



doi: 10.18720/CUBS.71.4

Качественные показатели российских битумных дорожных эмульсий

Quality indicators of Russian bitumen road emulsions

А.М. Исмаилов ^{1*}, Ю.Г. Лазарев ²A.M. Ismailov ^{1*}, Y.G. Lazarev ²

Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
St. Petersburg, Russia

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

эмульсии битумные дорожные катионные;
контроль качества;
эмульгаторы;
технологические процессы;
технологические решения;
автомобильные дороги;
гидротехнические сооружения;

KEYWORDS

emulsions bitumen road cationic;
quality control;
emulsifiers;
technological processes;
technological solutions;
highways;
hydraulic structures.;

ИСТОРИЯ

Подана в редакцию: 22.05.2018
Принята: 03.12.2018

ARTICLE HISTORY

Submitted: 22.05.2018
Accepted: 03.12.2018

АННОТАЦИЯ

Объектом исследования является битумные дорожные эмульсии. В статье рассмотрены основные показатели качества эмульсий битумных дорожных катионных (ЭБДК) производимых на полуавтоматизированных установках КАТИОН-10. Проанализированы актуальные исследования существующих методик по приготовлению битумных эмульсий. Проведены исследования ЭБДК-Б и ЭБДК-М изготовленных на различных эмульгаторах. Проанализированы полученные экспериментальные данные. Выявлены наиболее эффективные технологические решения по обеспечению требуемого качества эмульсий битумных дорожных катионных.

ABSTRACT

The object of investigation is bitumen road emulsions. The article deals with the main quality indicators of bitumen road cationic emulsions (EBDC) produced on semi-automated installations KATION-10. Current studies of existing techniques for the preparation of bitumen emulsions are analyzed. Studies of EBDK-B and EBDK-M made on various emulsifiers have been carried out. The obtained experimental data are analyzed. The most effective technological solutions for providing the required quality of bitumen road cationic emulsions have been identified.

Содержание

1.	Введение	41
2.	Методы	42
3.	Результаты и обсуждение	45
4.	Заключение	48

1. Введение

Потребность в испытании связана с тем, что необходимо оценить качественные показатели дорожных эмульсий и возможность замены дорогостоящих импортных эмульгаторов российскими при производстве ЭБДК-Б и ЭБДК-М.

В настоящее время исследованием битумных дорожных эмульсий занимаются Карпенко Ф. В., Long, Y., Dabros, T., Brown, S.F., Урчева, Ю.А., Золотарев В. А., Илиополов С. К., Марков С. В., Грехов П. И., Salou, M., Siffert, B., Гришенков В. Ф. и Грибов В. В. и другие [1-14]. Результаты этих исследований не имеют достаточных данных, по которым можно назначить процентное содержание всех компонентов битумной эмульсии и быть уверенным в её заданном сроке службы, потому что любое климатическое отклонение или любой другой фактор может привести к раннему или позднему распаду эмульсии по

времени. Традиционные методы анализа битумных дорожных катионных эмульсий основаны на детерминированных зависимостях и не учитывают, что на скорость распада битумных эмульсий влияет большое количество различных факторов, таких как: тип заполнителя, минералогический и зерновой состав минеральной части, состав эмульсии, вид и природа эмульгатора, соотношения компонентов в смеси, скорость ветра, температура, влажность и другие климатические условия [15, 16].

Совершенствование транспортной инфраструктуры необходимо рассматривать сквозь призму требований, принятых и реализуемых сегодня государственных программ, в частности, в сфере импортозамещения дорожно-строительных материалов и реализации требований Технического регламента таможенного союза. ТР ТС 014/2011, Безопасность автомобильных дорог [17,18]. Задача состоит в том, чтобы в условиях усложнения конструкции транспортных сооружений, применения новых строительных материалов и технологий транспортного строительства, роста интенсивности движения и нагрузок не допустить новых и более существенных затрат в процессе дорожного строительства [19,20,21].

Целью данной работы является исследование основных качественных показателей битумных дорожных эмульсий и возможности импортозамещения основополагающего компонента битумных дорожных эмульсий (эмульгатора) без потери качественных характеристик готового продукта и снижения технологичности процесса производства.

2. Методы

На первом этапе исследование основано на анализе существующих нормативных документов, регламентирующих производство эмульсии битумных дорожных катионных.

В соответствии с принятым техническим регламентом Таможенного союза (ТР ТС 014/2011) установлены минимально необходимые требования безопасности к автомобильным дорогам и процессам их проектирования, строительства, реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации, а также формы и порядок оценки соответствия этим требованиям [22,23,24].

В рамках исследования был осуществлён выпуск эмульсий двух типов ЭБДК-Б и ЭБДК-М на промышленных установках КАТИОН-10С и КАТИОН-10Н производительностью каждая 10 т/ч.

ЭБДК-Б производились с применением битумов производства нефтеперерабатывающего завода «Газпромнефть – Московский НПЗ»: БНД 60/90 и БНД 90/130. В качестве активатора использовалась соляная кислота. Количество добавляемого эмульгатора для эмульсий класса ЭБДК-Б составляло от 0,17 % до 0,24 % и для класса ЭБДК-М от 0,60 % до 1,0 % на одну тонну эмульсии.

В качестве партий сравнения были произведены серия ЭБДК-Б с применением в равных условиях эмульгатора «Амдор-ЭМ-1» и «Redicote EM22», а также серия ЭБДК-М с применением эмульгаторов «Амдор-ЭМ-3Т», «Redicote E11», «Stabiram MS6». В рамках исследования партии все сравнения были испытаны в лаборатории на следующие позиции:

1. Остаток на сите N 014, %;
2. Устойчивость при хранении по остатку на сите N 014 (7 суток), %;
3. Устойчивость при хранении по остатку на сите N 014 (14 суток), %;
4. Устойчивость при хранении по остатку на сите N 014 (30 суток), %;
5. Индекс распада при использовании песка кварцевого;
6. Адгезия к минеральному материалу, %.

Результаты лабораторных испытаний проанализированы на соответствие действующим документам технического регулирования производства эмульсий битумных дорожных катионных [25-35]. Результаты испытаний представлены в таблице 1, таблице 2, таблице 3, таблице 4 и таблице 5.

Таблица 1. Данные лабораторных исследований по определению устойчивости ЭБДК-Б с применением Амдор-ЭМ-1

№ опыта	Эмульгатор	Дозировка эмульгатора, %	Остаток на сите 014,%, через				Индекс распада по ГОСТ Р 55427-2013
			сутки	7 суток	14 суток	30 суток	
1	Амдор-ЭМ-1	0,21	0,05	0,06	0,10	0,13	171
2	Амдор-ЭМ-1	0,20	0,05	0,06	0,09	0,12	169
3	Амдор-ЭМ-1	0,19	0,06	0,07	0,08	0,15	174
4	Амдор-ЭМ-1	0,20	0,08	0,08	0,11	0,14	170
5	Амдор-ЭМ-1	0,17	0,08	0,10	0,10	0,15	170
6	Амдор-ЭМ-1	0,17	0,05	0,07	0,12	0,16	171
7	Амдор-ЭМ-1	0,18	0,02	0,06	0,09	0,13	168
8	Амдор-ЭМ-1	0,18	0,05	0,09	0,12	0,16	169
9	Амдор-ЭМ-1	0,19	0,07	0,10	0,10	0,14	174
10	Амдор-ЭМ-1	0,21	0,06	0,10	0,12	0,15	171
11	Амдор-ЭМ-1	0,18	0,05	0,08	0,11	0,15	169
12	Амдор-ЭМ-1	0,17	0,06	0,09	0,13	0,16	172

Таблица 2. Данные лабораторных исследований по определению устойчивости ЭБДК-Б с применением Redicote EM22

№ опыта	Эмульгатор	Дозировка эмульгатора, %	Остаток на сите 014,%, через				Индекс распада по ГОСТ Р 55427-2013
			сутки	7 суток	14 суток	30 суток	
1	Redicote EM22	0,21	0,10	0,10	0,13	0,19	152
2	Redicote EM22	0,24	0,09	0,12	0,15	0,18	150
3	Redicote EM22	0,21	0,10	0,11	0,14	0,20	160
4	Redicote EM22	0,20	0,11	0,12	0,15	0,19	156
5	Redicote EM22	0,19	0,09	0,09	0,16	0,18	153
6	Redicote EM22	0,20	0,11	0,13	0,16	0,20	156
7	Redicote EM22	0,21	0,12	0,14	0,17	0,20	161
8	Redicote EM22	0,20	0,08	0,12	0,14	0,18	154
9	Redicote EM22	0,23	0,10	0,10	0,13	0,18	152
10	Redicote EM22	0,21	0,09	0,12	0,16	0,17	150
11	Redicote EM22	0,20	0,11	0,12	0,18	0,20	156
12	Redicote EM22	0,19	0,12	0,15	0,16	0,19	157

Таблица 3. Данные лабораторных исследований по определению устойчивости ЭБДК-М с применением Амдор-ЭМ-3Т

№ опыта	Эмульгатор	Дозировка эмульгатора, %	Остаток на сите 014,%, через				Индекс распада по ГОСТ Р 55427-2013
			сутки	7 суток	14 суток	30 суток	
1	Амдор-ЭМ-3Т	1,0	0,08	0,06	0,10	0,09	274
2	Амдор-ЭМ-3Т	1,0	0,05	0,04	0,08	0,07	271
3	Амдор-ЭМ-3Т	1,0	0,01	0,09	0,06	0,10	280
4	Амдор-ЭМ-3Т	0,7	0,02	0,09	0,06	0,08	263
5	Амдор-ЭМ-3Т	0,8	0,06	0,10	0,21	0,15	274
6	Амдор-ЭМ-3Т	0,7	0,05	0,12	0,07	0,10	260
7	Амдор-ЭМ-3Т	1,0	0,02	0,03	0,07	0,05	310
8	Амдор-ЭМ-3Т	1,0	0,04	0,03	0,05	0,08	280
9	Амдор-ЭМ-3Т	0,8	0,17	0,13	0,03	0,10	275
10	Амдор-ЭМ-3Т	0,6	0,10	0,09	0,06	0,09	249
11	Амдор-ЭМ-3Т	0,7	0,09	0,10	0,12	0,15	263
12	Амдор-ЭМ-3Т	0,7	0,15	0,11	0,13	0,11	262

Таблица 4. Данные лабораторных исследований по определению устойчивости ЭБДК-М с применением Redicote E11

№ опыта	Эмульгатор	Дозировка эмульгатора, %	Остаток на сите 014,%, через				Индекс распада по ГОСТ Р 55427-2013
			сутки	7 суток	14 суток	30 суток	
1	Redicote E11	1,0	0,12	0,07	0,11	0,12	260
2	Redicote E11	1,0	0,14	0,14	0,15	0,17	249
3	Redicote E11	0,7	0,01	0,12	0,21	0,18	220
4	Redicote E11	1,0	0,14	0,08	0,03	0,08	268
5	Redicote E11	0,8	0,09	0,05	0,06	0,10	255
6	Redicote E11	0,6	0,14	0,17	0,15	0,20	226
7	Redicote E11	0,7	0,17	0,18	0,14	0,19	244
8	Redicote E11	0,7	0,11	0,12	0,14	0,15	244
9	Redicote E11	1,0	0,13	0,10	0,13	0,14	242
10	Redicote E11	1,0	0,12	0,12	0,16	0,17	243
11	Redicote E11	0,7	0,16	0,18	0,18	0,20	248
12	Redicote E11	0,8	0,15	0,16	0,15	0,19	250

Таблица 5. Данные лабораторных исследований по определению устойчивости ЭБДК-М с применением Stabiram MS6

№ опыта	Эмульгатор	Дозировка эмульгатора, %	Остаток на сите 014, %, через				Индекс распада по ГОСТ Р 55427-2013
			сутки	7 суток	14 суток	30 суток	
1	Stabiram MS6	1,0	0,12	0,08	0,10	0,09	263
2	Stabiram MS6	1,0	0,10	0,10	0,08	0,10	266
3	Stabiram MS6	0,7	0,11	0,09	0,16	0,18	262
4	Stabiram MS6	0,7	0,08	0,09	0,13	0,12	258
5	Stabiram MS6	0,8	0,10	0,10	0,21	0,15	260
6	Stabiram MS6	0,7	0,09	0,12	0,07	0,10	252
7	Stabiram MS6	1,0	0,11	0,03	0,07	0,05	261
8	Stabiram MS6	1,0	0,08	0,03	0,05	0,08	259
9	Stabiram MS6	1,0	0,10	0,13	0,13	0,10	261
10	Stabiram MS6	0,7	0,12	0,09	0,06	0,09	243
11	Stabiram MS6	0,7	0,11	0,10	0,12	0,15	239
12	Stabiram MS6	0,7	0,10	0,11	0,13	0,11	233

3. Результаты и обсуждение

Сравнительные результаты физико-химических характеристик ЭБДК-Б и ЭБДК-М по устойчивости при хранении проиллюстрированы ниже.

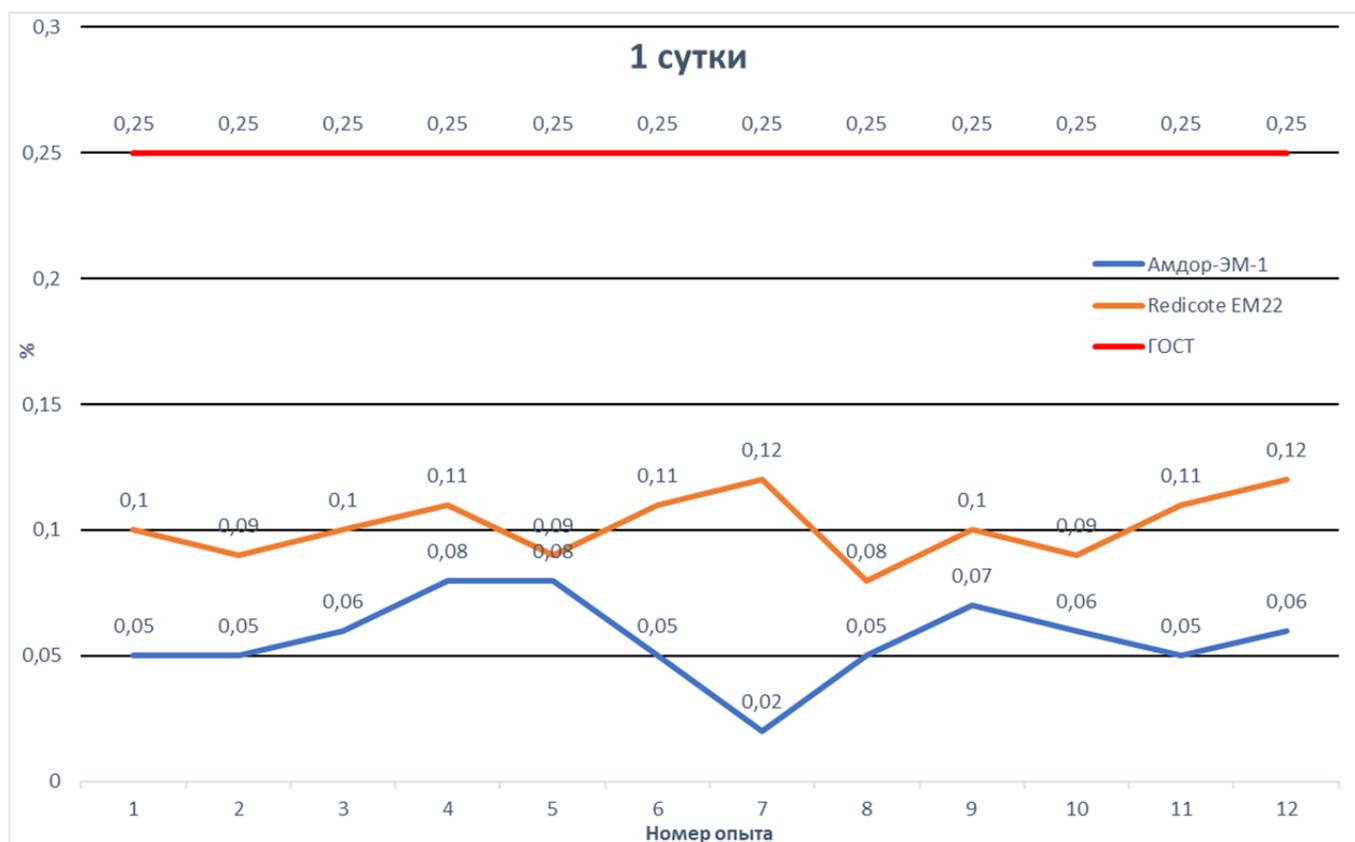


Рис.1 Остаток на сите 014, %, 1 сутки ЭБДК-Б

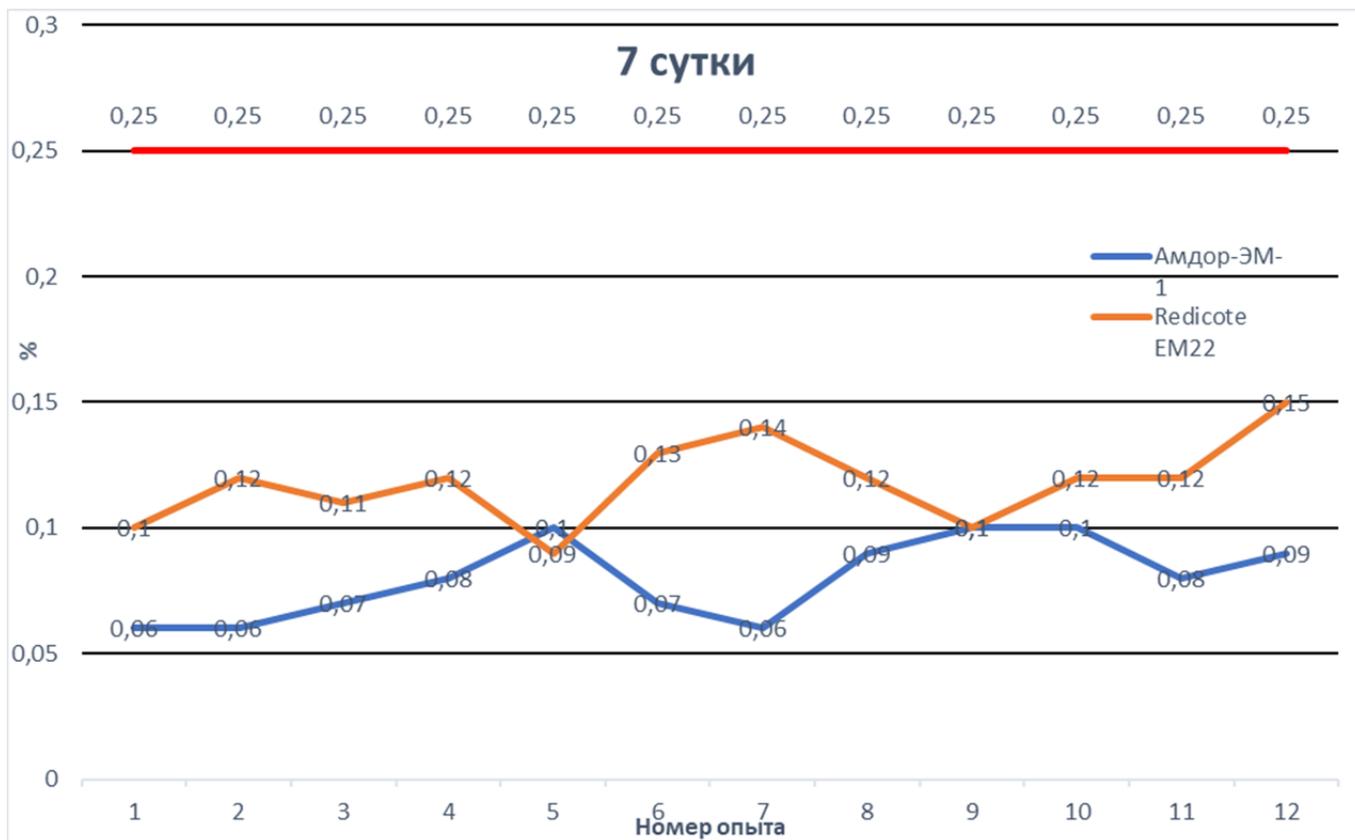


Рис.2 Остаток на сите 014,%, 7 сутки ЭБДК-Б

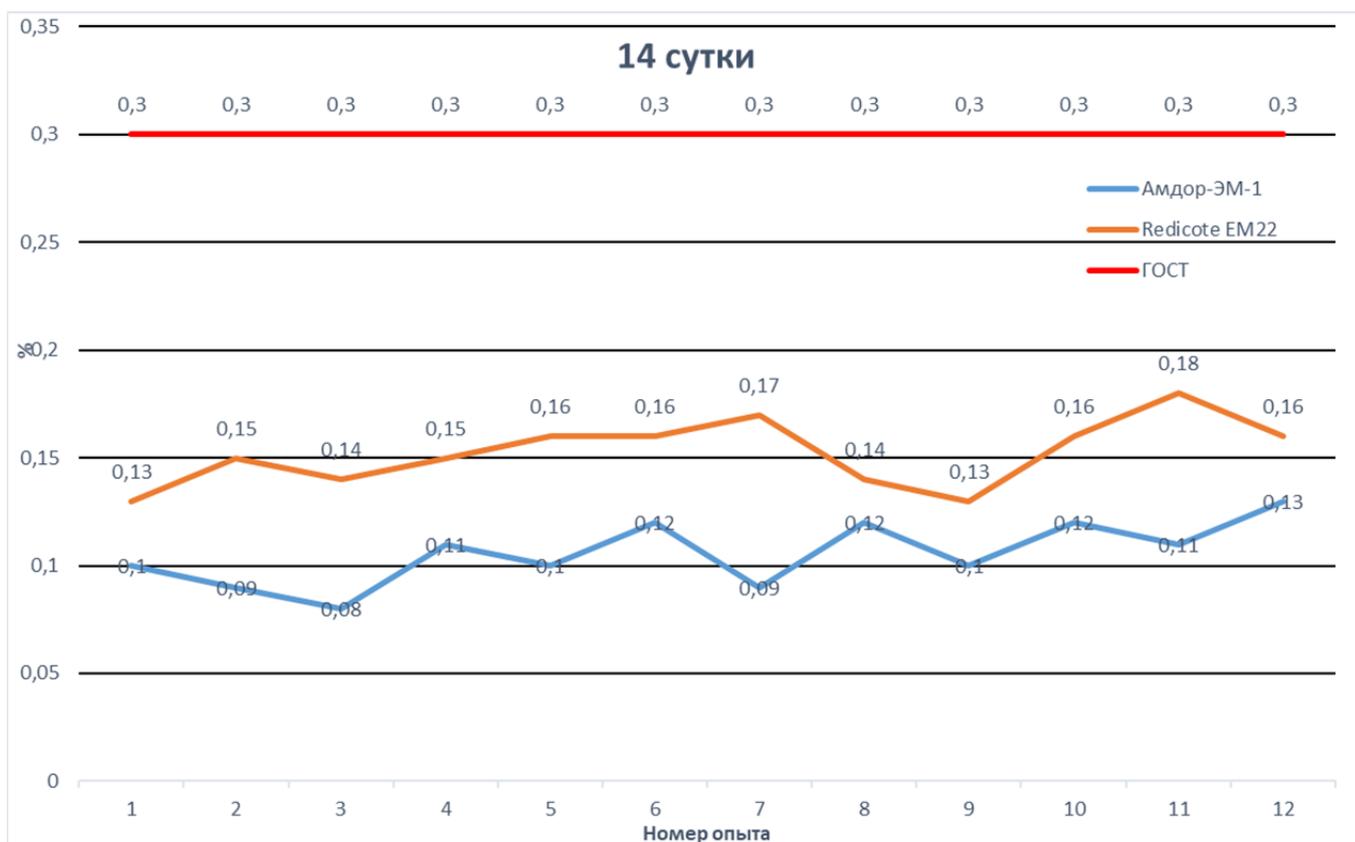


Рис.3 Остаток на сите 014,%, 14 сутки ЭБДК-Б

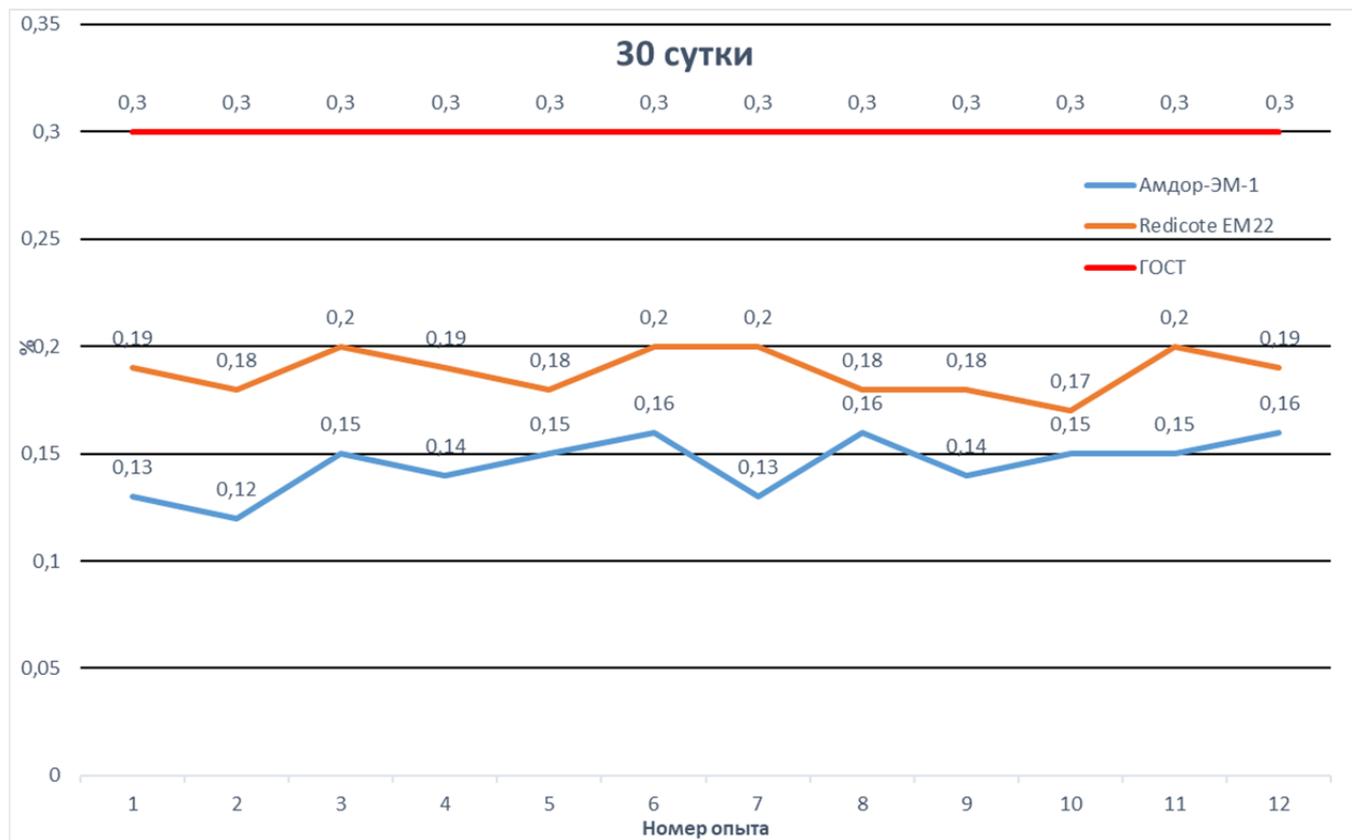


Рис.4 Остаток на сите 014,%, 30 сутки ЭБДК-Б



Рис.4 Индекс распада ЭБДК-М при использовании песка кварцевого

В ходе данного исследования экспериментально установлено, что эмульсии битумные дорожные катионные, произведенные с применением эмульгатора «Амдор-ЭМ-1» и «Амдор-ЭМ-3Т» не уступают по основным параметрам ЭБДК с применением зарубежного аналога. При этом в ряде случаев достигаются более высокие показатели, а именно:

- 1) Остаток на сите 0,14; %;
- 2) Устойчивость при хранении по остатку на сите 0,14 мм;
- 3) Устойчивость к расслоению, при хранении;
- 4) Адгезия к минеральному материалу.

Применение российского эмульгатора имеет положительный экономический эффект и позволяет снизить себестоимость ЭБДК-Б за счет более конкурентоспособной цены модификатора и его меньшего расхода на тонну производимой продукции. На основе результатов исследования можно рекомендовать применение рассмотренного российского эмульгатора при производстве дорожных битумных эмульсий как основного модификатора при выборе по критериям обеспечения требуемого качества готовой продукции и сокращения затрат при производстве ЭБДК.

4. Заключение

1. Возможность импортозамещения основополагающего компонента битумных дорожных эмульсий (эмульгатора) обусловлена ценой, которая от 25-40 % ниже на российские эмульгаторы Амдор и позволяет обеспечить более высокие качественные показатели ЭБДК-Б и ЭБДК-М регламентированные действующей нормативной документацией.
2. Вследствие проведенных сравнительных лабораторных испытаний ЭБДК-Б и ЭБДК-М с применением российского эмульгатора не наблюдается потери качественных характеристик готового продукта.
3. Доказана возможность применения эмульгаторов Амдор-ЭМ1 и Амдор-3Т без снижения технологичности процесса производства.

Необходимыми условиями успешного применения эмульгаторов Амдор-ЭМ1 и Амдор-3Т является:

- Оптимизация рецептур технологического режима изготовления ЭБДК-Б и ЭБДК-М;
- Технично-экономическое обоснование применения российских эмульгаторов Амдор на основе современных моделей расчета при проектировании в независимости от технической категории дороги;
- Разработка корректной нормативно-технической документации и рекомендаций по изготовлению и применению эмульсий битумных дорожных катионных смесей.

Литература

- [1]. Карпеко, Ф.В. Битумные эмульсии. Основы физико-химической технологии производства и применения / Ф.В. Карпеко, А.А. Гуреев. – М.: ЦНИИТЭнефтехим, 1998. 192с.
- [2]. Long, Y., Dabros, T. and Hamza, H. (2002). Stability and settling characteristics of solvent-diluted bitumen emulsions. Fuel, 81(15), 1945-1952. DOI: 10.1016/S0016-2361(02)00132-1.
- [3]. Brown, S.F. (2000). A study of cement modified bitumen emulsion mixtures. Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, 69, Pp. 92-121.
- [4]. Урчева, Ю.А. Полимерно-битумные композиции / Ю.А. Урчева, А.М. Сыроежко. - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2014. 69 с.
- [5]. Пажитнова Н. П., Потапова Т. В. Исследование свойств битумов, применяемых в дорожном строительстве // Труды СоюзДорНИИ. М.: Изд-во СоюзДорНИИ, 1985.
- [6]. Улыбин А.В., Ватин Н.И. Качество визуального обследования зданий и сооружений и методика его выполнения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2014. № 10 (25). С. 134-146.
- [7]. Радченко А.Э., Петроченко М.В. Логистика в складировании строительных материалов и изделий // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015.

[1]. References

- [2]. Karpeko, F.V. Bitumnyye emulsii. Osnovy fiziko-khimicheskoy tekhnologii proizvodstva i primeneniya [Bituminous emulsions. Fundamentals of physical and chemical technology of production and use]. M.: TsNIITEneftekhim, 1998. 192 p.
- [3]. Long, Y., Dabros, T. and Hamza, H. Stability and settling characteristics of solvent-diluted bitumen emulsions. Fuel, 81(15), Pp. 1945-1952. 2002. DOI: 10.1016/S0016-2361(02)00132-1.
- [4]. Brown, S.F. (2000). A study of cement modified bitumen emulsion mixtures. Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists, 69, 92-121.
- [5]. Urcheva, Yu.A. Polimerno-bitumnyye kompozitsii [Polymer-bitumen compositions]. SPb.: SPbGTI (TU), 2014. 69 p.
- [6]. Pазhitnova N. P., Potapova T. V. Issledovaniye svoystv bitumov, primenyayemykh v dorozhnom stroitelstve [Investigation of the properties of bitumen used in road construction]. Trudy SoyuzDorNII. M.: Izd-vo SoyuzDorNII, 1985.
- [7]. Ulybin A.V., Vatin N.I. The quality of visual inspection of buildings and structures and methods of its implementation. Construction of unique buildings and structures. 2014. No. 10 (25). Pp. 134-146.
- [8]. Radchenko A.E., Petrochenko M.V. Logistics in the storage of building materials and products. Construction of unique buildings and structures. 2015. No. 1 (28). Pp. 32-39.

№ 1 (28). С. 32-39.

- [8]. Барабанщиков Ю.Г. О внешнем и внутреннем трении дисперсных систем // *Механика композиционных материалов и конструкций*. 2003. Т. 9. № 3. С. 307-320.
- [9]. Золотарёв В. А., Чугуенко С. А., Галкин А. В. О взаимосвязи свойств битумополимерных вяжущих и сдвигоустойчивости асфальтобетона // *Автошляховик України*. 2004 № 3. С. 25-30
- [10]. Илиополов С. К. Оценка эффективности действия эмульгаторов путем измерения межфазного поверхностного натяжения / С. К. Илиополов, И. В. Мардиросова, С. В. Горелов // МНПК «Строительство-2003». Ростов-на-Дону, 2003. С. 5–7.
- [11]. Марков С. В. Экономическая эффективность производства и использования битумных материалов: дис... канд. экон. наук. М., 2010. 121 с.
- [12]. Грехов П. И. Влияние отходов техногенного происхождения на тиксотропные характеристики дорожных битумных эмульсий // *Вестник Курганской ГСХА*. 2015. № 3(15). С. 65–67.
- [13]. Salou, M., Siffert, B. and Jada, A. (1998). Study of the stability of bitumen emulsions by application of DLVO theory. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 142(1), Pp.9-16. DOI: 10.1016/S0927 7757(98)0406-3.
- [14]. Jew, P., Shimizu, J.A., Svazic, M. and Woodhams, R.T. (1986). Polyethylene-modified bitumen for paving applications. *Journal of Applied Polymer Science*, 31(8), 2685-2704.
- [15]. Телегина М.Е., Барабаш А.В., Наумова Е.А., Жувак О.В., Лазарев Ю.Г. Прогнозируемая температурная зависимость дорожного покрытия от температуры воздуха в различных дорожно-климатических зонах Российской Федерации // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2017. №11 (62). С. 71-82.
- [16]. Дмитриев И.И., Кириллов А.М. Теплофизические модели исследования и контроля дорожного покрытия // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2017. № 11(62). С. 25-46.
- [17]. Гришенков В. Ф., Грибов В. В. Пути развития производства и применения модифицированных битумов на автодорогах, обслуживаемых федеральной дирекцией автодороги Москва – Санкт Петербург // *Применение полимернобитумных вяжущих на основе блоксополимеров типа СБС*. Сб. науч. тр. /МАДИ(ТУ). М.: МАДИ, 2001. 120 с.
- [18]. Технический регламент таможенного союза. ТР ТС 014/2011, Безопасность автомобильных дорог: Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 18 октября 2011г. № 827: 2012. – 30 с.
- [19]. Быстров Н.В. Новый этап развития нормативной базы на дорожный асфальтобетон. *Наука и техника в дорожной отрасли*. 2017. № 2 (80). С. 2-5.
- [20]. Лазарев Ю.Г. К вопросу управления состоянием нежестких дорожных одежд. / Ю.Г. Лазарев, Е.Е. Медрес, П.А. Петухов // *Вестник гражданских инженеров*. 2016. № 3(56). С. 173-180.
- [21]. Ватин Н.И., Прогнозируемый срок окупаемости инвестиций. /Горшков А., Рымкевич П., Ватин Н. // *Энергонадзор*. 2016. № 6 (82). С. 18-21.
- [22]. Ермошин, Н.А. Проектирование производственной структуры дорожно-строительных организаций с учетом неопределенности структурообразующих факторов [Текст] / Н.А. Ермошин // *Дороги и мосты*. 2012. Т. 27. С.32-41.
- [23]. Лазарев Ю.Г., Формирование методики оценки точности (надежности) проектирования дорожных одежд нежесткого типа / Ю.Г. Лазарев, П.А. Петухов, М.В. Широких // *Вестник гражданских инженеров*. 2016. № 2(55). С. 68-72.
- [24]. Исмаилов А.М., Технологические решения по
- [9]. Barabanshchikov Yu.G. O vneshnem i vnutrennem trenii dispersnykh system [On external and internal friction of dispersed systems]. *Mekhanika kompozitsionnykh materialov i konstruksiyi*. 2003. Vol. 9. No. 3. Pp. 307-320.
- [10]. Zolotarev V. A., Chuguyenko S. A., Galkin A. V. O vzaimosvyazi svoystv bitumopolimernykh vyazhushchikh i sdvigoustoychivosti asfaltobetona [On the relationship between the properties of bitumen-polymer binders and the shear stability of asphalt concrete]. *Avtoshlyakhovik Ukraïni*. 2004. No. 3. Pp. 25-30
- [11]. Iliopolov S. K. Otsenka effektivnosti deystviya emulgatorov putem izmereniya mezhfaznogo poverkhnostnogo natyazheniya [Evaluation of the effectiveness of the action of emulsifiers by measuring the interfacial surface tension]. *MNPK "Stroitelstvo-2003"*. Rostov-na-Donu, 2003. Pp. 5–7.
- [12]. Markov S. V. Ekonomicheskaya effektivnost proizvodstva i ispolzovaniya bitumnykh materialov [Economic efficiency of production and use of bituminous materials]: dis... kand. ekon. nauk. M., 2010. 121 p.
- [13]. Grekhov P. I. Vliyaniye otkhodov tekhnogenno proiskhozheniya na tiktotropnyye kharakteristiki dorozhnykh bitumnykh emulsify [Influence of man-made waste on the thixotropic characteristics of road bitumen emulsions]. *Bulletin of Kurgan State Agricultural Academy*. 2015. No. 3(15). Pp. 65–67.
- [14]. Salou, M., Siffert, B. and Jada, A. (1998). Study of the stability of bitumen emulsions by application of DLVO theory. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 142(1), Pp. 9-16. DOI: 10.1016/S0927 7757(98)0406-3.
- [15]. Jew, P., Shimizu, J.A., Svazic, M. and Woodhams, R.T. (1986). Polyethylene-modified bitumen for paving applications. *Journal of Applied Polymer Science*, 31(8), Pp. 2685-2704.
- [16]. Telegina M.Ye., Barabash A.V., Naumova Ye.A., Zhuvak O.V., Lazarev Yu.G. Predicted temperature dependence of the road surface on air temperature in various road and climate zones of the Russian Federation. *Construction of unique buildings and structures*. 2017. No. 11(62). Pp. 71-82.
- [17]. Dmitriyev I.I., Kirillov A.M. Thermophysical models of research and control of pavement. *Construction of unique buildings and structures*. 2017. No. 11 (62).Pp. 25-46.
- [18]. Grishenkov V. F., Gribov V. V. Puti razvitiya proizvodstva i primeneniya modifitsirovannykh bitumov na avtodorogakh, obsluzhivayemykh federalnoy direktsiyey avtodorogi Moskva – Sankt Peterburg [Ways of development of production and use of modified bitumen on roads served by the federal directorate of the Moscow-St. Petersburg highway]. *Primeneniye polimernobitumnykh vyazhushchikh na osnove blokopolimerov tipa SBS*. Sb. nauch. tr. / MADI(TU). M.: MADI, 2001. 120 p.
- [19]. Technical regulations of the customs union *Tekhnicheskii reglament tamozhennogo soyuza. TR TS 014/2011, Bezopasnost avtomobilnykh dorog: Utv. Resheniyem Komissii Tamozhennogo soyuza ot 18 oktyabrya 2011g. № 827: 2012. 30p.*
- [20]. Bystrov N.V. Novyy etap razvitiya normativnoy bazy na dorozhnyy asfaltobeton [A new stage of development of the regulatory framework for road asphalt concrete]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli [Science and technology in the road sector]*. 2017. No. 2(80). Pp. 2-5.
- [21]. Yu.G. Lazarev, Ye.Ye. Medres, P.A. Petukhov. K voprosu upravleniya sostoyaniyem nezhestkikh dorozhnykh odezhd [To the issue of managing the condition of non-rigid pavements]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2016. No. 3(56). Pp. 173-180.
- [22]. Gorshkov A., Rymkevich P., Vatin N. Prognoziruyemyy srok okupayemosti investitsiy [Projected payback period]. *Energonadzor*. 2016. No. 6(82). Pp. 18-21.
- [23]. Yermoshin, N.A. Proyektirovaniye proizvodstvennoy struktury dorozhno-stroitelnykh organizatsiy s uchetom neopredelennosti strukturoobrazuyushchikh faktorov [Text]. [Designing the production structure of road-building organizations, taking into account the uncertainty of structure-forming factors [Text]]. *Dorogi i mosty*. 2012. Vol. 27. Pp. 32-41.

обеспечению требуемого качества хранения исходных компонентов для производства асфальтобетонных смесей. Фундаментальные исследования. 2017. № 11-1. С. 67-75.

- [25]. Приготовлены и применение битумных дорожных эмульсий (к СНиП 3.06.03 – 85): пособие. / СоюзДорНИИ. М.: Стройиздат, 1989. – 56 с.
- [26]. Эмульгатор для катионных битумных эмульсий «АМДОР-ЭМ». Технические условия: ТУ 0257-007-35475596-98. М.: 27.11.98.

[24]. Yu.G. Lazarev, P.A. Petukhov, M.V. Shirokikh. Formirovaniye metodiki otsenki tochnosti (nadezhnosti) proyektirovaniya dorozhnykh odezhd nezhestkogo tipa [Formation of a methodology for assessing the accuracy (reliability) of designing pavements of non-rigid type]. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2016. No. 2 (55). Pp. 68-72.

[25]. Ismailov A.M., Tekhnologicheskiye resheniya po obespecheniyu trebuyemogo kachestva khraneniya iskhodnykh komponentov dlya proizvodstva asfaltobetonykh smesey. Fundamentalnyye issledovaniya [Technological solutions to ensure the required quality of storage of the starting components for the production of asphalt concrete mixtures. Basic research]. 2017. No. 11-1. Pp. 67-75.

[26]. Preparation and application of bitumen road emulsions (to SNiP 3.06.03 - 85): manual. SoyuzDorNII. M.: stroiizdat, 1989. 56 p.

[27]. Emulsifier for cationic bitumen emulsions AMDOR-EM. Specifications: TU 0257-007-35475596-98. - M., 11.27.98.

Контактная информация

- 1.* +7(911)7109317, ismailov-aleksei@mail.ru (Исмаилов Алексей Марленович, аспирант)
2. +7(921)4416837, Lazarev-yurij@yandex.ru (Лазарев Юрий Георгиевич, к.т.н., профессор)

Contact information

- 1.* +7(911)7109317, ismailov-aleksei@mail.ru (Aleksei Ismailov, Postgraduate Student)
2. +7(921)4416837, Lazarev-yurij@yandex.ru (Yuri Lazarev, Ph.D., Professor)

© Исмаилов А.М., Лазарев Ю.Г., 2018