

DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-4-56-63

*Строкова В.В. \*, доктор технических наук, профессор,  
Бабаев В.Б., кандидат технических наук,  
Марков А.Ю.,*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия,  
Соболев К.Г., кандидат технических наук,*

*Университет Висконсин-Милуоки, США,*

*Нелюбова В.В., кандидат технических наук, доцент,*

*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия*

\*Ответственный автор E-mail: [vvstrokova@gmail.com](mailto:vvstrokova@gmail.com)

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНСТРУКЦИЙ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦЕМЕНТОБЕТОНА

**Аннотация:** приведены результаты исследований по применению армированного модифицированной базальтовой фиброй цементобетонного покрытия в проектировании дорожной одежды жесткого типа. Показано, что использование фиброцементобетона в конструкциях автомобильных дорог, позволяет снизить толщину покрытия, при этом имея в слое бетона запас прочности, а каркас из микроармирующих компонентов позволяет снизить проникающие нагрузки.

**Ключевые слова:** цементобетон, фибробетон, дорожная одежда жесткого типа, проектированию жестких дорожных одежд

### Введение

На сегодняшний день при строительстве дорог основным способом повышения их долговечности является утолщение дорожных одежд и применение минеральных добавок [1-10]. При этом самым распространенным видом покрытия является асфальтобетон, обладающий невысокой морозоустойчивостью и стойкостью к износу в условиях использования шипованных шин. Альтернативой являются дорожные одежды жесткого типа из цементобетона, обладающие улучшенными характеристиками, в том числе намного более высокой прочностью. При применении такого типа дорожных одежд важно осуществлять проектирование её конструкции с целью экономии объемного веса и увеличения её несущей и демпфирующей способности. Для этого в работе рассматривается возможность применения дорожной одежды из цементобетона микроармированного модифицированным базальтовым волокном.

Расчет производили согласно методическим рекомендациям по проектированию дорожных одежд жесткого типа [12] и «Основам проектирования автомобильных дорог» [13].

### Методы и материалы

Рассматривается два варианта покрытий дорожных одежд: вариант 1 – традиционный цементобетон, в качестве контрольного состава, с показателями прочности соответствующими, согласно ГОСТ 26633-2015, классу Btb 4,0 по растяжению на изгиб и классу B35 по прочности на сжатие; вариант 2 – цементобетон аналогичного состава микроармированный модифицированной базальтовой фиброй обладающий более высокими показателями и соответствующий классу Btb 6,0 по растяжению на изгиб и классу B40 по прочности на сжатие.

Исходные данные принятые при проведении расчёта: тип дорожной одежды – капитальный с усовершенствованным покрытием; перспективная интенсивность движения на 20-й год  $N_{20}^{cyt} = 2400$  авт/сут; состав движения приведен в таблице 1; III дорожно-климатическая зона; I-ый тип местности по характеру увлажнения; грунт для земляного полотна – суглинок лёгкий; I категория дороги; группа расчетной нагрузки – A1 (с нормированной статической нагрузкой на ось 100 кН и давлением в шине 0,6 МПа).

### Результаты и обсуждения

Были определены расчётные параметры подвижной нагрузки:

Суточная приведенная интенсивность на последний год срока службы  $N_{25} = 4260$  авт/сут.

Расчетное число приложения расчетной нагрузки к точке на поверхности конструкции за срок службы  $\Sigma N_p = 1341790,98$  авт/сут.

Толщина дренирующего слоя принимается 25 см.

Таблица 1

**Состав движения грузовых автомобилей**

Table 1

**Composition of the movement of trucks**

Марка	Груз., т	% в потоке	Авт./сут	Рост инт.
ГАЗон NEXT	4,00	38,00	32	1,050
ЗИЛ-4331	6,00	32,00	413	1,050
МАЗ-МАН 6x4	8,00	25,00	108	1,050
ЭлектроЛАЗ-20	0,00	5,00	43	1,050

**Вариант №1 (контрольный)**

- По требованиям методических рекомендаций назначаем конструкцию дорожной одежды:
- покрытие из цементобетона класса Вtb4,0 на растяжение при изгибе и класса В35 на прочность при сжатии; минимальная толщина  $h=18$  см;
  - щебёночное основание, устраиваемое по методу заклинки (40–80) толщиной  $h=15$  см;
  - подстилающий слой из крупнозернистого песка  $h=25$ .

Рассчитываем эквивалентный модуль упругости

1) на уровне дренирующего слоя песка:

Эквивалентная толщина слоя из крупнозернистого песка, см

$$h'_z = 2h_{п} \times \sqrt[3]{\frac{E_{п}}{6E_{гр}}} \quad (1)$$

где  $h_{п}$  – толщина песчаного слоя, см;

$E_{п}$  – модуль упругости слоя песка, МПа;

$E_{гр}$  – общий модуль упругости грунта земляного основания, МПа

$D$  – диаметр отпечатка колеса,  $D = 50$  см.

$h'_z = 44,8$  см.

Эквивалентный модуль Юнга на поверхности дренирующего песчаного слоя, МПа

$$E'_z = \frac{E_{п}}{0,71 \times \sqrt[3]{\frac{E_{гр}}{E_{п}} \times \arctg\left(\frac{1,35h'_z}{D}\right)} + \frac{E_{гр}}{E_{п}} \times \frac{2}{\pi} \arctg\left(\frac{D}{h'_z}\right)} \quad (2)$$

$E'_z = 49,62$  МПа

2) на уровне щебёночного слоя, устроенного методом заклинки, при  $E'_z=49,62$  МПа,  $E_{осн}=450$  МПа,  $h_{осн}=25$ ,  $D=50$  см, эквивалентная толщина слоя:

$$h''_z = 25,2 \text{ см.}$$

Эквивалентный модуль Юнга на поверхности щебёночного слоя:

$$E'_z = 151,52 \text{ МПа}$$

Расчетную прочность покрытия конструкции вычисляем по формуле:

$$R_{рж}^{расч} = B_{tb} K_{мп} K_y K_f \quad (3)$$

где  $B_{tb}$  – класс бетона на растяжение при изгибе;

$K_{мп}$  – коэффициент набора прочности бетона;

$K_f$  – коэффициент, учитывающий воздействие цикла замораживания–оттаивания, принимаемый за 0,95;

$K_y$  – коэффициент усталости бетона при повторном нагружении рассчитывается по формуле:

$$K_y = 1,08 \times N_{рт}^{-0,063} \quad (4)$$

$$K_y = 0,44$$

$$R_{рж}^{расч} = 2,02 \text{ МПа}$$

Далее производится расчёт толщины плиты из цементобетона.

Определяем величину расчетной нагрузки, кН

$$P = P_k m_g, \quad (5)$$

где  $P_k$  – нормативная нагрузка на колесо, кН;

$m_g$  – коэффициент динамической нагрузки равный 1,3.

$$P = 74,76 \text{ кН}$$

Определяем радиус отпечатка колеса, см

$$R = \sqrt{\frac{P}{0,1 \times p_{tt} \pi}}, \quad (6)$$

где  $p_{tt}$  – давление в покрышках равное 0,6 МПа

$$R = 19,9$$

Для различных значений толщины слоя покрытия  $h$  определяем её характеристики:

1) упругую характеристику покрытия, см

$$l_y = h \times \sqrt{\frac{E_b(1 - \mu_b^2)}{6E_s''(1 - \mu_s''^2)}}, \quad (7)$$

где  $E_b$  – модуль Юнга цементобетона, МПа;

$E_s''$  – эквивалентный модуль Юнга на поверхности покрытия, МПа;

$\mu_b$  – коэффициент Пуассона равный 0,2 для мелкозернистого бетона;

$\mu_0$  – коэффициент Пуассона основания.

2) возникающие в слое фиброцементобетона напряжения при изгибе от действия нагрузки, с учетом градиента температуры по толщине плиты, МПа

$$\sigma_{pt} = \frac{60K_m K_{yc} K_{шт} P}{k^2 K_t} \left( 0,0591 - 0,21372 l_g \frac{R}{l_y} \right), \quad (8)$$

где  $K_m$  – коэффициент, зависящий от точки расположения нагружения для неармированных покрытий  $K_m = 1,5$ ;

$K_{yc}$  – коэффициент условия работы  $K_{yc} = 0,66$ ;

$K_{шт}$  – коэффициент, учитывающий условия контакта покрытия с основанием зависящие от штыревых соединений  $K_{шт} = 1,0$ ;

$K_t$  – коэффициент, учитывающий температурные деформации, влияющие на конструкцию дорожных одежд;

3) коэффициент усталости бетона при повторном нагружении:

$$K_y = \frac{\sigma_{pt} K_{пв}}{K_{нп} E_{tb} K_f}, \quad (9)$$

Результаты вычислений приведены в табл. 2.

Таблица 2

### Выбор оптимальной толщины плиты

Table 2

#### Choosing the optimal plate thickness

$h$ , см	$L_y$ , см	$K_t$	$\sigma_{pt}$ , МПа	$K_y$
20	58,41	0,89	2,23	0,65
22	65,3	0,84	1,9	0,59
24	71,4	0,82	1,82	0,47

Из таблицы видно, что необходимому значению коэффициента усталости  $K_y = 0,44$  подходит толщина слоя цементобетона равная 24 см.

### Вариант №2

Назначаем конструкцию дорожной одежды:

- мелкозернистый цементобетон армированный базальтовыми волокнами класса Btb 6,0 по растяжению на изгиб и класса B40 по прочности на сжатие; минимальная толщина  $h=18$  см;
- щебёночное основание, устраиваемое по методу заклинки (40–80) толщиной  $h=15$  см;
- подстилающий слой из крупнозернистого песка  $h=25$ .

Определяем эквивалентный модуль Юнга

- 1) на уровне дренирующего песчаного слоя по формуле (1)

$$E_s^i = 44,8 \text{ МПа}$$

Эквивалентный модуль Юнга на поверхности дренирующего песчаного слоя по формуле (2), МПа

$$E_s^i = 49,62 \text{ МПа}$$

- 2) на уровне щебёночного слоя, устроенного методом заклинки, при  $E_s^i=49,62$  МПа,  $E_{осн}=450$  МПа,  $h_{осн}=25$ ,  $D=50$  см, эквивалентная толщина слоя:

$$h_s^2 = 25,2 \text{ см}$$

Эквивалентный модуль упругости на поверхности основания:

$$E_s^i = 151,52 \text{ МПа}$$

Расчетная прочность бетона находим по формуле (3), а коэффициент усталости  $K_y$  по формуле (4)

$$K_y = 0,44$$

$$R_{рн}^{расч} = 3,00 \text{ МПа}$$

Далее определяем толщину покрытия.

Рассчитываем величину расчетной нагрузки по формуле (5), кН

$$P = 65 \text{ кН}$$

Определяем радиус отпечатка колеса по формуле (6), см

$$R = 18,6$$

Для разных значений толщины слоя покрытия цементобетона  $h$  рассчитываем:

- 1) упругую характеристику покрытия по формуле (7), см.
  - 2) возникающие в слое фиброцементобетона напряжения при изгибе от действия нагрузки, с учетом градиента температуры по толщине покрытия вычисляем по формуле (8), МПа.
  - 3) коэффициент усталости цементобетона при повторном нагружении по формуле (9).
- Результаты расчётов приведены в табл. 3.

Таблица 3

#### Выбор оптимальной толщины плиты

Table 3

#### Choosing the optimal plate thickness

$h$ , см	$L_y$ , см	$K_L$ , см	$\sigma_{пл}$ , см	$K_y$ , см
16	37,82	1,07	3,14	0,44
18	44,12	1,02	3,01	0,40
20	50,43	0,93	2,33	0,32

Из таблицы видно, что необходимому значению коэффициента усталости  $K_y = 0,44$  соответствует толщина слоя фиброцементобетона, равная 16 см, но в соответствии с методическими рекомендациями [14] о допустимой толщине слоя плиты, принимаем 18 см.

Таким образом, расчёт конструкции дорожной одежды жесткого типа по двум вариантам с различными покрытиями установил, что использование цементобетона армированного модифицированным базальтовым волокном позволяет снизить толщину плиты покрытия с 24 до 18 см, при этом имея запас прочности в слое 18%.

Было проведено теоретическое моделирование процесса имитирующего воздействия нагрузок в условиях естественной эксплуатации разработанных конструкций с учётом расчётных показателей (рис. 1 а, б).

Теоретическое моделирование и анализ выполнялось в среде Matlab, приложение Femlab, методом конечных элементов [15].

Программными средствами решалась стыковая задача воздействия внешних воздействий на проектируемую конструкцию дорожной одежды и фиксация величин динамических напряжений, а также величин вертикальных деформаций при суммарном воздействии нагрузок.

Для анализа рабочей среды была использована текущая геометрия дорожной конструкции в качестве расчетного участка длиной 150 м (рис. 2, а). Далее для более углубленного анализа распределения усилий и поведения конструкции дорожной одежды был выбран расчетный элемент размером 20 на 20 м (рис. 2, б).

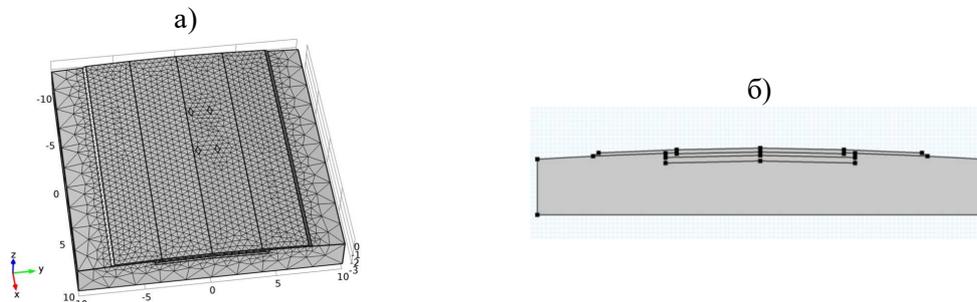


Рис. 1. Сетка конечных элементов (а) и основные опорно-прикладные точки для компьютерного расчета (б)  
Fig. 1. Grid of finite elements (a) and basic supporting and applied points for computer calculation (b)

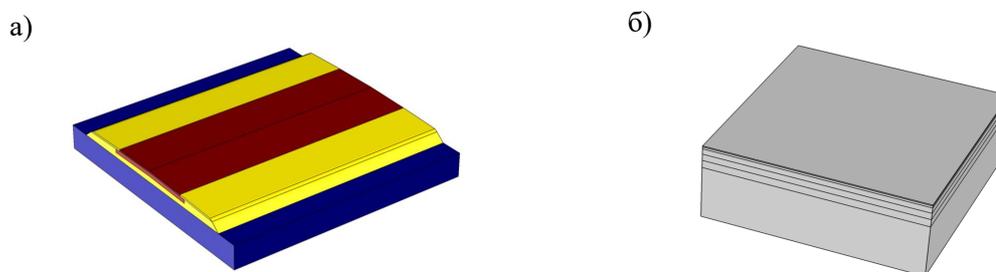


Рис. 2. Расчетный участок конструкции дорожной одежды (а) и модель расчетного элемента для приложения колесной нагрузки (б)  
Fig. 2. Design section of the pavement structure (a) and model of the design element for applying the wheel load (b)

Получена корреляция от приложения колесной нагрузки большегрузного подвижного автотранспорта в двух условно-приложенных точках (рис. 3)

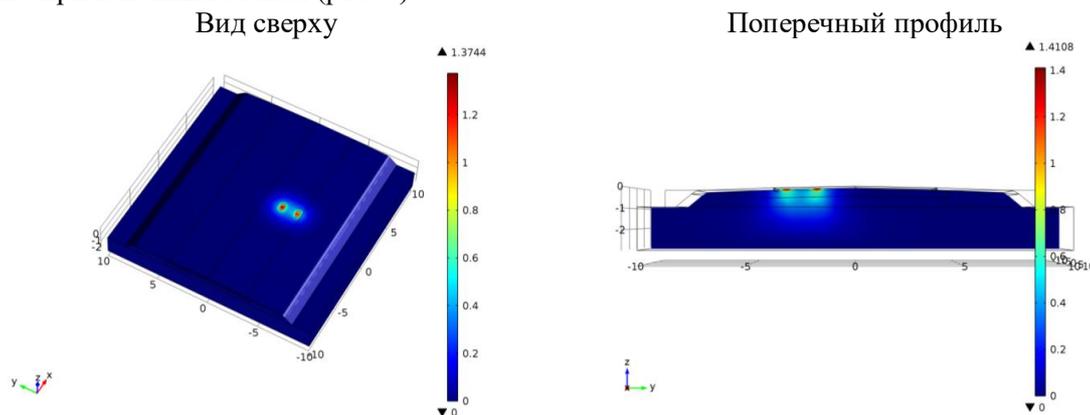


Рис. 3. Деформация в двух условно-приложенных точках имитирующих колесную нагрузку от грузового автотранспорта  
Fig. 3. Deformation at two conditionally applied points simulating wheel load from trucks

На рисунке видно, что в точках имитирующих колёсную нагрузку «чаша прогиба» незначительна, что говорит о перераспределении поступающих усилий разработанной конструкции. Для юстировки предложенной зависимости при моделировании были добавлены дополнительные усилия и применено четыре условно-приложенные точки в средней полосе движения (рис. 4).

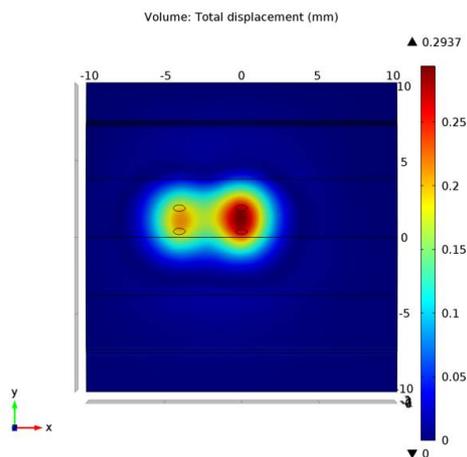


Рис. 4. Деформация в четырех условно-приложенных точках имитирующих колесную нагрузку от грузового автотранспорта  
Fig. 4. Deformation at four conditionally applied points simulating the wheel load from trucks

Анализ данных расчетов показал, что упругий прогиб слоя покрытия на разработанной конструкции на основе цементобетона микроармированного базальтовым волокном составляет 0,29 мм, когда как для конструкции из стандартного цементобетона упругий прогиб составляет 0,22 мм (рис. 5).

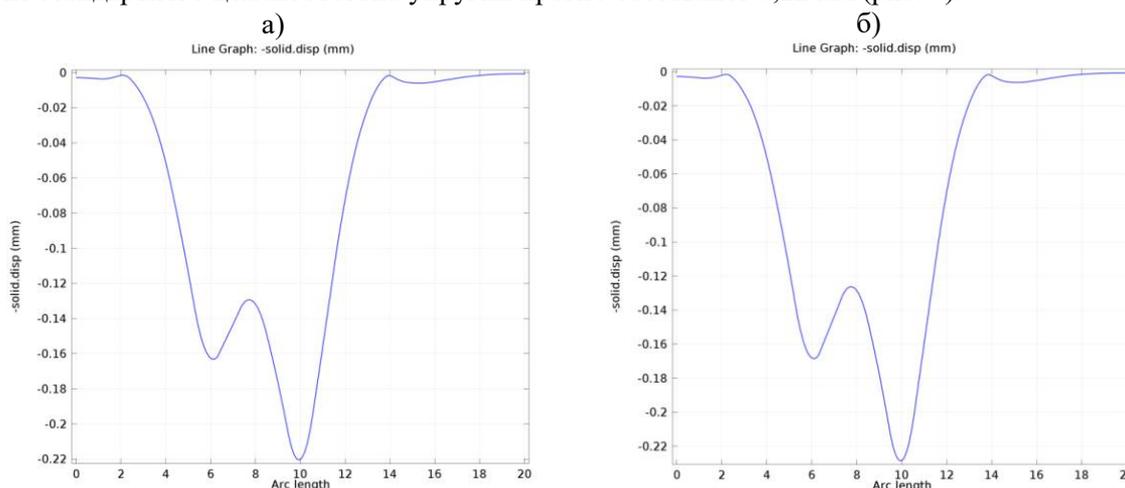


Рис. 5. Прогиб по продольным колесным осевым нагрузкам большегрузного подвижного автотранспорта  
Fig. 5. Deflection along longitudinal wheel axial loads of heavy-load mobile motor transport

### Выводы

В результате анализа полученных данных теоретического моделирования получены ряд нелинейных зависимостей прочности и устойчивости разработанной конструкции автомобильной дороги с покрытием из традиционного цементобетона и фиброцементобетона армированного термообработанным базальтовым волокном: влияние суммирующихся усилий от колесной нагрузки большегрузного подвижного автотранспорта; зависимость упругого прогиба конструкции дорожной одежды от типа покрытия.

Таким образом, разработанная конструкция автомобильной дороги с покрытием из фиброцементобетона позволяет снизить толщину плиты покрытия с 24 до 18 см, при этом имея запас прочности в слое 18% по сравнению с традиционными конструкциями. Также, исходя из теоретического моделирования, использование модифицированного базальтового волокна позволяет повысить устойчивость разработанной конструкции дорожной одежды к колесной нагрузке грузового автотранспорта.

### Благодарность

Работа выполнена в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова

### Литература

1. Маркова И.Ю., Строкова В.В., Дмитриева Т.В. Влияние зол-уноса на вязкоупругие характеристики дорожного битума // *Строительные материалы*. 2015. №11. С. 28 – 32.
2. Лебедев М.С., Строкова В.В., Потапова И.Ю., Котлярский Э.В. Влияние добавок низкокальциевой золы-уноса ТЭС на характеристики дорожного битумного вяжущего // *Строительные материалы*. 2014. №11. С. 8 – 11.
3. Строкова В.В., Маркова И.Ю., Марков А.Ю., Шиман А.А. и др. Отходы ТЭС как перспективное алюмосиликатное сырье для модификации дорожно-строительных композитов // В сборнике: *Наукоемкие технологии и инновации: Сборник докладов Международной научно-практической конференции*. 2016. С. 381 – 386.
4. Strokova V.V., Lebedev M., Potapova I., Sobolev K. New Alumosilicate Fillers Based on Sediment-ary Rocks for Asphalt Concrete // *MRS Proceedings*. 2014, November. 1611. С. 80 – 87.
5. Bautista E., Faheem A., Cloutier C., Sobolev K. Influence of Coal Combustion By-Products Physiochemical Properties on Aging Related Performance of Asphalt Mastics and HMA // *Conference: International Conference on Highway Pavements and Airfield Technology*. 2017. P. 73 – 85.
6. Bautista E., Flickinger J., Saha R., Flores Vivian I. at al. Effect of Coal Combustion Products on high temperature performance of asphalt mastics // *Construction and Building Materials*. 2015, July. №94. С. 572 – 578.
7. Nibert E.S., Sobolev K., Flores Vivian I., Saha R., Nazimuddin M.W. The effect of fly ash on the rheological properties of bituminous materials // *Fuel*. 2014, January. №116. P. 471 – 477.
8. Траутвайн А.И., Ядыкина В.В., Лебедев М.С., Акимов А.Е. Предварительные исследования конверсионного мела в качестве минерального порошка для асфальтобетонных смесей // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2018. №6. С. 21 – 27.
9. Trautvain A., Yadykina V., Gridchin A., Pashkova C. Evaluating the effectiveness of producing the activated mineral powders from technogenic raw materials for asphalt mixtures // *Procedia Engineering*. 2015. Т. 117. P. 355 – 361.
10. Yadykina V., Tobolenko S., Trautvain A., Zhukova A. The influence of stabilizing additives on physical and mechanical properties of stone mastic asphalt concrete // *Procedia Engineering*. 2015. Т. 117. P. 381 – 386.
11. Рукавишников Е.Е. Расчёт жёстких дорожных одежд с помощью indorpavement // *САПР и ГИС автомобильных дорог*. 2015. №2 (5). С. 114 – 118.
12. ВСН 197-91. Методические рекомендации по проектированию жестких дорожных одежд. Введ. 01.01.2004. М., 2004. 40 с.
13. Гридчин А.М., Горшкова Н.Г. Основы проектирования автомобильных дорог: учебн. пособие. Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. Ч. 2. 198 с.
14. ОДН 218.046-2001. Проектирование нежестких дорожных одежд. Введ. 20.12.2001. М., 2001. 3 с.
15. Femlab. Version 2.3.0.145. Copyright (c) 1994-2002 by COMSOL AB, 10-Jun-2002. 485 p.

### References

1. Markova I.YU., Strokova V.V., Dmitrieva T.V. Vliyanie zol-unosa na vyzkouprugie harakteristiki dorozhnogo bituma. *Stroitel'nye materialy*. 2015. 11. P. 28 – 32. (rus.)
2. Lebedev M.S., Strokova V.V., Potapova I.YU., Kotlyarskij E.V. Vliyanie dobavok nizkokal'cievoj zoly-unosa TES na harakteristiki dorozhnogo bitumnogo vyazhushchego. *Stroitel'nye materialy*. 2014. 11. P. 8 – 11. (rus.)
3. Strokova V.V., Markova I.YU., Markov A.YU., SHiman A.A. i dr. Othody TES kak perspektivnoe al-yumosilikatnoe syr'e dlya modifikacii dorozhno-stroitel'nyh kompozitov. V sbornike: *Naukоеmkie tekhnologii i innovacii: Sbornik dokladov Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii*. 2016. P. 381 – 386. (rus.)
4. Strokova V.V., Lebedev M., Potapova I., Sobolev K. New Alumosilicate Fillers Based on Sediment-ary Rocks for Asphalt Concrete. *MRS Proceedings*. 2014, November. 1611. P. 80 – 87.
5. Bautista E., Faheem A., Cloutier C., Sobolev K. Influence of Coal Combustion By-Products Physiochemical Properties on Aging Related Performance of Asphalt Mastics and HMA. *Conference: International Conference on Highway Pavements and Airfield Technology*. 2017. P. 73 – 85.
6. Bautista E., Flickinger J., Saha R., Flores Vivian I. at al. Effect of Coal Combustion Products on high temperature performance of asphalt mastics. *Construction and Building Materials*. 2015, July. 94. P. 572 – 578.
7. Nibert E.S., Sobolev K., Flores Vivian I., Saha R., Nazimuddin M.W. The effect of fly ash on the rheological properties of bituminous materials. *Fuel*. 2014, January. 116. P. 471 – 477.

8. Trautvain A.I., Yadykina V.V., Lebedev M.S., Akimov A.E. Predvaritel'nye issledovaniya konversionnogo mela v kachestve mineral'nogo poroshka dlya asfal'tobetonnyh smesej. Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shuhova . 2018. 6. P. 21 – 27. (rus.)
9. Trautvain A., Yadykina V., Gridchin A., Pashkova C. Evaluating the effectiveness of producing the activated mineral powders from technogenic raw materials for asphalt mixtures. Procedia Engineering. 2015. 117. P. 355 – 361.
10. Yadykina V., Tobolenko S., Trautvain A., Zhukova A. The influence of stabilizing additives on physical and mechanical properties of stone mastic asphalt concrete. Procedia Engineering. 2015. 117. P. 381 – 386.
11. Rukavishnikova E.E. Raschyot zhyostkih dorozhnyh odezhd s pomoshch'yu indorpavement. SAPR i GIS avtomobil'nyh dorog. 2015. 2 (5). P. 114 – 118. (rus.)
12. VSN 197-91. Metodicheskie rekomendacii po proektirovaniyu zhestkih dorozhnyh odezhd. Vved. 01.01.2004. M., 2004. 40 p. (rus.)
13. Gridchin A.M., Gorshkova N.G. Osnovy proektirovaniya avtomobil'nyh dorog: uchebn. posobie. Belgorod: Izd-vo BGTU, 2006. CH. 2. 198 p. (rus.)
14. ODN 218.046-2001. Proektirovanie nezhestkih dorozhnyh odezhd. Vved. 20.12.2001. M., 2001. 3 p. (rus.)
15. Femlab. Version 2.3.0.145. Copyright (s) 1994-2002 by COMSOL AB, 10-Jun-2002. 485 p.

*Strokova V.V.* \*, *Doctor of Engineering Sciences (Advanced Doctor), Professor,*  
*Babaev V.B., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.),*  
*Markov A.Yu.,*  
*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia,*  
*Sobolev K.G., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.),*  
*University of Wisconsin-Milwaukee, USA,*  
*Nelyubova V.V., Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,*  
*Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Russia*  
\*Corresponding author E-mail: [vvstrokova@gmail.com](mailto:vvstrokova@gmail.com)

## COMPARATIVE EVALUATION OF ROAD PAVEMENT STRUCTURES USING CEMENT CONCRETE

**Abstract:** the results of studies on the use of modified basalt fiber reinforced cement concrete coating in the design of hard pavement are presented. It is shown that the use of fiber cement concrete in road structures allows to reduce the thickness of the coating, while having a margin of safety in the concrete layer, and the frame of micro-reinforcing components allows to reduce penetrating loads.

**Keywords:** concrete, fibrous concrete, road pavement rigid type, the design of rigid pavements

**Для цитирования:** Стрoкoвa B.B., Бaбaeв B.B., Mapкoв A.Ю., Coбoлeв K.Г., Нeлюбoвa B.B. Cpавни- тeльнaя oцeнкa кoнcтpукций дopoжнoй oдeжды c иcпoльзoвaниeм цeмeнтoбeтoнa // Cтpoитeльнe мaтepиa- лы и издeлия. 2019. Тoм 2. №4. С. 56 – 63. DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-4-56-63

**For citation:** Strokova V.V., Babaev V.B., Markov A.Yu., Sobolev K.G., Nelyubova V.V. Comparative evalua- tion of road pavement structures using cement concrete. Construction Materials and Products. 2019. 2 (4). P. 56 – 63. DOI: 10.34031/2618-7183-2019-2-4-56-63

Пoстyпилa в peдaкцию 5 июня 2019 г.  
Пpинятa в дopaбoтaннoм видe 28 июня 2019 г.  
Oдoбpeнa для пyбликaции 27 июля 2019 г.

Received: June 5, 2019.  
Revised: June 28, 2019.  
Accepted: July 27, 2019.