

УДК 693.78

ОПЕРАЦИОННЫЙ КОНТРОЛЬ ПРИГОТОВЛЕНИЯ И УКЛАДКИ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕПЛОВИЗОРА

Феофанова Полина Михайловна, аспирант,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, feofanovapm@gmail.com

Аннотация. Рассмотрены виды строительного контроля качества асфальтобетонной смеси на строительной площадке. Выделены параметры, которые важны на стадии проектирования асфальтобетонной смеси по методике объемно-функционального проектирования. Отмечен экспериментальный метод оценки температуры асфальтобетонной смеси с помощью тепловизора.

Ключевые слова: строительный контроль, температура приготовления и укладки асфальтобетонной смеси, объемно-функциональное проектирование, показатели динамической вязкости, термограмма, тепловизор.

OPERATIONAL CONTROL OF PREPARATION AND LAYING OF ASPHALT CONCRETE MIXTURES USING A THERMOGRAPHIC CAMERA

Feofanova Polina M., postgraduate,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, feofanovapm@gmail.com

Abstract. The types of control at the construction site are considered. The parameters that are important at the design stage of asphalt concrete mix according to the method of volumetric and functional design are highlighted. An experimental method of temperature estimation using a thermal imager is noted.

Key words: construction control, temperature of preparation and laying of asphalt concrete mix, volumetric and functional design, dynamic viscosity indicators, thermogram, thermographic camera.

Актуальность темы. Современные технологии проникают во все сферы, в том числе в инженерную. Благодаря проекту «Безопасные

качественные дороги», общая протяженность дорог федерального и местного значений увеличилась, качество и общее состояние дорожного полотна существенно улучшилось. Тем не менее актуальным остается вопрос появления температурной неоднородности в асфальтобетонной смеси.

Большинство авторов объясняют неоднородность температур неравномерным охлаждением смеси в кузове автомобиля при транспортировке [1, 2]. Но несоблюдение режимов транспортировки является только одной из причин неоднородности. Другие находят проблему еще на стадии приготовления смеси, компоненты асфальтобетонной смеси разогреваются неравномерно из-за разницы в поверхностных площадях щебня и песка, создавая температурную неоднородность, что в последствии влечет за собой появление расслоения смеси.

Инженерные организации, осуществляющие строительный контроль на объектах строительства (реконструкцию, ремонт и капитальный ремонт), все чаще используют современное оборудование для осуществления входного и операционного контроля поступающего на объект материала [3]. Чтобы понять, что относится к входному и операционному контролю, в данном случае для асфальтобетонной смеси (далее – АБС), запроектированной по методологии объемно-функционального проектирования (далее – ОФП), мы обратились к ГОСТ Р 58442–2019 [4]. Под входным контролем подразумевается измерение температуры смеси, заходящей на объект. К операционному контролю относится измерение уклона, толщины уложенного слоя и также температуры уплотненного слоя.

Одно из достоинств методологии ОФП состоит в том, что первоочередное значение в качестве вяжущего уделяется его реологическим свойствам. Это позволяет подобрать вяжущее, как под

условия движения и климатические данные конкретного объекта. Определение технологических параметров асфальтобетонных смесей выполняют путем вычисления температурных диапазонов смешивания и уплотнения, соответствующих данным интервалам динамической вязкости, определяемой в соответствии с ГОСТ 33137-2014 [5].

Понимая требования нормативно-технической документации к проведению контроля смеси, зная технологические параметры асфальтобетонной смеси, можно рассмотреть методики и оборудование для осуществления контроля вышеуказанных параметров.

Одним из таких приборов для оценки температурной сегрегации был выбран тепловизор Testo-850. Для корректного пересчета инфракрасного излучения в температуру необходимо учитывать излучательную способность реальных материалов – способность испускать инфракрасное излучение [6]. При работе с тепловизором следует учитывать, что измерения нельзя проводить под прямым углом, а также при углах, превышающих 60° . Нежелательно, чтобы вблизи измеряемой поверхности находился мощный источник теплового излучения. Преимущества измерения температуры портативными тепловизорами очевидны:

- измерения проводятся без прерывания технологического процесса;
- увеличение производительности труда благодаря значительному увеличению скорости измерений;
- получение широкого поля данных – более точная информация о температуре АБС.

Контроль качества АБС выполнялся в весенний период на объекте реконструкции автомобильной дороги в Воронежской области 11.04.2022. Погодные условия в день эксперимента показаны на рис. 1.

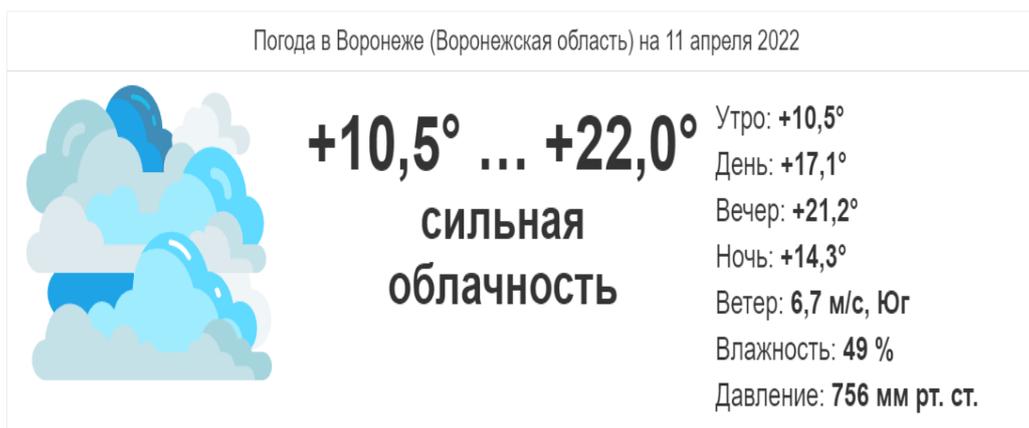


Рис. 1. Погодные условия в день укладки смеси SP-32

Рассмотрим рецепт приготовления асфальтобетонной смеси (табл. 1), запроектированной по ГОСТ Р 58401.1-2019 [7] по системе ОФП для верхнего слоя основания проезжей части основного хода.

Таблица 1

Рецепт асфальтобетонной смеси SP-32Э на гранитном щебне

Наименование материала	Состав смеси (Битум сверх 100%)	Состав смеси (Битум в 100%)	Источник материалов
Щебень гранитный, фр. 22,4-31,5 мм	14,80	14,21	ООО «Донской камень»
Щебень гранитный, фр. 16-22,4мм	15,00	14,40	ООО «Донской камень»
Щебень гранитный, фр. 8-16 мм	20,00	19,20	ООО «Донской камень»
Щебень гранитный, фр. 4-8 мм	20,00	19,20	ООО «Донской камень»
Песок дробленный	25,00	24,00	ООО «Донской камень»
МП-2 неактив.	5,20	4,99	АО «Щебеночный завод «Турдейский»»
PG 55-22	4,17	4,00	ООО «Битумикс»
Итого	104,2	10,00	

Согласно паспорта качества битумного вяжущего, температура смешивания – 160...165°C, температура укладки – 155-160°C – это параметры, которые будем контролировать.

Для получения объективных результатов входного контроля асфальтобетонной смеси необходимо строго придерживаться процедуры подготовки образцов, описанной в ГОСТ Р 58401.13-2019 [8], в том числе и по параметрам температуры смешивания и уплотнения смеси, полученным по результатам определения динамической вязкости или в соответствии с рекомендациями производителя битумного вяжущего (в случае применения модифицированного вяжущего).

Важно понимать, что асфальтобетонный завод находится на расстоянии 20 км к объекту производства работ, то есть плечо доставки не велико.

Зная методику работы с тепловизором, приступим к обработке получившихся снимков. С помощью программного комплекса IRSoft подгрузим термограммы для обработки данных. Рабочее поле софта выглядит следующим образом и представлено на рис. 2.

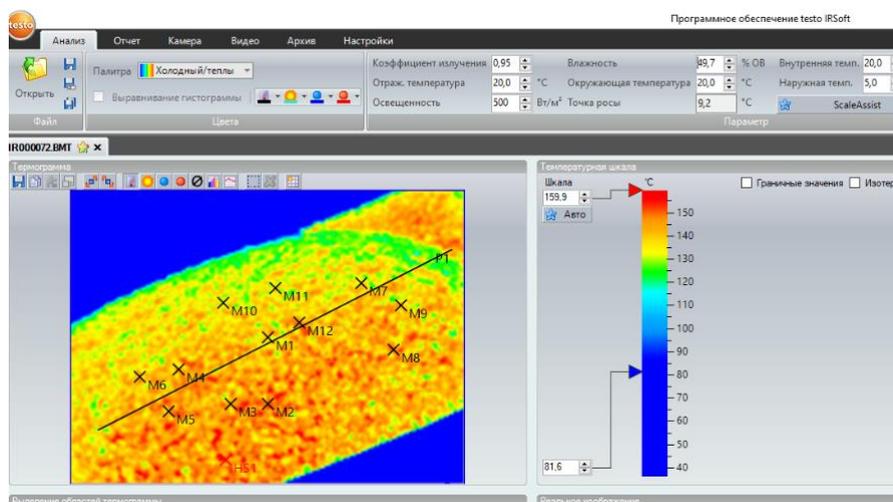


Рис 2. Вид рабочего поля для обработки термограмм

Имеются инструменты точек, линий, с помощью которых есть возможность построить тепловой график излучения смеси; фигуры, которые позволяют найти среднее значение температуры в излучательном поле. Область данных была выбрана в центре кадра неслучайно, даем запас

на погрешность прибора, ведь АБС в кузове лежит не в одной плоскости, в связи с чем угол направления тепловизора может меняться.

Обработав снимки с тепловизора Testo-850, получили следующие данные, они отображены в табл. 2, 3.

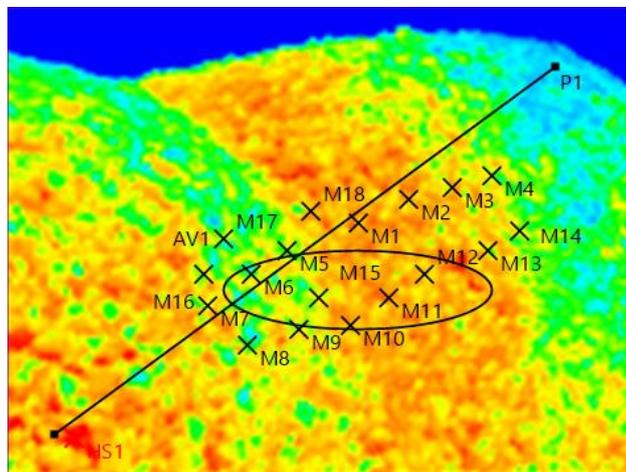


Рис 3. Термограмма выгрузки асфальтобетонной смеси в кузов автосамосвала

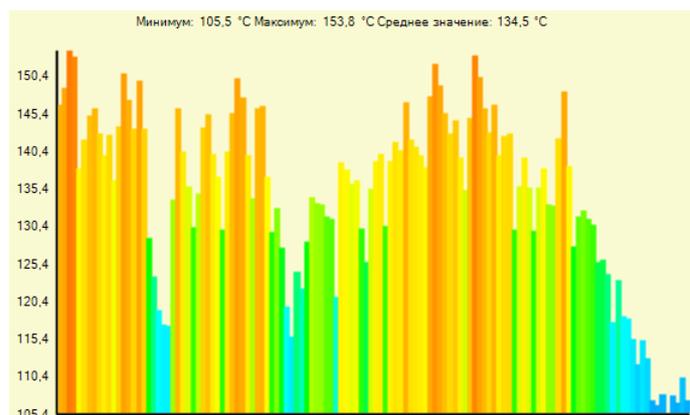


Рис 4. Тепловой график выгрузки асфальтобетонной смеси в кузов автосамосвала

Таблица 2

Скорость охлаждения смеси SP-32 в автосамосвале

Время замера	T ₁ , °C	T ₂ , °C	T ₃ , °C	T ₄ , °C	T ₅ , °C	T ₆ , °C	T ₇ , °C	T ₈ , °C	T _{ср} , °C
13:53:44	142,5	144,4	146,6	128,9	126,7	120,4	134,0	125,3	133,60
13:54:00	137,3	144,2	150,6	150,5	157,4	158,9	154,1	153,0	150,75
13:56:13	136,3	153,8	150,8	151,5	152,3	143,5	125,6	128,2	142,75
13:57:19	135,5	146,5	136,4	141,7	138,4	136,7	133,1	148,8	139,64
13:58:36	141,5	154,6	147,6	122,9	144,3	125,5	136,7	151,9	140,63

Среднее значение температуры асфальтобетонной смеси в момент ее выгрузки из накопительного бункера асфальтобетонного завода в автосамосвал составило $139,90^{\circ}\text{C}$, была применена адгезионная добавка, которая позволяет увеличить время транспортировки смеси и понизить температуру уплотнения. Однако, согласно ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 [9] в данной обработке присутствует элемент, который несовместим с остальными элементами данной совокупности – выброс ($133,60^{\circ}\text{C}$) – который мы исключаем из расчета (выделенные средние температуры в табл. 1). В итоге получили среднее значение температуры $143,44^{\circ}\text{C}$. Если сравнить получившийся результат с рекомендуемой температурой укладки получится разница на 22°C . Это существенный разброс.

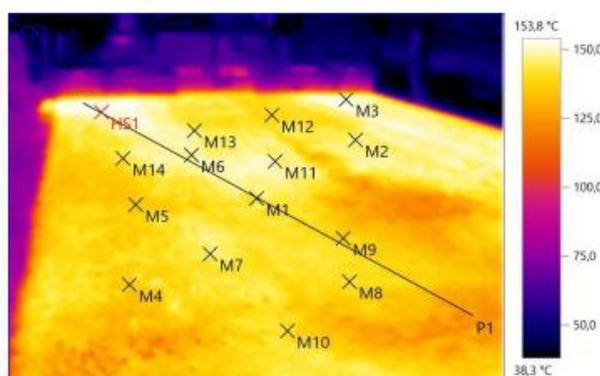


Рис 5. Термограмма АБС сразу после асфальтоукладчика

Таблица 3

Смесь SP-32 в приемном бункере асфальтоукладчика

Время	T_1	T_2	T_3	T_4	T_5	T_6	T_7	T_8	$T_{\text{ср}}$
15:43:05	137,7	145,0	137,7	136,4	144,6	143,1	133,8	137,0	139,41

Вывод. Таким образом, благодаря применению тепловизора при осуществлении операционного контроля, при укладке и уплотнении смеси, получилось проследить изменение температуры асфальтобетонной смеси на всех этапах производственного цикла от момента приготовления до уплотнения слоя, что обеспечило отсутствие температурной сегрегации смеси и уплотнённого слоя. Работа с тепловизором позволила создать базу

данных для различных типов смесей, чтобы в последствии разработать критерии оценки по термограммам для выявления смесей с температурной неоднородностью, участки расслоения смеси и дала возможность устранить участки брака на покрытии на этапах строительства.

Список литературы

1. Базилевич, А.Л. Температурная сегрегация асфальтобетонных смесей при строительстве дорожных покрытия / А.Л. Базилевич // Вестник ТГАСУ. – 2009.
2. Мартинсон, В.Л. Сегрегация. Причины возникновения и методы устранения / В.Л. Мартинсон, С.В. Алехин // Дороги России. – 2017. – № 2 (98) . – С. 24-27.
3. Каимов, Е.В. Совершенствование научно-технического сопровождения, мониторинга и контроля производства работ по устройству линейного транспортного сооружения / Е.В. Каимов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 2 (70). – С. 120–128. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.2(70).120-128
4. ГОСТ Р 58442–2019 Дороги автомобильные общего пользования. Требования к проведению строительного контроля заказчика и подрядчика.
5. ГОСТ 33137-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения динамической вязкости ротационным вискозиметром (Переиздание).
6. ГОСТ 33137-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Битумы нефтяные дорожные вязкие. Метод определения динамической вязкости ротационным вискозиметром (Переиздание).
7. Ларина, Т.А. Анализ однородности асфальтобетонных смесей при выпуске на асфальтобетонном заводе / Т.А. Ларина, П.М. Феофанова.
8. ГОСТ Р 58401.1-2019 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Система объемно-функционального проектирования. Технические требования.
9. ГОСТ Р 58401.13–2019 Дороги автомобильные общего пользования. Смеси асфальтобетонные дорожные и асфальтобетон. Метод приготовления образцов вращательным уплотнителем (с Поправкой).
10. ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002 Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений. Часть 1. Основные положения и определения.

References

1. Bazilevich A.L. *Vestnik TGASU*, 2009.
2. Martinson V.L., Alekhin S.V. *Dorogi Rossii*, 2017, no. 2 (98), pp. 24-27.

3. Kaimov Ye.V. *Sovremennyye tekhnologii. Sistemnyy analiz. Modelirovaniye*, – 2021, no. 2 (70), pp. 120–128.
4. Dorogi avtomobil'nyye obshchego pol'zovaniya. Trebovaniya k provedeniyu stroitel'nogo kontrolya zakazchika i podryadchika, GOST R 58442–2019 (Public automobile roads. Requirements for the construction control of the customer and the contractor, State Standart R 58442–2019).
5. Dorogi avtomobil'nyye obshchego pol'zovaniya. Bitumy neftyanyye dorozhnyye vyazkiye. Metod opredeleniya dinamicheskoy vyazkosti rotatsionnym viskozimetrom (Pereizdaniye), GOST 33137-2014 (Public automobile roads. Bitumens oil road viscous. Method for determining dynamic viscosity with a rotational viscometer (Reprint edition), State Standart 33137-2014).
6. Dorogi avtomobil'nyye obshchego pol'zovaniya. Bitumy neftyanyye dorozhnyye vyazkiye. Metod opredeleniya dinamicheskoy vyazkosti rotatsionnym viskozimetrom (Pereizdaniye), GOST 33137-2014 (Public automobile roads. Bitumens oil road viscous. Method for determining dynamic viscosity with a rotational viscometer (Reprint edition), State Standart 33137-2014).
7. Larina T.A., Feofanova P.M. *Analiz odnorodnosti asfal'tobetonnnykh smesey pri vypuske na asfal'tobetonnom zavode* (Homogeneity Analysis of Asphalt Concrete Mixes at the Release at an Asphalt Concrete Plant)
8. Dorogi avtomobil'nyye obshchego pol'zovaniya. Smesi asfal'tobetonnnyye dorozhnyye i asfal'tobeton. Sistema ob'yemno-funktsional'nogo proyektirovaniya. Tekhnicheskiye trebovaniya, GOST R 58401.1-2019 (Public automobile roads. Mixes asphalt concrete road and asphalt concrete. Volumetric-functional design system. Technical requirements, State Standart R 58401.1-2019).
9. Dorogi avtomobil'nyye obshchego pol'zovaniya. Smesi asfal'tobetonnnyye dorozhnyye i asfal'tobeton. Metod prigotovleniya obraztsov vrashchatel'nym uplotnitelem (s Popravkoy), GOST R 58401.13–2019 (Public automobile roads. Mixes asphalt concrete road and asphalt concrete. Rotary compactor sample preparation method (Adjusted), State Standart R 58401.13–2019).
10. Tochnost' (pravil'nost' i pretsizionnost') metodov i rezul'tatov izmereniy. Chast' 1. Osnovnyye polozheniya i opredeleniya, GOST R ISO 5725-1-2002 (Accuracy (correctness and precision) of measurement methods and results. Part 1. Basic provisions and definitions, State Standart R ISO 5725-1-2002).

Рецензент: К.А. Кузин, начальник Управления лабораторного контроля, ООО «Автодор-Инжиниинг»