

УДК 625.731.812

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ АРМИРОВАННОГО ОСНОВАНИЯ ДОРОЖНОЙ ОДЕЖДЫ

С.А. Матвеев, Е.А. Мартынов, Н.Н. Литвинов  
ФГБОУ ВПО «СибАДИ», Россия, Г. Омск.

**Аннотация.** В работе приведены результаты штамповых испытаний двухслойного основания из щебня и песка, армированных плоской георешеткой со стальными волокнами в полиэтиленовой оболочке. Выявлены закономерности деформирования и получены деформационные характеристики армированной конструкции. Экспериментально установленные прогибы армированного основания сопоставлены с результатами, полученными теоретически. При этом армированный слой щебня рассматривается как многослойная плита на упругом основании, для расчета которой использован метод Бубнова-Галеркина. Получено удовлетворительное совпадение теоретических и экспериментальных результатов. Установлен эффект армирования по прогибам.

**Ключевые слова:** дорожная одежда, армирование, эффект армирования, плита на упругом основании, прогиб.

### Введение

Все дорожные конструкции представляют собой многослойные системы, слои которых существенно отличаются по своим свойствам: асфальтобетонное покрытие дорожной одежды в зависимости от температуры может рассматриваться как плита, работающая в упругой, упругопластической или вязкоупругопластической стадиях; цементобетон может рассматриваться как упругопластический материал; щебеночное основание – это дискретная среда, которая при заклинке начинает работать как упругопластическая плита с внутренними односторонними связями; грунтовое основание из песка и супеси представляет собой сыпучую среду с упругопластическими свойствами; глинистые грунты представляют собой упругопластическое полупространство (слой конечной мощности), имеющий внутренние связи.

На протяжении развития дорожной науки предпринимались неоднократные попытки разработки единой теории расчета дорожной одежды как слоистой системы. Основание дорожной одежды, как правило, представляли в виде упругого или упругопластического тела. Для учета различий в характере работы и свойствах материалов широко использовались коэффициенты. Такая методика достаточно удобна для инженерных расчетов, но является весьма приближенной. В последнее время в Российской Федерации и за рубежом в дорожное строительство все активнее внедряются геосинтетические материалы: в качестве армирующих прослоек, для

укрепления откосов, в качестве дренирующих слоев. Номенклатура этих материалов велика и продолжает расширяться. Основное продвижение данных материалов осуществляют их производители, которые ссылаются на успешный опыт применения геосинтетики в различных странах. При этом достаточно часто не учитывается специфика применения тех или иных инженерных решений. Еще с 1970-х годов в СССР начали использовать нетканые материалы в качестве дренирующих и трещинопрерывающих прослоек. В дальнейшем значительное распространение получило направление укрепления откосов различными плоскими и объемными георешетками. С 2000-х годов геосетки и георешетки используются в качестве материала для армирования оснований и покрытий дорожных одежд. Выступая в качестве арматуры, георешетки в значительной степени меняют характер работы конструктивных слоев. Так, слой щебня или грунта, армированный георешеткой, можно рассматривать как слой, выполненный из материала обладающего свойствами подобными железобетону: грунт в слое работает на сжатие, арматура (георешетка) – на растяжение. При этом полная аналогия отсутствует. Отличием от железобетона является полное или частичное отсутствие структурных связей матрицы (грунта, щебня), сцепление с матрицей не по всей длине армирующего элемента, а только механическое зацепление отдельных щебеночек внутри ячейки в ортогональных армирующим волокнам направлениях.

Существующие нормативные документы по использованию в качестве армирующих материалов для оснований дорожных одежд различных геосинтетических материалов основаны, как правило, на частных эмпирических исследованиях. Следует признать, что в настоящее время в Российской Федерации нет единой научно обоснованной методологической базы для их использования. Для создания такой базы требуются глубокие экспериментально-теоретические исследования.

В настоящей работе исследуется основание дорожной одежды из щебня и песка, армированное плоскими георешетками со стальными волокнами.

#### Экспериментальные исследования

Экспериментальные исследования проводились в грунтовом канале Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии (СибАДИ). Для определения деформаций были произведены штамповые испытания двухслойной конструкции. В качестве контролируемого параметра была принята величина упругого прогиба.

Верхний слой толщиной 0,2 м состоит из щебня фракции 40-70 мм. Нижний подстилающий слой толщиной 0,9 м – песок мелкий. Армирование устраивалось на границе раздела слоев. В качестве армирующего материала была использована плоская георешетка типа РД, выпускаемая по СТО 30478650-001-2012 [1] и представленная на рисунке 1.

Георешетка образована из плоских металлопластиковых полос, соединенных между собой под углом 90° и наложенных друг на друга по высоте поочередно. Металлопластиковые полосы состоят из несущей части и покрытия. Несущая часть полос – стальные волокна из пружинной проволоки диаметром 0,6 мм, расположенные на определенном расстоянии друг от друга без переплетения. Покрытие полос – полиэтилен низкого давления. Соединение металлопластиковых полос между собой осуществляется методами термической сварки.

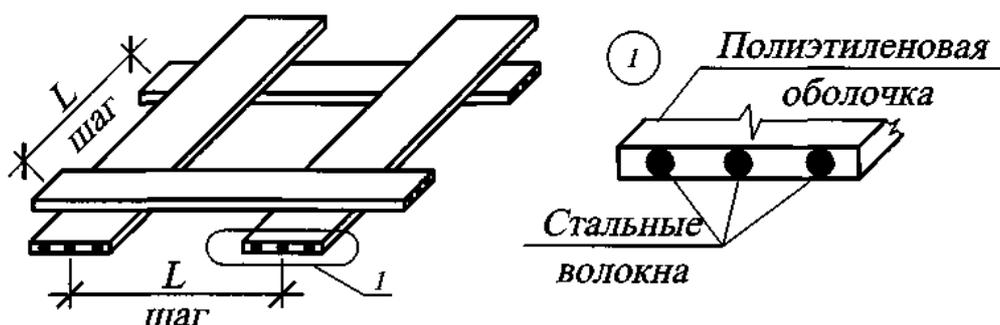


Рис. 1. Схема георешетки

В зависимости от прочности, число проволок в полосе может составлять от 3 до 9 штук. Шаг ячейки может быть произвольным. Для наиболее полного исследования были рассмотрены георешетки марок РД-30, РД-60 и РД-90, армирование которых составляет 3, 6 и 9 проволок соответственно. Такой выбор армирующего материала соответствует всему диапазону прочностей. Всего в испытании применялось девять типоразмеров армирующего материала: по размеру ячейки – 50x50, 75x75, 100x100 мм, по прочности – РД-30, РД-60, РД-

90 [1], что соответствует прочности 30, 60 и 90 кН/м соответственно.

Щебень фракции 40-70 мм отсыпался послойно с уплотнением на заранее уплотненный слой песка. Общая толщина щебня в уплотненном состоянии составила 200 мм. Нагружение осуществлялось через круглый штамп диаметром 33 см, который имитирует отпечаток колеса расчетного автомобиля. Нагрузка прикладывалась через гидравлический домкрат ступенями по 10 кН и достигала 50 кН. Схема испытания приведена на рисунке. 2,а.

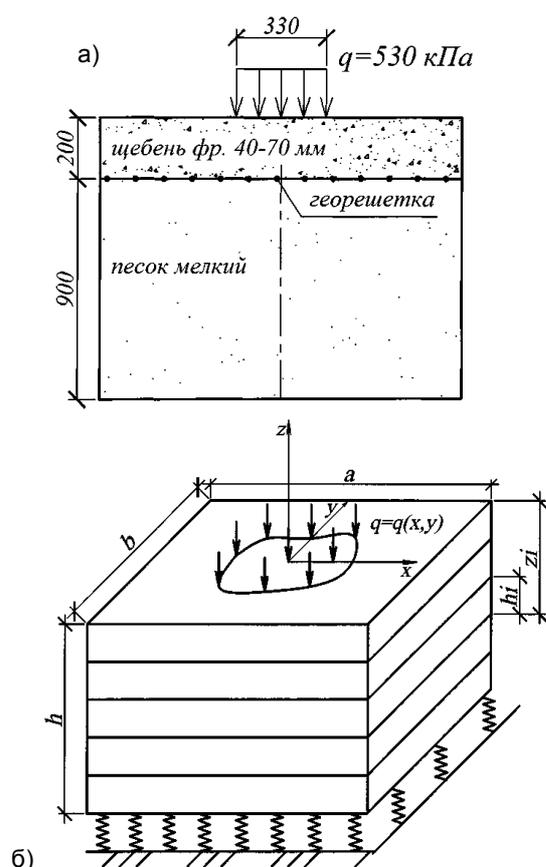


Рис. 2. Испытание конструкции:

а) схема испытания; б) расчетная схема

Основным контролируемым параметром являлся прогиб на поверхности, который определялся с помощью индикаторов часового типа, установленных на верхней поверхности штампа. Измерения

проводились как при нагружении, так и при разгрузке конструкции для выделения упругой составляющей прогиба, который используется для вычисления модуля упругости. В качестве контрольной величины определялась величина прогиба неармированной конструкции.

По полученным значениям упругих прогибов определялись модули упругости [2]:

$$E_0 = \frac{Kd(1-\nu^2)\Delta q}{\Delta s}, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент, принимаемый для жесткого штампа 0,79;  $d$  – диаметр штампа, м;  $\nu = 0,3$  – коэффициент Пуассона грунта;  $\Delta q$  – разность давлений под штампом, кПа;  $\Delta s$  – разность осадок штампа, м.

Эффект армирования предлагается оценивать с помощью коэффициента  $C_w$ , который показывает в процентном отношении изменение максимального прогиба армированной конструкции по сравнению с неармированной:

$$C_w = \left(1 - \frac{w_2}{w_1}\right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

где  $w_1$  и  $w_2$  – максимальный прогиб неармированной и армированной системы соответственно.

Результаты измерений упругих прогибов приведены в таблице 1, диаграммы изменения коэффициентов  $C_w$  приведены на рисунке 3.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

Марка армирующего материала	Размер ячейки, мм	Упругий прогиб, $w$ , мм	Модуль упругости на поверхности, $E$ , МПа
РД-30	50	0,947	133
РД-30	75	0,860	146
РД-30	100	0,862	146
РД-60	50	1,212	104
РД-60	75	0,998	126
РД-60	100	1,595	79
РД-90	50	0,925	136
РД-90	75	0,917	137
РД-90	100	0,995	126
Без армирования	---	1,460	86

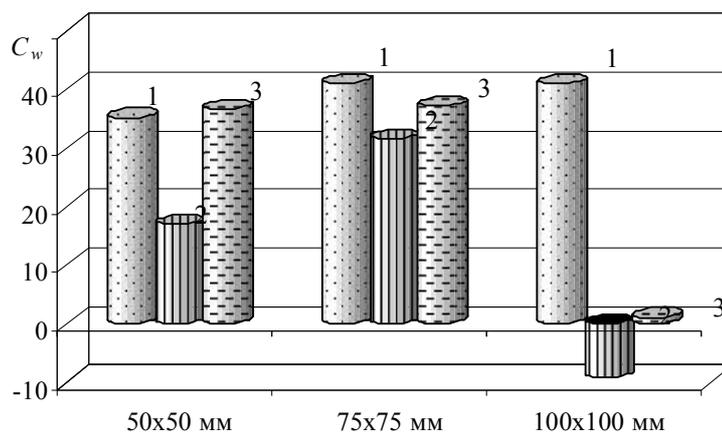


Рис. 3. Диаграммы изменения коэффициента  $C_w$  в зависимости от размера ячейки георешетки: 1) марка РД-30; 2) марка РД-60; 3) марка РД-90

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что армирование стальной георешеткой позволяет снизить упругий прогиб системы "щебень-песок" до 41,1 %. Из общего ряда данных выпадают значения, полученные для георешетки с ячейкой 100x100 мм и прочностью 60 кН/м. Для данной конструкции прогиб увеличился на 9,2 %, что объясняется, скорее всего, недоуплотнением щебня в данной серии экспериментов.

#### Теоретические исследования

Для теоретического расчета щебеночно-песчаной конструкции рассмотрим отдельно оба слоя. Примем гипотезу, что слой щебня, который фактически представляет собой дискретную среду, будет вести себя как сплошная связная среда при условии, что в основании слоя размещена армирующая георешетка, воспринимающая растягивающие напряжения и тем самым обеспечивающее работу слоя как плиты на упругом основании. В таком случае для расчета армированного слоя щебеночного основания может быть использована техническая теория изгиба плит.

Будем считать, что слой щебня представляет собой сплошную плиту при наличии армирующей прослойки. Геометрические размеры такого слоя позволяют отнести его к жестким пластинам. При малых деформациях основные усилия в таких пластинах возникают от изгиба. При этом появляются как растягивающие, так и сжимающие напряжения в слое. Щебень как дискретный материал не способен воспринимать растягивающие напряжения. При введении армирующего слоя щебенки заанкериваются в нем и растягивающие

напряжения воспринимает арматура. Песчаный слой при этом выполняет роль упругого основания.

Из этих соображений армированный слой щебня можно рассматривать как многослойную плиту на упругом основании, состоящую из произвольного количества жестко сцепленных между собой слоев (рис. 2.б) [3,4]. Физико-механические характеристики нижнего армирующего слоя будут существенно отличаться от характеристик вышележащих слоев, которые можно принять одинаковыми. В качестве примера примем толщину всей плиты 0,2 м с модулем упругости щебня 300 МПа и георешеткой РД-90 с шагом сетки 50x50 мм в качестве арматуры, что приводит к максимальному коэффициенту армирования. Модуль упругости армированного слоя, вычисленный методом осреднения по Фойгту (правило смесей) [4,5], составит 509 МПа при представлении сплошной плиты в виде 4 слоев, 562 МПа – 5 слоев, 823 МПа – 10 слоев. С определенной долей идеализации данная модель может быть применена и для случая отсутствия армирующей прослойки. При этом из расчетной схемы многослойной армированной плиты исключается нижний армирующий слой, а также слои, расположенные в растянутой зоне. Общая толщина плиты за счет этого уменьшится, а физико-механические характеристики слоев могут приниматься различными по толщине плиты с целью приближения расчетной модели к реальной конструкции [6,7]. В частности, модули упругости слоев могут изменяться по убывающей.

Примем, что при изгибе многослойной плиты для всего пакета составляющих ее

слоев справедливы гипотезы Кирхгофа-Лява. В этом случае дифференциальное уравнение изгиба плиты примет вид [4,8]:

$$D_{11} \frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + 3D_{13} \frac{\partial^4 w}{\partial x^3 \partial y} + 2(D_{12} + D_{33}) \frac{\partial^4 w}{\partial x^2 \partial y^2} + 2D_{23} \frac{\partial^4 w}{\partial x \partial y^3} + D_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + C_z w + q = 0, \quad (3)$$

где  $C_z$  – коэффициент постели;  $q=q(x,y)$  – интенсивность нагрузки на поверхности плиты;  $w=w(x,y)$  – функция прогибов;  $D_{11}...D_{33}$  – постоянные, характеризующие упругие свойства плиты, определяемые из выражений:

$$D_{kj} = d_{kj} + c_{k1} \cdot c_{1j}^* \quad \text{при } k, j = 1, 2, 3. \quad (4)$$

Входящие в выражение (4) постоянные  $d_{kj}$ ,  $c_{k1}$ ,  $c_{1j}^*$  вычисляются по формулам [8,9,10,11]:

$$d_{kj} = \sum_{i=1}^n A_{kj} \cdot g_i; \quad (5)$$

$$c_{11}^* = \frac{(c_{21} b_{12} - c_{11} b_{22})}{(b_{11} b_{22} - b_{12} b_{21})}; \quad (6)$$

$$c_{11} = \sum_{i=1}^n A_{11} \cdot p_i; \quad (7)$$

$$c_{12}^* = c_{13}^* = c_{21} = c_{31} = 0, \quad (8)$$

где  $A_{kj}$  – коэффициенты пропорциональности между напряжениями и деформациями, принимаемые равными для неармированных слоев:

$$\begin{aligned} A_{11} &= A_{22} = \frac{E}{1-\nu^2}; \\ A_{33} &= \frac{E}{2(1+\nu)}; \\ A_{12} &= A_{21} = \frac{\nu E}{1-\nu^2}, \end{aligned} \quad (9)$$

здесь  $E$  – модуль упругости щебеночного слоя;  $\nu$  – коэффициент Пуассона.

Для армированного слоя в выражении (9) вместо модуля упругости щебеночного слоя необходимо использовать приведенный модуль упругости армированной среды [3].

Входящие в выражения (5)-(7) постоянные определяют из выражений:

$$g_i = \frac{1}{3} (3z_{i-1}^2 + 3z_{i-1} \cdot h_i + h_i^2) h_i, \quad (10)$$

здесь  $h_i$  – толщина  $i$ -го слоя;  $z_i$  – координата подошвы  $i$ -го слоя.

$$b_{kj} = \sum_{i=1}^n A_{kj} h_i; \quad (11)$$

$$p_i = \frac{1}{2} (2z_{i-1} + h_i) h_i. \quad (12)$$

Для расчета на изгиб многослойной плиты на упругом основании используем метод Бубнова-Галеркина [3,12]. Функцию прогибов зададим в виде двойного тригонометрического ряда:

$$w(x,y) = \sum_m \sum_n w_{mn} \cdot \sin \frac{m\pi x}{a} \cdot \sin \frac{n\pi y}{b}, \quad (13)$$

где  $m$  и  $n$  – целые числа в диапазоне  $1...m$  и  $1...n$ ;  $a$  и  $b$  – размеры плиты, м,

$w_{mn}$  – коэффициент ряда, вычисленный по формуле:

$$w_{mn} = \frac{q_{mn}}{(D_0 + C_z)}, \quad (14)$$

здесь  $D_0$  – общая цилиндрическая жесткость плиты:

$$D_0 = \left[ D_{11} \left( \frac{m\pi}{a} \right)^4 + 2(D_{12} + D_{33}) \left( \frac{m\pi}{a} \right)^2 \left( \frac{n\pi}{b} \right)^2 + D_{22} \left( \frac{n\pi}{b} \right)^4 \right]; \quad (15)$$

$q_{mn}$  – коэффициент ряда по нагрузке:

$$q_{mn} = \frac{16q}{\pi^2 mn} \sin \frac{m\pi}{2} \sin \frac{m\pi \Delta x}{2a} \sin \frac{n\pi}{2} \sin \frac{n\pi \Delta y}{2a}, \quad (16)$$

где  $\Delta x$  и  $\Delta y$  – размеры грузовой площадки.

Для сравнения результатов был выполнен расчет двухслойной конструкции из щебня и песка. В качестве упругого основания принят песок с коэффициентом постели  $C_z = 116308$  кН/м<sup>3</sup>, слой щебня толщиной  $h = 0.2$  м, модулем упругости  $E = 68,8$  МПа и коэффициентом Пуассона  $\nu = 0,3$ ; грузовая площадка принята равновеликой отпечатку колеса диаметром 0,33 м в виде квадрата со стороной 0,30 м. Интенсивность равномерно распределенной нагрузки  $q = 530$  кПа, размеры плиты в плане 1,5x1,5 м. При удержании трех членов ( $m = 1, 3, 5$ ), ряд сходится, значение прогиба составляет 0,81 мм. По результатам эксперимента получено значение 0,86 мм. Расхождение теоретического расчета с экспериментальными данными составляет 5,8 %, что свидетельствует об адекватности предложенной модели. При теоретическом расчете аналогичной конструкции без армирования значение прогиба составило 1,29 мм при экспериментальном значении

1,46 мм (расхождение 11,6 %). Отличие расчета конструкции без армирования заключается в том, что в качестве расчетной толщины принимается половина фактической, т.е. только сжатая зона.

Таким образом, можно говорить, что при введении в основание дорожной одежды из щебня и песка армирующей георешетки в расчете по упругому прогибу верхний слой такой конструкции можно рассматривать как многослойную плиту на упругом основании. При этом за общую толщину многослойной плиты можно принимать полную высоту щебеночного слоя. Для неармированного варианта общая толщина многослойной плиты уменьшается до 50 % по сравнению с армированным вариантом в зависимости от фракции щебня и коэффициента постели упругого основания.

#### Выводы

1. Армирование плоской георешеткой со стальными волокнами позволяет снизить упругий прогиб системы "щебень-песок" до 41 %.

2. Слой щебня, армированный георешеткой, уложенной в ее основание, за счет эффекта армирования можно рассматривать как плиту на упругом основании. Эффект армирования возникает вследствие того, что слой щебня, который фактически является дискретной средой и не воспринимает растягивающие напряжения, за счет механического зацепления с георешеткой включается в работу на всей толщине, а не только в сжатой зоне.

3. Предложена методика расчета армированного слоя щебня как многослойной плиты на упругом основании с использованием технической теории изгиба и метода Бубнова-Галеркина.

4. Использование модели многослойной плиты позволяет исключать из расчета при отсутствии армирования растянутую зону щебеночного основания.

5. Сопоставление теоретических и экспериментальных результатов исследования подтверждает адекватность предложенной расчетной модели (расхождение не превышает 6 % для армированной и 12 % для неармированной конструкции).

#### Библиографический список

1. СТО 30478650-001-2012. Георешетка дорожная армированная РД.
2. ГОСТ 20276-2012. Грунты. Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости. – Введ. 2013-07-01. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – IV, 32 с.: ил.

3. Матвеев, С.А. Армированные дорожные конструкции: моделирование и расчет / С.А. Матвеев, Ю.В. Немировский. – Новосибирск: Наука, 2006. – 348 с.

4. Матвеев, С.А. Решение плоской задачи для армированной многослойной дорожной одежды / С.А. Матвеев, Н.Н. Литвинов // Вестник СибАДИ. – 2012. – № 1 (23). – С. 44-46.

5. Болотин, В.В. Механика многослойных конструкций / В.В. Болотин, Ю.Н.Новичков. – М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.

6. Александров, А.В. Основы теории упругости и пластичности / А.В. Александров, В.Д. Потапов. – М.: Высш. шк., 1990 – 400 с.

7. Киселев, В.А. Расчет пластин / В.А. Киселев. – М.: Стройиздат, 1973. – 151 с.

8. Матвеев, С.А. Моделирование и расчет многослойной армированной плиты на упругом основании / С.А. Матвеев // Строительная механика и расчет сооружений. – 2012. – № 3. – С. 29-34.

9. Амбарцумян, С.А. Теория анизотропных пластин / С.А. Амбарцумян. – М.: Наука, 1987. – 360 с.

10. Клейн, Г.К. Строительная механика сыпучих тел / Г.К. Клейн. – М.: Стройиздат, 1977 – 256 с.

11. Корнев Б.Г. Расчет плит на упругом основании / Б.Г. Корнев, Е.И. Черниговская. – М.: Госстройиздат, 1962. – 356 с.

12. Самуль, В.И. Основы теории упругости и пластичности / В.И. Самуль. – М.: Высш. шк., 1982 – 264с.

#### EXPERIMENTAL AND THEORETICAL STUDIES OF THE REINFORCED BASE OF THE PAVEMENT

S. A. Matveev, E. A. Martynov,  
N. N. Litvinov

**Abstract.** The paper presents the results of stamp testing double-layer base of crushed stone and sand, reinforced with planar geogrid with steel fibers in a plastic shell. There are determined regularities of deformation and gotten the deformation characteristics of reinforced construction. Experimentally determined deflections of the reinforced base are compared with the results obtained theoretically. The reinforced layer of crushed stone is considered as a multi-layer plate on the elastic foundation, for calculation of which there is used the Bubnov-Galerkin method. The theoretical and experimental results are satisfactory coincided. The effect of reinforcement on deflections is established.

**Keywords:** pavement, reinforcement, effect of reinforcement, plate on elastic foundation, deflection.

#### References

1. СТО 30478650-001-2012. Georeshetka dorozhnaja amirovannaja RD [Reinforced road geodrid].
2. GOST 20276-2012. *Grunty. Metody polevogo opredelenija harakteristik prochnosti i deformiruemosti* [State standart Methods of field determination of durability and deformability's characteristics]. Moscow, 2013. 32 p.

3. Matveev S.A., Nemirovskij Y.V. *Armirovannye dorozhnye konstrukcii: modelirovanie i raschet* [The reinforced road constructions: modeling and calculation]. Novosibirsk: Nauka, 2006. 348 p.

4. Matveev S.A., Litvinov N.N. Reshenie ploskoj zadachi dlja armirovannoj mnogoslojnoj dorozhnoj odezhdy [The solution of a plane problem for the reinforced multilayered pavement]. *Vestnik SibADI*, 2012, no 1 (23). pp. 44-46.

5. Bolotin, V.V., Novichkov Ju.N. *Mehanika mnogoslojnyh konstrukcij* [Mechanics of multilayered structures]. Moscow, Mashinostroyeniye, 1980. 375 p.

6. Aleksandrov A.V., Potapov V.D. *Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti* [Fundamentals of the theory of elasticity and plasticity]. Moscow, Vyssh. shk., 1990. 400 p.

7. Kiselev V.A. *Raschet plastin* [Calculation of plates]. Moscow, Strojizdat, 1973. 151 p.

8. Matveev S.A. Modelirovanie i raschet mnogoslojnoj armirovannoj plity na uprugom osnovanii [Modeling and calculation of the multilayered reinforced plate on the elastic basis]. *Stroitel'naja mehanika i raschet sooruzhenij*, 2012, no 3. pp. 29-34.

9. Ambarcumjan S.A. *Teoriya anizotropnyh plastin* [Theory of anisotropic plates]. Moscow, Nauka, 1987. 360 p.

10. Klejn G.K. *Stroitel'naja mehanika sypuchih tel* [Construction mechanics of granular materials]. Moscow, Strojizdat, 1977. 256 p.

11. Korenev B.G., Chernigovskaja E.I. *Raschet plit na uprugom osnovanii* [Calculation of plates on the elastic basis]. Moscow, Gosstrojizdat, 1962. 356 p.

12. Samul' V.I. *Osnovy teorii uprugosti i plastichnosti* [Fundamentals of the theory of elasticity and plasticity]. Moscow, Vyssh. shk., 1982. 264 p.

*Matveev Sergey Aleksandrovich* (Россия, г. Омск) – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Строительная механика и геотехнологии», декан факультета «Автомобильные дороги и мосты» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: dfsibadi@mail.ru).

*Мартынов Евгений Анатольевич* (Россия, г. Омск) – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ» (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: asp\_evg@mail.ru).

*Литвинов Николай Николаевич* (Россия, г. Омск) – старший преподаватель кафедры «Строительная механика и геотехнологии» ФГБОУ ВПО «СибАДИ». (644080, г. Омск, пр. Мира, 5, e-mail: niklitvinov\_23i@mail.ru).

*Matveev Sergey Aleksandrovich* (Russian Federation, Omsk) – doctor of technical sciences, professor of the department «Construction mechanics and geotechnologies», the dean of the faculty "Automobile roads and bridges", The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: dfsibadi@mail.ru).

*Martynov Evgeny Anatolyevich* (Russian Federation, Omsk) – candidate of technical sciences, the associate professor of the department "Construction mechanics and geotechnologies", The Siberian automobile and highway academy (SibADI) (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: asp\_evg@mail.ru).

*Litvinov Nikolay Nikolaevich* (Russian Federation, Omsk) – the senior teacher of the department «Construction mechanics and geotechnologies», The Siberian automobile and highway academy (SibADI). (644080, Omsk, Mira Ave., 5, e-mail: niklitvinov\_23i@mail.ru).

УДК 62-294.2

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРОВ В ПРЕСС-ФОРМАХ ДЛЯ ЛИТЬЯ ПЛАСТМАСС

Н.С. Першин<sup>1</sup>, М.С. Чепчуров<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова  
«БГТУ им. В.Г. Шухова», Белгород, Россия.

**Аннотация.** В статье рассматривается проблема использования металлополимеров при реконструкции и ремонте пресс-форм для литья пластиков. Сравниваются физические свойства материалов пресс-форм и металлополимеров. На основании проведенного анализа, авторы предложили некоторые элементы конструкций пресс-форм для использования металлополимеров. Сделаны выводы о преимуществах и недостатках применения металлополимеров в элементах конструкций пресс-форм.

**Ключевые слова:** металлополимеры, пресс-форма, литьё пластмасс, каналы охлаждения.