снимками кузова самосвала при выгрузке – неостывшие зоны видны через «разломы» корки, при этом температура в этих зонах не достигает до критических значений, температурная дисперсия минимальная.

ЛИТЕРАТУРА

1. Разработка и внедрение комплекса ресурсосберегающих технологий строительства дорожно-транспортных сооружений повышенной долговечности / А.И. Доценко, А.В. Руденский // Дороги и мосты. – 2011. – № 1 (25). – С. 38.
2. Оперативный контроль температуры асфальтобетонной смеси после ее транспортировки / А.И. Доценко, А.А. Соколов // Механизация строительства. – 2014. – № 7. – с. 49-53.
3. Доценко А.И. Строительные машины. М.: Стройиздат, 2003 – 416 с.
4. Методика и средства контроля параметров, влияющих на качество асфальтобетонной смеси в процессе транспортных операций / Д.Н. Суворов, Х.А. Джабраилов, Н.В. Михайлова, Т.А. Суэтина // В мире научных открытий. – 2015. – № 10.3 (70). – С. 1212-1221.
5. Соколов А.А. Система управления температурой асфальтобетонной смеси на выходе АБЗ // «Механизация строительства» 2014. № 1. С. 48-51.
6. Концепция системы управления транспортировкой асфальтобетонной смеси с поддержанием необходимого температурного режима / Х.А. Джабраилов, Д.Н. Суворов // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2015. – № 2 (41). – С. 115-120.
7. Суворов Д.Н., Воробьев В.А., Джабраилов Х.А. Оперативное управление доставкой асфальтобетонной смеси с учетом дорожной ситуации // в мире научных открытий – 2015 – №6 (66). – С. 163-173. <http://journal-s.org/index.php/vmno/article/view/5696>.
8. Разработка интеллектуальной системы мониторинга и обработки параметров движения транспортного средства / Городничев М.Г., Гавриш К.А., Чесноков А.С. // в книге: мобильный бизнес: перспективы развития и реализации систем радиосвязи в России и за рубежом Российской академии естественных наук «Экономика и качество систем связи»; ЗАО «Национальный институт радио и инфокоммуникационных технологий». 2018. С. 49-52.
9. Воробьев В.А., Суворов Д.Н., Попов В.А. Компьютерное моделирование в автоматизации производства асфальтобетонной смеси. Книга 1. Теоретические основы. – Москва, Изд-во Российской инженерной академии, 2008. – 297 с.
10. Воробьев В.А., Суворов Д.Н., Котлярский Э.В., (раздел 1, Приложения) Доценко В.И., Попов В.А. Компьютерное моделирование в автоматизации производства асфальтобетонной смеси. Книга 2. Практические разработки. – Москва, Изд-во Российской инженерной академии, 2008. – 608 с.
11. Технологическое обеспечение качества строительства асфальтобетонных покрытий: Метод. Рекомендации / Сост: В.Н. Шестаков, В.Б. Пермяков, В.М. Ворожейкин. Омск: Изд-во СибАДИ, 1999. 240 с.

Dzhabrailov Khizar Abubakarovich

Moscow automobile and road construction state technical university, Moscow, Russia
E-mail: hizarmuslim@mail.ru

Soltamuradov Magomed-Emi Akhmedovich

Specdorstroy, Moscow, Russia
E-mail: info@specdorstroy.com

Gaziev Salam Salmanovich

Specdorstroy, Moscow, Russia
E-mail: info@specdorstroy.com

Experimental investigation of an asphalt concrete mixture cooling characteristics with the aim of reducing heat loss during transportation from the asphalt plant to the roadbed construction site

Abstract. In connection with the sharp increase in the traffic flow, the problem of the durability of asphalt concrete pavements comes to the fore – their ability to maintain their properties within a certain period of time within certain limits. In many respects, the quality of future coverage is laid by the adaptability of the laying process, strict compliance with the requirements of project documentation and existing building codes and regulations (SNiP, GOST, ISO, etc.). However, the technology itself of the process of making asphalt concrete pavements is constantly evolving – new complexes are emerging, changes are being introduced to existing structures of machines for building coatings. Addition, reduction and combination of operations of the technological process, including, against the background of improving the quality and, as a result, the durability of the coating, reduce the complexity of the work performed, reduce the number of necessary staff – all of this has a positive effect on the economic component of construction, frees up additional funds. And, as you know, there is already enough evidence that the main factor hindering the development of the road network in the Russian Federation is, just the same, the need to spend huge budget funds (in 2016, about 30 billion rubles were allocated from the federal budget to repair existing roads due to their poor condition). In turn, the road-building industry, which is developing at a high pace, sets stringent requirements to ensure the required level of quality throughout the entire process, starting from the places of production of asphalt-concrete mixture (ABZ).

Keywords: asphalt; automation; forecasting; quality control; heat transfer; temperature of the mixture

REFERENCES

1. Dotsenko A.I., Rudenskiy A.V. (2011). Development and implementation of a set of resource-saving technologies for the construction of road structures of increased durability. *Roads and bridges*, 1(25), p. 38 (in Russian).
2. Dotsenko A.I., Sokolov A.A. (2014). Operational control of the temperature of the asphalt mixture after its transportation. *Mechanization of construction*, 7, pp. 49-53 (in Russian).
3. Dotsenko A.I. (2003). *Stroitel'nye mashiny. [Construction machines.]* Moscow: Stroizdat, p. 416.

4. Suvorov D.N., Dzhabrailov Kh.A., Mikhaylova N.V., Suehtina T.A. (2015). Methods and means of controlling parameters affecting the quality of the asphalt mix during transport operations. *In the world of scientific discoveries*, 10.3(70), pp. 1212-1221 (in Russian).
5. Sokolov A.A. (2014). The control system of the temperature of the asphalt concrete mixture at the outlet of ABZ. *“Mechanization of construction”*, 1, pp. 48-51 (in Russian).
6. Dzhabrailov Kh.A., Suvorov D.N. (2015). The concept of a control system for the transportation of asphalt concrete mixture with maintaining the required temperature conditions. *Bulletin of the Moscow State Automobile and Road Technical University*, 2(41), pp. 115-120 (in Russian).
7. Suvorov D.N., Vorob'ev V.A., Dzhabrailov Kh.A. (2018). Operational management of the delivery of asphalt mix, taking into account the traffic situation. *In the world of scientific discoveries*, [online] 6(66), pp. 163-173. Available at: <http://journal-s.org/index.php/vmno/article/view/5696> (in Russian).
8. Gorodnichev M.G., Gavrish K.A., Chesnokov A.S. (2018). Razrabotka intellektual'noy sistemy monitoringa i obrabotki parametrov dvizheniya transportnogo sredstva. [*Development of intelligent system of monitoring and processing of vehicle movement parameters.*] Moscow: CJSC National Institute of Radio and Information and Communication Technologies, pp. 49-52 (in Russian).
9. Vorob'ev V.A., Suvorov D.N., Popov V.A. (2008). Komp'yuternoe modelirovanie v avtomatizatsii proizvodstva asfal'tobetonnoy smesi. Kniga 1. Teoreticheskie osnovy. [*Computer simulation in the automation of the production of asphalt mix. Book 1. Theoretical foundations.*] Moscow: Publishing House of the Russian Academy of Engineering, p. 297.
10. Vorob'ev V.A., Suvorov D.N., Kotlyarskiy Eh.V., Dotsenko V.I., Popov V.A. (2008). Komp'yuternoe modelirovanie v avtomatizatsii proizvodstva asfal'tobetonnoy smesi. Kniga 2. Prakticheskie razrabotki. [*Computer simulation in the automation of the production of asphalt mix. Book 2. Practical Development.*] Moscow: Publishing House of the Russian Academy of Engineering, p. 608.
11. Shestakov V.N., Permyakov V.B., Vorozheykin V.M. (1999). Tekhnologicheskoe obespechenie kachestva stroitel'stva asfal'tobetonnykh pokrytiy: Metod. Rekomendatsii. [*Technological assurance of the quality of asphalt concrete pavement construction: Method. Recommendations.*] Omsk: Publishing House of the Siberian State Automobile and Highway University, p. 240.