

DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-2-26-33

*Алиахван А., Калгин Ю.И.

Воронежский государственный технический университет

*E-mail: alaaalaash@yahoo.com

АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕПЛЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ ДОРОЖНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА В УСЛОВИЯХ СИРИЙСКОЙ АРАБСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

Аннотация. Вследствие длительных военных действий в Сирийской Арабской Республике долгое время не выполнялись работы по содержанию и ремонту автомобильных дорог, что привело к упадку дорожной сети. Автомобильные дороги и улично-дорожная сеть Сирийской Арабской Республики требуют значительного восстановления и необходимости выполнения дорожно-ремонтных работ в течение короткого периода времени с наименьшими затратами при достижении оптимальных технических характеристик. Слабый экономический потенциал страны, низкие запасы топлива различного типа, помимо огромного разрушения дорожной сети, – вот основные трудности, стоящие перед специалистами в процессе восстановления. Данная статья посвящена исследованию технологий приготовления асфальтобетонных смесей, используемых в дорожном строительстве, и определению наиболее подходящей технологии для современных условий страны. В результате исследований было выявлено, что теплая асфальтобетонная смесь является лучшим выбором по сравнению с другими типами технологий, поскольку она снижает потребление энергии и производственные затраты, помогает продлить строительный сезон, расширить производственные мощности, сохранить окружающую среду и др.

Ключевые слова: Сирийская Арабская Республика, асфальтобетон, теплая асфальтобетонная смесь, восстановление дорог, парниковый газ.

Введение. В отчете, опубликованном 10 июля 2017 года, Всемирный банк оценил общие потери сирийской экономики в 226 миллиардов долларов из-за продолжающегося кризиса в стране [1], который длится уже более шести лет. Военные действия привели к большим жертвам и разрушению инфраструктуры.

Сирийская экономика понесла большие убытки вследствие разрушения дорог, зданий, мостов, инфраструктуры и т. д. Согласно отчету, были разрушены или частично повреждены около 27 % всех жилых зданий и около 44 % дорожной сети Сирийской Арабской Республики (САР) [1].

В САР автомобильный транспорт является важнейшим видом, поскольку через него осуществляется более 80 % перевозки людей, товаров и транспортных средств, что делает дорожную сеть республики нервом экономической и социальной жизни [2, 3, 4].

В течение последних восьми лет (с 2011 г.) вследствие сложных военно-политических и климатических условий, отсутствия периодического обслуживания и надзора были повреждены большие участки дорожной сети САР, что привело к многократному увеличению потребности в строительных работах, связанных с восстановлением (ремонт или капитальный ремонт) существующих автомобильных дорог и строительством новых.

В настоящее время асфальтобетонное покрытие из горячих смесей является наиболее распространенным покрытием в дорожном строительстве большинства регионов мира [5, 6]. Оно используется при строительстве дорог общего пользования внутри и за пределами городов [5]. Например, в Сирийской Арабской Республике с использованием данного типа покрытия построено около 95 % всех дорог [4]. Однако само производство горячей асфальтобетонной смеси является весьма дорогостоящим, а ее использование сопровождается многими эксплуатационными, техническими и экологическими проблемами. Вследствие этого поиск альтернативы горячим асфальтобетонным смесям является насущной научной и практической потребностью в дорожной отрасли САР.

Методология. При проведении исследования проанализированы проблемы дорожной сети в целом и проблемы, вытекающие из нынешних условий. Были рассмотрены характеристики асфальтобетонных смесей, используемых при строительстве дорог: горячие, холодные и теплые асфальтобетонные смеси с целью определения наиболее подходящих асфальтобетонных смесей для использования при техническом обслуживании и восстановлении дорог в современных условиях САР.

1. Проблемы дорожной сети в Сирии. Автомобильный транспорт в Сирии составляет более 80 % общего объема транспорта, включая

воздушный, водный и железнодорожный транспорт [7, 8]. Коммерческий и общественный транспорт в основном используется на междугородних перевозках, в уличных сетях и на сельских дорогах. Поэтому улучшение состояния дорожной сети напрямую повлияет на улучшение различных аспектов жизни граждан.

Дорожная сеть Сирии включает несколько типов дорог, которые обычно классифицируются на три основные группы: магистрали, двусторонние дороги и односторонние дороги. На рис. 1 показаны изменения протяжённости различных типов дорожных сетей в Сирии.

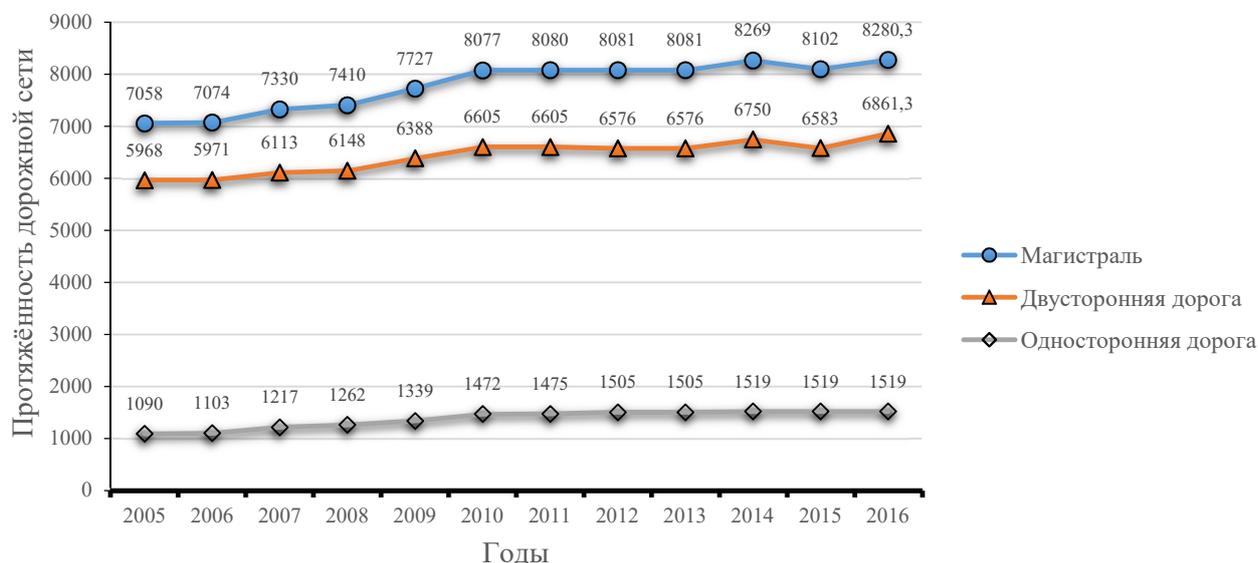


Рис. 1. Протяжённость дорожной сети в Сирии (км) за 2005–2016 гг. [9]

Дорожные покрытия больших участков дорожной сети в Сирии были построены с использованием горячих асфальтобетонных смесей. Этот тип асфальтобетонных смесей имеет много технических проблем (трещины, колеи, эрозия, старение и др.), которые в основном возникают вследствие климатических условий региона, высоких температур и интенсивных транспортных нагрузок.

Военные действия, которые непрерывно ведутся в Сирии более восьми лет, привели к разрушению значительной части дорожной сети, которая нуждается в восстановлении, реконструкции и техническом обслуживании (рис.2). В связи с этим многократно возрастают объёмы дорожных работ, которые требуют большого количества строительных материалов и топлива для обеспечения производственного процесса. В данной ситуации необходимо осуществить строительство большого количества новых асфальтобетонных заводов для обслуживания различных участков дорожной сети, которые, в случае использования традиционных горячих асфальтобетонных смесей, должны быть расположены близко к строящимся дорожным объектам.

Все это приводит к необходимости поиска новых технологий дорожного строительства, которые, отвечая предъявляемым техническим и

эксплуатационным требованиям, потребовали бы минимальных затрат дорожно-строительных материалов и топлива, снижали выбросы парниковых газов, а также увеличивали расстояние транспортировки смеси до объекта, что актуально как для уличной дорожной сети, так и для междугородних дорог.

2. Наиболее подходящая асфальтобетонная смесь для использования в условиях Сирийской Арабской Республики. Понимание вредных и опасных последствий изменения климата и окружающей среды заставило представителей всех отраслей промышленности пересмотреть методы производства, чтобы минимизировать выбросы парниковых газов (ПГ). Асфальтовая промышленность способствует увеличению выбросов CO₂ в связи с потребностью в энергии на этапе производства [14]. Горячая асфальтобетонная смесь (ГАС) является доминирующим типом среди производимых асфальтобетонных смесей. Производство ГАС проходит в несколько этапов, включая сушку и нагрев инертных минеральных материалов, нагрев вяжущего и смешивание всех компонентов. Конечная температура перемешивания асфальтобетонной смеси обычно составляет около 165 °C [15].



Рис. 2. Состояние дорог в Сирии после военных действий:

а – г. Алеппо [10]; б – г. Алеппо [11]; в – г. Дамаск [12]; г – г. Хомс [13]

Горячие асфальтобетонные смеси – это смеси с температурой смешивания в интервале 145–160 °С, а также температурой их укладки и уплотнения не менее 120–130 °С [15, 16]. При таких повышенных температурах потребляется значительное количество энергии, а в атмосферу выбрасывается большое количество парниковых газов и загрязняющих веществ [16]. Интервал времени между выпуском смеси из смесителя и её уплотнением должен быть весьма коротким, что диктует необходимость расположения производственных центров на участках выполнения работ или в непосредственной близости от них с целью сокращения расстояния транспортировки смеси и недопущения её повторного нагрева для достижения необходимой температуры уплотнения. Большая часть существующих ныне дорог в Сирии создана с использованием энергозатратной технологии производства ГАС [4].

В связи с существующей тенденцией к сокращению потребления топлива и энергии и, следовательно, к снижению экономических затрат, а также в связи с соблюдением экологических норм и необходимостью продления расстояния транспортировки и строительного сезона, указанный вид асфальтобетонных смесей не представляется наиболее перспективным для использования в современных дорожных условиях Сирии.

Холодные асфальтобетонные смеси, укладываемые в холодном состоянии благодаря применению в них жидких битумов и существенному снижению количества вяжущего материала, в сравнении с горячим и теплым асфальтобетонами, способны длительное время оставаться рыхлыми. Эта особенность холодных асфальтобетонных смесей дает возможность заготавливать их впрок (они могут храниться в штабелях или упакованном виде до 6 мес.) [16, 17, 18]. Однако, недостатком этого вида смеси является длительный период формирования в покрытии (1,5 – 3 мес. в зависимости от вязкости жидкого битума, интенсивности движения автомобилей и погодных условий) [17, 19]. Вследствие недостаточной плотности и слабых структурных связей холодный асфальтобетон характеризуется низкой водо- и морозостойкостью, поэтому его применяют в условиях холодного климата на дорогах низких категорий или для их ремонта в переходные периоды года [15, 18, 19]. Холодные асфальтобетонные смеси непригодны для строительства дорожного покрытия в условиях средиземноморского, субтропического, а ближе к центру страны – континентального климата Сирии, в которой летняя температура в пустынных областях достигает до + 50 °С [20].

Теплая асфальтобетонная смесь (ТАС) – это технический термин, используемый для описания асфальтобетонных смесей, производимых

при температурах ниже традиционных ГАС обычно на 10–40 °С [21].

Преимущества технологий ТАС заключаются в том, что снижение температуры производства асфальтобетонной смеси гарантирует экономические и экологические выгоды. Чем ниже температура смешивания, тем меньше выбросы парниковых газов и расход топлива. Многие исследования продемонстрировали преимущества технологий ТАС. К ним относятся снижение выбросов CO₂ и расхода топлива, увеличение срока службы дорожного покрытия вследствие уменьшения старения органического вяжущего на этапе производства асфальтобетонной смеси, возможность включения в смесь повышенного содержания переработанного асфальтобетона, улучшение условий труда на асфальтовых заводах и увеличение времени на транспортировку, укладку и уплотнение асфальтобетонных смесей [22–23]. Технологии ТАС могут снизить выбросы парниковых газов примерно на 33 % по сравнению с ГАС, а потребление энергии на этапе производства – примерно на 18 % [24, 25].

Технология теплых асфальтобетонных смесей становится все более популярной в дорожном строительстве благодаря её экологическим преимуществам и способности улучшать технические и технологические свойства смесей. ТАС – это альтернативная технология, разработанная для повышения энергоэффективности за счет снижения температуры производства и выбросов. По данным Института асфальта США, ТАС представляет собой модифицированную смесь ГАС, которая производится, помещается и уплотняется при температуре на 10–40 °С ниже, чем температура, необходимая для обычной смеси ГАС [21, 24].

ТАС – это экологически чистая технология, в которой для нагрева агрегатов используется меньшее количество топлива, снижается уровень выбросов газов, выделяется меньше загрязняющих веществ, а также уменьшается процесс старения асфальтобетона во время строительства. Эти факторы способствуют продлению срока службы дороги и позволяют раньше открыть движение [21, 24, 25, 26].

Проанализировав характеристики технологий приготовления асфальтобетонных смесей, используемых в дорожном строительстве, и проведя обзор научных исследований в этой области, мы пришли к заключению о том, что технология ТАС является наиболее подходящей для применения в условиях САР, поскольку с её помощью может быть решено большинство проблем, с которыми сталкивается дорожная отрасль страны, и извлечены следующие выгоды:

- экологические выгоды, связанные со снижением выбросов газов на заводах по производству асфальтобетона;
- экономические выгоды, связанные со снижением энергопотребления и финансовых затрат;
- технические выгоды, связанные с повышением качества уплотнения смеси, с увеличением расстояния между асфальтобетонным заводом и строительной площадкой, и повышением эффективности применяемого автотранспорта вследствие увеличения времени нахождения смеси при требуемой для её укладки температуре;
- производственные выгоды, связанные с большей свободой выбора места расположения завода и возможностью его размещения в городских районах.

3. Сложность применения ТАС в Сирии.

Несмотря на многочисленные преимущества, которыми обладают теплые асфальтобетонные смеси, обеспечивающие многие требуемые характеристики покрытий, соответствующие текущей ситуации в дорожной сети в Сирии, их применение в условиях Сирийской Арабской Республики сопровождается рядом трудностей, которые необходимо знать и учитывать при применении этого типа смеси, а именно: выбор подходящей технологии; учет физико-механических свойств ТАС; отсутствие технической литературы и строительной контрольной.

Выбор подходящей технологии. В настоящее время существует три ведущие технологии, которые могут быть реализованы для производства ТАС: использование химических добавок, органических добавок и методов вспенивания [24, 25]. Химические добавки улучшают обрабатываемость и компактность за счет уменьшения трения между вяжущим веществом и заполнителем, тогда как органические добавки работают за счет снижения вязкости вяжущего при температуре, превышающей температуру плавления добавки, что позволяет проводить смешивание при более низких температурах. Методы вспенивания работают путем временного изменения состояния вяжущего вещества из жидкости в пену, что приводит к снижению его эффективной вязкости при перемешивании и улучшает процесс перемешивания при более низких температурах [25, 26]. Поэтому следует изучить имеющиеся варианты, чтобы выбрать подходящую технологию производства с учетом материалов, доступных и используемых при изготовлении асфальтобетонных смесей, климатических условий и условий движения в регионе, а также с учетом наименьших экономических затрат.

Физико-механические свойства ТАС. Некоторые свойства теплых асфальтобетонных смесей могут подходить для условий одного региона и не подходить для условий другого. Например, в Сирийской Арабской Республике летом высокие температуры, что снижает вязкость вяжущего. В случае использования теплых смесей, это может снизить водостойкость и увеличить вероятность износа верхних слоев покрытия. Поэтому следует изучить характеристики асфальтобетонных смесей, применяемых в соответствии с условиями Сирийской Арабской Республики, а также определить модификаторы или добавки, необходимые для улучшения характеристик ТАС в течение срока службы.

Отсутствие технической и практической экспертизы. Технология теплых асфальтобетонных смесей – это новая технология, которая еще не применялась в Сирийской Арабской Республике. Это означает, что отсутствуют экспериментальные данные, которые могли бы послужить базой для определения технических условий, методов приготовления и применения смеси. Поэтому необходимо провести серию экспериментальных исследований для определения конкретных технических условий и методов обработки, которые соответствовали бы условиям Сирийской Арабской Республики, а также подготовить квалифицированные технические кадры, необходимые для осуществления технологии ТАС на всех этапах производства, включая надзор и контроль.

Выводы. Результаты исследования показали, что технологию приготовления теплых асфальтобетонных смесей с учетом трудностей, указанных в данной статье, следует считать наиболее подходящим типом асфальтобетонных смесей для применения в условиях Сирийской Арабской Республики. Данная технология, по сравнению с горячими и холодными смесями, обеспечивает многие преимущества для дорожной сети САР: экономию энергии и топлива; относительно длительное время реализации и, следовательно, увеличение расстояния транспортировки от завода до объекта строительства; низкие температуры смешивания и уплотнения и, следовательно, продление строительного сезона, что будет способствовать выполнению больших объемов строительных работ; сокращение выбросов вредных газов и обеспечение экологически здоровой окружающей среды.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. DW Academy. World Bank Report: War Syrian Losses [Электронный ресурс]. URL: <https://p.dw.com/p/2gIS7> (дата обращения: 23.10.2019).
2. Комаров Ю.Я., Алшахван А. Улучшение условий дорожного движения на перекрестке Отеля Пульмана в г. Алеппо (САР) // Молодой ученый. 2018. № 20. С. 148–152.
3. Комаров Ю.Я., Алшахван А. Влияние диаметра кольцевого пересечения Омар Абу Риша в г. Алеппо (САР) на параметры транспортного потока // Молодой ученый. 2018. № 14. С. 26–30.
4. Syrian Arab Republic - Ministry of Transport - Ministry of Transport. Road Performance [Электронный ресурс]. URL: <http://mot.gov.sy/web/orginal/spage.php?cid=10&id=94#1> (дата обращения: 24.10.2019).
5. Al-Bayati H.K.H., Tighe S.L., Achebe J. Influence of recycled concrete aggregate on volumetric properties of hot mix asphalt // Resources, Conservation and Recycling. 2018. No. 130. Pp. 200–214. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.11.027.
6. Hamed Gh.H., Tahami S.A. The effect of using anti-stripping additives on moisture damage of hot mix asphalt // International Journal of Adhesion and Adhesives. 2018. No. 81. Pp. 90–97. doi: 10.1016/j.ijadhadh.2017.03.016.
7. Syrian Arab Republic - Central Bureau of Statistics. [Электронный ресурс]. URL: <http://cbssyr.sy/> (дата обращения: 25.10.2019).
8. Al-Mohamad R. Traffic (1). Syria: Aleppo university, 2001. 184 p.
9. Алшахван А. Совершенствование организации дорожного движения в г. Алеппо (САР) в районе Мухафаза. Дис...магистратура. Волгоград. 2018. 103 с.
10. Sputnik-Arabic. [Электронный ресурс]. URL: <https://cdnarabic1.img.sputniknews.com/images/102279/49/1022794984.jpg> (дата обращения: 01.05.2018).
11. Al-Nabaa news. [Электронный ресурс]. URL: <https://annabaa.org/aarticles/fileM/23/5bc3ec4022010.jpg> (дата обращения: 15.10.2018).
12. Enab Baladi news. [Электронный ресурс]. URL: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/enabbaladi/arabic/wp-content/uploads/2019/09/syria6.jpg> (дата обращения: 08.09.2019).
13. Center Al-Furat news. [Электронный ресурс]. URL: <http://fcds.com/storegefiles/5bc335811f65c.jpg> (дата обращения: 14.10.2018).
14. Almeida-Costa A., Benta A. Economic and environmental impact study of warm mix asphalt compared to hot mix asphalt // J. Cleaner Prod. 2016. No. 112. Pp. 2308–2317. doi: 10.1016/j.jclepro.2015.10.077. Гезенцев Л.Б., Горельшев Н.В., Богуславский А.М., Королев И.В. Дорожный асфальтобетон. М.: Транспорт, 1985. 350 с.

15. Калгин Ю.И. Дорожные битумоминеральные материалы на основе модифицированных битумов. Воронеж: изд-во Воронеж. гос. ун-та, 2006. 272 с.
16. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы. М.: Транспорт, 1973. 246 с.
17. Dias L. G. Creep performance evaluation of Cold Mix Asphalt patching mixes // International Journal of Pavement Research and Technology. 2016. No. 9. Pp. 149–158. doi: 10.1016/j.ijprt.2016.04.002.
18. Ling C., Hanz A., Bahia H. Measuring moisture susceptibility of Cold Mix Asphalt with a modified boiling test based on digital imaging // Construction and Building Materials. 2016. No. 105. Pp. 391–399. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.12.093.
19. Syrian general directorate of meteorology. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.facebook.com/Meteo.sy/> (дата обращения: 26.09.2019).
20. Радовский Б.С. Технология нового асфальтобетона в США [Электронный ресурс]. Систем. требования: Adobe Acrobat Reader. URL: https://bitumen.globecore.ru/wp-content/uploads/sites/5/2015/08/tehnologia_tverdgo_o_asfaltobetona.pdf (дата обращения: 05.06.2018).
21. Liu Q., Yu W., Wu Sh., Schlangen E., Pan P. A comparative study of the induction healing behaviors of hot and warm mix asphalt // Construction and Building Materials. 2017. No. 144. Pp. 663–670. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.03.195.
22. Vatikus A., Čygas D., Laurinavičius A., Voroobjovas V., Perveneckas Z. Influence of warm mix asphalt technology on asphalt physical and mechanical properties // Construction and Building Materials. 2016. No. 112. Pp. 800–806. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.02.212.
23. Capitão S.D., Picado-Santos L.G., Martinho F. Pavement engineering materials: Review on the use of warm-mix asphalt // Constr. Build. Mater. 2012. No. 36. Pp. 1016–1024. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.06.038.
24. Jamshidi A., Hamza M. O., You Z. Performance of Warm Mix Asphalt containing Sasobit®: State-of-the-art // Construction and Building Materials. 2013. No. 38. Pp. 530–553. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.08.015.
25. Omari I., Aggarwal V., Hesp S. Investigation of two Warm Mix Asphalt additives // International Journal of Pavement Research and Technology. 2016. No. 9. Pp. 83–88. doi: 10.1016/j.ijprt.2016.02.001.

Информация об авторах

Алшахван Аладдин, аспирант кафедры строительства и эксплуатации автомобильных дорог. E-mail: alaaalaash@yahoo.com. Воронежский государственный технический университет. Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84.

Калгин Юрий Иванович, доктор технических наук, проф кафедры строительства и эксплуатации автомобильных дорог. E-mail: kalgin36@yandex.ru. Воронежский государственный технический университет. Россия, 394006, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября, д. 84.

Поступила в ноябре 2019 г.

© Алшахван А., Калгин Ю.И., 2020

***Alshahwan A., Kalgin Yu.I.**

Voronezh State Technical University.

**E-mail: alaaalaash@yahoo.com*

THE IMPORTANCE OF THE USE OF WARM MIX ASPHALT FOR CONSTRUCTION ROADS IN CONDITIONS OF THE SYRIAN ARAB REPUBLIC

Abstract. *As a result of prolonged hostilities in the Syrian Arab Republic, maintenance and repair of roads are not carried out for a long time, which led to the decline of the road network. Roads of the Syrian Arab Republic require significant rehabilitation; repairs must be carried out within a short period at the lowest cost, while achieving optimal technical characteristics. Weak economic potential of the country, low fuel reserves of various types, in addition to the huge destruction of the road network - all these difficulties facing the reconstruction process. This article is devoted to the study of the characteristics of the technologies of asphalt mixes used in road construction, and the determination of the most suitable technology for current conditions. As a result of research, it is emphasized that warm asphalt mix is the best choice compared to other types of technologies: it reduces energy consumption, reduces production costs, helps to extend the construction season, expand production capacities, save the environment, etc.*

Keywords: *Syrian Arab Republic, asphalt concrete, warm mix asphalt, road rehabilitation, greenhouse gas.*

REFERENCES

1. DW Academy. World Bank Report: War Syrian Losses. URL: <https://p.dw.com/p/2gIS7> (date of treatment: 23.10.2019).
2. Komarov Yu.Y., Alshahwan A. Improving traffic conditions at the intersection of the Pulman Hotel in Aleppo (SYR) [Uluchshenie uslovij dorozhnogo dvizheniya na perekrestke Otelya Pul'mana v g. Aleppo (SAR)]. Young scientist. 2018. No. 20. Pp. 148–152. (rus)
3. Komarov Yu.Y., Alshahwan A. The effect of the roundabout diameter on the traffic parameters of the flow at the intersection of the Omap Abu Risha in Aleppo (SYR) [Vliyanie diametra kol'cevogo peresecheniya Omar Abu Risha v g. Aleppo (SAR) na parametry transportnogo potoka]. Young scientist. 2018. No. 14. Pp. 26–30. (rus)
4. Syrian Arab Republic - Ministry of Transport - Ministry of Transport. Road Performance. URL: <http://mot.gov.sy/web/orignal/spage.php?cid=10&id=94#1> (date of treatment: 24.10.2019).
5. Al-Bayati H. KH., Tighe S. L., Achebe J. Influence of recycled concrete aggregate on volumetric properties of hot mix asphalt. Resources, Conservation and Recycling. 2018. Vol. 130. Pp. 200–214. doi: 10.1016/j.resconrec.2017.11.027.
6. Hamedi Gh. H., Tahami S. A. The effect of using anti-stripping additives on moisture damage of hot mix asphalt. International Journal of Adhesion and Adhesives. 2018. Vol. 81. Pp. 90–97. doi: 10.1016/j.ijadhadh.2017.03.016.
7. Syrian Arab Republic - Central Bureau of Statistics. URL: <http://cbssyr.sy/> (date of treatment: 25.10.2019).
8. Al-Mohamad R. Traffic (1). Syria: Aleppo university, 2001. 184 p.
9. Alshahwan A. Improving the organization of traffic in Aleppo (SYR) in the governorate area [Sovershenstvovanie organizacii dorozhnogo dvizheniya v g. Aleppo (SAR) v rajone Muhafaza]. Master's thesis. Volgograd. 2018. 103 p.
10. Sputnik-Arabic. URL: <https://cdn-arabic1.img.sputniknews.com/images/102279/49/1022794984.jpg> (date of treatment: 01.05.2018).
11. Al-Nabaa news. URL: <https://anna-baa.org/aarticles/fileM/23/5bc3ec4022010.jpg> (date of treatment: 15.10.2018).
12. Enab Baladi news. URL: <https://s3-eu-west-1.amazonaws.com/enabbaladi/arabic/wp-content/uploads/2019/09/syria6.jpg> (date of treatment: 08.09.2019).
13. Center Al-Furat news. URL: <http://fcds.com/storegefiles/5bc335811f65c.jpg> (date of treatment: 14.10.2018).
14. Almeida-Costa A., Benta A. Economic and environmental impact study of warm mix asphalt compared to hot mix asphalt. J. Cleaner Prod. 2016. Vol. 112. Pp. 2308–2317. (<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.077>).
15. Gezentsvey L.B., Gorelyshev N.V., Boguslavsky A.M., Korolev I.V. Asphalt concrete [Dorozhnyj asfal'tobeton]. Moscow: Transport, 1985. 350 p. (rus)
16. Kalgin Yu.I. Modified Bitumen Road Bitumen-Mineral Materials [Dorozhnye bitumomineral'nye materialy na osnove modifitsirovannyh bitumov]. Voronezh: Voronezh State Technical University, 2006. 272 p. (rus)
17. Kolbanovskaya A.S., Mikhailov V.V. Road bitumen [Dorozhnye bitumy]. Moscow: Transport, 1973. 246 p. (rus)
18. Dias L. G. Creep performance evaluation of Cold Mix Asphalt patching mixes. International Journal of Pavement Research and Technology. 2016. Vol. 9. Pp. 149–158. (<https://doi.org/10.1016/j.ijprt.2016.04.002>).
19. Ling C., Hanz A., Bahia H. Measuring moisture susceptibility of Cold Mix Asphalt with a modified boiling test based on digital imaging. Construction and Building Materials. 2016. Vol. 105. Pp. 391–399. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2015.12.093).
20. Syrian general directorate of meteorology. URL: <https://www.facebook.com/Meteo.sy/> (date of treatment: 26.09.2019).
21. Radovsky B.S. New Asphalt Technology in the USA [Tekhnologiya novogo asfal'tobetona v SSHA]. Adobe Acrobat Reader. URL: https://bitumen.globecore.ru/wp-content/uploads/sites/5/2015/08/tehnologia_tverdogo_asfaltobetona.pdf (date of treatment: 05.06.2018).
22. Liu Q., Yu W., Wu Sh., Schlangen E., Pan P. A comparative study of the induction healing behaviors of hot and warm mix asphalt. Construction and Building Materials. 2017. Vol. 144. Pp. 663–670. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2017.03.195.
23. Vatikus A., Čygas D., Laurinavičius A., Voroobjovas V., Perveneckas Z. Influence of warm mix asphalt technology on asphalt physical and mechanical properties. Construction and Building Materials. 2016. Vol. 112. Pp. 800–806. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2016.02.212.
24. Capitão S.D., Picado-Santos L.G., Martinho F. Pavement engineering materials: Review on the use of warm-mix asphalt. Constr. Build. Mater. 2012. Vol. 36. Pp. 1016–1024. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.06.038.
25. Jamshidi A., Hamza M. O., You Z. Performance of Warm Mix Asphalt containing Sasobit®.

State-of-the-art. Construction and Building Materials. 2013. Vol. 38. Pp. 530–553. doi: 10.1016/j.conbuildmat.2012.08.015.

26. Omari I., Aggarwal V., Hesp S. Investigation of two Warm Mix Asphalt additives. International Journal of Pavement Research and Technology. 2016. Vol. 9. Pp. 83–88. doi: 10.1016/j.ijprt.2016.02.001

Information about the authors

Alshahwan, Aladdin. Postgraduate student. E-mail: alaaalaash@yahoo.com. Voronezh State Technical University. Russia, 394006, Voronezh, st. 20-Letiya Oktyabrya, 84.

Kalgin, Yuri I. DSc, Professor. E-mail: kalgin36@yandex.ru. Voronezh State Technical University. Russia, 394006, Voronezh, st. 20-Letiya Oktyabrya, 84.

Received in November 2019

Для цитирования:

Алшахван А., Калгин Ю.И., Актуальность применения теплых асфальтобетонных смесей для дорожного строительства в условиях Сирийской Арабской Республики // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 2. С. 26–33. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-2-26-33

For citation:

Alshahwan A., Kalgin Yu.I. The importance of the use of warm mix asphalt for construction roads in conditions of the Syrian Arab Republic. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2020. No. 2. Pp. 26–33. DOI: 10.34031/2071-7318-2020-5-2-26-33