



УДК 625.861

Ильина О.Н. – кандидат технических наук, доцент

E-mail: ilina@kgasu.ru

Коновалов Н.В. – аспирант

E-mail: darknik@mail.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 420043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Дорожно-строительный материал на основе местных минеральных материалов, обработанных комплексным вяжущим

Аннотация

Одним из перспективных направлений в строительстве и реконструкции автомобильных дорог, в том числе и сельских, является максимальное использование местных дорожно-строительных материалов. Ввиду отсутствия качественного и прочного щебня в Республике Татарстан строителям предлагается обрабатывать его различными вяжущими веществами.

В статье приведены результаты лабораторно-экспериментальных исследований по обработке местного карбонатного щебня и грунта комплексным вяжущим, в состав которого входит активная минеральная добавка – диатомит. Установлено, что введение добавки диатомита позволяет улучшить физико-механические свойства обработанных материалов и сократить расход основного вяжущего – цемента.

Разработаны варианты конструкций дорожных одежд, применительно к сельским автомобильным дорогам низких категорий, предложены возможные варианты технологии устройства слоев из разработанного материала.

Ключевые слова: автомобильная дорога, минеральный материал, портландцемент, диатомит, обработанный материал, конструкции дорожной одежды, технология устройства дорожной одежды.

На современном этапе строительства и реконструкции автомобильных дорог все большую актуальность имеют технологии и методы, при которых максимально используются местные дорожно-строительные материалы. В качестве местных дорожно-строительных материалов в Республике Татарстан представлены: пески, песчано-гравийные смеси, крупнообломочные материалы, представленные преимущественно малопрочными известняковыми породами. Обработка местных минеральных материалов и укрепление грунтов вяжущими веществами является актуальной задачей для транспортного строительства.

В качестве вяжущих материалов могут применяться органические, неорганические и комплексные вяжущие [1]. Применение органических вяжущих, в частности битума, заметно препятствует использованию природной цементирующей способности малопрочных известняков. Замена битума цементом в слоях дорожной одежды устранила основной недостаток слоев, обработанных битумом, – повышенную склонность к пластическим деформациям [2]. При укреплении известняков неорганическими вяжущими установлено, что известняки по своей природе не инертны, а входят в активное физико-химическое взаимодействие с цементом, оказывая взаимное положительное влияние на процессы гидролиза и твердения цемента. Цемент в цементно-известняковых смесях является основным компонентом, обеспечивающим в определенных условиях коренное изменение природных свойств используемого известняка. При этом продукты гидролиза и гидратации цемента в соответствующем количестве в смеси образуют с частицами известняка сложный и весьма разветвленный цементно-известняковый каркас, прочность которого выше прочности отдельных микроагрегатов [2].

На данный момент перед строителями стоит задача экономии дорогостоящих вяжущих, как правило, для экономии цемента применяются различные добавки, позволяющие сократить процент основного вяжущего в смеси. Для обработки

известнякового щебня и грунта нами предложено комплексное минеральное вяжущее, в состав которого входит добавка диатомита.

Диатомит – природный наноструктурированный материал, представляющий собой кремнистую породу, сложенную мельчайшими опаловыми створками древних диатомовых водорослей – диатомей. Размер створок структуры фрактального характера порядка 100 нм. Диатомит является активной минеральной добавкой осадочного происхождения. При смешивании его с портландцементом оказывает пуццоланический эффект. Наличие активной пуццолановой добавки качественно не меняет характера взаимодействия клинкерных минералов с водой. Однако скорость гидролиза и гидратации возрастает. Это объясняется, прежде всего, тем, что в тесте из пуццоланового портландцемента на единицу по массе клинкера приходится больше воды, чем в тесте из портландцемента, и, таким образом, происходит более быстрая гидратация зерен клинкера. Кроме того, активная добавка, связывая гидроксид кальция в нерастворимые соединения, снижает его концентрацию в водном растворе твердеющей цементной массы и тем ускоряет гидролиз содержащихся в клинкере силикатов кальция. Реакция между продуктами гидратации клинкера и активными компонентами гидравлической добавки – вторичные процессы. Они заключаются прежде всего во взаимодействии $\text{Ca}(\text{OH})_2$, с активным кремнеземом добавки и образовании гидросиликатов с общей формулой $\text{CSH}(\text{B})$, по Боггу или $\text{C-S-H}(\text{I})$, по Тейлору: $m\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{SiO}_2\text{акт} + n\text{H}_2\text{O} = m\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2\cdot p\text{H}_2\text{O}$ [3]. Смеси на портландцементе и пуццолановых добавках характеризуются большей способностью к пластической деформации во влажных условиях, чем смеси на портландцементе. Технологические выгоды от введения добавки диатомита в смесь включают повышение ее непроницаемости и химической стойкости, улучшение сопротивления трещинообразованию и увеличение предела прочности.

В настоящее время продукция на базе диатомита широко используется во многих отраслях промышленности, в том числе в качестве активной минеральной и реологической добавки в портландцементах для сухих строительных смесей. Известны месторождения диатомита в Ульяновской области, в Среднем Поволжье, на Дальнем Востоке, Пензенской, Ростовской, Свердловской, Костромской, Калужской и других областях России.

В Испытательном дорожном научно-производственном центре Института транспортных сооружений Казанского государственного архитектурно-строительного университета проведены экспериментально-лабораторные исследования по обработке местного известнякового щебня марки М400 и грунта супеси комплексным минеральным вяжущим. Исследования проводились в соответствии с ГОСТ 23558 [4] и ГОСТ 10180 [5]. В качестве минерального материала использовался известняковый щебень М400 ГОСТ 8267 Ийского месторождения карбонатных пород Республики Татарстан. Гранулометрический состав щебеночной смеси подобран в соответствии с ГОСТ 23558 по фракциям 0-20мм. Комплексное вяжущее: портландцемент М400 Ново-Ульяновского завода ГОСТ 10178 в количестве 4-6 % и диатомит производства компании «Диамикс» Ульяновской области, г. Инза ТУ 5761-001-25310144-99 в количестве 5-15 %. Поискные исследования по подбору состава смесей и определению физико-механических свойств материалов проводились по стандартной методике на образцах $d=h=7,14$ см в возрасте 7 и 28 суток. Сравнительные лабораторные результаты испытаний образцов обработанных материалов по прочности при сжатии и растяжении при изгибе показали марку М40 и М60, марку по морозостойкости F15 для щебеночной смеси и М10, М20 для укрепленного грунта. В таблице приведены результаты экспериментально-лабораторных исследований.

Зависимость коэффициента водостойкости и прочности при сжатии и изгибе водонасыщенных образцов грунта от содержания диатомита, а также зависимость прочности на сжатие и прочности на изгиб водонасыщенных образцов обработанной щебеночной смеси от содержания диатомита приведены на рис. 1 и рис. 2. Введение добавки диатомита в количестве 5-15 % позволяет улучшить физико-механические свойства обработанных материалов и сократить расход основного вяжущего – цемента – с 8-10 % до 5 %.

Таблица

Результаты экспериментально-лабораторных исследований

Состав*, %	R ⁷ _{сж} , МПа		R ²⁸ _{сж} , МПа		R ⁷ _{изг} , МПа	W ²⁸ , %	K _B ²⁸	Марка по прочности ГОСТ 23558	Марка по морозостойкости ГОСТ 23558
	сух	вод	сух	вод					
Щ-100, Ц-6, Д-0	4,74	3,45	5,68	4,94	0,93	2,04	0,87	M40	F5
Щ-100, Ц-4, Д-5-15	3,98-4,46	3,55-3,75	5,72-5,80	5,16-5,60	0,94-0,98	1,81-1,96	0,9-0,97	M40	F15
Щ-100, Ц-6, Д-5-15	4,42-5,45	4,12-4,63	6,18-7,85	5,44-7,75	1,12-1,32	1,60-2,79	0,86-0,97	M40-M60	F15
Щ -100, Ц-5, Д-0-15	6,09	4,79	6,68	5,70	1,42	3,54	0,85	M40	F5
Щ -100, Ц-6, Д-0	4,95-5,71	4,75-4,79	6,85	6,10-6,90	1,51-1,69	1,39-2,82	0,89-0,96	M60	F15
Г-100, Ц-6, Д-0	1,25	1,06	2,14	1,72	0,22	2,08	0,8	M10	F10
Г-100, Ц-6, Д-5-15	1,34-1,47	1,15-1,43	2,02-2,33	1,97-2,27	0,36-0,40	1,00-1,82	0,97-0,98	M20	F10

* Щ – щебень, Ц – цемент, Д – диатомит, Г – грунт

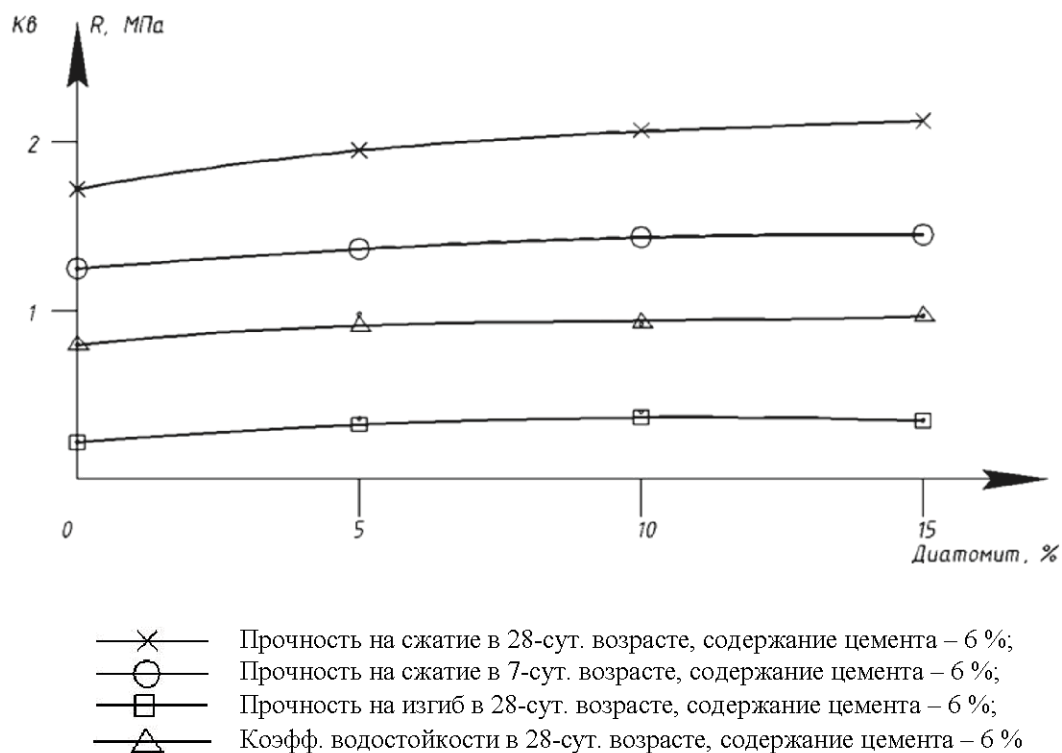


Рис. 1. Зависимость коэффициента водостойкости, прочности на сжатие и прочности на растяжение водонасыщенных образцов обработанного грунта от содержания диатомита

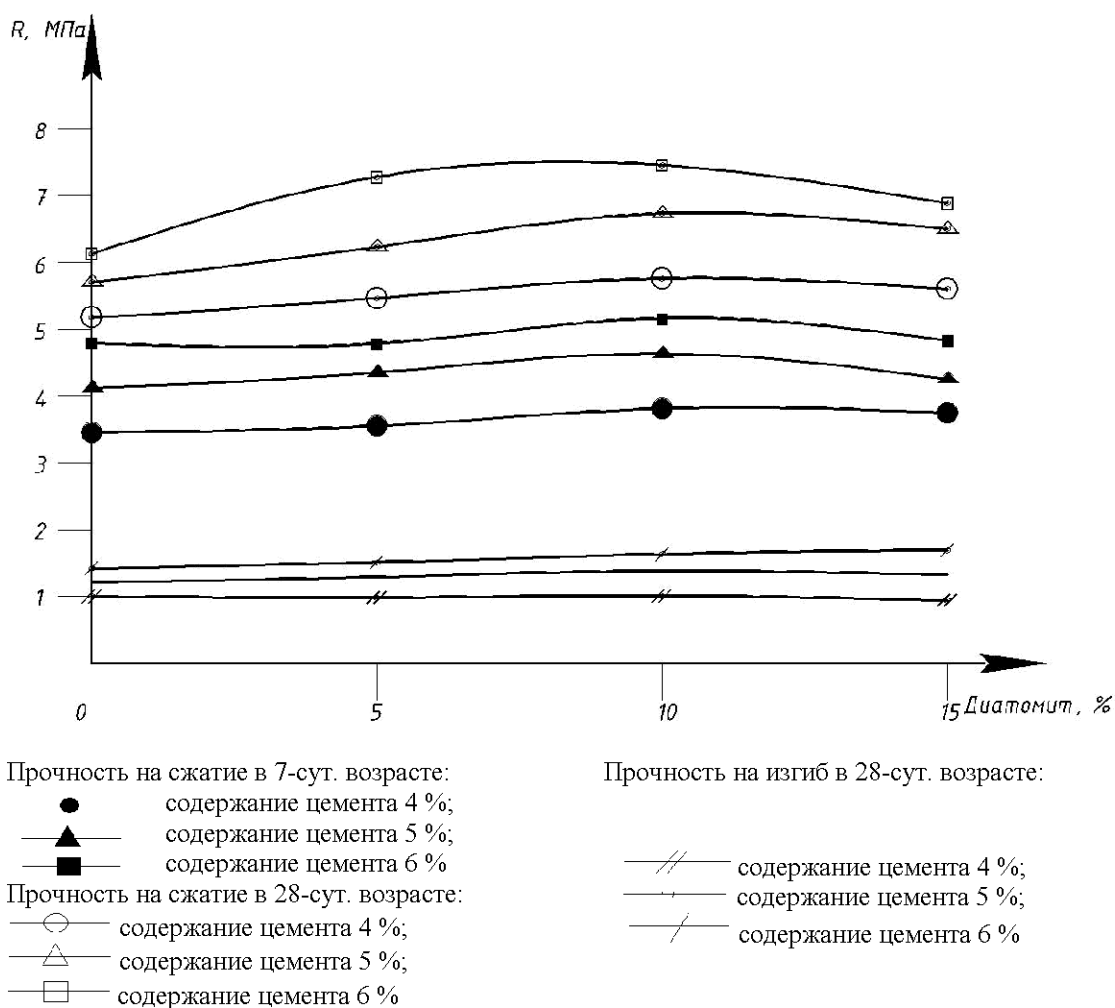
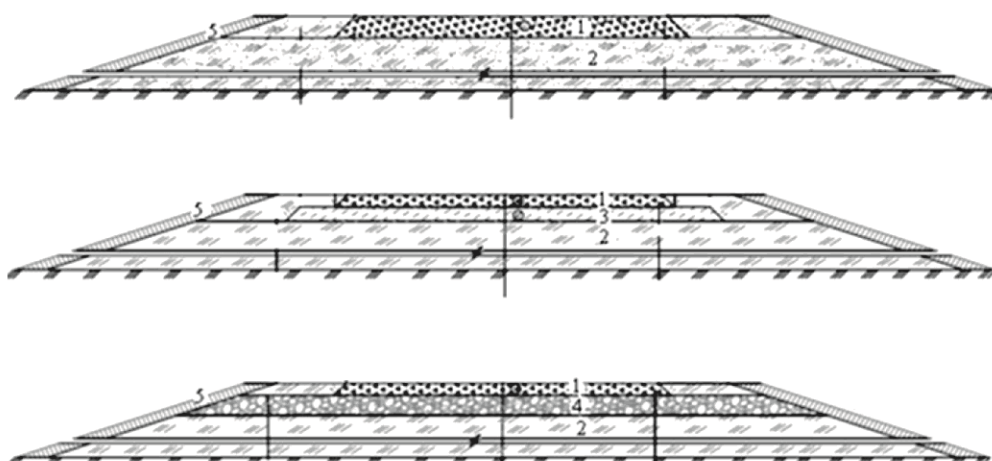


Рис. 2. Зависимость прочности на сжатие и прочности на изгиб водонасыщенных образцов обработанной щебеночной смеси от содержания диатомита

Разработаны и рассчитаны конструкции дорожных одежд сельских автомобильных дорог Республики Татарстан [6] с требуемым модулем упругости $E_{тр}=100$ МПа и $E_{тр}=150$ МПа [7] и применением местных минеральных материалов, обработанных комплексным наноструктурированным минеральным вяжущим (рис. 3).

В качестве вариантов технологий устройства слоев дорожной одежды из разработанных материалов можно предложить два основных направления: обработка материала в смесительной установке и на трассе, в качестве смесительной установки – ДС-50Б, в качестве механизмов, производящих обработку материала на трассе, – навесная фреза фирмы Wirtgen WS 250 и стабилизатор фирмы Wirtgen WR 2500 SK. Преимущество применения стабилизатора 2500 SK в том, что в его конструкции реализована возможность ввода сухого вяжущего непосредственно в смесительный барабан механизма, что повышает однородность обработки материала и снижает пылеобразование при выполнении работ.

Рассчитаны основные показатели экономической эффективности капитальных вложений в строительство сельских автомобильных дорог по разработанным конструкциям дорожных одежд и технологиям устройства. Применение таких конструкций позволяет достичь экономии сметной стоимости строительства на 40-60 % и увеличить протяженность строительства дорог в 1,5-2,5 раза, в сравнении с сельскими автомобильными дорогами с традиционными дорожными одеждами.



- 1 – Щебеночная смесь, обработанная комплексным минеральным вяжущим;
 2 – грунт земляного полотна; 3 – грунт, укрепленный комплексным минеральным вяжущим;
 4 – песчано-гравийная смесь; 5 – растительный грунт

Рис. 3. Конструкции дорожных одежд сельских автомобильных дорог Республики Татарстан

На основании полученных результатов можно сделать вывод о целесообразности применения разработанных материалов в дорожном строительстве. Положительная динамика физико-механических показателей материалов, в состав которых введен диатомит, оправдывает его применение в области дорожно-строительных материалов. Замена традиционной конструкции дорожной одежды на конструкцию со слоями из разработанных материалов позволяет снизить стоимость дорожной одежды, что, в свою очередь, приводит к увеличению протяженности автомобильных дорог.

Список литературы

1. Славуцкий А.К., Некрасов В.К., Ромаданов Г.А. и др. Автомобильные дороги: Одежды из местных материалов: Учеб. пособие для вузов. / Под ред. А.К. Славуцкого. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 255 с.
2. Дагаев Б.И. Основания дорожных одежд из малопрочных известняков. – М.: Транспорт, 1988. – 69 с.
3. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.С. и др. Минеральные вяжущие вещества: (технология и свойства). Учебник для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.
4. ГОСТ 23558-94. Смеси щебеночно-гравийно-песчаные и грунты, обработанные неорганическими вяжущими, для дорожного и аэродромного строительства. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 13 с.
5. ГОСТ 10180-90. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: Изд-во стандартов, 1990, Стандартинформ, 2006. – 31 с.
6. СТО 4800-001-57253637-2011. «Проектирование сельских автомобильных дорог в Республике Татарстан» / ГУ «Главтатдортранс». – Казань, 2011. – 21 с.
7. ОДН 218.046-01 Проектирование нежестких дорожных одежд./ Росавтодор. – М., 2001. – 111 с.

Ilina O.N. – candidate of technical sciences, associate professor

E-mail: ilina@kgasu.ru

Konovalov N.V. – post-graduate student

E-mail: darknik@mail.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 420043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Road-building material on the basis of local mineral materials treated with complex astringent

Resume

The development of the road network – the key issue of the road workers at all times. Civil engineering – is a very materials consumption industry. In the absence of the Republic of Tatarstan quality stone material proposed to handle local light carbonate rubble complex binder. The structure of complex mineral binder included cement, active mineral supplement – diatomite. Diatomaceous earth – a natural nano-material, a siliceous rocks composed of tiny opalescent wings of ancient diatoms – diatoms. Upon mixing it with the Portland cement has pozzolanic effect. Introduction of diatomite can reduce the amount of basic binder - cement and improve the physical and mechanical properties of the treated material.

In the Test Road Research and Production Center of the Institute of transport facilities Kazan State Architectural University conducted an experimental laboratory research on the treatment of rubble and soil grade 400 such complex binder. Analysis of the results obtained during the experimental laboratory studies, allows to draw conclusions about the appropriateness of diatomite in road construction. Introduction of diatomite has a positive effect on physical and mechanical properties of the material.

Developed and designed pavement structure of rural roads using the resulting material. Applications designed to reduce the cost of material of the pavement in comparison with conventional designs by 40-60 %.

Keywords: road, the mineral material, Portland cement, diatomite, processed material, pavement structure, the technology unit of the pavement.

References

1. Slavutsky A.K., Nekrasov V.K., Romadanov G.A. et al Highways: Clothes made of local materials: Textbook. manual for high schools. / Ed. A.K. Slavutsky. 3rd ed., rev. and add. – M.: Transport, 1987. – 255 p.
2. Dagaev B.I. The grounds of the low-strength pavement limestone. – M.: Transport, 1988. – 69 p.
3. Volzhensky A.V., Burov Y.S., Kolokolnikov V.S., e. other. Mineral binders: (technology and properties). Textbook for high schools. 3rd ed., Rev. and add. – M.: Stroyizdat, 1979. – 476 p.
4. GOST 23558-94. Mixes rubble-gravel-sand and soils treated with inorganic binders for road and airfield construction. – M.: Publishing House of Standards, 1995. – 13 p.
5. GOST 10180-90. Methods for determining the strength of the check samples. – M.: Publishing House of Standards, 1990, Standartinform, 2006. – 31 p.
6. SRT 4800-001-57253637-2011. «Design of rural roads in the Republic of Tatarstan» / GU «Glavtadortrans». – Kazan, 2011. – 21 p.
7. ODN 218.046-01 Design of non-rigid pavements. / Road Service. – M., 2001. – 111 p.