

УДК 625.71.8

# КОНКУРЕНТНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ИННОВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ УСТРОЙСТВЕ УКРЕПЛЕННЫХ СЛОЕВ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД

Е.А. Бедрин<sup>1</sup>, \*Е.А. Бедрина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «СибАДИ», г. Омск, Россия

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО ОмГТУ, г. Омск, Россия

\*bedrina\_ea@mail.ru

## АННОТАЦИЯ

**Введение.** Внедрение инновационных технологий и материалов в дорожном строительстве затруднено из-за ряда сдерживающих факторов, решение которых является актуальной задачей строительной отрасли. На примере технологии укрепления грунтов рассмотрены конкурентные преимущества инновационных материалов (полимерно-минеральная композиция «Nisoflok») относительно традиционных. Полученные результаты исследований показывают несоответствие нормативной и правовой баз в дорожной отрасли в части применения инновационных технологий (материалов) и говорят о необходимости скорейшей актуализации ее в ближайшее время с уточнением как характеристик материалов, так и методов оценки эффективности их применения. Тем самым представляется возможность повысить надежность принимаемых решений по ремонту и строительству автомобильных дорог, и, как следствие, увеличить срок их службы.

**Материалы и методы.** Работа проводилась в ходе строительных (ремонтных) работ опытных участков автомобильных дорог, а также после года их эксплуатации. При определении физико-механических и деформационных характеристик грунтов и материалов, укрепленных ПМК «Nisoflok», применялись стандартные методики испытаний, указанные в нормативных документах.

С учетом полученных значений характеристик исследуемых материалов выполнен расчет равнопрочных конструкций дорожных одежд при помощи лицензионного программного продукта. По разработанным вариантам конструкции рассчитана сметная стоимость строительства дорожных одежд.

**Результаты.** Результаты исследования применения полимерно-минеральной композиции позволяют сделать вывод об улучшении физико-механических характеристик укрепленного материала. При этом конкурентная способность применения добавки относительно стоимости ремонтных работ возрастает в разы.

**Обсуждение и заключение.** Результаты исследований показывают несоответствие нормативной и правовой баз в дорожной отрасли в части применения инновационных технологий (материалов) и говорят о необходимости скорейшей актуализации ее в ближайшее время с уточнением как характеристик материалов, так и методов оценки эффективности их применения.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** технологии, инновационные материалы, автомобильные дороги, дорожная одежда, грунты, укрепление, полимерно-минеральная композиция, физико-механические свойства, инновационные материалы, нормативная база.

© Е.А. Бедрин, Е.А. Бедрина



Контент доступен под лицензией  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

# COMPETITIVE ADVANTAGES OF INNOVATIVE MATERIALS WHILE THE CONSTRUCTION OF ROAD BASE STRENGTHENED LAYERS

*E.A. Bedrin<sup>1</sup>, \*E.A. Bedrina<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Siberian State Automobile and Highway University,  
Omsk, Russia*

*<sup>2</sup>Omsk State Technical University  
Omsk, Russia*

*\*bedrina\_ea@mail.ru*

## ABSTRACT

**Introduction.** *The introduction of innovative technologies and materials in road construction is difficult due to a number of constraints, the solution of which is an urgent task of the construction industry. The competitive advantages of innovative materials (polymer-mineral composition “Nicoflok”) relative to traditional ones are considered on the example of the soil strengthening technology. The results of the research show the inconsistency of the regulatory and legal framework of the road sector in terms of the innovative technologies (materials) application. Such results suggest quickly update, refining both the characteristics of materials and methods for assessing the usage effectiveness. Thus, it is possible to increase the reliability of decisions made on the repair and construction of roads, and, as a consequence, increase their service.*

**Materials and methods.** *The research was carried out in the course of construction (repair) work on the pilot road sections, as well as after a year of their operation. The authors used the regulatory documents and standard test methods for determining the physic, mechanical and deformation characteristics of soils and materials reinforced by the Nicoflok. Taking into account the obtained characteristics of the materials, the authors calculated an equal strength pavement structure using a licensed software product. According to the developed design options, the estimated cost of pavement construction was also calculated.*

**Results.** *The results of the research allow authors to conclude that the physic and mechanical characteristics of the reinforced material are improved. At the same time, the competitive ability for the additive usage also increases.*

**Discussion and conclusions.** *The paper shows the inconsistency of the regulatory and legal framework in the road sector in terms of the application of innovative technologies (materials). Moreover, the authors suggest the need to quickly update, clarifying both the characteristics of materials and methods for evaluating the usage effectiveness.*

**KEYWORDS:** *technologies, innovative materials, highways, road pavement, soils, reinforcement, polymer-mineral composition, physical and mechanical properties, innovative materials, regulatory framework.*

© E.A. Bedrin, E.A. Bedrina



Content is available under the license  
Creative Commons Attribution 4.0 License.

### ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день можно выделить три основные сдерживающие фактора развития инновационных технологий в дорожной отрасли России:

- недостаток финансирования;
- кадровые проблемы;
- низкий уровень актуализаций нормативной и правовой баз.

Указанные факторы взаимосвязаны между собой (проявление одного незамедлительно активирует второй) и их совместное решение должно являться одной из приоритетных задач дорожной отрасли.

В настоящей статье авторы рассмотрели один из немногих вопросов указанной актуальной задачи, касающийся актуализации нормативной базы, на примере технологий укрепления грунтов и материалов.

На основе патентной информации в России насчитывается около 250 методов укрепления грунтов и материалов, и количество их растет с каждым годом.

Несмотря на большое количество методов укрепления грунтов и материалов в РФ, в качестве вяжущих веществ чаще всего применяют цемент. Данное обстоятельство связано с рядом сложностей по внедрению инновационных материалов в части нормативной базы:

- отсутствие в нормативных документах характеристик укрепленных грунтов инновационными материалами (модуля упругости, теплоизоляционных свойств и т.д.);
- отсутствие в нормативных документах четких условий, обеспечивающих производство работ по указанной технологии в неблагоприятные периоды года (например, обработка переувлажненных грунтов и выполнение работ при отрицательных температурах);
- отсутствие в нормативных документах обоснованных данных межремонтного срока конструкции дорожных одежд с применением укрепленных материалов с инновационными материалами;
- отсутствие в нормативных документах методики оценки стоимости строительства (ремонта) дорожных одежд с применением укрепленных материалов инновационными материалами в их жизненном цикле.

Указанные сложности приводят к принятию проектных решений по конструированию дорожной одежды автомобильной дороги с инновационными материалами, не отличающихся от решений с применением стандартных вяжущих, тем самым заранее делая приме-

нение инновационных материалов и технологий неконкурентоспособными по стоимости по сравнению с традиционными технологиями укрепления.

В настоящее время если не принять решений по изменению данной ситуации, возможно снижение эффективности применения технологии укрепления грунтов и материалов в целом из-за низких качественных характеристик готового продукта (низкая трещиностойкость, водостойкость, морозостойкость, истираемость покрытия и т.д.). Поэтому уже сейчас, чтобы получить новый виток развития рассматриваемой технологии и материалы с заданными свойствами при целенаправленном регулировании процессов, определяющих формирование их структуры, необходимо уточнить существующую нормативную базу и тем самым повысить надежность принимаемых решений по ремонту и строительству автомобильных дорог, а значит увеличить срок их службы.

В подтверждение наших доводов в статье приведем результаты внедрения инновационных материалов в технологии укрепления грунтов и материалов на примере полимерно-минеральной композиции (ПМК) «NicoFloK».

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В статье приведены примеры исследования как укрепленного грунта, так и обработанных материалов. Исследования проводились в ходе выполнения строительных (ремонтных) работ опытных участков автомобильных дорог, а также после года их эксплуатации. При определении физико-механических и деформационных характеристик грунтов и материалов, укрепленных ПМК «NicoFloK» применялись стандартные методики испытаний, указанные в нормативных документах (ГОСТ 23558, ГОСТ 24452, ГОСТ 10060, ОДМ 218.5.007–2016 и др.). Испытания выполнялись сотрудниками аттестованных и аккредитованных лабораторий (испытательных центров) с использованием поверенного оборудования и приборов.

С учетом полученных значений характеристик исследуемых материалов выполнен расчет равнопрочных конструкций дорожных одежд при помощи лицензионного программного продукта «Indor Pavemet». По разработанным вариантам конструкции рассчитана сметная стоимость строительства дорожных одежд.

На основе выполненных испытаний и расчетов сделано заключение об эффективности и конкурентных преимуществах ПМК.

ТАБЛИЦА 1  
ПОКАЗАТЕЛИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГРУНТА, УКРЕПЛЕННОГО ЦЕМЕНТОМ И ПМК «НИКОФЛОК»  
TABLE 1  
INDICATORS OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE SOIL STRENGTHENED BY CEMENT AND REMK "NICO FLOK"

Пример 1. Результаты испытаний обработанного материала, выполненные в Волгоградской области сотрудниками ООО «Сибиндор»												
Содержание компонентов укрепленной смеси, % массы	Смесь С2	Цемент	«Nico-flok»*	Модуль упругости материала, МПа	Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Время твердения образцов, сутки	Предел прочности водонасыщенных образцов, МПа			Коэффициент морозостойкости $K_{F25}$	Водонасыщение, %	Коэффициент жесткости $R_{сж}/R_{и}$
							на растяжение при изгибе $R_i$	на сжатие $R_{сж}$				
								после твердения	F25**			
94	6	-		550	2,14	7 28	0,68 1,09	2,9 4,9	3,7	0,75	9,2	4,49
94	6	1		770	2,16	7 28	0,91 1,45	3,7 6,0	4,8	0,80	7,1	4,13
Пример 2. Результаты испытаний укрепленного грунта, выполненные в Омской области сотрудниками ООО «Сибцентр»												
Содержание компонентов укрепленной смеси, % массы	Супесь	Цемент	«Nico-flok»*	Модуль упругости материала, МПа	Плотность $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	Время твердения образцов, сутки	Предел прочности водонасыщенных образцов, МПа			Коэффициент морозостойкости $K_{F25}$	Водонасыщение, %	Коэффициент жесткости $R_{сж}/R_{и}$
							на растяжение при изгибе $R_i$	на сжатие $R_{сж}$				
								после твердения	F25**			

\*\* - прочность образцов после 25 (15) циклов замораживания-оттаивания.  
\* - % массы смеси;

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

Результаты испытаний укрепленного грунта и обработанного материала с применением ПМК «Nicoflok» представлены в таблице 1.

Значения показателей физико-механических свойств укрепленного грунта и обработанного материала показывают, что добавление ПМК «Nicoflok» позволяет:

- повысить предел прочности на сжатие водонасыщенных образцов от 22 до 31%;
- повысить предел прочности на растяжение при изгибе водонасыщенных образцов от 33 до 40%;
- уменьшить значение коэффициента жесткости исследуемых материалов;
- повысить значение коэффициента морозостойкости исследуемых материалов;
- повысить значение модуля упругости исследуемых материалов более чем на 40% (что превышает нормативное значение для дан-

ных марок укрепленных грунтов и обработанных материалов без применения ПМК).

Результаты выполненных полевых исследований приведены в таблице 2 и на рисунках 1, 2.

В работах по обследованию опытных участков автомобильных дорог (см. таблицу 2) установлено, что значения модуля упругости на поверхности дорожной одежды с применением ПМК «Nicoflok» больше на 35–70% по сравнению с участками автомобильных дорог без ПМК.

После года эксплуатации поверхность покрытия участка автомобильной дороги, где применялась смесь с добавлением добавки, меньше подвержена разрушениям, нежели без ее применения (см. рисунок 1). Значение модуля упругости на поверхности укрепленного слоя без ПМК уменьшилось после года эксплуатации на 14% и более, а с добавлением ПМК «Nicoflok» практически не изменилось.

ТАБЛИЦА 2  
Значение модуля упругости  
TABLE 2  
Value of elasticsation module

Наименование объекта строительства (ремонта, реконструкции)	Наименование укрепленного грунта (обработанного материала), примененного при строительстве (ремонта, реконструкции) объекта	Организация, проводившая исследование	Модуль упругости на поверхности дорожной одежды со слоем укрепленного грунта (обработанного материала) после 28 суток его твердения, МПа	Модуль упругости на поверхности дорожной одежды со слоем укрепленного грунта (обработанного материала) после года эксплуатации, МПа
Автомобильная дорога «Называетевск–Исикуль» в Исикульском муниципальном районе Омской области	Укрепленный грунт цементом (8 %)	ООО «Сиб-центр»	134	108
	Укрепленный грунт цементом (8 %) и ПМК «Nicoflok»		229	225
Автомобильная дорога «Быканов–Солоновка–Солонешное, граница Республики Алтай»	Обработанный материал (фрезерованный материал существующей дорожной одежды) цементом	ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова»	-	237
	Обработанный материал (фрезерованный материал существующей дорожной одежды) цементом и ПМК «Nicoflok»		-	316
Основание площадки на объекте «Строительство нового аэровокзального комплекса международного аэропорт «Симферополь»	Обработанный материал (щебеночно-песчаная смесь) цементом (6 %)	ООО «Сиб-центр»	162	-
	Обработанный материал (щебеночно-песчаная смесь) цементом (6 %) и ПМК «Nicoflok»		218	-



Результаты испытания кернов, отобранных на опытных участках автомобильных дорог, показывают, что предел прочности на сжатие укрепленного грунта без ПМК снизился на 58%, а с применением ПМК – на 10% после года их эксплуатации (см. таблицу 1, пример 2 и рисунок 2).

В работах [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9] обоснована эффективность применения ПМК «NicoFloK» в дорожном строительстве. Результаты исследований в указанных работах и в настоящей статье позволяют сделать предположение (гипотезу), что применение ПМК «NicoFloK» способствует повышению срока службы как укрепленных слоев дорожной одежды, так и автомобильной дороги в целом. Пока данная гипотеза не подтверждена, рассмотрим обоснование эффективности ПМК «NicoFloK» при строительстве и ремонте автомобильных дорог за счет уменьшения толщины слоев дорожной одежды.

Эффективность ПМК рассмотрим на примере указанных характеристик обработанного материала в Волгоградской области (см.



Рисунок 1 – Общий вид участка автомобильной дороги после года эксплуатации

Figure 1 – General view of the road section after a year of operation

таблицу 1, пример 1). По заданию заказчика был выполнен сравнительный расчет равнопрочных конструкций автомобильной дороги IV технической категории (таблица 3).

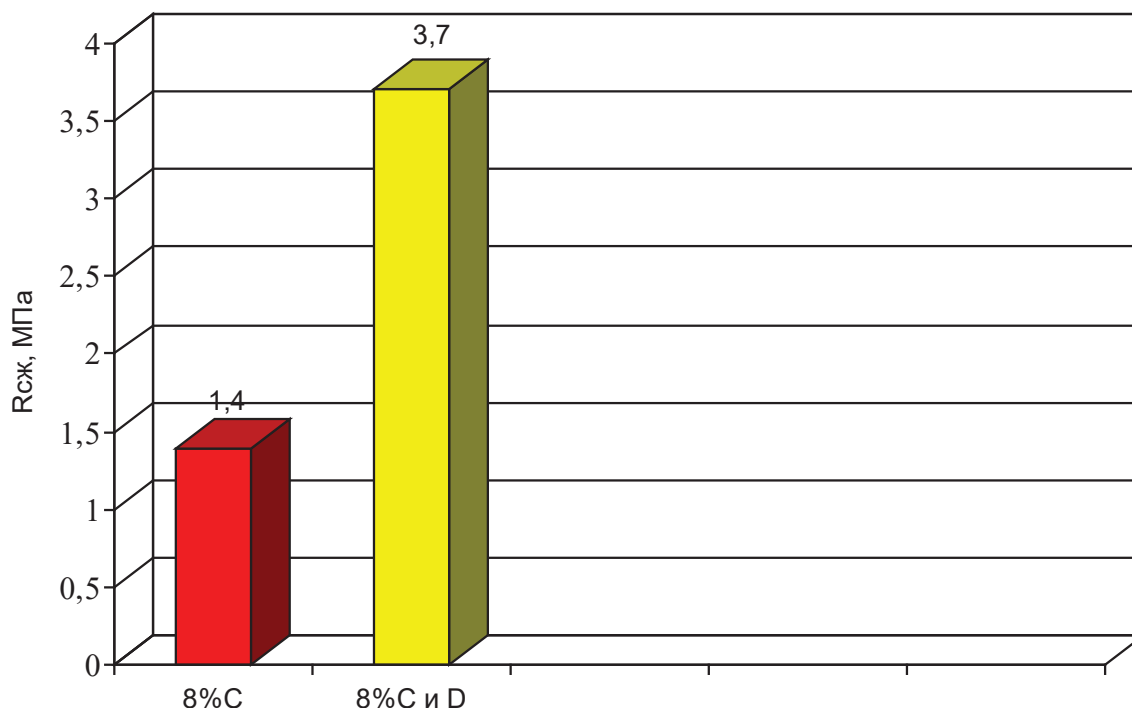


Рисунок 2 – Зависимость предела прочности на сжатие кернов, отобранных из укрепленного слоя дорожной одежды после года ее эксплуатации, от вида вяжущего: С – цемент; D – полимерно-минеральная композиция

Figure 2 – Dependence of the compressive strength of cores selected from the fortified pavement layer after a year of operation by the binder type: C – cement; D – polymer-mineral composition

## РАЗДЕЛ III. СТРОИТЕЛЬСТВО И АРХИТЕКТУРА

ТАБЛИЦА 3  
Варианты конструкций дорожных одежд для iv технической категории  
TABLE 3  
Road clothing designs for iv technical category

Материал слоя	Толщина слоя, см		
	1-й вариант	2-й вариант	3-й вариант
Щебень фракционированный 40...80 (80...120) мм легкоуплотняемый с заклировкой фракционированным мелким щебнем (модуль упругости материала 450 МПа)	25	–	–
Щебеночно-песчаная смесь С2, обработанная цементом и ПМК «Nisoflok» (модуль упругости материала 770 МПа)	–	19	–
Щебеночно-песчаная смесь С2, обработанная цементом (модуль упругости материала 550 МПа)	–	–	23
Существующее основание дорожной одежды	Поверхностный модуль упругости 79 МПа		

По разработанным вариантам конструкций рассчитаны прямые затраты, накладные расходы и плановая прибыль средствами программного комплекса «АУРС-СибАДИ» ресурсным методом.

Расчеты произведены в базисных ценах 2000 года по сметным нормативам [10, 11, 12]. Переход к текущим ценам Волгоградской обла-

сти произведен индексом изменения сметной стоимости СМР в дорожном строительстве на III квартал 2011 года (без НДС) к ФЕР-2001: 5,4 [13].

Сметная стоимость строительства дорожных одежд по вариантам в региональных ценах на III квартал 2011 года на 1 км дороги приведена на рисунке 3.

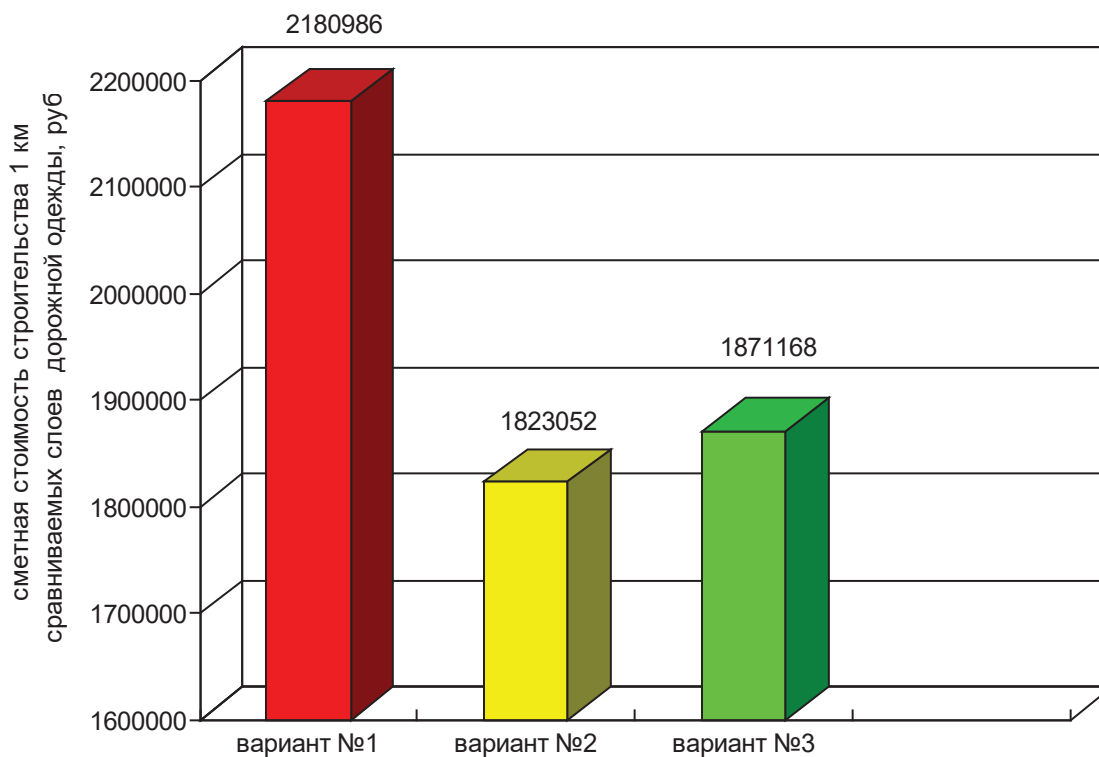


Рисунок 3 – Сравнение вариантов строительства слоев дорожной одежды по сметной стоимости

Figure 3 – Comparison of the construction variants for pavement layers by estimated cost

Результаты выполненных расчетов показывают эффективность применения ПМК «Nicoфлок».

В работах [14, 15, 16] и в нашей статье показано, что применение инновационных материалов («Армадор», Мобет «Дор», «Ренолит», и др.) позволяет улучшить характеристики укрепляемых грунтов и обработанных материалов и снизить затраты на строительство (ремонт) укрепленных слоев дорожной одежды автомобильных дорог.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные результаты (наших и других авторов) исследований применения ПМК (инновационных материалов) позволяют сделать вывод об улучшении физико-механических характеристик укрепленного грунта и обработанного материала, что позволяет, например, уменьшить толщину укрепленного слоя либо повысить срок службы дорожной одежды (относительно сравнения полученных значений модуля упругости как укрепленного материала, так и на поверхности его слоя с добавкой и без нее). При этом конкурентное преимущество применения ПМК, относительно стоимости строительных или ремонтных работ возрастает в разы, а тем самым становится реальным применение данного инновационного материала.

Результаты исследований показывают несоответствие нормативной и правовой баз в дорожной отрасли в части применения инновационных технологий (материалов) и говорят о необходимости скорейшей актуализации ее в ближайшее время с уточнением как характеристик материалов, так и методов оценки эффективности их применения.

Рассмотренный пример можно распространить и на другие ждущие своего признания инновационные материалы и технологии, тем самым дать возможность реального их внедрения (не только на уровне опытного строительства).

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дубина С.И., Сабко Г.И., Бедрин Е.А. Применение инновационных технологий при строительстве автомобильных дорог // Автомобильные дороги. 2008. № 11. С. 117–120.  
2. Максимов А.Т., Сабко А.Т. Применение полимерной добавки Nicoфлок для укрепления и стабилизации грунтов. М.: ВТУ Спецстрой России, 2006. 89 с.

3. Бедрин Е.А. Регулирование свойств грунтов земляного полотна // Сборник научных докладов международной научно-практической конференции «Пути решения проблем дорожной отрасли СНГ и перспективы развития мостостроения». Омск. 2010. С. 52–56.

4. Гусев Н.К., Дубина С.И., Максимов А.Т. Устойчивые смеси для дорожной одежды // Автомобильные дороги. 2012. № 5. С. 80–81.

5. Сравнительный анализ эффективности применения стабилизирующих составов и полимерных добавок в конструкциях дорожных одежд автомобильных дорог / Под ред. А.Т. Максимова. СПб.: ООО «Никель», 2006. 24 с.

6. Гридчин А.М., Золотых С.Н. Исследование влияния ПМК «Nicoфлок» как механохимического активатора на свойства цемента, применяемого при укреплении грунтов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. №5. 2018. С. 6–10.

7. Li Z., Ma J., Yan H. Research and practice on grouting technology with new cement-based/polymer composite // Modeling and Computation in Engineering II. 2013. Т.201. pp. 207–212.

8. Гусев Н.К., Дубина С.И., Максимов А.Т. Оптимальный вариант // Дороги Содружества Независимых Государств. 2011. №4. С. 76–79.

9. Техническое заключение по результатам испытаний полимерно-минеральной композиции «Никофлок» и расчетов вариантов дорожных одежд с целью применения в дорожном строительстве Республики Беларусь. Минск, 2011. 34 с.

10. Государственные сметные нормативы: Федеральные сметные цены на материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве. ФССЦ-2001 (редакция 2009 г.). Ч.1. Материалы для общественных работ: утв. приказом Минрегиона России от 28.07.2009. № 308.

11. Государственные сметные нормативы: Федеральные сметные цены на материалы, изделия и конструкции, применяемые в строительстве. ФССЦ-2001. Ч.4. Бетонные, железобетонные и керамические изделия. Нерудные материалы. Товарные бетоны и растворы: утв. и введен в действие с 28.05.2003 г. постанов. Госстроя России от 20.05.2003 г. № 40.

12. Государственные сметные нормативы: Федеральные сметные расценки на эксплуатацию строительных машин и автотранспортных средств. ФСЭМ-2001 (с изм. 27.02, 03.08, 15.12.2010 г.): утв. приказом Минрегиона России от 28.07.2009. № 307.



13. Приложение 1 к письму Минрегиона России от 15.07.2011 г. № 18769-АП/08 «Индексы изменения сметной стоимости строительно-монтажных работ по видам строительства на III квартал 2011 года».

14. Бедрин Е.А., Бедрина Е.А. Исследование эффективности добавки «Армадор» при строительстве автомобильных дорог в Республике Крым // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации: материалы II Международ. науч.-практ. конф. Омск. СибАДИ. 2017. С. 180–186.

15. Бедрин Е.А., Киселева Е.А. Развитие технологии укрепления грунтов // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования: материалы VI Всерос. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Омск. СибАДИ. 2011. С. 13–18.

16. Антонов Ю.Б., Голубева Е.А., Карамышев И.М. Повышение деформативных цементогрунтов путем введения полимерных добавок // Повышение долговечности транспортных сооружений и безопасности дорожного движения: Сб. науч. тр. Казань, 2008. С. 133–135.

#### REFERENCES

1. Dubina S.I., Sabko G.I., Bedrin E.A. Primenenie innovatsionnykh tekhnologij pri stroitel'stve avtomobil'nykh dorog [Use of innovative technologies in the construction of roads]. *Avtomobil'nye dorogi*, 2008, no 11, pp. 117–120. (in Russian).

2. Maksimov A.T., Sobko G.I. *Primenenie polimernoy dobavki Nicoflok dlya ukrepleniya i stabilizatsii gruntov* [Use of Polymer Additive Nicoflok for Soil Stabilization]. Moscow, VTU Spetstroya Rossii, 2006. 89 p. (in Russian).

3. Bedrin E.A. Regulirovanie svoystv gruntov zemlyanogo polotna [Regulation of the properties of the subgrade soil]. *Sbornik nauchnykh dokladov mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Puti resheniya problem dorozhnoy otrasli SNG i perspektivy razvitiya mostostroeniya»*. Omsk. 2010. pp. 52–56. (in Russian).

4. Gusev N.K., Dubina S.I., Maksimov A.T. Ustoychivye smesi dlya dorozhnoy odezhd [Strong Compositions for Road Pavement]. *Avtomobilnye dorogi*, 2012, no 5. pp. 80–81.

5. Maksimov A.T. *Sravnitelnyy analiz effektivnosti primeneniya stabiliziruyushchikh sostavov i polimernykh dobavok v konstruktsiyakh dorozhnykh odezhd avtomobilnykh dorog*

[Comparative Analysis of Efficiency of Stabilizing Compositions and Polymer Additives in Road Pavement of Auto Roads]. Saint-Petersburg, LLC «Nikel», 2006. 24 p. (in Russian).

6. Gridchin A.M., Zolotykh S.N. Issledovanie vliyaniya PMK «Nicoflok» kak mekhanohimicheskogo aktivatora na svoystva cementa, primenyaemogo pri ukreplenii gruntov [Study of the effect of the Nicoflok MEC as a mechanochemical activator on the properties of cement used in soil reinforcement]. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*, 2018, no 5, pp. 6–10. (in Russian).

7. Li Z., Ma J., Yan H. Research and practice on grouting technology with new cement-based/polymer composite. *Modeling and Computation in Engineering II*. 2013. vol. 201. pp. 207–212.

8. Gusev N.K., Dubina S.I., Maksimov A.T. Optimal'nyy variant [The best option]. *Dorogi sodruzhestva Nezavisimykh Gosudarstv*, 2011, no 4, pp. 76–79. (in Russian).

9. *Tekhnicheskoye zaklyucheniye po rezul'tatam ispytaniy polimermineral'noy kompozitsii «Nikoflok» i raschetov variantov dorozhnykh odezhd s tsel'yu primeneniya v dorozhnom stroitel'stve Respubliki Belarus'* [Technical opinion on the results of polymer mineral composition “Nikoflok” tests and calculations of pavements for the purpose of application in road construction of the Republic of Belarus]. Minsk, 2011. 34 p.

10. Gosudarstvennyye smetnyye normativy: Federal'nyye smetnyye tseny na materialy, izdeliya i konstruktsii, primenyayemye v stroitel'stve. FSSTS-2001 (redaktsiya 2009 g.). CH.1. Materialy dlya obshchestvennykh rabot: utv. prikazom Minregiona Rossii ot 28.07.2009, no 308. (in Russian).

11. Gosudarstvennyye smetnyye normativy: Federal'nyye smetnyye tseny na materialy, izdeliya i konstruktsii, primenyayemye v stroitel'stve. FSSTS-2001. CH.4. Betonnyye, zhelezobetonnyye i keramicheskiye izdeliya. Nerudnyye materialy. Tovarnyye betony i rastvory: utv. i vveden v deystviye s 28.05.2003 g. postanov. Gosstroya Rossii ot 20.05.2003 g. no 40.

12. Gosudarstvennyye smetnyye normativy: Federal'nyesmetnyyerastsenkinaeksploatatsiyu stroitel'nykh mashin i avtotransportnykh sredstv. FSEM-2001 (s izm. 27.02, 03.08, 15.12.2010 g.): utv. prikazom Minregiona Rossii ot 28.07.2009. no 307.

13. Prilozheniye 1 k pis'mu Minregiona Rossii ot 15.07.2011. no 18769-AP/08 «Indeksy

izmeneniya smetnoy stoimosti stroitel'no-montazhnykh работ по vidam stroitel'stva na III.2011».

14. Bedrin E.A., Bedrina E.A. Issledovaniye effektivnosti dobavki «Armador» pri stroitel'stve avtomobil'nykh dorog v Respublike Krym [Study of the effectiveness of the additive "Armador" in the construction of roads in the Republic of Crimea]. *Arkhitekturno-stroitel'nyy i dorozhno-transportnyy kompleksy: problemy, perspektivy, innovatsii: materialy II mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* Omsk. 2017. pp. 180–186 (in Russian).

15. Bedrin E.A., Kiseleva E.A. Razvitiye tekhnologii ukrepleniya gruntov [Development of soil strengthening technology]. *Razvitiye dorozhno-transportnogo kompleksa i stroitel'noy infrastruktury na osnove ratsional'nogo prirodopol'zovaniya: materialy VI Vseros. nauch.-prakt. konf. studentov, aspirantov i molodykh uchenykh.* Omsk. SibADI. 2011. pp. 13–18.

16. Antonov Y.B., Golubeva Y.A., Karamyshev I.M. *Povysheniye deformativnykh tsementogrunтов путем vvedeniya polimernykh dobavok* [Increasing deformative cement soils by introducing polymer additives]. *Povysheniye dolgovечности transportnykh sooruzheniy i bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya.* Sb. nauch. tr. Kazan'. 2008. pp.133–135. (in Russian).

**Поступила 13.12.2018, принята к публикации 22.02.2019.**

**Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.**

**Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.**

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

*Бедрин Евгений Андреевич (Россия, г. Омск) – доцент кафедры «Экономика и управление в транспортном строительстве», ORCID ID 0000-0001-9536-9713, ФГБОУ ВО «СибАДИ» (644080 г. Омск, пр.Мира, 5, e-mail: bedrin-ee@yandex.ru).*

*Бедрина Елена Анатольевна (Россия, г. Омск) – доцент кафедры «Безопасность жизнедеятельности», ORCID ID 0000-0003-2923-5244, ФГБОУ ВО «ОмГТУ» (644050 г. Омск, пр.Мира, 11, e-mail: bedrina\_ea@mail.ru).*

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

*Bedrin Evgeny A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Economics and Management in Transport Construction Department, ORCID ID 0000-0001-9536-9713, Siberian State Automobile and Highway University (SibADI) (644080, Omsk, 5, Mira, e-mail: bedrin-ee@yandex.ru).*

*Bedrina Elena A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Life Safety Department, ORCID ID 0000-0003-2923-5244, Omsk State Technical University (OmGTU) (644050, Omsk, 11, Mira, e-mail: bedrina\_ea@mail.ru).*

#### ВКЛАД СОАВТОРОВ

*Каждый автор внес равную долю участия в теоретические и экспериментальные разделы статьи.*

#### AUTHORS CONTRIBUTION

*The authors have equal contribution to theoretical and experimental sections of the paper.*