УДК 625.85.06
2.1.8. Проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей



Н.Н. Габибов, Д.Н. Андреев
Вологодский государственный университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ЭМУЛЬГАТОРОВ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БИТУМНЫХ ЭМУЛЬСИЙ В УСЛОВИЯХ ООО «АБЗ ВАД»

В работе выполнено экспериментальное исследование трех отечественных эмульгаторов («Амдор-ЭМ-1», «Дорос-ЭМ», «Азол 1016») при приготовлении битумной эмульсии марки ЭБДК-Б в условиях реального производства ООО «АБЗ ВАД». Приготовление образцов осуществлялось на передвижной эмульсионной установке № 8 с фиксацией технологических параметров. Испытания проводились в возрасте 1 и 7 суток по методикам ГОСТ Р 58952.1-2020 - 58952.10-2020. Установлено, что образец с эмульгатором «Амдор-ЭМ-1» полностью соответствует требованиям стандарта по всем показателям, включая стабильность при хранении, и обладает наименьшей себестоимостью после корректировки рецептур конкурентов.

Битумная эмульсия, отечественные эмульгаторы, импортозамещение, адгезия, подгрунтовка, экономическая эффективность, ресурсосберегающие технологии.

Современное дорожное строительство в России переживает период глубоких технологических изменений. Увеличение интенсивности движения, рост нагрузок на дорожную сеть и ужесточение требований к срокам службы покрытий заставляют искать новые подходы к выбору материалов. Традиционные технологии с использованием горячего битума не всегда позволяют добиться нужного качества: они требуют высоких энергозатрат, жестко привязаны к погодным условиям и не дают возможности работать с влажными материалами. Одним из наиболее эффективных направлений, позволяющих преодолеть эти ограничения, стало применение битумных эмульсий [11]. Они представляют собой дисперсную систему, в которой мельчайшие капли битума равномерно распределены в водном растворе с помощью специальных добавок – эмульгаторов. Благодаря этому эмульсии могут использоваться при пониженных температурах и повышенной влажности, а также позволяют экономить до 40 % тепловой энергии по сравнению с горячим битумом. Ключевым компонентом, определяющим стабильность и эксплуатационные характеристики эмульсии, является эмульгатор [9].

Актуальность обусловлена современной экономической ситуацией: до недавнего времени основной объем ПАВ поставлялся из-за рубежа. Уход зарубежных производителей с российского рынка создал острую потребность в отечественных аналогах. В ответ на это активизировались российские химические предприятия, предлагающие широкий ассортимент эмульгаторов для дорожного строительства. Однако в условиях конкурентной борьбы и спешки не всегда удается гарантировать стабильное качество продукции, что требует тщательной проверки новых материалов в реальных производственных условиях.

Новизна исследования заключается в получении новых экспериментальных данных о влиянии трех доступных отечественных эмульгаторов. В рамках исследования, выполненного на базе ООО «АБЗ ВАД», были выбраны три катионных ПАВ, представляющих разные технологические школы и регионы производства: «Амдор-ЭМ-1» (ООО «АМДОР», г. Санкт-Петербург), «Дорос-ЭМ» (ООО Предприятие «Дорос», г. Ярославль) и «Азол 1016» (ОАО «Котласский химический завод», г. Коряжма, Архангельской области). Все они предназначены для приготовления катионных быстрораспадающихся эмульсий, которые наиболее востребованы при подгрунтовке оснований дорожных одежд [10].

Теоретическая значимость работы заключается в обобщении и систематизации данных о влиянии трех отечественных эмульгаторов на физико-химические и эксплуатационные свойства битумной эмульсии марки ЭБДК-Б. Полученные результаты расширяют представления о закономерностях стабилизации катионных эмульсий и их адгезионном взаимодействии с различными типами каменных материалов, включая гранит, габбро-диабаз и шлак (как представителя техногенных отходов).

Практическая значимость исследования состоит в получении объективных, фактических данных, позволяющих обоснованно выбрать наиболее эффективный отечественный эмульгатор для производства эмульсии ЭБДК-Б в условиях ООО «АБЗ ВАД».

Приготовление опытных образцов проводилось на передвижной эмульсионной установке № 8, расположенной в Шекснинском районе Вологодской области. На момент проведения испытаний коллоидная мельница была настроена на производительность ≈ 6 тонн в час. Регулировка производительности осуществляется не самой мельницей, а насосами, подающими битум и водную фазу. Зазор между дисками мельницы

настроен на минимально возможный помол, обеспечивающий требуемую дисперсность эмульсии при допустимой нагрузке на двигатель (контролируется по амперметру), что способствует продлению срока службы оборудования.

Для корректного сравнения все три образца готовились при одинаковых условиях: температура битума 136–138 °С; температура водной фазы 58–60 °С; температура готовой эмульсии 88–92 °С [12]. Дозировка эмульгаторов соответствовала минимальным значениям, рекомендованным производителями: «Азол 1016» – 1,8 кг/т; «Дорос-ЭМ» – 2,7 кг/т; «Амдор-ЭМ-1» – 2,0 кг/т. pH водной фазы доводился до 2,2 добавлением соляной кислоты, причем количество кислоты для каждого эмульгатора подбиралось индивидуально.

Для оценки адгезии эмульсии особое внимание уделили подбору каменных материалов. Наряду с традиционными гранитом и габбро-диабазом, которые широко используются на предприятии, в программу испытаний был включен шлак – продукт металлургического производства ПАО «Северсталь» (г. Череповец). Шлак расположен в непосредственной близости от места установки асфальтобетонного завода (расстояние до Череповца составляет около 50 км), что делает его логистически доступным и экономически привлекательным. В настоящее время этот материал не применяется на АБЗ ВАД, однако его использование позволило бы частично заменить дорогостоящий привозной гранитный щебень, что соответствует задачам ресурсосбережения и импортозамещения.

Программой были предусмотрены **методы исследования** образцов битумной эмульсии на первые и на седьмые сутки по следующим нормативным документам: метод определения скорости распада (ГОСТ Р 58952.4-2020) [2], метод определения содержание вяжущего с эмульгатором (ГОСТ Р 58952.5-2020) [3], метод определения условной вязкости (ГОСТ Р 58952.6-2020) [4], метод определения остатка на сите № 014 (ГОСТ Р 58952.7-2020) [5], метод определения устойчивости при хранении (ГОСТ Р 58952.8-2020) [6], метод определения расслоения (ГОСТ Р 58952.9-2020) [7] и метод определения адгезии к минеральным материалам (ГОСТ Р 58952.10-2020) [8]. Выбор именно этих методов обусловлен необходимостью комплексной оценки качества эмульсии как в свежеприготовленном состоянии, так и после хранения, что имеет ключевое значение для производственной логистики. Результаты испытаний сведены в таблицу.

Результаты испытаний показали, что в возрасте одних суток все три образца соответствуют нормативным требованиям. Все три образца показали схожие результаты по индексу распада, содержанию вяжущего и вязкости. Адгезия к граниту и габбро-диабазу во всех случаях оказалась хорошей. Различия проявились при работе со шлаком: образец на эмульгаторе «Азол» дал удовлетворительный результат, в отличие от образцов с «Дорос» и «Амдор».

На седьмые сутки хранения образцы эмульсии показали заметные различия по стабильности. «Азол» не прошел по обоим показателям (остаток 0,61 %, расслоение 5,1 %). «Дорос» не прошел по остатку на сите (1,29 %), расслоение соответствует ГОСТ. «Амдор» прошел по всем показателям (остаток 0,26 %, расслоение 3,0 %).

Таким образом, при одинаковых условиях приготовления и минимальных рекомендованных концентрациях эмульгаторов только эмульгатор «Амдор-ЭМ-1» обеспечил стабильность эмульсии в течение нормативного срока хранения согласно ГОСТам и без какой-либо дополнительной корректировки рецептуры.

Экономическая оценка применения исследуемых эмульгаторов проводилась на основе рецептур и рыночных цен, а также с учетом результатов испытаний. Первоначальная себестоимость 1 тонны эмульсии составила для образца с «Азол» 18 208,52 руб., с «Дорос» – 18 550,39 руб., с «Амдор» – 8 266,98 руб. Однако образцы с «Азол» и «Дорос» требуют увеличения концентрации эмульгатора для достижения нормативных показателей. Прогнозный расчет показал, что при увеличении расхода хотя бы на 10 % себестоимость этих образцов возрастет до 18 271,52 руб. и 18 647,59 руб. соответственно, тогда как себестоимость образца с «Амдор» остается неизменной.

Годовая экономия от применения «Амдор-ЭМ-1» по сравнению с «Доросом» (после корректировки) для одной эмульсионной установки (объем ЭУ № 8 456,5 т/год) составляет 174 тыс. рублей, а при масштабировании на все подразделения ООО «АБЗ ВАД» – до 2,97 млн рублей. Важно отметить, что эта цифра не учитывает дополнительных выгод, связанных с логистикой и складским хозяйством. Более высокий расход эмульгатора «Дорос-ЭМ» означает пропорционально больший объем закупок, транспортировки и хранения, что влечет за собой дополнительные затраты, которые при использовании «Амдор» также снижаются.

Таблица

Сравнительные показатели образцов битумной эмульсии

Показатель	***Норма по ГОСТ* [1]**	***Образец № 1 (Азол 1016)***	***Образец № 2 (Дорос-ЭМ)***	***Образец № 3 (Амдор-ЭМ1)***
Индекс распада	60–200	73	70	87
Содержание вяжущего, %	45–55	49,9	50,1	50,6
Условная вязкость, с	≤ 30	6,2	7,3	6,3
Остаток на сите, %	≤ 0,25	0,07	0,15	0,08
Адгезия к граниту	≥ 50 %	хорошо	хорошо	хорошо
Адгезия к габбро	≥ 50 %	хорошо	хорошо	хорошо
Адгезия к шлаку	≥ 50 %	**удовлетворительно**	хорошо	хорошо
Остаток на сите (7 сут), %	≤ 0,30	**0,61**	**1,29**	0,26

Расслоение (7 сут), %	≤ 5	**5,1**	4,9	3

Таким образом, по совокупности технических и экономических показателей оптимальным для применения в условиях ООО «АБЗ ВАД» признан эмульгатор «Амдор-ЭМ-1». Его использование позволяет получать стабильную битумную эмульсию, соответствующую требованиям ГОСТов, без доработки рецептуры, и дает реальный экономический эффект. Результаты работы могут быть полезны как для самого предприятия, так и для других дорожно-строительных организаций, переходящих на отечественные материалы в рамках политики импортозамещения.

Выводы:

1. Все три исследуемых эмульгатора позволяют получить битумную эмульсию марки ЭБДК-Б, соответствующую требованиям ГОСТов, в возрасте 1 суток.

2. По стабильности при хранении (7 суток) образец на основе эмульгатора «Амдор-ЭМ-1» существенно превосходит два других, полностью соответствуя нормативным требованиям.

3. Эмульгатор «Амдор-ЭМ-1» обеспечивает высокую адгезию ко всем трем типам каменных материалов, включая шлак, что открывает перспективы ресурсосбережения организации.

4. Экономические расчеты подтверждают целесообразность применения «Амдор-ЭМ-1»: даже без корректировки рецептуры его себестоимость ниже, чем у скорректированных аналогов, а годовая экономия в масштабах предприятия достигает 3 млн руб. с учетом транспортных расходов.

Литература

1. ГОСТ Р 58952.1-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные : введен 2020-12-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 15 с.
2. ГОСТ Р 58952.4-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Метод определения скорости распада : введен 2020-12-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 9 с.
3. ГОСТ Р 58952.5-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Метод определения содержания, вяжущего с эмульгатором : введен 2020-12-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 8 с.
4. ГОСТ Р 58952.6-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Метод определения условной вязкости : введен 2020-12-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 9 с.
5. ГОСТ Р 58952.7-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Метод определения остатка на сите № 014 : введен 2020-12-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 8 с.
6. ГОСТ Р 58952.8-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Метод определения устойчивости при хранении : введен 2020-12-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 10 с.
7. ГОСТ Р 58952.9-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Метод определения расслоения : введен 2020-12-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 9 с.
8. ГОСТ Р 58952.10-2020. Дороги автомобильные общего пользования. Эмульсии битумные дорожные. Метод определения адгезии с минеральными материалами : введен 2020-12-01. – Москва : Стандартинформ, 2020. – 11 с.
9. Силкин, В. В. Производство асфальтобетонных смесей и битумных эмульсий : учебное пособие / В. В. Силкин, А. П. Лупанов. – Москва : АСВ, 2021. – 370 с.
10. Абдуллин, А. И. Водобитумные эмульсии : учебное пособие / А. И. Абдуллин, Т. Ф. Ганичева, М. Р. Идрисов. – Казань : КНИТУ, 2012. – 116 с.
11. Ahmed Al-Mohammedawi and Konrad Mollenhauer. «Current Research and Challenges in Bitumen Emulsion Manufacturing and Its Properties» «Текущие исследования и проблемы в производстве битумной эмульсии и ее свойствах». Университет Касселя, Germany, 2022.
12. Nuria Querol a, Camila Barreneche b, Luisa F. Cabeza. «Asphalt emulsion formulation: State of the art of formulation, properties and results of HIPR emulsions» «Рецептура асфальтовой эмульсии: современное состояние рецептуры, свойства и результаты испытания эмульсий». Университет Барселоны, Марти и Франкес, Барселона, Испания, 2019.

N.N. Gabibov, D.N. Andreev

Vologda State University

EVALUATION OF DOMESTIC EMULSIFIERS FOR BITUME EMULSION PRODUCTION: A CASE STUDY OF ABZ VAD LLC

In this work an experimental study of three domestic emulsifiers ("Amdor-EM-1", "Doros-EM", "Azol 1016") in the preparation of bitumen emulsion of the EBDK-B brand was carried out under real production conditions of ABZ VAD LLC. Samples were prepared on a mobile emulsion unit No. 8 with the recording of process parameters. Tests were carried out at the age of 1 and 7 days according to the methods of GOST R 58952.1-2020 - 58952.10-2020. It was found that the sample with the emulsifier "Amdor-EM-1" fully complies with the requirements of the standard in all respects, including storage stability, and has the lowest cost after adjusting the competitors recipes.

Bitumen emulsion, domestic emulsifiers, import substitution, adhesion, priming, cost-effectiveness, resource-saving technologies.