

9. Mikhailov I. M. *Problemy neftegazonosnosti Krasnodarskogo kraya* [The problem of oil and gas bearing of the Krasnodar region], Moscow, Nauka Publ., 1987. 95 p.
10. Ostrovskaya T. D., et al. *Obosnovanie podschetnykh parametrov po nefti i kondensatu Pribrezhnogo gazokondensatnogo mestorozhdeniya* [Substantiation of volumetric parameters for oil and condensate Coastal gas condensate field], Moscow, GEOS Publ., 2000. 83 p.
11. *Pravila bezopasnosti v neftyanoy i gazovoy promyshlennosti* [Safety rules in the oil and gas industry], Moscow, NPO OBT Publ., 2003.
12. Tkhostov B. A. *Nachalnye plastovye davleniya i geogidrodinamicheskie sistemy* [Initial reservoir pressure and geohydrodynamics system], Moscow, Nedra Publ., 1966. 268 p.
13. Fertl W. H. *Anomalnye plastovye davleniya* [Abnormal formation pressure], Moscow, Nedra Publ., 1980. 398 p.
14. Shiryayeva I. V., Grigoriev M. A. Termobaricheskie usloviya chokraskikh otlozheniy zapadnoy chasti severnogo borta Zapadno-Kubanskogo progiba [Temperature and pressure conditions Chokrak deposits of the Western part of the Northern flank of the West Kuban trough]. *Nauka Kubani* [Science of Kuban], 2015, no. 2, pp. 55–60.
15. Shiryayeva I. V. Termobaricheskie usloviya chokraskikh otlozheniy zapadnoy chasti severnogo borta Zapadno-Kubanskogo progiba [Energy potential of the Chokrak deposits of the Western part of the Northern flank of the West Kuban trough]. *LOMONOSOV – 2013 : materialy Mezhdunarodnogo molodezhnogo nauchnogo foruma* [LOMONOSOV – 2013. Proceedings of the International Youth Science Forum], Moscow, MAKS Press Publ., 2013. 1 electron.opt. drive (DVD-ROM).

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕСТНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ОБОЧИН (НИЖНЕЕ ПОВОЛЖЬЕ)

Бадрудинова Амина Нажмудиновна, старший преподаватель, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, 358000, Российская Федерация, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11, e-mail: Amina08-80@mail.ru

Сангаджиев Мерген Максимович, кандидат геолого-минералогических наук, доцент, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, 358000, Российская Федерация, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11, e-mail: Smm54724@yandex.ru

Эрдниева Ольга Владимирович, кандидат географических наук, доцент, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, 358000, Российская Федерация, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11, e-mail: oldver@mail.ru

Леджинов Владимир Сергеевич, студент, Калмыцкий государственный университет имени Б. Б. Городовикова, 358000, Российская Федерация, Республика Калмыкия, г. Элиста, ул. Пушкина, 11, e-mail: Led.revan@mail.ru

В статье рассматриваются характеристики физико-механических свойств местных строительных материалов, используемых для укрепления дорожного полотна. Были проведены лабораторные исследования щебня в Волгоградской области на Зимовском, Липкинском месторождениях. При выполнении лабораторных работ проводилось дробление отходов в неукрепленном виде. Выполнена проверка соответствия гранулометрического состава щебня щебеночно-песчаных смесей. На основании проведенных лабораторных анализов выявлена целесообразность использования карьеров для уплотнения дорожных покрытий в неукрепленном виде. В частности, на дорогах с высокой интенсивностью движения были разработаны рекомендации по укреплению обочин с устройством покрытий из асфальтобетона или цементобетона. По полученным результатам эксперимента были построены графики зависимостей

предела прочности при сжатии от содержания катионной битумной эмульсии и цемента. По полученным показателям были сделаны выводы, что при минимальном содержании катионной битумной эмульсии и цемента смесь может быть использована для укрепления основания обочин в жарких климатических зонах. На втором этапе рекомендуется использовать отсеивы щебня с добавками песка, цемента и эмульсии. В частности, исследованы зерновые составы отсеива песка, цемента. Выявлены фактические требования к катионным эмульсиям, и выполнен оптимальный подбор органоминеральной смеси по физико-механическим свойствам. Проведен экономический расчет целесообразности применения щебеночно-песчаной смеси. Результаты исследования позволили выявить модули упругости местных материалов, степень износа материалов и условия их эксплуатации на прочностные характеристики с учетом сплошности слоя. В итоге были получены данные по подбору пористого щебня для дорог с интенсивностью движения более 1000 автомобилей в сутки.

Ключевые слова: битумная эмульсия, водостойкость, гранулометрический состав, грунт, зерновой состав, каменные материалы, карьер, модуль упругости, песок, проба, расчет, ремонт дорог, смеси, строительство, физико-механические свойства, фракции, цемент, щебень

THE STUDY OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF LOCAL CONSTRUCTION MATERIALS FOR BUILDING ROADSIDE (LOWER VOLGA REGION)

Badrudinova Amina N., Senior Lecturer, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, 11 Pushkin st., Elista, Republic of Kalmykia, 358000, Russian Federation, e-mail: Amina08-80@mail.ru

Sangadzhiev Mergen M., C.Sc. in Geology and Mineralogy, Associate Professor, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, 11 Pushkin st., Elista, Republic of Kalmykia, 358000, Russian Federation, e-mail: Smm54724@yandex.ru

Erdniev Olda V., C.Sc. in Geography, Associate Professor, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, 11 Pushkin st., Elista, Republic of Kalmykia, 358000, Russian Federation, e-mail: oldver@mail.ru

Ledzhinov Vladimir S., student, Kalmyk State University named after B. B. Gorodovikov, 11 Pushkin st., Elista, Republic of Kalmykia, 358000, Russian Federation, e-mail: Led.revan@mail.ru

The article discusses the characteristics of physical and mechanical properties of local construction materials used to build the roadway. Laboratory studies of gravel in the Volgograd region on Zimovsky, Lipinska fields were conducted. When the laboratory work was carried out the crushing of waste in loose form. Verify whether granulometric composition of crushed stone gravel-sand mixtures. On the base of conducted laboratory tests revealed the feasibility of using quarries for sealing road surfaces in loose form. Particularly on roads with high traffic intensity have been developed recommendations for strengthening shoulders with a coating of bituminous concrete or cement concrete. The results of the experiment were plotted ultimate strength in compression from the content of cationic bitumen emulsion and cement. According to the obtained parameters, conclusions were drawn that at minimum the content of cationic bitumen emulsion and cement, the mixture can be used in the Foundation strengthening of roadsides in warmer climatic zones. At the second stage it is recommended to use the possibility of the use of crushed stone screenings with addition of sand, cement and emulsion. In particular the investigated grain compositions for screening sand, cement. The actual requirements for cationic emulsions and the optimal selection of organic-mineral mixtures on physical and mechanical properties. The economic calculation of the feasibility of a sand-gravel mixture. The results of the study allowed us

to identify the moduli of elasticity of local materials, wear of materials and the conditions of their exploitation on the strength characteristics taking into account the continuity of the layer. In the end, data were obtained on the selection of porous crushed stone for roads with traffic over 1,000 vehicles per day.

Keywords: bitumen emulsion, water resistance, particle size distribution, soil, grain structure, stone materials, quarry, modulus of elasticity, sand, test, calculation, repair of roads, mixtures, construction, physical and mechanical properties, fractions, cement, crushed stone

Цель данной работы – выяснение физико-механических свойств местных строительных материалов для укрепления дорожного полотна. Ранее нами были рассмотрены вопросы совершенствования методики проектирования укрепления обочин при уширении земляного полотна, связь дорожного фактора с экологической ситуацией [1, 2]. Существующий опыт строительства и ремонта дорог, исследование сырьевой базы региона показывают эффективность применения местных малопрочных каменных материалов, отсевов дробления щебня, асфальтогранулята, металлургического шлака при укреплении обочин.

Для расчета толщины укрепления остановочной полосы весьма важно назначить прочностные и деформационные характеристики указанных материалов. Были проведены лабораторные испытания [11]. Выполнена оценка физико-механических характеристик местного щебня основных месторождений Волгоградской области (табл. 1, 2). В целом местный щебень рекомендуется использовать для укрепления обочин. Щебень фракции 0–10 мм Зимовского месторождения и фракции 0–20 мм Липкинского месторождения можно использовать в основании с покрытием из битумоминеральных смесей или цементобетонного покрытия. Щебень фракции 70–120 М-300 рекомендуется применять для устройства остановочной полосы (без покрытия) на дорогах IV технической категории. Следует отметить, что при устройстве слоев укрепления, контактирующих с колесами автомобилей, применение местного щебня из легко уплотняемых каменных осадочных пород предпочтительней. Малопрочный щебень в процессе его укатки размельчается и формирует ровную монолитную поверхность остановочной полосы.

В связи со значительными отвалами отсевов щебня (щебеночно-песчаная смесь) в карьерах Волгоградской области были проведены лабораторные исследования по применению отходов дробления в неукрепленном виде, укрепленных битумом БНД 60/90 Волгоградского НПЗ или цементом М500 Себряковского цементного завода.

Выполнена проверка соответствия гранулометрических составов щебеночно-песчаных смесей (ЩПС) Зимовского и Липкинского карьеров требованиям, предъявляемым ГОСТ 25607-2009 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия» [5], ГОСТ 23558-94 «Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия» [6], ГОСТ 30491-97 «Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия» [4]. Кривые гранулометрических составов ЩПС приведены ниже (рис. 1–3).

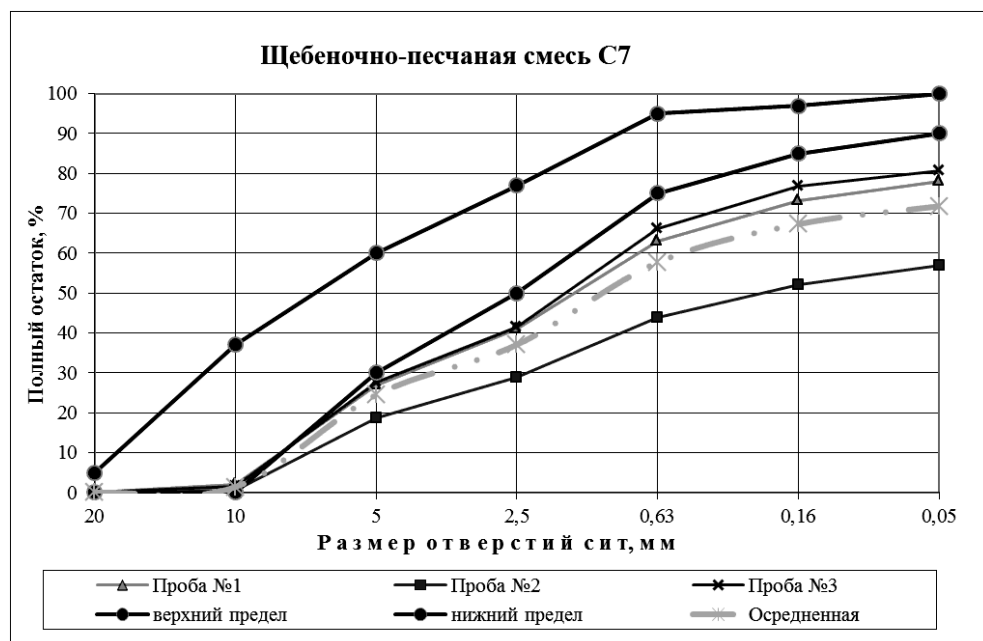


Рис. 1. Гранулометрический состав ЩПС 0–10 мм Зимовского карьера на соответствие ГОСТ 25607-2009

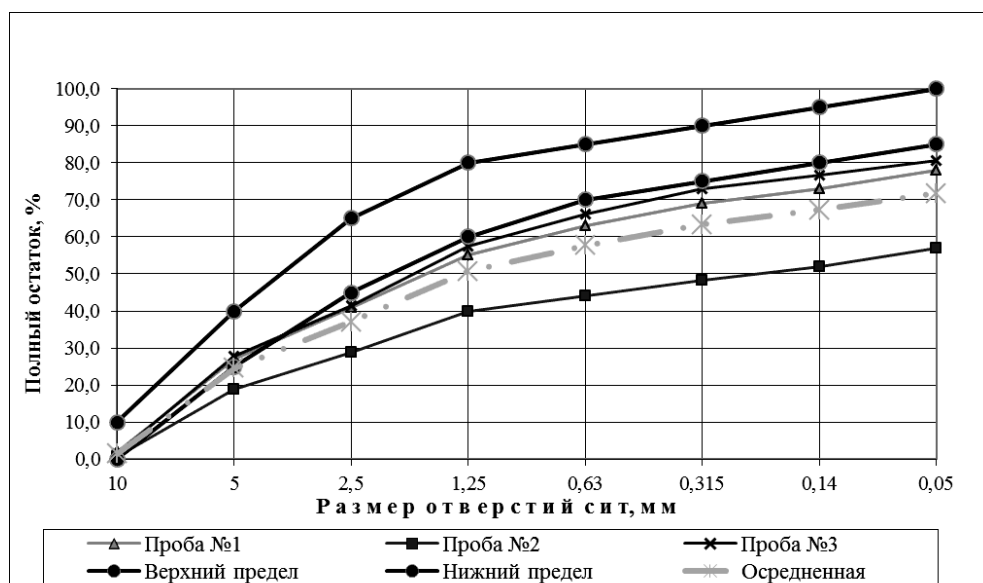


Рис. 2. Гранулометрический состав ЩПС 0–10 мм Зимовского карьера на соответствие ГОСТ 23558-94

Таблица 1

Сводная таблица физико-механических параметров щебня Зимовского месторождения

Размер фракции, мм	Основные физико-механические показатели					Соответствие требованиям ГОСТ 8267-93, СНиП 2.05.02-85	Заключение о возможности и области применения в соответствии с требованиями ГОСТ 9128-2009, СНиП 2.05.02-85, СП 78.13330.2012, ГОСТ 25607-2009
	Соержание зёрен пластинчатой формы, %	Соержание пылевидных и глинистых частиц, %	Марка щебня по дробимости	Соержание зёрен слабых пород, %	Соержание глины в комках, %		
0–10	34,4	16,5	400	–	5,1	Соответствует требованиям ГОСТ 25607-2009 для смеси С8	Применим в основании оетановочной полосы с покрытием и без покрытия
10–20	27,0	2,0	600	11,4	–	не соответствует требованиям ГОСТ 8267-93 для основания по содержанию зёрен слабых пород (< 10 %) и зерновому составу	Применим для устройства оетановочной полосы без покрытия
20–40	8,8	0,9	400	17,1	–	не соответствует требованиям ГОСТ 8267-93 для основания по содержанию зёрен слабых пород (< 10 %)	Применим для устройства оетановочной полосы без покрытия
40–70	–	–	600	–	–	не соответствует требованиям ГОСТ 8267-93 для основания по зерновому составу	Применим для устройства оетановочной полосы без покрытия

Таблица 2
Сводная таблица физико-механических параметров щебня Липкинского месторождения

Размер фракции, мм	Основные физико-механические показатели					Соответствие требованиям ГОСТ 8267-93, ГОСТ 9128-2009, СНиП 2.05.02-85, ГОСТ 25607-2009	Область применения в соответствии с требованиями СНиП 2.05.02-85, СНиП 3.06.03-85
	Соержание зёрен пластинчатой формы, %	Соержание пылевидных и глинистых частиц, %	Марка щебня по дробимости	Соержание зёрен слабых пород, %	Соержание в комках глины, %		
0-20	9,9	13,4	400	—	15,2	не соответствует ГОСТ 25607-2009 для смесей С2 по зерновому составу для основания	Применим в основании остановочной полосы с покрытием и без покрытия
20-40	11,9	0,7	400	20,4	—	не соответствует ГОСТ 8267-93 по содержанию зёрен слабых пород (< 10 %) для основания	Применим для устройства остановочной полосы без покрытия
20-70	2,1	—	400	—	—	не соответствует ГОСТ 8267-93 по зерновому составу для основания	Применим для устройства остановочной полосы без покрытия
40-70	—	—	400	—	—	не соответствует ГОСТ 8267-93 по зерновому составу для основания	Применим для устройства остановочной полосы без покрытия
70-120	—	—	300	—	—	не соответствует ГОСТ 8267-93 по зерновому составу для основания	Применим для укрепления остановочной полосы обочин дорог IV категории

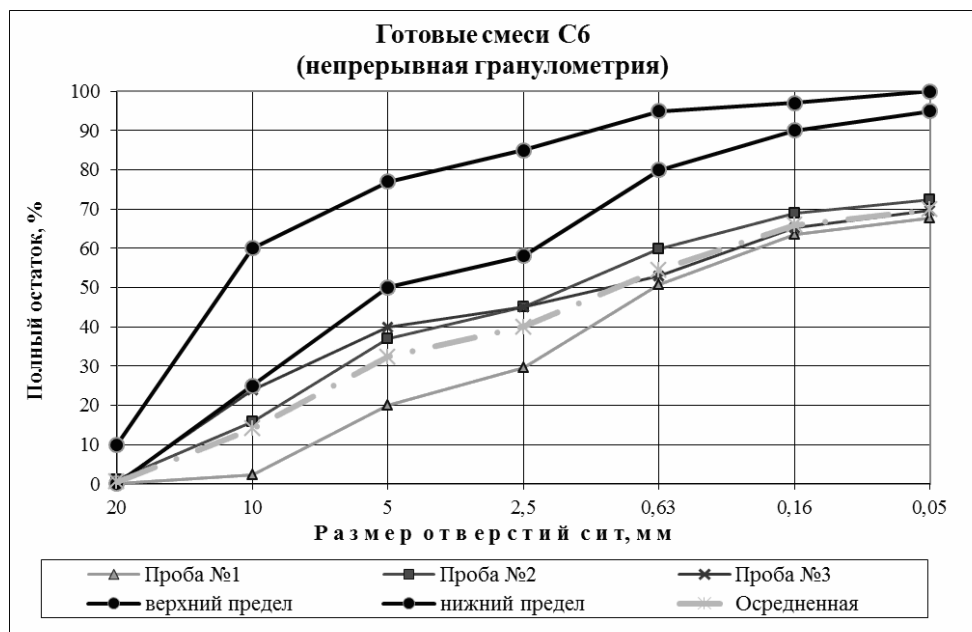


Рис. 3. Гранулометрический состав ЩПС 0–20 мм Липкинского карьера на соответствие ГОСТ 25607-2009

Анализируя результаты испытаний ЩПС и сопоставляя их с требованиями ГОСТ [4–6] на материалы, применяемые для дорожного строительства, можно сделать вывод.

Согласно ГОСТ 25607-2009 ЩПС фр. 0–10 мм Зимовского карьера и фр. 0–20 мм Липкинского карьера не могут применяться в основании под дорожными покрытиями остановочных полос в неукрепленном виде. Укрепление ЩПС неорганическим или органическим вяжущими материалами, согласно ГОСТ 23558-94 и ГОСТ 30491-97, в виду повышенного содержания пылевидных и глинистых частиц и несоответствия требованиям ГОСТ к гранулометрическому составу, представляется экономически нецелесообразным. Применение указанных ЩПС рекомендуется для укрепления обочин без устройства дорожных покрытий и без обработки смеси битумом или цементом (рис. 4, 5).

На дорогах с высокой интенсивностью движения рекомендуется укрепление обочин (остановочной полосы) с устройством покрытий из асфальтобетона или цементобетона [3, 10]. В данном случае использование отсевов щебня, укрепленных вяжущими материалами, экономически оправдано. В лаборатории «Контроль качества дорожных покрытий» ВолгГАСУ исследовалось применение укрепленных ЩПС в дорожном строительстве [9]. На первом этапе исследовалась возможность укрепления отсевов дробления 0–20 мм Липкинского карьера цементом М 500 и катионной битумной эмульсией ЭБК-3.

Укрепленный материал испытывался на соответствие требованиям ГОСТ 30491-97 «Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства» для устройства слоя основания. Согласно ГОСТ 30491-97 прочность смеси при сжатии при температуре 50 °С должна быть более 0,5 МПа, прочность при сжатии при температуре 20 °С – более 1,4 МПа, водостойкость более 0,60. Для подбора оптимального содержания вяжущих в органоминеральной смеси и опре-

деления расчетных зависимостей показателя водостойкости, пределов прочности при сжатии при температурах 20 и 50 °С от содержания эмульсии и цемента применялся метод математического планирования эксперимента. Содержание эмульсии в смеси изменялось в диапазоне 6–12 %, цемента 4–10 %. По результатам эксперимента построены зависимости (рис. 6–8).

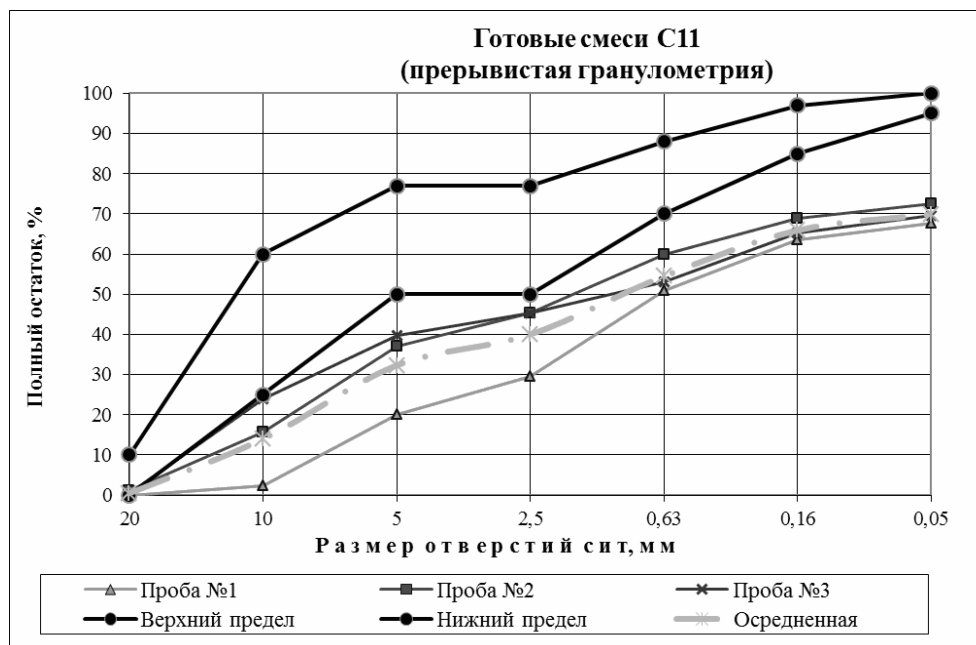


Рис. 4. Гранулометрический состав ЩПС 0–20 мм Липкинского карьера на соответствие ГОСТ 25607-2009

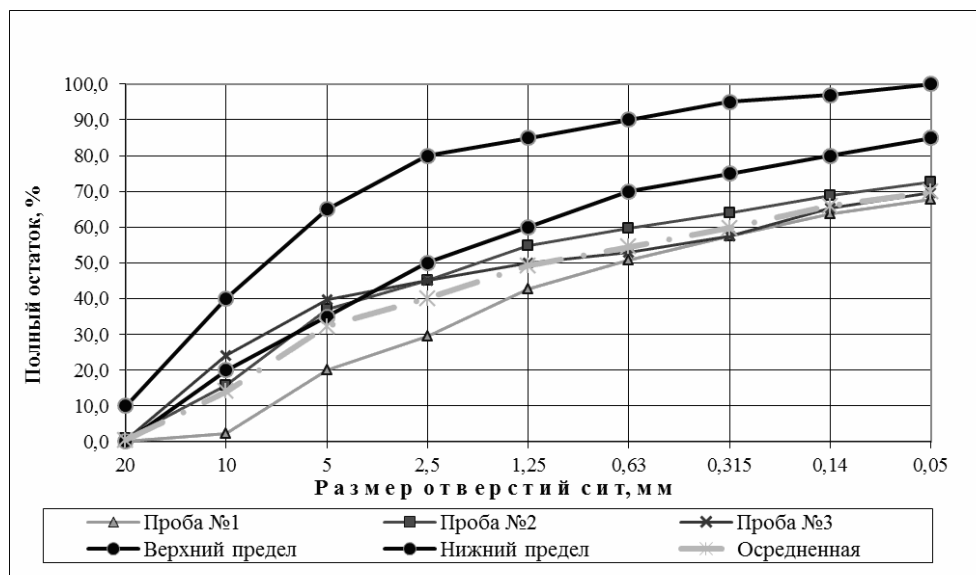


Рис. 5. Гранулометрический состав ЩПС 0–20мм Липкинского карьера на соответствие ГОСТ 23558-94

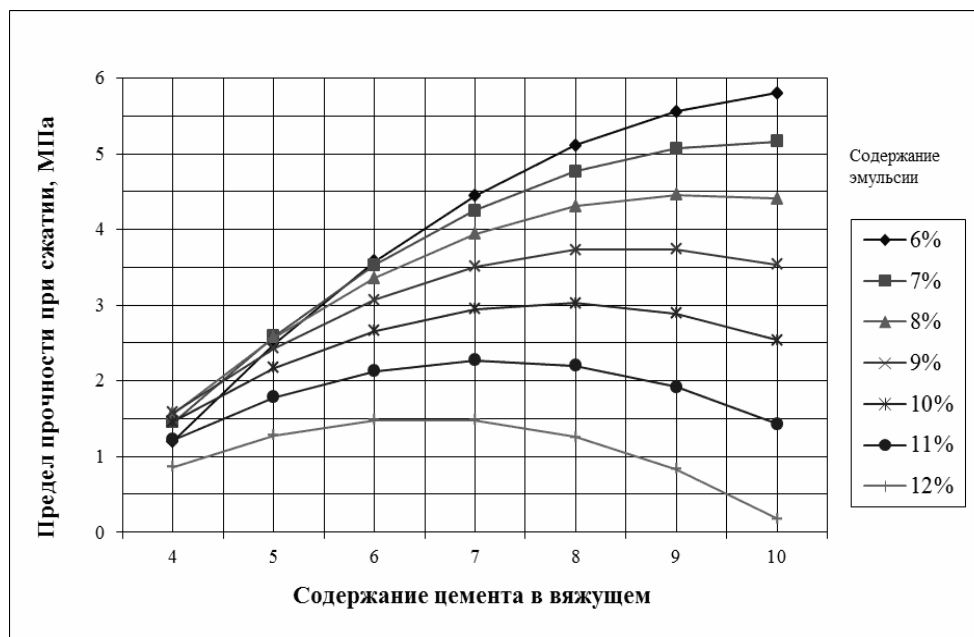


Рис. 6. Расчетные зависимости предела прочности при сжатии при 50 °С (МПа) от содержания катионной битумной эмульсии и цемента М500

Полученные показатели позволяют сделать вывод, что при минимальном содержании катионной битумной эмульсии 8 % и цемента М500 6 %, полученная органоминеральная смесь может быть использована в основании укрепленной обочины в IV–V дорожно-климатических зонах.

На втором этапе исследовалась возможность применения отсевов щебня с добавками песка, цементных и эмульсий. Подбор состава осуществлялся в соответствии с ГОСТ 30491-97 «Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства». В лабораторных испытаниях применялись следующие материалы: отсев фр. 0÷20, марка 400, гранулометрический состав (табл. 3); песок, гранулометрический состав (табл. 4); портландцемент М500, гранулометрический состав (табл. 5); битумная эмульсия ЭБК-3 (табл. 6).

Таблица 3

Зерновой состав отсева фр. 0÷20										
Зерновой состав	Размер зерен, мм, мельче (в процентах по массе)									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Фактически	97,8	88,3	62,4	48,3	35,2	28,3	25,6	15,2	7,4	5,6

Таблица 4

Зерновой состав песка							
Зерновой состав	Размер зерен, мм, мельче (в процентах по массе)						
	1,25	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Фактически	100	98,90	97,50	84,80	41,50	7,50	0,70

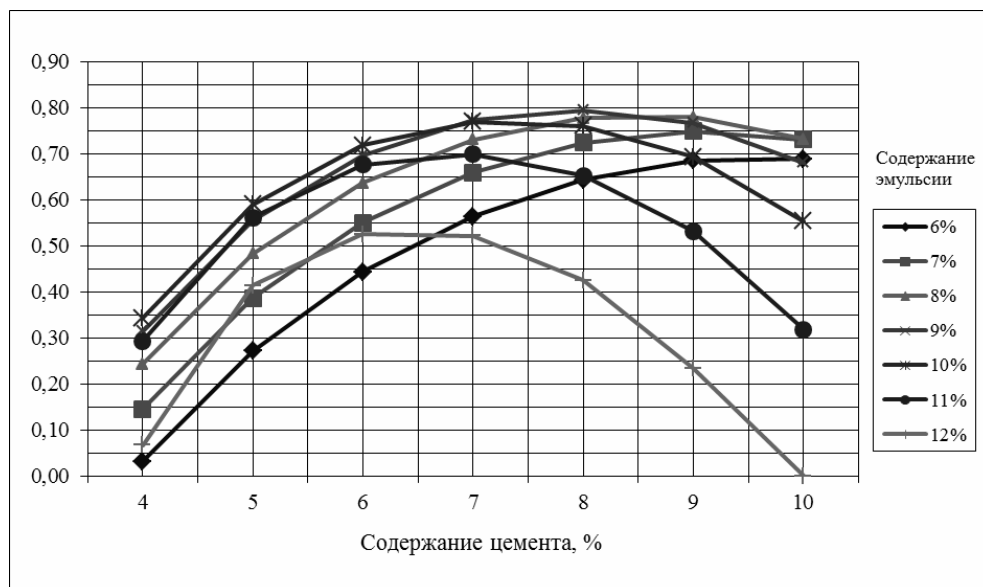


Рис. 7. Расчетные зависимости водостойкости от содержания катионной битумной эмульсии и цемента M500

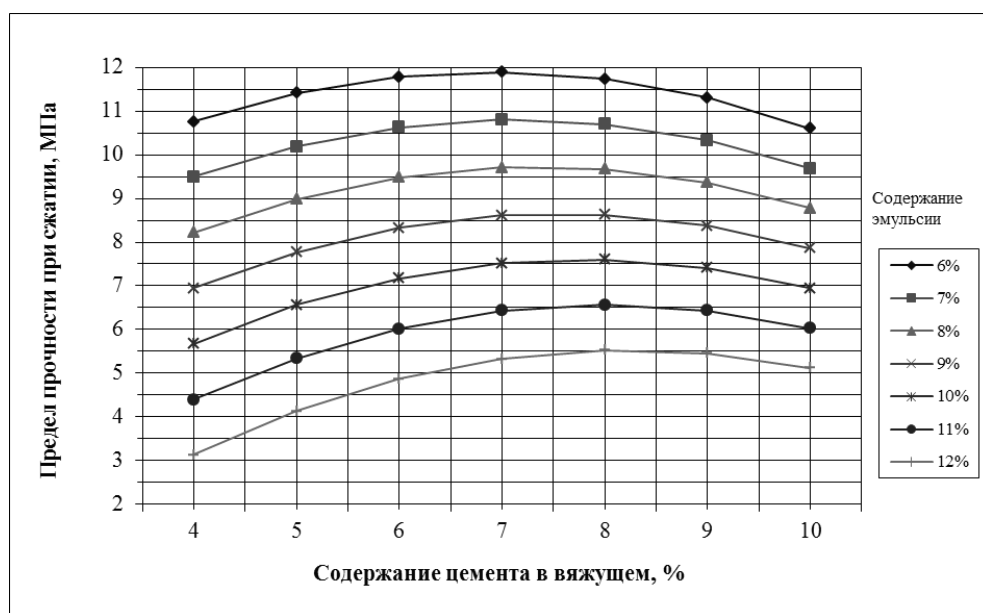


Рис. 8. Расчетные зависимости предела прочности при сжатии при температуре 20 °С от содержания катионной битумной эмульсии и цемента M500

Таблица 5

Зерновой состав цемента M500

Зерновой состав	Размер зерен, мм, мельче (в процентах по массе)					
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,071
Фактически	100	100	100	100	92,5	87,5

Таблица 6

Требования к катионным эмульсиям

Наименование показателя	Значение для эмульсии класса	
	ЭБК-3	Фактически
Устойчивость при перемешивании со смесями минеральных материалов:		
пористого зернового состава	Смешивается	Смешивается
плотного зернового состава	“	“
Содержание вяжущего с эмульгатором, % по массе	От 55 до 60	57
Условная вязкость при 20 °С, сек	От 15 до 25	18
Сцепление с минеральными материалами, балл, не менее	4	4
Остаток на сите N 014, % по массе, не более	0,25	0,22
Остаток на сите с сеткой N 014, % по массе, не более:		
через семь сут	0,3	0,28
через тридцать сут	0,5	—

Выполнен оптимальный подбор состава органоминеральной смеси, физико-механические свойства которой соответствуют ГОСТ 30491-97. Отсев фракции 0÷20мм – 78 %, песок – 12 %, цемент М500 – 10 %, битумная эмульсия – 6,5 % (табл. 7, 8).

Таблица 7

Зерновой состав минеральной части смеси

Зерновой состав	Размер зерен, мм, мельче (в процентах по массе)									
	20	15	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	0,075
Щебень фр. 10–20 – 78 %	76,3	68,9	48,7	37,7	27,5	22,1	20,0	11,9	5,8	4,4
Песок – 12 %	12,0	12,0	12,0	12,0	11,9	11,7	10,2	5,0	0,9	0,1
Цемент М500 – 10 %	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	9,3	8,8
ИТОГО	98,3	90,9	70,7	59,7	49,3	43,8	40,1	26,8	15,9	13,2

При использовании укрепленных отсеков щебня весьма важно обосновать условия их эффективного применения. С этой целью выполнено экономическое обоснование целесообразности применения ЦПС укрепленной комплексным вяжущим. Расчет конструкций выполнен в программе «Радон».

Таблица 8

Физико-механические показатели органо-минеральной смеси

Наименование показателя	Требования ГОСТ 30491-97	Фактически
Прочность при сжатии, ≥ МПа, при температуре: 20 °С 50 °С	1,8	2,05
	0,9	0,92
Водостойкость, ≥	0,8	0,85
Водостойкость при длительном водонасыщении, ≥	0,7	0,72
Водонасыщение по объёму, %	От 2,0 до 6,0	3,6

Сметные расчеты были выполнены в ценах 3 квартала 2012 г. Рассматривались два варианта укрепления обочин: первый вариант (далее базовый) представляет собой конструкцию с асфальтобетонным покрытием на основании из фракционированного щебня стоимостью 408,28 руб. за 1 тонну. Второй вариант (далее экспериментальный) представляет собой конструкцию из укрепленного отсева щебня. Стоимость отсева 90,86 руб. за 1 тонну.

Геометрические характеристики основания в обоих вариантах сопоставимы, так как ширина укрепления остановочной полосы 1,0 м. Однако для строительства основания по базовому варианту требуется 682 м^3 щебня, что с учетом насыпной плотности материала составит 443 тонну. При строительстве по экспериментальному варианту потребное количество отсева составляет 641 м^3 , что с учетом насыпной плотности материала составит 416 тонн.

Стоимость строительства основания из щебня рядового по базовому варианту – 512,3 тыс.руб./км, по экспериментальной конструкции – 822,2 тыс.руб./км без транспортных расходов. Однако следует учитывать, что по базовому варианту требуется перевести автосамосвалами на 27 т больше материалов, чем по проектному. Экспериментальная конструкция требует меньше расхода отсева щебня, так как часть его расхода компенсируется расходом вяжущих (эмульсия + цемент). С увеличением разности в дальности перевозки фракционированного щебня и отсева дробления разность в сметной стоимости базового и проектного вариантов конструкции уменьшается (рис. 9). При разности в дальности перевозки каменного материала более 60 км применение отсева дробления щебня укрепленных комплексным вяжущим перевозки экономически оправдано.

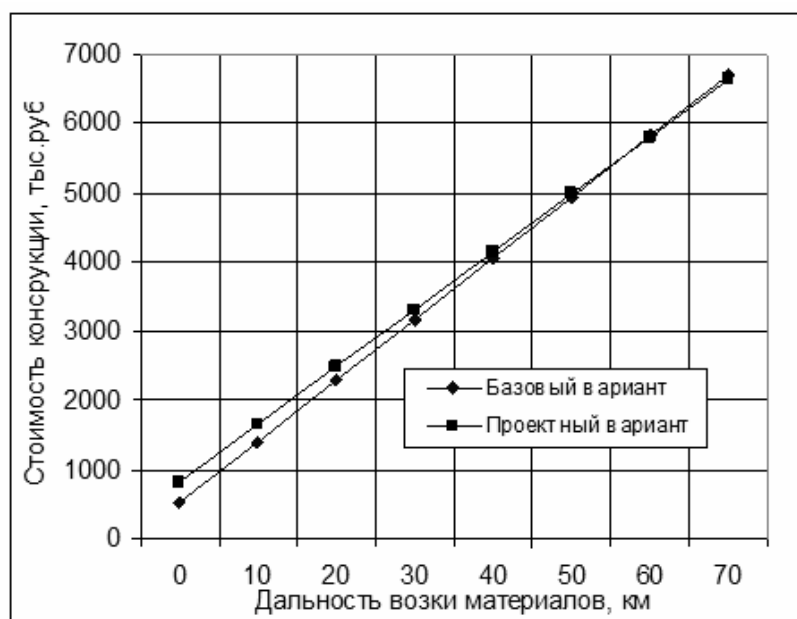


Рис. 9. Изменение сметной стоимости базовой и экспериментальной (проектной) конструкции в зависимости от дальности перевозки материалов

При укреплении обочин с использованием асфальтогранулята важно иметь достоверную информацию о его прочностных характеристиках. Обра-

ботка данных работ [8, 13, 14] позволила установить зависимости модуля упругости E_y для АГ – смесей в зависимости от температуры покрытия (T):

$$E_y = A \cdot T^2 + B \cdot T + C, \quad (1)$$

где A, B, C – коэффициенты, принимаются по таблице 9.

Таблица 9

Значения коэффициентов формулы (1)

Тип АГ	Коэффициенты уравнения			Описание асфальтогранулятобетона
	A	B	C	
M	115,71	1382,6	4944	с добавлением цемента на дороге
K	122,68	1376,7	4483	с добавлением битумной эмульсии и цемента на дороге
$\mathcal{E}, B$	95,179	1077,4	3509	с добавлением битумной эмульсии и вспененного битума (на АБЗ)
B	80,357	918,79	2992	с добавлением разогретого битума (на АБЗ)
A	57,143	688,57	2270	без добавления других видов вяжущего на дороге

Сопротивления растяжению АГ при изгибе R_u (рис. 10) зависит от модуля упругости E_y^0 при температуре покрытия 0°C :

$$R_u = 1,3447 \ln(E_y^0) - 9,4439. \quad (2)$$

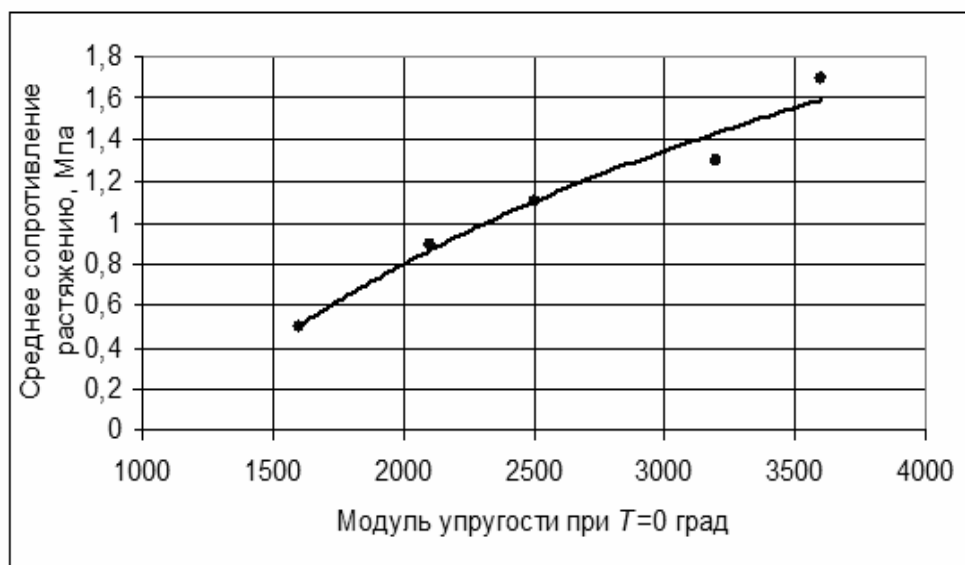


Рис. 10. Сопротивление растяжению при различных модулях упругости материала

Выполненные исследования позволили рекомендовать модули упругости местных материалов (табл. 10).

Таблица 10

Модули упругости местного щебня

Марка щебня	Фракция, мм	Расклинивающий материал	Модуль упругости, МПа
600	40–70 20–70	Высевки, щебеночно-песчаная смесь	270
		Без заклинки	300
400	70–120 40–70	Щебень	300
		Без заклинки	250
Щебеночно-песчаная смесь		C4*	275
		C5*	260
Щебень рядовой М400-600 с содержанием фракции крупнее 20 мм		Более 30 %	220–280
		15–30 %	170–190
Щебень М400-600 с примесью грунта		30–40 %	100–125
		40–50 %	125–150
		50–60 %	150–175
Отсевы дробления щебня с примесью глинистого грунта до 30 %			125
Отсевы дробления щебня фр. 0÷20 мм с примесью песка – 12 %, укрепленные цементом М500 – 10 % и битумной эмульсией – 6,5 % (III кл. прочности)			250

Примечание. Смеси С4 и С5 рекомендованы для укрепления обочин [5]. При составлении таблицы использованы нормативные документы [3, 7, 12].

При ремонте укрепления обочин, расчет конструкции следует выполнять с учетом фактического износа строительных материалов. Исследования МР-46-72 [15] позволяют учитывать влияние степени износа материалов и условий его эксплуатации на прочностные характеристики. Модуль упругости материала эксплуатируемых дорожных конструкций определяется с учетом сплошности слоя, количества вяжущего, условий эксплуатации:

$$E = E_p K_{из} = E_p K_m \cdot K_v \cdot K_t \cdot K_c \quad (3)$$

где E_p – расчетный модуль упругости материала [9, 10]; $K_{из}$ – коэффициент износа; K_m – учитывает сплошность слоя, принимается согласно таблице; K_v – учитывает количество вяжущего в слое, принимается согласно табл.; K_t – учитывает влияние технологии на качество материала, принимается согласно таблице 11; K_c – учитывает влияние условий эксплуатации конструкции, принимается согласно таблице 11.

Таблица 11

Материал слоя увлажнен, следы размокания материала	0,60–0,70
Материал слоя полностью распался за счет увлажнения	0,30

Выводы. При укреплении обочин дорог с незначительной интенсивностью движения (IV категория) эффективно применять местный малопрочный пористый щебень М400-600 фракции до 120 мм с заклинкой и без заклинки, щебеночно-песчаная смеси С4 и С6, щебень с примесью грунта до 60 %, отсева дробления щебня с примесью глинистого грунта до 30 %, толщиной не менее двойного максимального размера щебенки.

Обочины дорог с интенсивностью движения более 1000 авт./сут. следует укреплять местным малопрочным пористый щебнем М400-600 фракции до 70 мм с заклинкой и без заклинки, щебеночно-песчаная смеси С4 и С6. На участках частых остановок или стоянок грузовых автомобилей рекомендуется устройством покрытий из асфальтобетонов, черного щебня, отсеков дробления щебня фр. 0÷20 мм с примесью песка – 12 %, укрепленные цементом М500 – 10 % и битумной эмульсией – 6,5 % (III кл. прочности), отсеков дробления щебня укрепленных битумом. Доказано, что применение укрепленных отсеков щебня взамен фракционированного щебня экономически оправдано при разности в дальности их перевозки более 60 км.

Обоснованы прочностные и деформационные характеристики местных материалов, с учетом из износа в процессе эксплуатации, которые рекомендуется использовать при проектировании конструкций укрепления обочин при реконструкции и ремонте дорог.

Список литературы

1. Бадрудинова А. Н. Связь дорожного фактора запыленности с экологической ситуацией в регионе (Калмыкия) / А. Н. Бадрудинова, М. М. Сангаджиев, Е. Н. Стаселько // Инновационная наука : международный научный журнал. – 2015. – № 12, часть 3. – С. 256–259.
2. Бадрудинова А. Н. Совершенствование методики проектирования укрепления обочин при уширении земляного полотна – обеспечение безопасности на транспорте / А. Н. Бадрудинова, М. М. Сангаджиев // Экологические проблемы природных и урбанизированных территорий : материалы V Международной научно-практической конференции. 17–18 мая 2012 г., г. Астрахань / сост. Н. В. Качалина. – Астрахань : Сорокин Роман Васильевич, 2012. – С. 104–107.
3. ВСН 39-79. Технические указания по укреплению обочин автомобильных дорог. – Утверждены Министерством автомобильных дорог РСФСР 1970–20–03. – Москва : Транспорт, 1980. – 48 с.
4. ГОСТ 30491-97. Смеси органоминеральные и грунты, укрепленные органическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. – Введен 1997–09–01. – Москва, 1997. – 28 с.
5. ГОСТ 25607-2009. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные для покрытий и оснований автомобильных дорог и аэродромов. Технические условия. – Введен 2011–01–01. – Москва, 2010. – 58 с.
6. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими материалами, для дорожного и аэродромного строительства. Технические условия. – Введен 1995–01–01. – Москва, 1994. – 23 с.
7. Методические рекомендации по восстановлению асфальтобетонных покрытий и оснований автомобильных дорог способами холодной регенерации. – Утверждены Распоряжением Росавтодора от 27.06.2002 г. № ОС-568-р. – Москва : Росдорнии, 2002. – 35 с.
8. Методические рекомендации по повышению качества дорожных оснований из щебня различных пород. – Одобрены Минтранстром. – Москва : Союздорнии, 1980. – 36 с.
9. ОДН 218.046-01. Проектирование нежестких дорожных одежд. – Утверждены Распоряжением Государственной службы дорожного хозяйства (Росавтодора) Министерства транспорта Российской Федерации от 20.12.00 № ОС-35-Р. – Москва, 2001. – 168 с.
10. ОДН 218.039-2003. Укрепление обочин автомобильных дорог. – Утверждено Распоряжением Минтранса России от 23.05.2003 г. № ОС-461-р. – Москва, 2003. – 50 с.
11. Разработка составов и технологии применения смесей, укрепленных вяжущими с использованием отсеков дробления щебеночных карьеров для устройства оснований дорожных одежд на дорогах с малой интенсивностью движения (до 200 авт./сут.) : отчет по гос. контракту № 217-12. – Волгоград : Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2012. – 56 с.
12. Руководство по строительству оснований и покрытий автомобильных дорог из щебеночных и гравийных материалов. – Введено 1999–01–01. – Москва : Союздорнии, 1999. – 43 с.
13. Сюньи Г. К. Регенерированный дорожный асфальтобетон / Г. К. Сюньи, К. Х. Усманов, Э. С. Файнберг. – Москва : Транспорт, 1984. – 118 с.

14. Технические условия (ТУ) по благоустройству улиц устройством конструкций дорожных одежд переходного типа. – Волгоград : Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет, 2009. – 5 с.

15. Credo-Dialogue. – Режим доступа: <http://www.credo-dialogue.com>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения 10.08.2015).

References

1. Badrutdinov A. N., Sangadzhiev M. M., Stashenko E. N. Svyaz dorozhnogo faktora zapylennosti s ekologicheskoy situatsiyey v regione (Kalmykiya) [The relationship of road dust factor to ecological situation in the region (Kalmykia)]. *Innovatsionnaya nauka* [Innovative Science], 2015, no. 12, part 3, pp. 256–259.

2. Badrutdinov A. N., Sangadzhiev M. M. Sovershenstvovanie metodiki proektirovaniya ukrepleniya obochin pri ushirenii zemlyanogo polotna – obespechenie bezopasnosti na transporte [Improved methodology for design of strengthening shoulders with the broadening of the subgrade – provide transport security]. *Ekologicheskie problemy prirodnnykh i urbanizirovannykh territoriy : materialy V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 17–18 maya 2012 g., g. Astrakhan* [Environmental Problems of Natural and Urbanised Areas. Proceedings of the V International Scientific and Practical Conference. May 17–18, 2012, Astrakhan], Astrakhan, Sorokin Roman Vasilevich Publ., 2012, pp. 104–107.

3. VSN 39-79. Technical guidance on the strengthening of roadsides of motor roads. Approved by the RSFSR Ministry of Road 1970-20-03. Moscow, Transport Publ., 1980. 48 p.

4. GOST 30491-97. Organomineral mixtures and soils fortified with organic binders for road and airfield construction. Specifications. Introduced 1997–09–01, Moscow, 1997. 28 p.

5. GOST 25607-2009. Mixtures of rubble-gravel-sand for coverings and bases of highways and airfields. Specifications. Introduced 2011–01–01. Moscow, 2010. 58 p.

6. GOST 23558-94. Mixtures of rubble-gravel-sand and soils treated with inorganic binders for road and airfield construction. Specifications. Introduced 1995–01–01. Moscow, 1994. 23 p.

7. Methodical recommendations for the restoration of asphalt concrete pavements and bases for roads by cold regeneration. Approved by the Decree of the Federal Road Agency from 27.06.2002 no. OS-568-r. Moscow, Rosdornii Publ., 2002. 35 p.

8. Methodical recommendations for improving the quality of road bases made of crushed stone of different breeds. Approved by the Mintransstroy. Moscow, Soyuzdornii Publ., 1980. 36 p.

9. ODN 218.046-01. The design of road pavements. Approved by the Order of the State Service for the road sector (the Federal Road Agency) of the Ministry of Transport of the Russian Federation from 20.12.00 no. OS-35-P. Moscow, 2001. 168 p.

10. ODN 218.3.039-2003. Strengthening of roadsides of motor roads. Approved by the Decree of Ministry of Transport of Russia from 23.05.2003 no. OS-461-r. Moscow, 2003. 50 p.

11. *Razrabotka sostavov i tekhnologii primeneniya smesey, ukreplennykh vyazhushchimi s ispolzovaniem otsevoj drobleniya shchebenochnykh karerov dlya ustroystva osnovaniy dorozhnykh odezhd na dorogakh s maloy intensivnostyu dvizheniya (do 200 avt./sut.) : otchet po gos. kontraktu № 217-12* [Development of compositions and technology of using the mixtures, fortified with the use of screenings from the crushing of gravel pits for foundations of pavements on roads with low traffic volume (up to 200 auth/day). Report on state contract no. 217-12], Volgograd, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering Publ. House, 2012. 56 p.

12. Guidance on the construction of the bases and coverings of highways of macadam and gravel materials. Introduce 1999-01-01. Moscow, Soyuzdornii Publ., 1999. 43 p.

13. Sunji G. K., Usmanov K. H., Feinberg S. E. *Regenerirovanny dorozhnyy asfaltobeton* [Road recycled asphalt concrete], Moscow, Transport Publ., 1984. 118 p.

14. *Tekhnicheskie usloviya (TU) po blagoustroystvu ulits ustroystvom konstruktivnykh dorozhnykh odezhd perekhodnogo tipa* [Technical specifications (TS) for the improvement of streets the device of road structures of the transitional type], Volgograd, Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering Publ. House, 2009. 5 p.

15. Credo-Dialogue. Available at: <http://www.credo-dialogue.com> (dassessed 10.08.2015).