

ISSN ONLINE 2782-1919

**УМНЫЕ КОМПОЗИТЫ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**  
SMART COMPOSITE IN CONSTRUCTION



**Том 2  
выпуск**

**1  
2021**

**VOL. 2  
ISSUE 1**

ИЗДАНИЕ ЯРОСЛАВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

# **УМНЫЕ КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Основан в ноябре 2020 года, выходит 4 раза в год

**Том 2**  
**Вып. 1**

**Ярославль 2021**

# НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ «УМНЫЕ КОМПОЗИТЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ»

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Главный редактор: С.В. ФЕДОСОВ (акад. РААСН, д.т.н., проф., Москва)  
Заместители главного редактора: А.А. ИГНАТЬЕВ (к.т.н., доц., Ярославль)  
П.Б. РАЗГОВОРОВ (д.т.н., проф., Ярославль)  
Ответственный секретарь: Е.С. ЕГОРОВ

## МЕЖДУНАРОДНАЯ РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

А.А. АБДЫКАЛЫКОВ (д.т.н., проф., Кыргызстан, Бишкек), П.А. АКИМОВ (ученый секретарь Президиума РААСН, акад. РААСН, д.т.н., проф., Москва), В.В. БЕЛОВ (советник РААСН, д.т.н., проф., Тверь), А.М. БЕЛОСТОЦКИЙ (чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф., Москва), Н.И. ВАТИН (советник РААСН, д.т.н., проф., Санкт-Петербург), В.М. ГОТОВЦЕВ (д.т.н., проф., Ярославль), А.В. ЗАХАРОВ (советник РААСН, к. архитектуры, проф., Иваново), А.Б. КАПРАНОВА (д.ф.-м.н., проф., Ярославль), В.И. КОЛЧУНОВ (академик РААСН, д.т.н., проф., Курск), В.Г. КОТЛОВ (советник РААСН, к.т.н., проф., Йошкар-Ола), Н.Н. КУДРЯШОВ (к.архитектуры, проф., Ярославль), А.Е. ЛЕБЕДЕВ (д.т.н., доц., Ярославль), С.Н. ЛЕОНОВИЧ (иностраный акад. РААСН, д.т.н., проф., Республика Беларусь, Минск), В.Л. МОНДРУС (чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф., Москва), А.И. МОХОВ (акад. РАЕН, д.т.н., проф., Москва), П.И. ПОСПЕЛОВ (д.т.н., проф., Москва), Ю.В. ПУХАРЕНКО (чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф., Санкт-Петербург, Россия), В.Е. РУМЯНЦЕВА (советник РААСН, д.т.н., проф., Иваново), В.П. СЕЛЯЕВ (акад. РААСН, д.т.н., проф., Саранск), М.Ю. ТАРШИС (д.т.н., доц., Ярославль), В.И. ТРАВУШ (вице-президент РААСН, акад. РААСН, д.т.н., проф., Москва), А.А. ТРЕЩЕВ (чл.-корр. РААСН, д.т.н., проф., Тула), В.Н. ФЕДОСЕЕВ (д.т.н., проф., Иваново), Г.А. ФОМЕНКО (акад. РАЕН, д.г.н., проф., Ярославль), Е.М. ЧЕРНЫШОВ (акад. РААСН, д.т.н., проф., Воронеж), RADIVOJE MITROVIĆ (PhD по техн. н., проф., Республика Сербия, Белград)

Учредитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Ярославский государственный технический университет»  
Адрес редакции 150023, г. Ярославль, Московский проспект, 88  
Телефон +7 (4852) 44-03-67  
E-mail ignatyeva@ystu.ru  
Электронный адрес <http://comincon.ru>

Журнал издается при содействии Российской Академии архитектуры и строительных наук

Редактор: М.А. Канакотина  
Англ. перевод: Л.А. Тюкина  
Компьютерная верстка: Е.С. Егоров  
Корректор: О.А. Юрасова  
Зарегистрирован 27 Ноября 2020 (Свидетельство ЭЛ № ФС 77 - 79733)  
Периодичность: 4 раза в год  
Подписка и распространение Свободный доступ

YAROSLAVL STATE TECHNICAL UNIVERSITY

# **SMART COMPOSITE IN CONSTRUCTION**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL

Established in November 2020, published quarterly

**Volume 2  
Issue 1**

**Yaroslavl 2021**

# SCIENTIFIC AND TECHNICAL JOURNAL SMART COMPOSITE IN CONSTRUCTION

## EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief:	S.V. FEDOSOV (Acad. RAACS, Doctor of Technical Sciences, Professor, Moscow)
Deputy Editors-in-Chief:	A.A. IGNATYEV (c.en.s., doc., Yaroslavl) P.B. RAZGOVOROV (d.en.s, prof., Yaroslavl)
Executive secretary:	E.S. EGOROV

## INTERNATIONAL EDITORIAL BOARD

A.A. ABDYKALYKOV (d.en.s., prof., Kyrgyzstan, Bishkek), P.A. AKIMOV (acad. RAACS, d.en.s., prof., Moscow), V.V. BELOV (adv. RAACS, d.en.s, prof., Tver), A.M. BELOSTOTSKIY (corr. memb. RAACS, d.en.s., prof., Moscow), N.I. Vatin (adv. RAACS, d.en.s., prof., Saint-Petersburg, Russia), V.M. GOTOVTSEV (d.en.s, prof., Yaroslavl), A.V. ZAKHAROV (adv. RAACS, c. arch., prof. Ivanovo), A.B. KAPRANOVA (d. physic. and math. sciences, prof., Yaroslavl), V.I. KOLCHUNOV (acad. RAACS, d.en.c, prof., Kursk), V.G. KOTLOV (adv. RACS, c.en.s, prof., Yoshkar-Ola), N.N. KUDRYASHOV (c.arch, prof., Yaroslavl), A.E. LEBEDEV (d.en.s., doc., Yaroslavl), S.N. LEONOVICH (for. acad. RAACS, d.en.s, prof., Belarus, Minsk), V.L. MONDRUS (corr. memb. RAACS, d.en.s., prof., Moscow), A.I. MOKHOV (acad. RANS, d.en.s., prof., Moscow), P.I. POSPELOV (d.en.s, prof., Moscow), Yu.V. PUKHARENKO (corr. memb. RAACS, d.en.s, prof., Saint-Petersburg, Russia), V.E. RUMYANTSEVA (adv. RAACS, d.en.s., prof., Ivanovo), V.P. SELYAEV (acad. RAACS, d.en.s., prof., Saransk), M.Yu. TARSHIS (d.en.s., doc., Yaroslavl), V.I. TRAVUSH (Vice Pres. RAACS, acad. RAACS, d.en.s., prof. Moscow), A.A. TRESHCHEV (corr. memb. RAACS, d.en.s., prof., Tula), V.N. FEDOSEEV (d.en.s., prof., Ivanovo), G.A. FOMENKO (acad. RANS, d.geogr.s, prof., Yaroslavl), E. M. CHERNYSHOV (acad. RAACS, d.en.s., prof., Voronezh), RADIVOJE MITROVIĆ (PhD en.s., prof., Serbia, Belgrade)

Founder:	Federal State Budgetary Educational Institution Of Higher Education "Yaroslavl State Technical University"
Editorial office address	88, Moskovsky Prosp., Yaroslavl, 150023, Russia
Telephone	+7 (4852) 44-03-67
E-mail	ignatyevaa@ystu.ru
Website	<a href="http://comincon.ru">http://comincon.ru</a>

Published with the assistance of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences

Editor:	M.A. Kanakotina
English translator:	L.A. Tyukina
Layout designer:	E.S. Egorov
Proofreader:	O.A. Yurasova
Registration	27 November 2020 (Certificate EL No FS 77 - 79733)
Frequency:	Quarterly
Subscription and distribution	Open Access



## СОДЕРЖАНИЕ

<i>Тумаков С.А., Голубь Г.Н.</i> Вычисление напряжений в строительных конструкциях здания с учетом развития деформаций грунтового основания .....	7
<i>Perevozchikova S.V., Belov V.V.</i> Dry mix mortar for restoration of buildings.....	14
<i>Ватагин А.А., Лебедев А.Е., Капранова А.Б., Гуданов И.С.</i> Применение технологии лазерного сканирования при оценке объемов сыпучих материалов .....	20
<i>Blaznov A.N., Markin V.B., Krotov A.S., Firsov V.V., Bychin N.V., Sakoshev Z.G.</i> Basalt plastic properties under climatic aging conditions .....	31
<i>Fedosov S.V., Oparina L.A., Mailyan A.I., Petrukhin A.B., Fedoseyev V.N.</i> Russian and international experience in simulation of the organizational and technological reliability of modern construction production.....	40
<i>Проваторова Г.В.</i> Экологические аспекты модификации битума .....	47
<i>Митрофанова Е.В.</i> Вопросы проектирования построек для экопарков в России .....	53
<i>Мерекин А.А.</i> Об идентификации и систематизации архитектурных паразитов .....	61



## CONTENTS

<i>Tumakov S.A., Golub G.N.</i> Calculation of stresses in the building structures, taking into account ground base deformations .....	7
<i>Perevozchikova S.V., Belov V.V.</i> Dry mix mortar for restoration of buildings.....	14
<i>Vatagin A.A., Lebedev A.E., Kapranova A.B., Gudanov I.S.</i> Laser scanning technology in assessing the volume of bulk materials .....	20
<i>Blaznov A.N., Markin V.B., Krotov A.S., Firsov V.V., Bychin N.V., Sakoshev Z.G.</i> Basalt plastic properties under climatic aging conditions .....	31
<i>Fedosov S.V., Oparina L.A., Mailyan A.I., Petrukhin A.B., Fedoseyev V.N.</i> Russian and international experience in simulation of the organizational and technological reliability of modern construction production.....	40
<i>Provatorova G.V.</i> Environmental aspects of bitumen modification .....	47
<i>Mitrofanova E.V.</i> Design issues for eco - parks in Russia .....	53
<i>Merekin A.A.</i> About the identification and systematization of architectural parasites .....	61



УДК 624.07

# *ВЫЧИСЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ЗДАНИЯ С УЧЕТОМ РАЗВИТИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ*

***С.А. Тумаков, Г.Н. Голубь***

*Сергей Анатольевич Тумаков*

*E-mail: tumakovsa@ystu.ru*

*Григорий Николаевич Голубь*

*E-mail: golubgn@ystu.ru*

*Кафедра строительных конструкций, Ярославский  
государственный технический университет, ул. Кривова, 40,  
Ярославль, Российская Федерация, 150048*



Произведена оценка влияния неоднородности грунтового основания на напряженно-деформированное состояние железобетонного плитного фундамента и конструкций здания с учетом развития деформаций грунтового основания во времени. Неоднородность основания выражена различными фильтрационными свойствами грунтов, слагающих основание плитного фундамента. Под подошвой фундаментной плиты в толще водонасыщенных песков располагается линза глинистого грунта. Приводится сопоставление результатов расчета конструкций здания и фундаментной плиты здания, определенное для дискретных значений времени с результатами, полученными расчетом по стабилизированным деформациям. В расчетах применен условный модуль деформации грунта. Принимается, что в начальный момент времени приложения нагрузки условный модуль деформации грунта грунтового основания  $E_t$  стремится к бесконечности, а в конечный момент стабилизации деформаций – к фактическому размеру  $E$ . Условный модуль деформации вычисляется по приближенной зависимости, полученной из основного уравнения теории фильтрационной консолидации. Моделирование здания и численный расчет выполняется в программном комплексе SCAD.

**Ключевые слова:** грунтовое основание, фильтрационная консолидация, напряженно-деформированное состояние, программный комплекс SCAD.

**Для цитирования:**

Тумаков С.А., Голубь Г.Н. Вычисление напряжений в строительных конструкциях здания с учетом развития деформаций грунтового основания. Умные композиты в строительстве. 2021. Т. 2. Вып. 1. С. 7-13 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)

**DOI:** 10.52957/27821919\_2021\_1\_7



UDC 624.07

# *CALCULATION OF STRESSES IN THE BUILDING STRUCTURES, TAKING INTO ACCOUNT GROUND BASE DEFORMATIONS*

*S.A. Tumakov, G.N. Golub*

*Sergey A. Tumakov*

*E-mail: tumakovsa@ystu.ru*

*Grigory N. Golub*

*E-mail: golubgn@ystu.ru*

*Department of Building structures, Yaroslavl State Technical University,  
40, Krivova St., Yaroslavl, 150048, Russia*



*The paper reflects the assessment of the effect the heterogeneity of the ground base has on the stress-strain state of the reinforced concrete slab foundation and the structure of the building. It takes into account the development of deformations of ground base in time. Different filtration properties of subfoundation show the heterogeneity of the slab foundations. There is a lens of loam soil in series of saturated sands under the foot portion of the base slab. The paper shows the comparison of calculation results for the building structure and the base slab within the discrete time with the results obtained by the calculation of the steady-state deformations. The calculations contain the conditional soil deformation modulus. It is assumed that, at the initial time of application of the load, the conditional deformation modulus of the ground base  $E_t$  tends to infinity, but at the final moment of deformation stabilization, it tends to the actual size  $E$  instead. The conditional deformation module is calculated using the approximate dependence obtained from the basic equation of the theory of soil filtration consolidation. SCAD software package serves for building modeling and numerical calculation*

**Key words:** ground base, soil filtration consolidation, stress-strain state, SCAD software package.

**For citation:**

*Tumakov S.A., Golub G. N. Calculation of stresses in the building structures, taking into account ground base deformations. Smart Composite in Construction. 2021. V. 2. No 1. P. 7-13 URL:*

*[http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)*

**DOI:** 10.52957/27821919\_2021\_1\_7



## ВВЕДЕНИЕ

Нормативные документы расчета и проектирования оснований, зданий и сооружений указывают на необходимость совместного расчета грунтовых оснований зданий и сооружений. Вместе с этим следует учитывать особенности свойств грунтовых оснований, сложенных медленно уплотняющимися грунтами, когда для оценки напряженно-деформированного состояния надфундаментных конструкций, с учетом длительных процессов развития деформаций основания, нужно проводить совместный расчет с учетом консолидации грунтов во времени.

Теория консолидации, прогнозирующая зависящую от времени деформацию грунтового основания, является одним из важнейших вопросов механики грунтов. Математическое моделирование фильтрационного процесса поровой воды из грунта берет начало с работы К. Терцаги [1], в которой он ввел понятие эффективных напряжений, предложил, по аналогии с уравнением теплопроводности, дифференциальное уравнение фильтрационной консолидации грунтов и решил одномерную задачу уплотнения водонасыщенного глинистого грунта в виде слоя конечной толщины. Дифференциальное уравнение одномерного уплотнения грунтовой массы по времени  $t$  и глубине  $z$

$$c_v \frac{\partial^2 p_z}{\partial z^2} = \frac{\partial p_z}{\partial t}, \quad (1)$$

где  $c_v$  – коэффициент консолидации грунта;  $p_z$  – эффективное напряжение.

Дальнейшее развитие теория фильтрационной консолидации получила в трудах Н.М. Герсеванова [2], В.А. Флорина [3], Н.А. Цытовича [4]. М. Био дополнительно изучил взаимодействие между распределением избыточных давлений и деформацией скелета грунта и развил связанную теорию консолидации на случай трехмерных задач [5].

Исследование развития деформаций грунтовых оснований во времени продолжает оставаться актуальным и в настоящее время. Это продиктовано необходимостью получения более надежных конструктивных решений зданий за счет детального изучения и учета фильтрационных процессов в грунтах в различных грузовых состояниях основания, соразмерно со специфическими особенностями грунтовых массивов, аналитическими и численными методами [6-10].

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В рамках научно-исследовательской работы произведена оценка влияния неоднородности грунтового основания на напряженно-деформированное состояние железобетонного плитного фундамента и конструкций здания. Рассматривалось грунтовое напластование, неоднородность которого обуславливалась различными фильтрационными свойствами грунтов, слагающих основание плитного фундамента. Под подошвой фундаментной плиты на глубину 5 метров распространены водонасыщенные пески средней крупности с модулем деформации  $E=20$  МПа и коэффициентом фильтрации  $K_f=15$  м/сут, имеющие в своем составе линзу глинистого грунта с модулем деформации  $E=10$  МПа

и коэффициентом фильтрации  $K_f=0,1$  м/сут. Ниже, до глубины сжатой толщи, находятся пески мелкие с модулем деформации  $E=30$  МПа. В качестве объекта исследования выбран проект: прототип кирпичного девятиэтажного здания Г-образной формы с габаритами в плане в осях  $22,01 \cdot 18,71$  м в г. Ярославле.

При строительстве зданий на неоднородных основаниях возможны различные конструктивные решения, позволяющие, тем или иным образом, уменьшить или исключить неравномерные деформации оснований, вызванные неоднородными деформационными свойствами грунтов или разными скоростями приобретения этих деформаций под действующими нагрузками. В проведенной работе рассматривался только один вариант, здание с фундаментом в виде сплошной плиты толщиной 0,6 м, опертой на неоднородное основание. Задачей исследования было оценить изменение напряженно-деформированного состояния фундаментной плиты и надфундаментных конструкций с течением времени в зависимости от скорости затухания деформаций грунтов под различными участками фундамента, обусловленных неоднородными фильтрационными свойствами грунтов, учесть это при расчете тела плиты и надфундаментных конструкций, повысить надежность отдельных конструкций и надежность здания в целом.

Для прогнозирования поведения грунтовых массивов под нагрузкой в большинстве случаев в инженерной практике используются методы, основанные на упрощающих предположениях. В данной работе дополнительно к общепринятым допущениям, принятым в расчетах фильтрационной консолидации, таким как пренебрежение сжимаемостью под нагрузкой поровой жидкости и зерен скелета полупространства, допущением об отсутствии зависимости суммарных напряжений от времени, сделаны следующие допущения. Деформационные показатели, модуль деформации и коэффициент относительной сжимаемости, грунта не зависят от размера напряжений. При определении размера деформации с течением времени во время строительства, деформация вычисляется для дискретных параметров времени, выбранных с определенным интервалом, от дискретных размеров нагрузки, вычисленных на данный момент возведения здания в соответствие с разработанным календарным планом.

Следующее допущение сделано в отношении коэффициентов постели модели грунтового основания П.Л. Пастернака [11]. Принимаем, что в расчетной момент времени  $t=0$  деформация грунтового основания в рассматриваемой точке равна нулю и равна размеру конечной стабилизированной деформации в момент времени  $t=t_{стаб}$ . Для дальнейших расчетов вводим условный модуль деформации грунта, как функцию времени  $E_t$ . Допускаем, что в начальный момент времени приложения нагрузки условный модуль деформации грунта грунтового основания  $E_t$  стремится к бесконечности, а в конечный момент стабилизации деформаций – к фактическому размеру  $E$ , определенному инженерно-геологическими изысканиями. Очевидно, что для грунтов, имеющих различные фильтрационные свойства, время стабилизации деформаций будет различно. Для каждого грунта условный модуль деформации находим по аналогии с известной формулой развития деформаций грунта во времени [4]



$$S_t = S_{\text{стаб}} \cdot \left[ 1 - \frac{8}{\pi^2} \cdot \left( e^{-N} + \frac{1}{9} \cdot e^{-9N} + \frac{1}{25} \cdot e^{-25N} + \dots \right) \right], \quad (2)$$

где  $S_t$  – размер деформации основания в произвольный момент времени  $t$ ;

$S_{\text{стаб}}$  – размер конечной стабилизированной деформации слоя расчетной толщины  $h$ ;

$$N = \frac{\pi^2 c_v}{4h^2} t. \quad (3)$$

Поскольку деформации грунтов являются обратной зависимостью от модуля деформации, принимаем в расчетах приближенную величину условного модуля деформации грунта, определяемую для произвольного момента времени по формуле

$$E_t = \frac{E}{\left[ 1 - \frac{8}{\pi^2} \cdot \left( e^{-N} + \frac{1}{9} \cdot e^{-9N} + \frac{1}{25} \cdot e^{-25N} + \dots \right) \right]}. \quad (4)$$

Моделирование и расчет несущих конструкций здания с учетом сроков его возведения, а также с учетом развития деформаций по времени, произведено в программном комплексе SCAD++ Office (Сервисный контракт 800908099). При описании характеристик грунтового основания для дискретных значений времени, соответствующих различным этапам возведения здания, вводились размеры модуля деформации, определенные по формуле (4). Таким образом, коэффициенты постели модели Пастернака получали зависимость от времени [12]

$$C_1 = \frac{E_t}{h(1-\nu^2)}; C_2 = \frac{E_t \cdot h}{6(1-\nu)}. \quad (5)$$

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненных расчетов и последующего их анализа установлено, что напряженно-деформированное состояние несущих конструкций здания [13] и фундаментной плиты, определенное для дискретных значений времени, отличается от вычислений, полученных для стабилизировавшегося состояния, которое для рассматриваемого варианта грунтовых условий наступает через 40 лет. Анализ полученных напряжений показал, что при учете фильтрационной консолидации в процессе возведения здания в зоне расположения линзы водонасыщенной глины в начальный момент строительства значительно повышаются значения отпора грунта  $R_z$ , по сравнению с расчетом по конечным осадкам, что сказывается на напряженно-деформированном состоянии как фундаментной плиты, так и конструкций здания. Это необходимо учитывать при разработке конструктивных решений здания, обеспечивающих требуемые их прочность и устойчивость к неравномерным деформациям. В результате работы установлено, что армирование фундаментной плиты при расчете с учетом развития деформаций грунтов во времени количественно отличается от армирования, полученного в расчете по конечным деформациям. Если по расчету по конечным осадкам максимальная площадь верхней рабочей арматуры на один метр по оси  $X$  составлял  $49,1 \text{ см}^2$ , то с учетом развития деформаций основания во времени она составила  $76 \text{ см}^2$ . Аналогично изменились площади остальной рабочей арматуры. Таким

образом, установлено, что учет развития деформаций грунтовых оснований в конструктивных расчетах повысит надежность проектируемых зданий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Терцаги К.** Строительная механика грунта. М.: Госстройиздат, 1933. 392 с.
2. **Герсеванов Н.М.** Основы динамики грунтовой массы. М.: Госстройиздат, 1933. 196 с.
3. **Флорин В.А.** Теория уплотнения земляных масс. М.: Госстройиздат, 1948. 284 с.
4. **Цытович Н.А.** Механика грунтов. М.: Госстройиздат, 1940. 390 с.
5. **Biot M.A.** General theory of three-dimensional consolidation. *Journal of Applied Physics*. 1941. V. 12. N 2. P. 155–164.
6. **Ерченко Д.Е., Федоренко Е.В.** Верификация расчетов фильтрационной консолидации в геотехнических программах. *Дороги и мосты*. 2017. № 2(38). С. 207–217.
7. **Костерин А.В., Скворцов Э.В.** Фильтрационная консолидация упругого полупространства под осесимметричной нагрузкой. *Известия РАН. Механика жидкости и газа*. 2014. № 5. С. 74–80.
8. **Тер-Мартirosян З.Г., Тер-Мартirosян А.З., Нгуен Хуи Хиен.** Консолидация и ползучесть оснований фундаментов конечной ширины. *Вестник МГСУ*. 2013. № 4. С. 38–52.
9. **L. Ho, Fatahi B., Khabbaz H.** Analytical solution for one-dimensional consolidation of unsaturated soils using eigenfunction expansion method. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*. 2014. V. 38. N 10. P. 1058–1077.
10. **Huang J., Griffiths D.V., Fenton G.A.** Probabilistic analysis of coupled soil consolidation. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. 2010. V. 136. N 3. P. 417–430.
11. **Пастернак П.Л.** Основы нового метода расчета фундаментов на упругом основании при помощи двух коэффициентов постели. М.: Госстройиздат, 1954. 56 с.
12. **Кюккер А.Е., Грибков А.А., Тумаков С.А.** К вопросу учета развития осадок фундаментов во времени при выполнении численных расчетов надфундаментных конструкций. Шестидесят девятая всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов и аспирантов высших учебных заведений с международным участием. 20 апреля 2016 г. Ярославль. Сб. материалов конф. Ярославль: Издат. дом ЯГТУ, 2016. С. 1139–1142.
13. **Balushkin A.L.** Assessment of the bearing capacity of elements of reinforced concrete floors with regard to adaptation to special effects. *Smart composite in construction*. 2020. V. 1. N 1. P. 36–38. URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1\\_2020](http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020).

Поступила в редакцию 16.11.2020



Принята к опубликованию 15.02.2021

## REFERENCES

1. **Terzaghi K.** *Construction soil mechanics*. M.: Gosstroyizdat. 1933. 392 p. (in Russian).
2. **Gersevanov N.M.** *Basics of soil mass dynamics*. M.: Gosstroyizdat. 1933. 196 p. (in Russian).
3. **Florin V.A.** *Theory of Soil Consolidation*. M.: Gosstroyizdat. 1948. 284 p. (in Russian).
4. **Citovich N.A.** *Mechanics of soils*. M.: Gosstroyizdat. 1940. 390 p. (in Russian).
5. **Biot M.A.** *General theory of three-dimensional consolidation*. *Journal of Applied Physics*. 1941. V. 12. N 2. P. 155–164.
6. **Fedorenko E.V., Erchenko D.E.** *Solving the consolidation task by various methods*. *Roads and bridges*. 2017. N 2(38). P. 207-217. (in Russian).
7. **Kosterin A.V., Skvortsov E.V.** *Filtration consolidation of elastic half-space under axisymmetric load*. *Izvestiya RAN. Mekhanika zhidkosti i gaza*. 2013. N 4. P. 38-52. (in Russian).
8. **Ter-Martirosyan Z.G., Ter-Martirosyan A.Z., Nguyen Huy Hiep.** *Consolidation and creep of subfoundations having finite widths*. *Vestnik MGSU*. 2013. N 4. P. 38-52 (in Russian).
9. **L. Ho, Fatahi B., Khabbaz H.** *Analytical solution for one-dimensional consolidation of unsaturated soils using eigenfunction expansion method*. *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics*. 2014. V. 38. N 10. P. 1058–1077.
10. **Huang J., Griffiths D.V., Fenton G.A.** *Probabilistic analysis of coupled soil consolidation*. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*. 2010. V. 136. N 3. P. 417–430.
11. **Pasternak P.L.** *On a new method of analysis of an elastic foundation by means of two foundation constants*. M.: Gosstroyizdat. 1954. 56 p. (in Russian).
12. **Kyukker A.E., Gribkov A.A., Tumakov S.A.** *On the issue of accounting for the development of sediments of foundations over time when performing numerical calculations of above-foundation structures*. *The sixty-ninth scientific and technical conference of students, undergraduates and graduate students of higher educational institutions with international participation*. 20 April 2016. Yaroslavl. Sat. materials conf. Yaroslavl: Published. house of YSTU. 2016. P. 1139-1142. (in Russian).
13. **Balushkin A.L.** *Assessment of the bearing capacity of elements of reinforced concrete floors with regard to adaptation to special effects*. *Smart composite in construction*. 2020. V. 1. N 1. P. 36-38. URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1\\_2020](http://comincon.ru/index.php/tor/V1N1_2020).

Received 16.11.2020

Accepted 15.02.2021



УДК 691.3

# СУХАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ СМЕСЬ ДЛЯ РЕСТАВРАЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗДАНИЙ

**С.В. Перевозчикова, В.В. Белов**

София Валерьевна Перевозчикова

E-mail: [ya.sonyu1995@yandex.ru](mailto:ya.sonyu1995@yandex.ru)

Владимир Владимирович Белов

E-mail: [vladim-bel@yandex.ru](mailto:vladim-bel@yandex.ru)

Кафедра производства строительных изделий и конструкций,  
Тверской государственный технический университет, наб. Аф.  
Никитина, 22, Тверь, Российская Федерация, 170026

В работе отражается актуальность проблемы реставрации и восстановления архитектурных элементов на фасадах зданий. Также отражены результаты экспериментальной работы по подбору оптимального состава смеси для облегченных архитектурных элементов, в состав которой входит белый цемент, полые стеклянные микросферы, модифицирующие добавки и доломитовая мука в качестве микронаполнителя. Представлены результаты микроскопического анализа структуры материала

**Ключевые слова:** сухая строительная смесь, реставрация, полые стеклянные микросферы, облегченные конструкции

**Для цитирования:**

Перевозчикова С.В., Белов В.В. Сухая строительная смесь для реставрации и восстановления зданий. Умные композиты в строительстве. 2021. V. 2. No 1. P. 14-19 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)

**DOI:** 10.52957/27821919\_2021\_1\_14



UDC 691.3

# DRY MIX MORTAR FOR RESTORATION OF BUILDINGS

*S.V. Perevozchikova, V.V. Belov*

*Sofia V. Perevozchikova*

*E-mail: ya.sonya1995@yandex.ru*

*Vladimir V. Belov*

*E-mail: vladim-bel@yandex.ru*

*Department of Construction Products and Structures Production, Tver State Technical University, Naberezhnaya Af. Nikitin, 22, Tver, Russia, 170026*

*The paper reflects the relevance of the problem of restoration of architectural elements on the facades of buildings. It also reflects the results of experimental work on the selection of the optimal mix for lightweight architectural elements, which includes white cement, hollow glass microspheres, modifying additives, and dolomitic powder as a microfill. The paper shows the results of microscopic analysis of the structure of the material.*

**Key words:** *dry mix mortar, restoration, hollow glass microspheres, lightweight structures*

**For citation:**

*Perevozchikova S.V., Belov V.V. Dry mix mortar for restoration of buildings. Smart Composite in Construction. 2021. V. 2. No 1. P. 14-19 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)*

**DOI:** *10.52957/27821919\_2021\_1\_14*



The restoration of buildings bears both cultural and common significance for the development of the country and the nation as a whole. The attractive appearance of cities promotes tourism, which contributes significantly to the well-being of the country.

Repair and restoration are the second most important tools, after the construction of new buildings to maintain and improve the appearance of Russian cities [1].

The restoration and repair of buildings largely depends not only on the technology used for this [2, 3], but also on the materials that are used. At this stage in the development of the building materials industry there are a large number of different mixtures and compositions used for repair work. Every year the requirements for these materials are becoming stricter. This contributes to a more thorough analysis of the materials developed and a positive final outcome.

Despite of this, the problem of developing building materials, the characteristics of which meet the requirements of modern realities of economic and physical - chemical indicators, is not solved [4]. There is still the question of the compatibility of restoration materials of old and new times. High-strength  $\alpha$ -modification gypsum, which has an average density of 1900 kg/m<sup>3</sup>, is the most often used material in restoration work [5]. However, the use of such gypsum in compositions can destroy the old wooden ceilings of restored monuments and other objects when restoring the ceiling elements. Authors [6] believe that the introduction of a certain amount of hollow glass microspheres in a restoration composition can lead to reduction in the weight of the element by almost half without loss of strength.

Gypsum composites are not as durable in an environment where they are exposed to precipitation, as cement-based composites, which in this case have a significant role, as the intended composite will be used for exterior finishing of buildings and restoration of architectural monuments.

The working life of materials used in restoration is determined by the influence of precipitation and temperature changes. These conditions clearly cause deformations in the finishing layer. Condensation leads to the delamination between the layer of the building envelope and the element to be restored [7]. The behavior of materials with a porous structure depends directly on the process of mass transfer within these materials [8, 9].

According to the previous studies we can say that the main disadvantage of lightweight cement composites is the reduction of strength by reducing the density. The use of hollow glass microspheres, which are durable fillers but with low density, solves this problem and makes it possible to obtain a material with the compact particle packing. In this material, the cement stone is a thin bonding layer, which makes it possible to obtain a material with a conglomerate type of structure [10].

During the repairs, it is necessary to choose the appropriate mixture to ensure compatibility of materials [11]. It is necessary to consider the activity of the outer layer in its interaction with the environment because the surface layer of the material has a structure different from that of the inner layer [12].

The paper [13] proposes the following mortar for civil and industrial purposes, including repair work. Mortar includes cement, sand, modifiers, water, and active mineral additive containing aluminosilicate microspheres (cenospheres), amorphous silicon dioxide (microsilica) and high calcium ash, with the following ratio of components, %: cement 25.0-40.0, sand 5.0-30.0, active mineral additive 35.0-60.0, modifiers 0.2-2.0.

The authors [14] initially studied the structuring of the cement matrix when ash microspheres were introduced into it. The second part of the study consisted of mechanical activation of ash microspheres. The microspheres were ground in a ball drum, which made it possible to achieve more active hardening of the composition at the boundary between the cement matrix and ash microspheres. The formation of calcium hydrosilicates and hydroaluminates proceeds more intensively due to the formation of mechanically activated microspheres of the base sheet [14]. This indicates the increase of structural density and leads to the improvement of the cement-containing material properties. Thus, the results obtained by the authors [14], when using in concrete mechanically activated particles of 15% of the weight of the cement, showed fairly good results: water resistance grade increased from W10 to W16, strength reached 75 MPa, and frost resistance increased by two steps.

The compositions of building mortars contain fill materials in the form of spheres such as fine-dispersion fillers based on calcium silicates, which are used for acceleration of the lime composites structure formation [15-17].

In this regard, the development of lightweight cement mortars with hollow glass microspheres for the restoration of architectural monuments is a pressing issue.

During the experiment there were the compositions of mortars selected to evaluate the effect of carbonate microfillers, the ratio of hollow glass microspheres and PVA on the strength, density, frost resistance and water absorption of the mortar. The quantity of water was taken according to the optimal plasticity of the mortar.

To obtain the complex characteristics of this mortar there were molded sample cubes 100x100x100 mm. The size of the samples is important for measurement of thermal conductivity. The sample cube of 70,7x70,7x70,7 mm serves for measuring of frost resistance, water absorption, softening factor; 20x20x20 mm serves for measuring of porosity, density, compressive strength. The standard methods require larger samples to obtain these characteristics, but it was decided to characterize the material by smaller samples for economical use of the expensive materials. Replacing large samples with smaller ones did not distort the results because the structure of the developing material does not have the coarse filler and is fine grained. The characteristics were determined by standard methods.

Data on the complex analysis of samples are shown in summary table 1.

The material has a fine-grained structure with the inclusion of pores of significant size. Approximately, these pores may have resulted from the mortar undervibration.

The hollow microspheres should prevent undesirable shrinkage of the material. They prevent the material from being destroyed by precipitation. This hypothesis can be confirmed by microscopic analysis. Photomicrographs of the structure on the sample bent fracture were made in the laboratory of Research Institute of Synthetic Fiber with the Pilot Plant (VNIISV), Tver, Russia. The material sample was a fragment of a cement monolith separated by brittle fracture.

**Table 1. Complex characteristics of the optimal composition**

Characteristics	Average value of one sample set
Compression strength, MPa	16.0
Average density, g/cm <sup>3</sup>	1.4



True density, $\text{g/cm}^3$	1.8
Moisture, %	24.4
The water absorption by mass, %	20.4
Total porosity volume, %	26.3
Thermal conductivity, $\text{W/(m}\cdot\text{K)}$	0.502
Softening factor	0.40

The surface of the fragment for observation in an electron scanning microscope was coated with a film of aluminum by vapor sedimentation method in vacuum. Photomicrographs were obtained by using a Hitachi-S450 electron scanning microscope. The accelerating potential was 10 kV, the photos were obtained on secondary electrons.

Fig. 1 shows photos with increasing magnification of the cleavage of surface. It can be seen that the glass microspheres (as well as traces of fallen out microspheres) are chaotically distributed throughout the material. The size of the microspheres varies greatly. The protruding part of the surface of the microspheres is almost flat (Fig. 2) and bears no traces of interaction with the cement. As microspheres pass through a crack in the material (see Fig. 2), they separate from one of its edges, usually without being subjected to fracture.

Fig. 3 shows a photomicrograph of a crack and a dimple caused by the microsphere. It can be seen that there are no fragments of the microsphere wall in the dimple. The contact surface is the same as the microsphere surface, i.e., the contact of the microsphere with the cement mass occurs almost over the entire surface, but without the formation of persistent bonds.

Based on the data obtained in Table 1 and Fig. 1-3, we can draw conclusions about the characteristics of the developed material.

One of the important characteristics of this composite is the resistance of the cement stone in the material to periodical moistening and drying-out. Frequent moistening and drying-out leads to accumulation of permanent deformations and material wear. But in contrast to laboratory tests, where temperature and humidity were high enough, in real conditions the composite is not dried to zero humidity so its values can be taken from 10 to 100%. It means that it is impossible to remove water completely from the composite.

Also, the average density of the sample is quite low ( $1400 \text{ kg/m}^3$ ) for the restoration composition. According to the paper [5], the average density of high-strength gypsum alpha-modification used for the restoration should be  $1900 \text{ kg/m}^3$ . Further density reduction is possible by introducing an additional amount of hollow glass microspheres but may have a negative effect on other physical and mechanical properties of the composite, such as average strength, softening factor.

As the material is expected to be used in an environment and will be subjected to precipitation, alternating freezing and defrosting, these pores may give rise to micro-cracks in the material due to the expansion of water at low temperatures. It could affect the durability of the material. Thus, the mixture has to be compacted more thoroughly to avoid the formation of large spores.

The softening factor is the water resistance of the material related to water absorption and the nature of the aggregate substance. The water absorption is related to the porosity and structure of the material. The same factors determine the frost resistance of the filler. The material is not expected to be used in an aqueous media (the coefficient of softening of the material should not be less than 0.8), the value of 0.4 can be considered satisfactory.

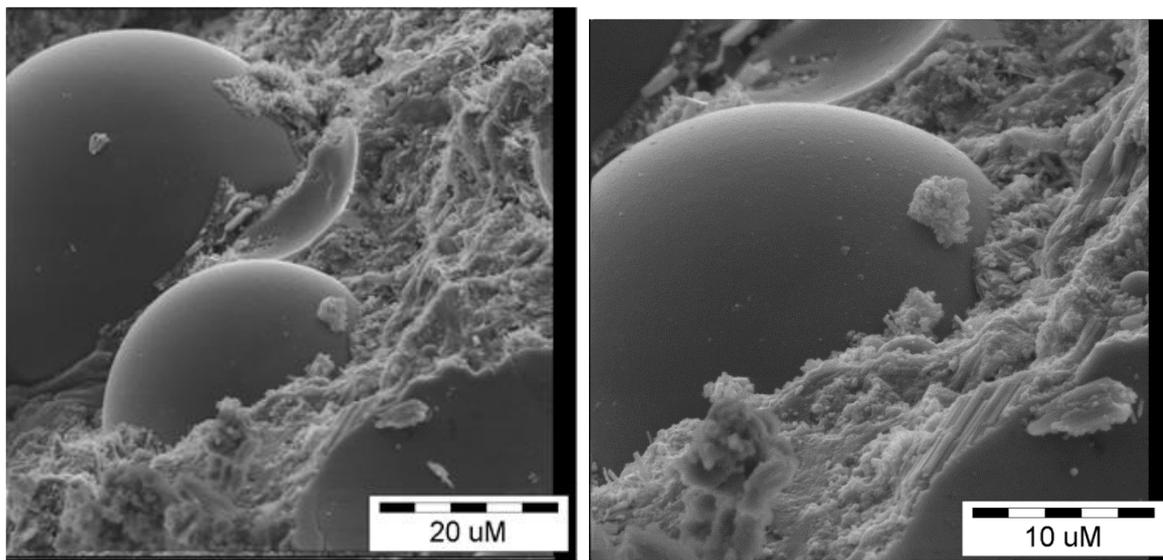


Fig. 1. The surface of the glass microsphere at high magnification

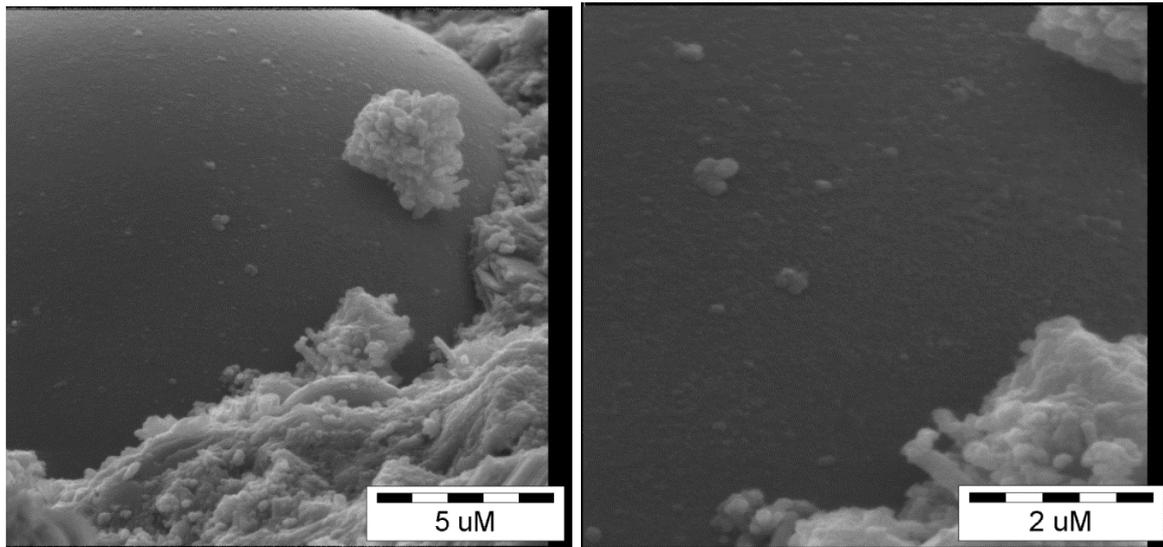


Fig. 2. The surface of the glass microsphere at high magnification

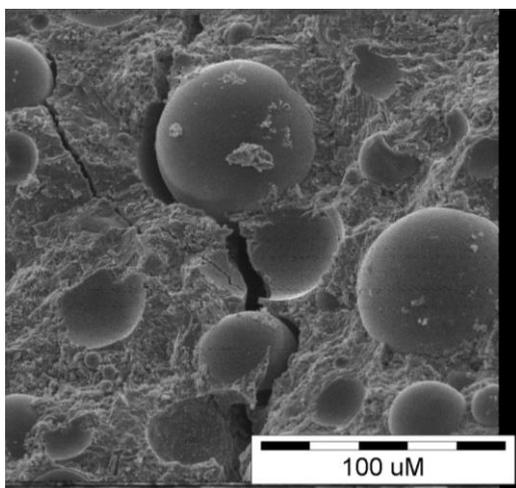


Fig. 3. Morphology of the material in the crack passage zone

Microspheres are used to reduce the weight of finished products. This can lead to a reduction in labor costs to perform reconstruction and will reduce the load on the wooden structures of historic buildings or obsolete parts of stone products. A stable pore structure can also be created. The proper spherical shape of the filler makes it possible to use a smaller number of binders for wetting, which leads to a reduction in viscosity and shrinkage. The microspheres act as a «damping» additive.

The use of natural carbonates as an additive has a positive effect on the regulation of the water - solid ratio of the gypsum molding plaster. This additive has the plasticizing effect which can significantly reduce the water - binder ratio and increase the strength of the final product. Also, the positive effect on the formation of the material structure can be achieved. Reducing the amount of water will reduce the number of capillary pores, thereby increasing the frost resistance of the material.

## CONCLUSIONS

The lightweight corrosion-resistant dry mix mortar including hollow glass microspheres used to create, repair and restore architectural elements. Also, it will increase the crack resistance of products due to the "damping" effect and microspheres themselves serve as a framework for the cement matrix, which prevents its undesirable shrinkage. In addition, the presence of hollow glass microspheres in the material reduces its alkalinity and makes it more resistant to aggressive media.

Development of composition and production technology for lightweight corrosion-resistant dry mix mortar with a density of  $900 \text{ kg/m}^3$  and compression strength of 5.0...10.0 MPa (grades 50, 75, 100) will allow to improve the quality of repair and restoration work and durability of architectural elements and facades of buildings so as improve their appearance.

The paper is published with the support of the Innovations Assistance Foundation, UMNİK-2019 program.

## REFERENCES

1. **Egorova O.A.** Restoration of architectural monuments and the problem of facadeism. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2017. N. 1(60). P. 16-22. (in Russian).
2. **Alfkhayr MA, Osama E.** Problems of reconstruction of architectural monuments. *Interaktivnaya nauka*. 2017. N 12. P. 153-155. (in Russian).
3. **Krokhina A.A.** Problems of restoration of architectural monuments in the context of modern urban planning (legal aspect). *SHag v nauku*. 2019. N 3. P. 30-32. (in Russian).
4. **Korovyakov V.F.** Gypsum binders and their use in construction. *Rossiiskij himicheskij zhurnal*. 2003. V. XLVII. N 4. P. 18-25. (in Russian).
5. **Khaev T.E., Tkach E.V., Zemlyanushnov D.YU. Solov'ev V.I.** Restoration work using lightweight plaster systems with hollow glass microspheres. *Sovremennye tendencii razvitiya nauki i tekhnologij*. 2017. N 2-2. P. 116-118. (in Russian).
6. **Oreshkin D.V.** Lightweight and ultra-lightweight cement mortars for construction. *Stroitel'nye materialy*. 2010. N 6. P. 34-37. (in Russian).



7. **Lesovik V.S., Zagorodnyuk L.Kh., Chulkova I.I.** The law of the affinity of structures in materials science. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2014. N 3. P. 267-271. URL: <http://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=33621> (in Russian).
8. **Vatin V.I.** Influence of physical, technical and geometric characteristics of plaster coatings on the moisture regime of homogeneous walls made of aerated concrete blocks. *Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal*. 2011. N 1. P. 28-33. (in Russian).
9. **Kornienko S.V., Vatin N.I., Petrichenko M.R., Gorshkov A.S.** Assessment of the moisture regime of a multilayer wall structure in the annual cycle. *Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij*. 2015. N 6. P. 19-33. (in Russian).
10. **Isaeva Yu.V., Velichko E.G., Kasumov A.SH.** Optimization of the structure of ultra-light cement slurry, taking into account the geometric and physical-mechanical characteristics of the components. *Stroitel'nye materialy*. 2015. N 8. P. 84. (in Russian).
11. **Krasnitskaya A.A., Shamanov V.A.** Aspects of the selection of effective building mixtures for the repair and restoration of reinforced concrete tanks for special purposes. *Sovremennye tekhnologii v stroitel'stve. Teoriya i praktika*. 2019. V. 2. P. 334-339. (in Russian).
12. **Ryzhikh V.D.** Designing compositions of repair mixtures taking into account the law of affinity of structures. *Prirodopodobnye tekhnologii stroitel'nyh kompozitov dlya zashchity sredy obitaniya cheloveka: materialy II Mezhdunarodnogo onlajn-kongressa, po-svyashchennogo 30-letiyu kafedry stroitel'nogo materialovedeniya izdelij i kon-strukcij*. Belgorod. 2019. P. 246-250 (in Russian).
13. **Vanshteidt L.D.** Pat. RU N 2708138; Bul. 2019. N 34. (in Russian).
14. **Zimakova G.A., Solonina V.A., Zelig M.P.** Ash mechanically activated microspheres are a component of highly efficient concrete. *Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal*. 2016. N 12(54). P. 90-94. (in Russian).
15. **Frolov M.V.** Structural formation of lime composites in the presence of a modifying additive. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii*. 2015. N 7. Part 1. URL: <http://web.snauka.ru/issues/2015/07/56191> (in Russian).
16. **Pyshkina I.S., Zhegera K.V.** The effectiveness of the use of amorphous aluminosilicates and calcium hydrosilicates in lime dry building mixtures. *Regional'naya arhitektura i stroitel'stvo* 2017. N 4. P. 24-28. (in Russian).
17. **Loganina V.I., Petukhova N.A., Akzhigitova E.R.** Development of an organomineral additive for dry building mixtures. *Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova*. 2011. N 3. P. 8-12. (in Russian).

Received 08.02.2021

Accepted 01.03.2021



УДК 629.331

# *ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛАЗЕРНОГО СКАНИРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ОБЪЕМОВ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ*

***А.А. Ватагин, А.Е. Лебедев, А.Б. Капранова, И.С. Гуданов***

*Александр Александрович Ватагин*

*E-mail: Vatagerr@bk.ru*

*Антон Евгеньевич Лебедев*

*E-mail: lae4444@mail.ru*

*Илья Сергеевич Гуданов*

*E-mail: goudanov@yandex.ru*

*Анна Борисовна Капранова*

*E-mail: kapranovaab@ystu.ru*

*Кафедра технологических машин и оборудования, Ярославский  
государственный технический университет, Московский пр., 88,  
Ярославль, Российская Федерация, 150023*

*Кафедра теоретической механики и сопротивления материалов,  
Ярославский государственный технический университет,  
Московский пр., 88, Ярославль, Российская Федерация, 150023*



В статье рассматривается применение технологии лазерного сканирования для оценки объема, массы сыпучих материалов, а также построение на основе полученных данных 3D моделей. Разработанное устройство имеет практическое применение в строительной сфере. Сыпучее сырьё составляет большую часть расходов предприятий, и для эффективного его распределения необходимо контролировать объём. Нужная точность определения объемов зависит от стоимости единицы объема сыпучего материала и может варьироваться в широких пределах. Проблема замера заключается в том, что часто грузоперевозчики и компании, занимающиеся грузоперевозками, фальсифицируют данные об объеме/массе груза. Поэтому с целью решения данной актуальной проблемы необходимо разработать комплекс методов и специальных устройств для экспресс-оценки объема сыпучих материалов, перевозимых в кузове автомобиля до его выгрузки. Установлено, что заказчики сыпучих материалов, таких как гравий, щебень, песок, в среднем теряют от 16% груза. Такая величина является существенной, так как нужная точность определения объемов зависит от стоимости единицы объема сыпучего материала и может варьироваться в широких пределах. Предложенный способ поможет снизить эту величину в 7 раз, т.е. до 2,2%.

**Ключевые слова:** сыпучие материалы, строительство, перевозка, лазер, сканирование

**Для цитирования:**

Ватагин А.А., Лебедев А.Е., Капранова А.Б., Гуданов И.С. Применение технологии лазерного сканирования при оценке объемов сыпучих материалов. Умные композиты в строительстве. 2021. Т. 2. Вып. 1. С. 20-28 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)

**DOI:** 10.52957/27821919\_2021\_1\_20



UDC 629.331

# *LASER SCANNING TECHNOLOGY IN ASSESSING THE VOLUME OF BULK MATERIALS WHEN EVALUATING THE VOLUMES OF BULK MATERIALS*

*A.A. Vatagin, A.E. Lebedev, A.B. Kapranova, I.S. Gudanov*

*Alexander A. Vatagin*

*E-mail: Vatagerr@bk.ru*

*Anton E. Lebedev*

*E-mail: lae4444@mail.ru*

*Ilya S. Gudanov*

*E-mail: gudanov@yandex.ru*

*Anna B. Kapranova*

*E-mail: kapranovaab@ystu.ru*

*Department of Technological Machines and Equipment, Yaroslavl State  
Technical University, Moskovsky ave., 88, Yaroslavl, Russian Federation,  
150023*

*Department of Theoretical Mechanics and Strength of Materials,  
Yaroslavl State Technical University, Moskovsky ave., 88, Yaroslavl,  
Russian Federation, 150023*



*The article discusses the application of laser scanning technology to assess the volume and mass of bulk materials, as well as the construction of the 3D models on the basis of data obtained. The developed device has practical application in construction. Bulk raw materials is a significant part of the costs of the enterprises and it is necessary to control its volume for the efficient distribution. The required accuracy of volume determination depends on the cost per unit volume of bulk material and can vary widely. The problem with measurement is that the volume/mass of cargo is often falsified by freight forwarders and shipping companies. In order to solve this problem it is necessary to develop a set of methods and special devices for rapid assessment of the volume of bulk materials carried in the car body before its unloading. It was found that customers of bulk materials such as gravel, crushed stone, sand lose at least 16% of the cargo on average. This value is essential, since the required accuracy of determining the volume depends on the cost per unit volume of bulk material and can vary widely. The proposed method will help to make it 85% lower, i.e. down to 2.2%*

**Key words:** *bulk materials, construction, transportation, laser, scanning.*

**For citation:**

*Vatagin A.A., Lebedev A.E., Kapranova A.B., Gudanov I.S. Laser scanning technology in assessing the volume of bulk materials. Smart Composite in Construction. 2021. V. 2. No 1. P. 20-28 URL: [http://comin-con.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comin-con.ru/index.php/tor/V2N1_2021)*

**DOI:** 10.52957/27821919\_2021\_1\_20



## ВВЕДЕНИЕ

Сыпучие материалы широко используются во всех отраслях промышленности: строительстве, сельском хозяйстве и т.д. и являются одними из наиболее «сложных» в плане использования. Процессы переработки сыпучих сред, такие как смешение, измельчение, дозирование, уплотнение являются трудоемкими и энергозатратными. Оборудование для этих целей включает множество узлов и агрегатов, которые используют в своей работе различные принципы, в том числе, ударные процессы, центробежные распыление и т.д. Однако сложности при работе с сыпучими средами возникают не только при осуществлении процессов их переработки, но и при оценке их количества, особенно при нахождении в нестандартных емкостях, котлованах, гудах. Действительно, практически отсутствуют инструменты для определения количества (массы или объема) сыпучего груза, находящегося в кузове самосвала, имеющего увеличенные борта и насыпанного с «горкой», или при оценке объемов грунта, вынутого из котлована. Проблема усугубляется наличием недобросовестных перевозчиков, вводящих в заблуждение о количестве материала в кузове или вагоне. Очень часто загрузка осуществляется в тоннах, а отгрузка в кубометрах, поэтому осуществить сопоставление или оценку очень проблематично. Погрешности в оценке могут приносить огромные убытки как производителям, так и потребителям сыпучих материалов. Все это свидетельствует о том, что проблема экспресс-оценки количества сыпучих сред, в том числе строительного назначения, является актуальной и востребованной.

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ ЭКСПРЕСС-ОЦЕНКИ КОЛИЧЕСТВ СЫПУЧИХ СРЕД

Точные замеры объемов сыпучих материалов – это важная и необходимая часть работы горнодобывающих, нефтеперерабатывающих заводов, химических производств, различных транспортных компаний и агропромышленных предприятий.

Это связано с тем, что сыпучие материалы трудно поддаются подсчету. Сыпучее сырьё составляет большую часть расходов предприятий, и для эффективного его распределения необходимо контролировать объём. Нужная точность определения объемов зависит от стоимости единицы

объема сыпучего материала и может варьироваться в широких пределах. Чем дороже материал, тем необходимо более точное вычисление объема. Высокие требования к точному подсчету земляных работ предъявляют в настоящее время и строители.

На рис. 1 рассмотрим существующие на сегодняшний день способы оценки количества сыпучих сред одним из простых инструментов для определения сыпучих материалов, является геодезическая съемка с помощью электронного тахеометра. Геодезическая съемка позволяет определить объёмы материалов с малой точностью. Ограничителем при применении тахеометров является низкая скорость измерений и физическая невозможность детальной съёмки больших объёмов материалов [1, 2].

На практике, помимо геодезической съемки, применяют наземное лазерное сканирование – бесконтактная технология измерения 3D поверхностей с использованием специальных приборов, лазерных сканеров. По отношению к традиционным оптическим и спутниковым геодезическим методам характеризуется высокой детальностью, скоростью и точностью измерений. Основные параметры лазерного сканера – дальность, точность, скорость, угол обзора [3, 4].

Помимо наземного лазерного сканирования, который имеет ряд недостатков на практике, все большее применение при строительстве, а также для создания 3D моделей ландшафтов, применяют воздушное лазерное сканирование.

Воздушное лазерное сканирование позволяет выполнить съемку районов, наземная съемка которых либо очень обременительна, либо практически невозможна. Что справедливо для труднодоступных районов: обширных заснеженных, лесных и заболоченных территорий, тундр, пустынь, а также отдаленных высокогорных районов. Принцип действия изображен на рис. 2.

Под сыпучими материалами в измерении уровня понимают не только материалы, состоящие из множества твердых микроскопических частиц, например, мука или цемент, но и твердые материалы с более крупными гранулами, обладающие условной текучестью, например, щебень, измельченная руда и т.д. В большинстве случаев, для задач измерения уровня сыпучих материалов не важно, является вещество одной природы, либо это смесь различных сыпучих веществ [5].

Приведем в таблице 1 сравнение существующих методов по основным критериям, которые были изложены выше. Выставляем в баллах по 10-балльной системе.



Рис. 1. Способы оценки сыпучих сред  
Fig. 1. Methods for evaluating bulk media

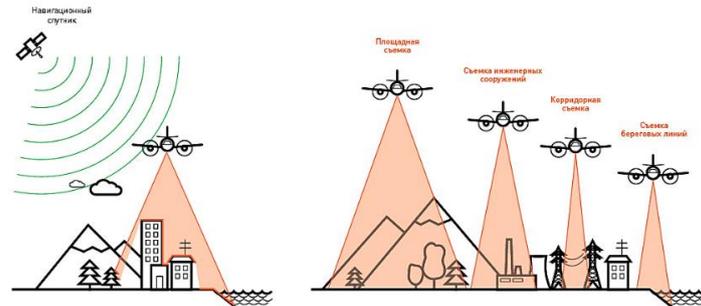


Рис. 2. Принцип действия воздушного сканирования  
Fig. 2. The principle of operation of air scanning

Таблица 1. Сравнение существующих методов измерения объема сыпучих материалов  
Table 1. Comparison of existing methods for measuring the volume of bulk materials

	Геодезическая съемка	Наземное лазерное сканирование	Воздушное лазерное сканирование	Датчики уровня сыпучих материалов
Периодичность	5	5	4	6
Точность	7	10	10	8
Оперативность	8	7	7	6
Трудозатратность	8	9	6	3
Стоимость	7	10	9	10

Таким образом, подводя итоги, можно сказать, что каждый способ по-своему удобен. Проанализировав существующие методы определения объемов сыпучих материалов, нельзя определённо сказать, что какой-либо из методов уступает другим, т.к. выбор метода в каждом конкретном случае зависит от многих факторов: точности измерения, необходимой скорости получения результата, периодичности, стоимости, трудозатрат и т.д.

В связи с этим, выбор метода определения объемов сыпучих материалов необходимо осуществлять, основываясь на приоритетных производственных факторах. При выборе наиболее рациональной схемы устройства, необходимо руководствоваться критериями, указанными в таблице 1, и другими, например: простота конструкции, возможность применять на любых объектах.

Выбранные критерии позволяют отсеивать странные и специфические идеи, такие как применение для сканирования радиоактивных веществ. Таким образом, наиболее популярными и реальными вариантами исполнения проектируемого устройства следующие: применение ультразвуковых волн, фотографирование с различных точек для дальнейшей «склейки» в объемную картину, применение лазерных технологий. В таблице 2 по 10-балльной шкале присваиваем

баллы по выбранным критериям для анализа прототипа устройства.

Таблица 2. Варианты реализации схем  
Table 2. Scheme implementation options

	Ультразвук	Фотография	3D лазер
Периодичность	6	8	9
Точность	9	6	10
Стоимость	10	5	8
Трудозатратность	7	7	10
Простота конструкции	4	9	8
Возможность применения на любых объектах	3	5	9
Итого:	39	40	54

### ОПИСАНИЕ РАЗРАБОТАННОГО СПОСОБА И КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВА

Перевозка сыпучих веществ является одной из распространённых задач в различных отраслях промышленности. Это связано с тем, что сыпучие материалы трудно поддаются подсчету. Сыпучее сырьё составляет большую часть расходов предприятий и для эффективного его распределения необходимо контролировать объём. Нужная точность определения объемов зависит от стоимости единицы объема сыпучего материала и может варьироваться в широких пределах. Чем дороже материал, тем должна быть больше точность вычисления объема.

Однако, при транспортировке сыпучих грузов трудно оценить объем материалов, чем часто пользуются недобросовестные фирмы. Имеет место: недосып сыпучих материалов, смачивание водой, уменьшение объема кузова и многое другое. Данную проблему решить сложно, а существующие способы оценки трудоемки и дорогостоящие.

В связи с этим было предложено спроектировать специальное устройство для экспресс-замера объема сыпучих материалов, находящееся в кузове грузового автомобиля. Устройство предполагает содержать в себе:



- 3D лазерный сканер – для создания 3D-модели сыпучего материала;

- ультразвук и рентген – для нахождения характеристик смеси.

Собранные устройством данные будут передаваться на компьютер в специальную программу, которая, в свою очередь, произведет необходимые вычисления и выдаст результат анализа. По данным таблицы 2 можно сделать вывод, что наиболее приемлемым вариантом является технология 3D лазера. Для повышения точности разработанное устройство включает в себя: автомобильные весы, 3D лазерный сканер и подвижную стойку.

При выборе лазерного сканера необходимо руководствоваться следующими техническими требованиями:

- 1) точность измерений, которая может варьироваться в больших пределах;
- 2) разрешение сканера – оказывает влияние на качество получаемой 3D-модели;
- 3) максимальная дальность сканирования;
- 4) скорость измерения;
- 5) возможность совмещения с другими приборами.

Приведем в таблице 3 классификацию сканеров по типу измерения и точности с указанием фирм-производителей.

**Таблица 3. Классификация лазерных сканеров**  
**Table 3. Classification of laser scanners**

Вид измерения	Измеряемое расстояние, м	Точность определения расстояния (погрешность), мм	Фирмы-производители
Импульсный	50–300 (до 1000)	10–20	Callidus, Leica, Trimble
Фазовый	до 100	до 10	IQSun, Leica, Z+F
Оптическая триангуляция	до 5	до 1	Trimble, Minolta

Таким образом, рассмотрев лазерные сканеры различных типов, для данной работы наиболее подходящими будут являться сканеры на основе фазового метода измерения и на основе метода оптической триангуляции, так как они имеют большую точность измерения при удовлетворяющем расстоянии.

Сканирование груза основано на технологиях лазерного сканирования, ультразвука или рентгена. Технология лазерного сканирования используется для получения очень детальных 3D-моделей объектов, в нашем случае кузова грузового автомобиля с насыпным грузом. Лазерный сканер позволяет отсканировать объекты размером до 0,5–2 см с точностью до 0,5–5 мм, т.е. имеется возможность узнать, имеются ли недопустимые примеси (мусор) в насыпном грузе, такие как бутылки, банки и т.п. Лазерное сканирование возможно проводить в любое время суток, что является большим достоинством.

Принцип действия устройства следующий: груженный автомобиль заезжает на автомобильные весы, где предварительно установлена требуемая высота электромеханических стоек. Лазерный сканер с насадкой в виде проецирующей сетки устанавливается в центральное положение кузова и производит сканирование верхней части насыпи. Автомобильные весы с помощью тензодатчиков измеряют полный вес груженого автомобиля. После чего собранные данные, а именно объем верхней части насыпи, полная масса груженого автомобиля, снаряженная масса, объем кузова, состав материала (плотность, влажность и т.п.) обрабатываются в специальной программе, которая выдаст конечный результат о грузе.

Если результат программы и накладные о грузе совпадают с учетом погрешности при перевозке, то выносится решение о приемке груза, в противном случае – отказ.

Полученные результаты сравниваются с накладными, и выносится решение о выгрузке или отправке груза отправителю. На рис. 3 изображен принцип действия, на рис. 4 изображен общий вид устройства.



Рис. 3. Принцип действия устройства

Fig. 3. The principle of the device

При проведении анализа спроса и предложения, будем сравнивать существующие способы с разрабатываемым методом по наиболее значимым критериям в настоящее время: «стоимость» и «точность», так как от этих параметров будет зависеть рентабельность, а также спрос и предложение.

Из существующих факторов, оказывающих влияние на формирование спроса и предложения, наиболее

интересными (для решения проблемы выдвигения на рынок разрабатываемой продукции) являются следующие:

- наличие товаров-заменителей и дополняющих;
- размеры рынка;
- уровень доходов;
- уровень технологий.



Рис. 4. Общий вид устройства – трехмерная модель  
Fig. 4. General view of the device - three-dimensional model

Таким образом, цена и спрос на разрабатываемое устройство будет, в большей степени, зависеть от этих факторов. К ним добавляются критерии оценки, указанные в таблице 4. Произведем подробный анализ спроса и предложения на рынке. Представим, что разработанное устройство поступило в продажу с ценой ниже или примерно такой же, как и у существующих устройств. Занесем данные по спросу и предложению в таблицу 4.

Как видно из таблицы 4, что наибольшее число компаний готовы купить произведенный товар по цене 750000 рублей за штуку, что не приемлемо для производителя, т.к. последний будет в убытке. Для нахождения наилучшего показателя цены построим график спроса и предложения (рис. 5).

Таким образом, наилучшая цена для производителя и потребителя находится в пределах {1,5–1,75} млн рублей.

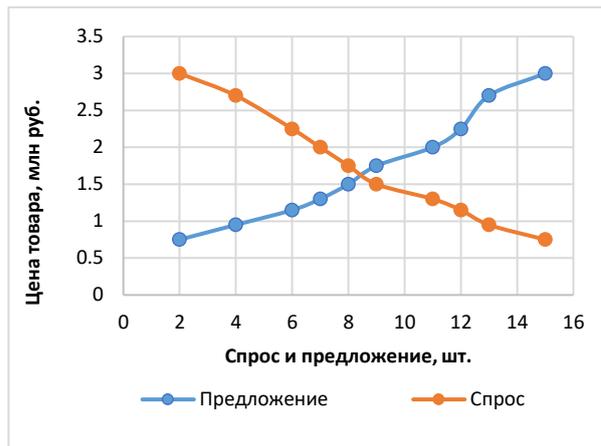


Рис. 5. Кривая спроса и предложения  
Fig. 5. Supply and demand curve

### ВЫВОДЫ

В данной статье описан один из способов решения проблемы оценки объемов сыпучих материалов, а именно применение 3D лазерного сканирования. Предложено в качестве сканирующего элемента применять лазерную сетку на объекты. Такая сетка помогает определить высоты и впадины, тем самым способствует определению объема верхней части насыпи. Нижняя часть насыпи представляет собой объем кузова грузового автомобиля. При суммировании объемов верхней и нижней части насыпи в итоге получаем полный объем сыпучего материала.

Средняя ошибка относительных показателей составляет 5%, погрешность сканирующего оборудования составляет 2%. Применение в проектируемом устройстве нескольких элементов, таких как лазерный сканер и автомобильные весы, способствует повышению точности определения.

Таблица 4. Данные по спросу и предложению на выпускаемую продукцию  
Table 4. Data on supply and demand for manufactured products

Цена товара, млн руб.	0,75	0,95	1,15	1,3	<b>1,5</b>	<b>1,75</b>	2	2,25	2,7	3
Предложение	2	4	6	7	<b>8</b>	<b>9</b>	11	12	13	15
Цена товара, млн руб.	3	2,7	2,25	2	<b>1,75</b>	<b>1,5</b>	1,3	1,15	0,95	0,75
Спрос	2	4	6	7	<b>8</b>	<b>9</b>	11	12	13	15

### ЛИТЕРАТУРА

1. Тахеометры. URL: [http://www.nngasu.ru/geodesy/classification/chastnye-klassifikatsii/17\\_Taxeometri.php](http://www.nngasu.ru/geodesy/classification/chastnye-klassifikatsii/17_Taxeometri.php).
2. Измерение объемов сыпучих материалов. URL: [http://www.ngce.ru/izmerenie\\_obemov\\_sy\\_puchih\\_materialov.html](http://www.ngce.ru/izmerenie_obemov_sy_puchih_materialov.html).
3. Наземное лазерное сканирование. URL: <http://trime-tari.com/ru/stati/nazemnoe-3d-lazernoe-skanirovanie>.
4. Середович В.А., Комиссаров А.В., Комиссаров Д.В., Широкова Т.А. Наземное лазерное сканирование. Новосибирск: СГГА, 2009. 261 с.
5. Датчик уровня сыпучих материалов. URL: [http://rusautotomation.ru/datchiki\\_urovnya/datchiki-urovnya-sipuchih-materialov](http://rusautotomation.ru/datchiki_urovnya/datchiki-urovnya-sipuchih-materialov).
6. Лебедев А.Е., Ватагин А.А. Экспресс-метод оценки объемов сыпучих материалов. Автомобильная промышленность. 2019. № 12. С. 27-29.
7. Капустин А.А., Яцевич Г.Б., Наумов А.П., Разумовский В.Н., Северов Л.А., Ермолаева М.Ю. Патент РФ № 1840747. 2009.
8. Миценко И.В., Южик И.Б, Ильиных С.П. Патент РФ № 2288449. 2006.
9. Влияние перегруза на узлы и агрегаты. URL: <https://os1.ru/article/7873-kak-vliyaet-peregruz-na-uzly-gruzovyh-avtomobileygruzim-s-shapkoj>.



10. **Фролов А.** Виды лазерных сканеров. Принципы измерения. URL: [http://www.ngce.ru/pg\\_publications/11.html](http://www.ngce.ru/pg_publications/11.html).
11. Проецирующая лазерная сетка. URL: <http://www.qwrt.ru/news/112>.
12. **Землянский В.Н., Загер И.Ю., Яшинкина А.А.** Инженерная геология. Определение угла естественного откоса песчаных грунтов: метод. указания. Ухта: УГТУ, 2011. 6 с.
13. Ультразвук. URL: <http://engineering-solutions.ru/ultrasound/theory/>.
14. **Лебедев, А.Е., Зайцев А.И., Петров А.А.** Метод оценки коэффициента неоднородности смесей сыпучих сред. Инженерный вестник Дона. 2014. № 4. URL: [ivdon.ru/magazine/archive/n3y2014/2556.19](http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2014/2556.19).

Received 16.11.2020

Accepted 15.02.2021

Поступила в редакцию 16.11.2020

Принята к опубликованию 15.02.2021

## REFERENCES

1. Tacheometers. URL: [http://www.nngasu.ru/geodesy/classification/chastnye-klassifikatsii/17\\_Taxeometri.php](http://www.nngasu.ru/geodesy/classification/chastnye-klassifikatsii/17_Taxeometri.php) (in Russian).
2. Measuring the volume of bulk materials. URL: [http://www.ngce.ru/izmerenie\\_obemov\\_sy\\_puchih\\_materialov.html](http://www.ngce.ru/izmerenie_obemov_sy_puchih_materialov.html) (in Russian).
3. Terrestrial laser scanning. URL: <http://trime-tari.com/ru/stati/nazemnoe-3d-lazernoe-skanirovanie> (in Russian).
4. **Seredovich V.A., Komissarov A.V., Komissarov D.V., Shirokova T.A.** Ground laser scanning. Novosibirsk: SGGA. 2009. 261 p. (in Russian).
5. Bulk material level sensor. URL: [http://rusautomation.ru/datchiki\\_urovnya/datchiki-urovnya-sipuchih-materialov](http://rusautomation.ru/datchiki_urovnya/datchiki-urovnya-sipuchih-materialov) (in Russian).
6. **Lebedev A.E., Vatagin A.A.** Express method for assessing the volume of loose materials. Automotive Industry. 2019. N 12. P. 27-29. (in Russian).
7. **Kapustin A.A., Yatsevich G.B., Naumov A.P., Razumovsky V.N., Severov L.A., Ermolaeva M.Yu.** Patent RU N 1840747. 2009. (in Russian).
8. **Mitsenko I.V., Yuzhik I.B., Pilykh S.P.** Patent RU N 2288449. 2006. (in Russian).
9. Types of laser scanners. URL: [http://www.ngce.ru/pg\\_publications/11.html](http://www.ngce.ru/pg_publications/11.html) (in Russian).
10. **Frolov A.** Projection laser grid. URL: <http://www.qwrt.ru/news/112> (in Russian).
11. Projecting a laser grid. URL: <http://www.qwrt.ru/news/112> (in Russian).
12. **Zemlyansky V.N., Zager I.Yu., Yashinkina A.A.** Engineering geology. Determination of the angle of repose of sandy soils: method. instructions. Ukhta: USTU. 2011. 6 p. (in Russian).
13. Ultrasound. URL: [solutions.ru/ultrasound/theory/](http://engineering-solutions.ru/ultrasound/theory/) (in Russian).
14. **Lebedev, A.E., Zaitsev A.I., Petrov A.A.** Method for assessing the coefficient of heterogeneity of mixtures of free-flowing media. Engineering Bulletin of the Don. 2014. N 3. URL: <http://ivdon.ru/magazine/archive/n3y2014/2556.19> (in Russian).



УДК 678.019.31

# ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БАЗАЛЬТОПЛАСТИКА В ПРОЦЕССЕ КЛИМАТИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ

**А.Н. Блазнов<sup>1,2</sup>, В.Б. Маркин<sup>3</sup>, А.С. Кротов<sup>4</sup>, В.В. Фирсов<sup>4</sup>,  
Н.В. Бычин<sup>4</sup>, З.Г. Сакошев<sup>4</sup>**

*Алексей Николаевич Блазнов<sup>1,2</sup>  
E-mail: blaznov74@mail.ru*

*Лаборатория материаловедения минерального сырья, Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), ул. Социалистическая, 1, Бийск, Алтайский край, Российская Федерация, 659322;*

*Кафедра машин и аппаратов химических и пищевых производств, Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, ул. им. Героя Советского Союза Трофимова, 27, Бийск, Алтайский край, Российская Федерация, 659305;*

*Виктор Борисович Маркин<sup>3</sup>  
E-mail: mvb1942@mail.ru*

*Кафедра современных специальных материалов, Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова, пр. Ленина, 46, Барнаул, Алтайский край, Российская Федерация, 656038;*

*Анатолий Сергеевич Кротов<sup>4</sup>  
E-mail: askrotov@list.ru*

*Вячеслав Викторович Фирсов<sup>4</sup>  
E-mail: labmineral@mail.ru*

*Лаборатория материаловедения минерального сырья, Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), ул. Социалистическая, 1, Бийск, Алтайский край, Российская Федерация, 659322.*

*Николай Валерьевич Бычин<sup>4</sup>  
E-mail: labmineral@mail.ru*

*Захар Германович Сакошев<sup>4</sup>  
E-mail: fak1\_00@mail.ru*



Приведены результаты климатических испытаний однонаправленных базальтопластиков после выдержки в климатической камере GRONLAND при температуре 60 °С и влажности 100% в течение 1, 2 и 3 мес. Показано, что в первый месяц механические свойства не меняются, после второго и третьего месяца экспозиции модуль упругости образцов возрастает на 6-10 %, предельная деформация уменьшается на 5-7%, прочность практически не изменяется. По результатам термомеханических исследований методом дифференциальной сканирующей калориметрии установлено постепенное повышение температуры стеклования образцов от 124.4 °С (1 мес.) до 125.8 °С (2 мес.) и 126.4 °С (3 мес.). Это свидетельствует о дополнительной полимеризации связующего в температурно-влажностных условиях климатической камеры. По результатам цифровой обработки микрофотографий поверхности образцов установлена качественная корреляция между изменением свойств и состоянием поверхности.

**Ключевые слова:** однонаправленные базальтопластики, климатическое старение, механические свойства, продольный изгиб, температура стеклования, дифференциальная сканирующая калориметрия, микрофотографии по-верхности, цифровая обработка.

**For citation:**

Блазнов А.Н., Маркин В.Б., Кротов А.С., Фирсов В.В., Бычин Н.В., Сакошев З.Г. Исследование свойств базальтопластика в процессе климатического старения. Умные композиты в строительстве. V. 2. No 1. P. 29-39 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)

DOI: 10.52957/27821919\_2021\_1\_29



UDC 678.019.31

# *BASALT PLASTIC PROPERTIES UNDER CLIMATIC AGING CONDITIONS*

***A.N. Blaznov<sup>1,2</sup>, V.B. Markin<sup>3</sup>, A.S. Krotov<sup>4</sup>, V.V. Firsov<sup>4</sup>, N.V. Bychin<sup>4</sup>, Z.G. Sakoshev<sup>4</sup>***

*Aleksei Nikolaievich Blaznov<sup>1,2</sup>*  
E-mail: blaznov74@mail.ru

*Laboratory of Mineral Materials Science, Institute of Chemical and Energy Technology Problems, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPCET SB RAS), Socialisticheskaya st., 1, Biysk, Altai Region, Russia, 659322;*

*Department of Machines and Devices for Chemical and Food Production, Biysk Technological Institute (branch), Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Trofimova st., 27, Biysk, Altai Region, Russia, 659305;*

*Viktor Borisovich Markin<sup>3</sup>*  
E-mail: mvb1942@mail.ru

*Department of Modern Special Materials, Altai State Technical University named after I.I. Polzunov, Lenina st., 46, Barnaul, Altai Region, Russia, 656038;*

*Anatoliy Sergeievich Krotov<sup>4</sup>*  
E-mail: askrotov@list.ru

*Viacheslav Viktorovich Firsov<sup>4</sup>*  
E-mail: labmineral@mail.ru

*Laboratory of Material Science of Mineral Raw Materials, Institute of Chemical and Energy Technology Problems, the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPCET SB RAS), Socialisticheskaya st., 1, Biysk, Altai Region, Russia, 659322.*

*Nikolai Valerievich Bychin<sup>4</sup>*  
E-mail: labmineral@mail.ru

*Zakhar Germanovich Sakoshev<sup>4</sup>*  
E-mail: fak1\_00@mail.ru



*The paper presents results of climatic tests of unidirectional basalt plastics after curing in GRONLAND climatic chamber at 60 °C and 100% humidity for 1, 2, and 3 months. The mechanical properties do not change in the first month, but after the second and third months of exposure elasticity modulo of samples increases by 6-10%, ultimate strain decreases by 5-7%, strength sees almost no change. The results of thermomechanical research using differential scanning calorimetry show the gradual increase of temperature of glass transition of samples from 124.4 °C (1 month) up to 125.8 °C (2 months) and 126.4 °C (3 months). It means that the binder is additionally polymerized in the temperature and humidity conditions of the climatic chamber. After the digital processing of photomicrographs of samples' surfaces, we have established a qualitative correlation between the change in properties and the surface condition.*

**Key words:** *unidirectional basalt plastics, climatic aging, mechanical properties, longitudinal bending, glass transition temperature, differential scanning calorimetry, surface photomicrography, digital processing.*

**For citation:**

*Blaznov A.N., Markin V.B., Krotov A.S., Firsov V.V., Bychin N.V., Sakoshev Z.G. Basalt plastic properties under climatic aging conditions. Smart Composite in Construction. V. 2. No 1. P. 29-39 URL: [http://comin-con.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comin-con.ru/index.php/tor/V2N1_2021)*

**DOI:** 10.52957/27821919\_2021\_1\_29



## INTRODUCTION

The climatic tests are necessary because of the increasing use of polymer composite materials in chemical industry, aviation, car manufacturing, shipbuilding, various branches of mechanical engineering, and modern construction [1]. The polymer composite materials (PCM) age under operating conditions, which is the result of various physical, chemical, and structural transformations on the surface and inside the structural elements. It is not possible yet to predict reliably the change of mechanical parameters of PCM when using more than 30-50 because there is insufficient knowledge about their ageing considering the synergistic effect of daily and seasonal cycles of temperature, humidity, solar radiation, precipitation, wind, and mechanical loads [1].

There is a significant impact on polymer composites used in construction that comes from atmospheric factors (temperature, humidity, solar radiation, etc.), which, as aging facilitators, contribute to the development of physical and chemical processes in the materials and during the operation may significantly reduce their properties [1, 2]. Most PCM used in construction are in direct contact with air or water. A great number of modern studies in Russia [3-8] and internationally [9-18] are devoted to problems of durability of PCM under the effect of increased temperature, humidity, and mechanical loads.

There are studies of the durability of carbon and glass plastics in seawater [10, 11], UV resistance of wood-polymer [12] and hybrid composites [13]. The durability of fiberglass plastics under the combined effects of moisture and mechanical loads was investigated in [14], of temperature and load — [15]. Glass-epoxy, carbon-epoxy and hybrid composites under hydrothermal aging conditions were studied in [9, 16]. The long-term strength of polymer composite reinforcement was also studied in a concrete environment [17], and the durability of basalt plastics was studied at an increased temperature [18].

The current world practice is to establish relationships between surface degradation and changes in composite material properties [19-24]. This allows a non-destructive way to perform an express analysis of its condition and evaluate the critical change of properties as a result of aging. The authors propose an original method for analyzing climatic aging of PCM based on digital processing of surface photomicrographs [25], which follows the advanced trends in the field of polymer construction materials science. The method has been tested and the relationship between the sample surface condition and the change in physical-mechanical and thermomechanical properties as a result of climatic aging has been established [8].

The purpose of this work is to study the degradation of basalt plastic properties during climatic aging under conditions of elevated humidity and temperature.

## EXPERIMENT

Samples for research were produced in the form of unidirectional basalt plastics using basalt roving BCF 17-2520-KV13 (Kamenniy Vek, Dubna) and hot-cured epoxyhydride binder EDI: ED-22

epoxy resin (100 wt. %), iso-MTGFA hardener (85 wt. %), accelerator UP-606/2 (1 wt. %) [26].

Unidirectional samples of basalt plastics were made by winding using the authors' patented method [27]. The technology of making such samples is described in more detail in [28]. The method of producing unidirectional plates is based on tight winding (turn to turn) of a cylindrical shell of binder-impregnated roving on a metal mandrel (Fig. 1, a), followed by cutting (Fig. 1, b), unfolding to sheet (Fig. 1, c), under-pressing in the mold, and polymerizing the product as follows: 0.5 h at 120°C, then 4 h at 150°C. Thus, three unidirectional sheet samples of basalt plastic (named Z1, Z2, Z3 for convenience) were produced. All 3 sheets were produced with the same binder, same batch of roving, same winding, pressing, and curing.

After the sheets were cured, thin plates were cut out of them as samples (12 mm wide and with the same sheet thickness without treating the outer surface) and tested as is by the longitudinal bending method [29, 30] (Fig. 1, d). The test results are shown in Table 1.

The samples from each batch were subjected to unloaded climatic testing at 60°C and 100% humidity in a GRONLAND climatic chamber: samples from batch Z1 – for 1 month, samples from batch Z2 – for 2 months, samples from batch Z3 – for 3 months.

The choice of temperature and humidity for testing was based on publicly available data and previous studies of the authors. The territory of Russia is notable for its large geographical length that covers a large number of climatic zones – from extremely cold (Yakutsk, Far North, and the Arctic) to warm humid sea (Sochi, Gelendzhik). It is established that cold and moderate climate renders the least destructive influence on a composite, and warm humid climate impacts it the most. Therefore, the choice of temperature 60°C and humidity of 100% in the climatic chamber is due to the worst-case scenario of PCM operation.

After climatic aging, the samples were subjected to mechanical longitudinal bending tests, DSC analysis to determine the thermomechanical properties and examine the surface state of the samples by digital processing of photomicrographs.

The data of mechanical tests for longitudinal bending of samples after climatic exposure are given in Table 2.

The data in Tables 1, 2 show that in the first month of exposure there was almost no change in the mechanical properties of basalt plastic samples. In the second and third months the elastic modulus  $E$  increased noticeably (by 6-10%), the critical strain  $\epsilon$ , respectively, decreased by 5-7% with the strength  $\sigma$  practically unchanged. Additional polymerization of material at temperature 60°C and humidity 100% could result in the increase of elastic modulus (increase of stiffness of samples) [8].

To study the thermomechanical properties, tests were conducted according to ISO 11357-2:1999 [31] by differential scanning calorimetry (DSC). We determined exo-effects on NETZSCH DSC 204 F1 with the speed of heating samples 10 °C / min to 200-250 °C in an inert nitrogen environment flowing through the measuring cell at 30 ml / (min · °C). Typical DSC diagrams of the field samples of climatic tests are shown in Fig. 2.

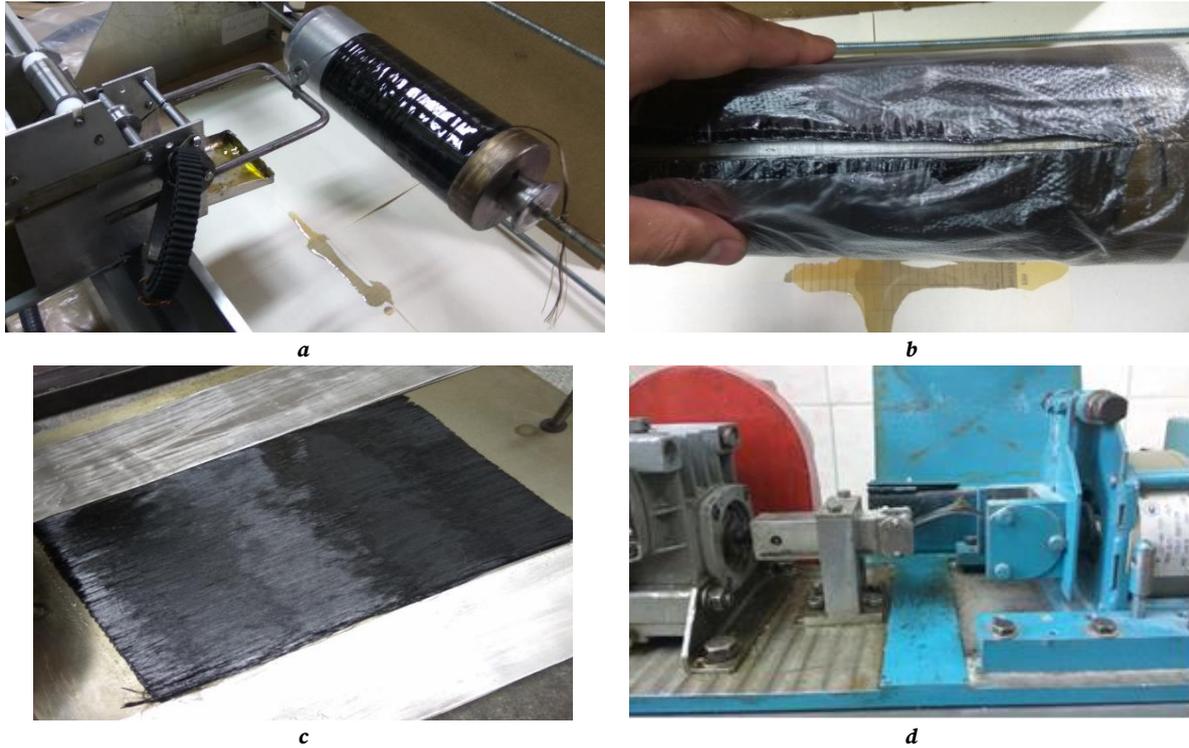


Fig. 1. Demonstration of the method of manufacturing sheet samples of winding products [28]:  
a - wet winding of the roving on the mandrel (turn to turn); b - cutting of the wound billet along the axis;  
c - reaming and pressing of the sheet; d - testing of samples for longitudinal bending

Table 1. Test results of unidirectional basalt plastics in the initial state

Batch marking	L, mm	b, mm	s, mm	$\epsilon$ , %	E, MPa	$\sigma$ , MPa
Z1	99.9	11.97	2.09	4.27	42684	1569
	99.8	11.75	2.27	4.20	41900	1629
	100.2	11.53	2.19	4.02	42504	1516
<b>Average value</b>				<b>4.16</b>	<b>42363</b>	<b>1571</b>
Z2	100.0	12.53	1.99	3.97	45739	1613
	100.3	12.75	2.08	3.71	42754	1298
	100.3	11.97	2.06	3.97	45393	1611
<b>Average value</b>				<b>3.88</b>	<b>44628</b>	<b>1508</b>
Z3	100.0	11.89	2.23	4.12	42190	1501
	100.0	11.92	2.20	4.06	41870	1610
	100.0	11.97	2.19	4.02	41398	1488
<b>Average value</b>				<b>4.06</b>	<b>41819</b>	<b>1533</b>

Legend: L – sample length, b – sample width, s – sample thickness,  $\epsilon$  – critical strain (at crushing),  $\sigma$  – strength, E – elasticity modulus.

The peak on the curves corresponds to the glass transition temperature. Note that as the samples stay in the thermo-moisture conditions of the climatic chamber, the glass transition temperature gradually increases - from 124.4 °C (Z1, 1 month) to 125.8 °C (Z2, 2 months) and 126.4 °C (Z3, 3 months). This confirms the effect of binder post-curing, an increase in the elastic modulus observed earlier in [8] and explained by the catalytic effect of moisture on epoxy polymer post-curing in [24, 32, 33]. The essence of

the effect: when plasticizing with moisture, the efficiency of inter-molecular interaction decreases, the active groups acquire greater mobility, due to which additional transverse bonds are formed. The glass transition temperature, elastic moduli, and strength of epoxy polymers increase after removing moisture [8, 24, 32, 33].

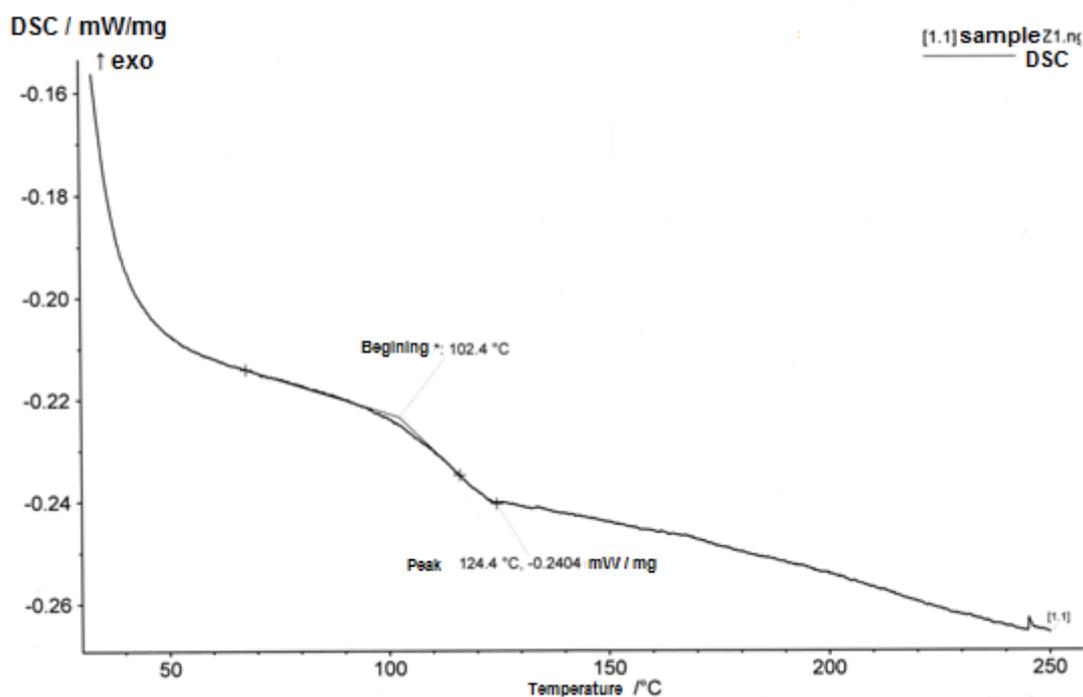


**Table 2. Results of longitudinal bending tests of unidirectional basalt plastics after climatic aging in the GRONLAND chamber at a temperature of 60 °C and a humidity of 100%**

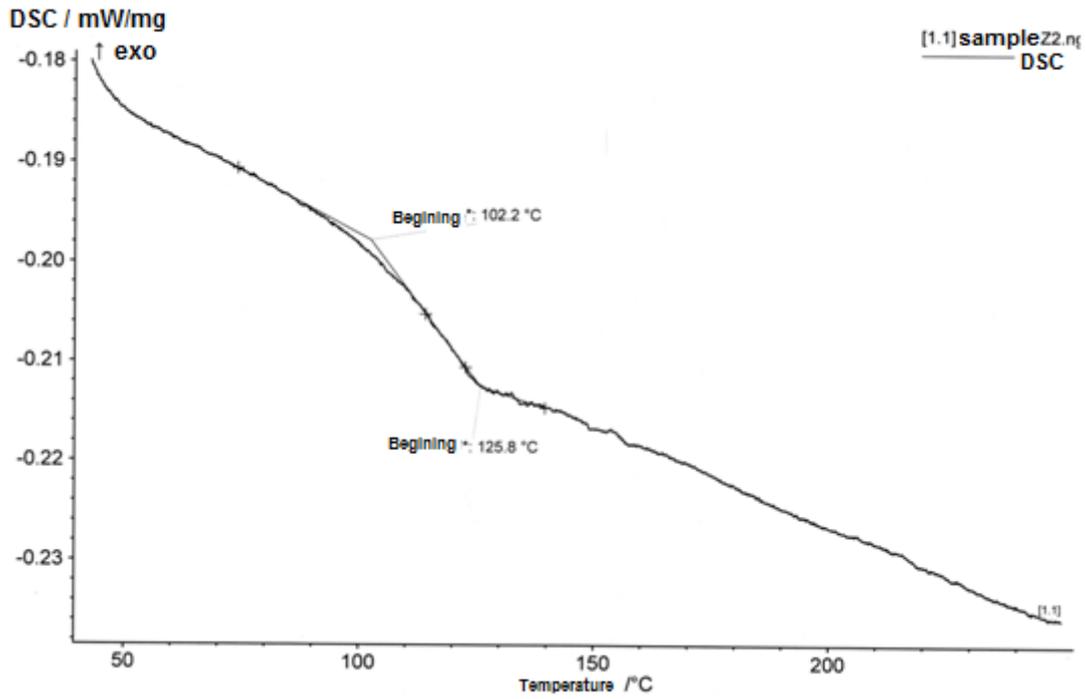
Batch marking, exposure time	L, mm	b, mm	s, mm	ε, %	E, MPa	σ, MPa
Z1 (1 month)	100.0	11.99	2.07	3.49	40072	1307
	100.0	12.05	2.02	4.20	43703	1562
	100.0	11.95	1.97	4.10	42203	1512
	100.0	12.04	2.23	4.21	40641	1546
	100.0	12.04	2.22	3.97	39650	1433
<b>Average value</b>				<b>3.99</b>	<b>41254</b>	<b>1472</b>
Z2 (2 months)	100.0	12.06	1.88	3.81	46384	1579
	100.0	12.01	1.77	3.67	46150	1487
	100.0	12.07	1.89	3.84	45756	1517
	100.0	12.08	1.90	3.39	48313	1524
<b>Average value</b>				<b>3.68</b>	<b>46651</b>	<b>1527</b>
Z3 (3 months)	100.0	11.99	1.96	3.37	46713	1490
	100.0	12.04	2.12	4.08	43232	1538
	100.0	11.99	2.17	4.08	45181	1543
	100.0	12.11	2.12	3.68	45514	1509
	100.0	11.89	1.93	3.91	46784	1561
<b>Average value</b>				<b>3.82</b>	<b>45485</b>	<b>1528</b>

The changes on the surface of samples as a result of climatic effects was studied using the original method of digital processing of surface photomicrographs [25]. Anaconda 3 development environment (<https://www.anaconda.com/>) was used to make histograms that show the gradation distribution of gray depicted in the photomicrographs of samples taken from three types of basalt plastics in

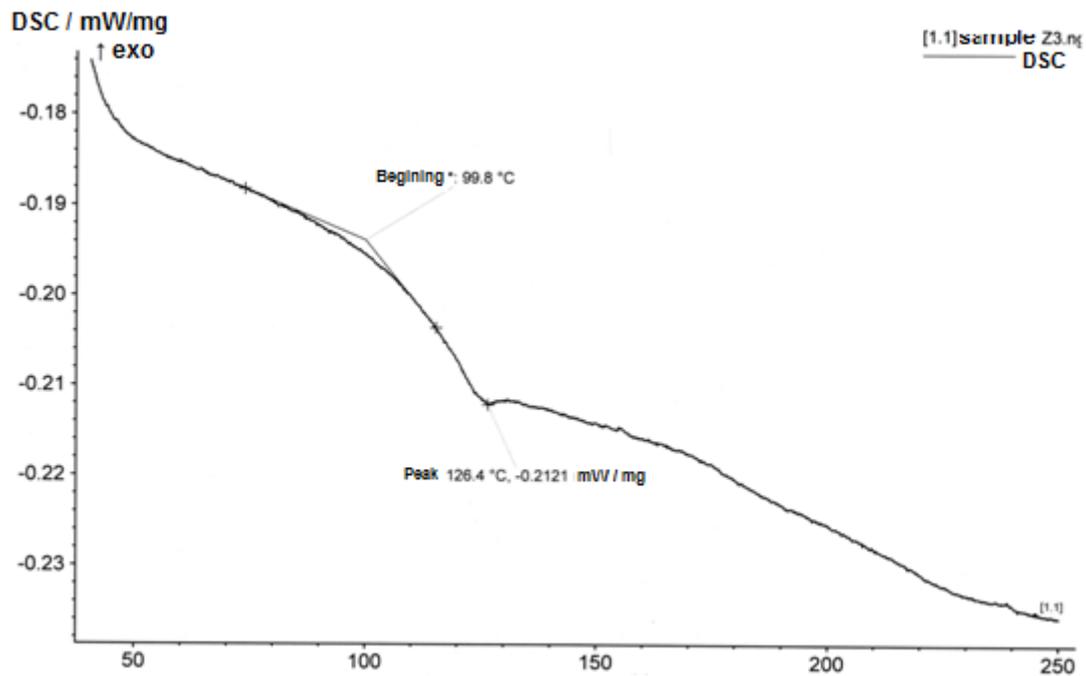
the initial state and after climate aging. Examples of histograms are presented as follows: Top - the original image, next - the histogram of shades of gray (blue columns), and the cumulative distribution function (CDF) - a red curve ([https://en.wikipedia.org/wiki/cumulative\\_distribution\\_function](https://en.wikipedia.org/wiki/cumulative_distribution_function)) (Fig. 3).



a)



b)



c)

Fig. 2. DSC diagrams of basalt plastic samples after climatic aging in the GRONLAND chamber at a temperature of 60 °C and humidity of 100%:

a - sample Z1 after exposure for 1 month, b - sample Z2 after exposure for 2 months,  
c - sample Z3 after exposure for 3 months

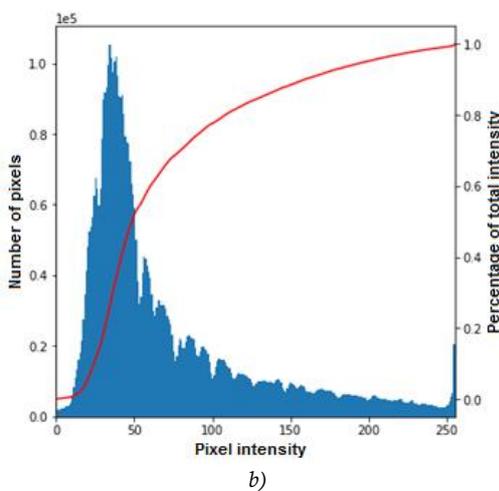
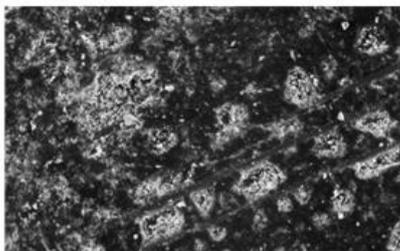
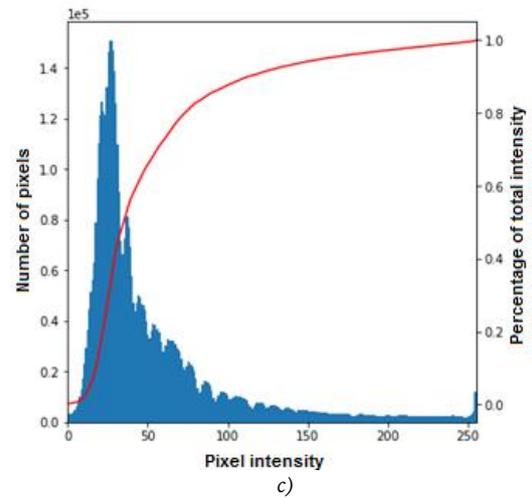
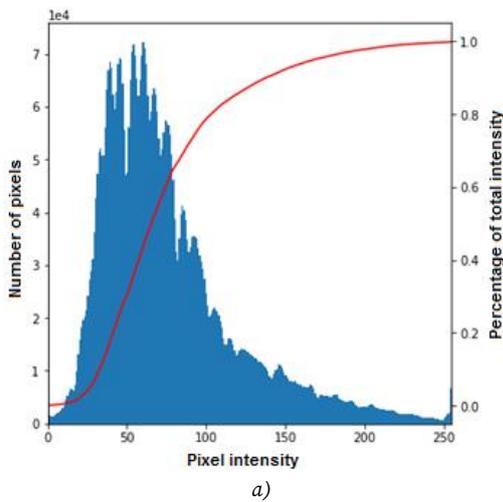
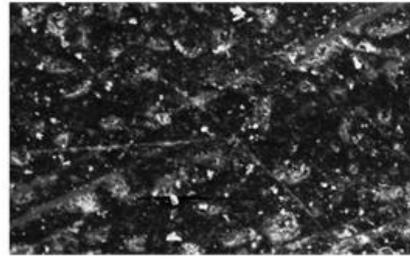
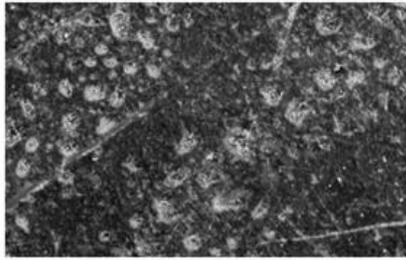


Fig. 3. Photomicrographs of the surface of the samples basalto-plastica (magnification  $\times 500$ ) after the climatic aging in the camera GRONLAND at a temperature of  $60^\circ\text{C}$  and humidity 100% and their digital processing:  
a – Z1 sample after incubation for 1 month, b – Z2 sample after incubation for 2 months, c – sample Z3 after incubation for 3 months

The difference between the states of exposure (initial, after climatic effect) were assessed by comparing the cumulative distribution function (CDF) (Fig. 4).

The difference of CDF functions for samples Z1 and Z2, Z1 and Z3 shows the structural changes in the surface of the samples after their exposure in the climatic chamber for 2 and 3 months. Comparing these data with the results of mechanical and thermomechanical tests, it can be stated that there was a climatic impact, but the destruction of the surface and structure of the composite did not occur (the properties even slightly improved). This is due to the short time of the basalt plastic samples in the climatic chamber.

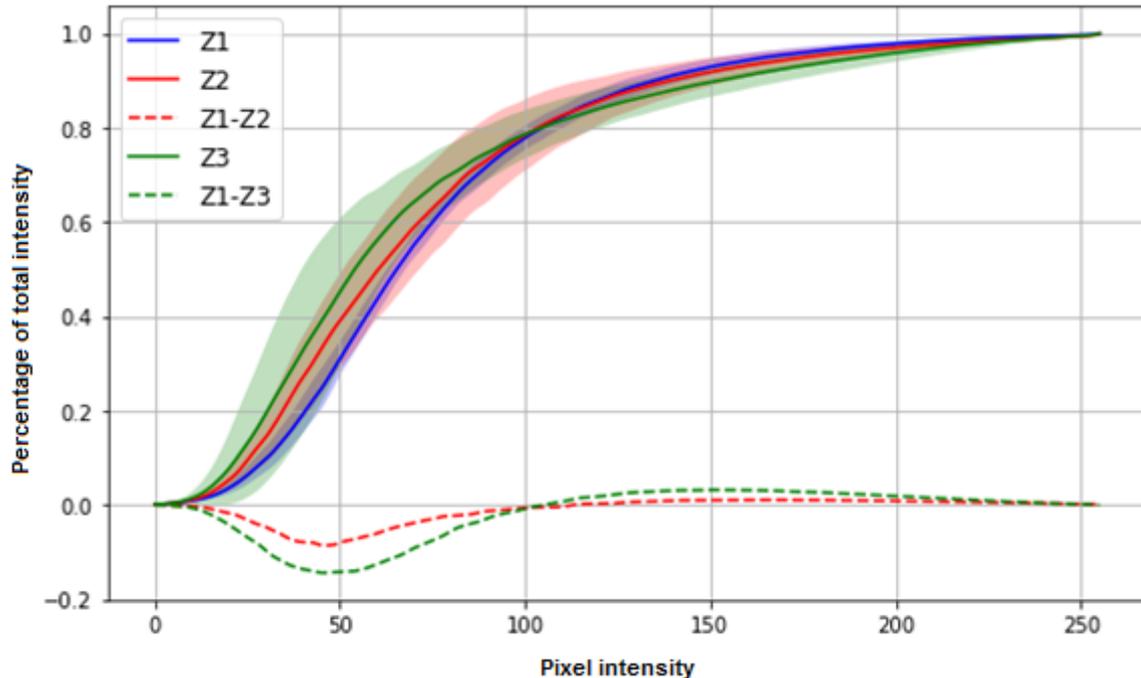


Fig. 4. Comparison of cumulative distribution functions (CDF) of samples from batches Z1-Z3 after climatic aging (solid lines), dotted lines – the difference between the CDF functions

## CONCLUSIONS

1. The climatic research of unidirectional basalt plastics has been carried out at exposure in unloaded condition at 60 °C and 100% humidity in climatic chamber GRONLAND for 1, 2, and 3 months.

2. Determining the mechanical properties of the samples by the longitudinal bending method, showed that the properties of the samples stayed almost the same in the first month of climatic aging, but in the second and third months, the elastic modulus increased by 6-10%, the critical deformation during the destruction decreased by 5-7% compared to the initial samples, while the strength also stayed at the same level.

3. The study of the thermomechanical properties of samples by the method of differential scanning calorimetry showed an increase in glass transition temperature from 124.4 °C (1 month) to 125.8 °C (2 months) and 126.4 °C (3 months). This occurred due to the catalytic effect of moisture on curing of epoxy polymers.

4. The digital processing of photomicrographs of the samples' surface after climate aging revealed structural changes for samples after 2 and 3 months of exposure. Thus, a qualitative relationship is established between the change in the properties of the samples (on the macro level) and the change in the state of their surface (at the micro level) according to the data obtained from the photomicrographs of the surface.

5. Climatic tests of basalt plastic samples at 60 °C and 100% humidity for 3 months led to an improvement in mechanical and thermomechanical properties. It follows from this that the exposure time was insufficient in order for noticeable destructive changes in composites.

The work was conducted using the equipment of the Biysk Regional Center for Collective Use, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IPCET, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Biysk).

## REFERENCES

1. **Startsev V.O.** Climatic stability of polymer composite materials and protective coatings in a moderately warm climate: abstract of dis. ... Doctor of Technical Sciences. 05.16.09. M. 2018. 48 p. (in Russian).
2. **Kablov E.N., Startsev O.V., Krotov A.S., Kirillov V.N.** Climatic aging of composite materials for aviation purposes. III. Significant factors of aging. Deformation and destruction of materials. *Deformatsiya i razrusheniye materialov*. 2011. N 1. P. 34-40. (in Russian).
3. **Startsev O.V., Erofeev V.T., Selyaev V. P.** Climatic tests of building materials: monograph. M.: Publishing house ASV. 2017. 558 p. (in Russian).
4. **Startsev O.V., Blaznov A.N., Petrov M.G., Atyasova E.V.** A Study of the Durability of Polymer Composites under Static Loads. *Polymer Science, Series D*. 2019. V. 12. N 4. P. 440–448.
5. **Blaznov A.N., Zimin D.E., Anisimov E.E., Sinitsin A.V., Zhurkovsky M.E.** Study of the durability of composites under the influence of load and high humidity. *Nauchno-tehnicheskiiy vestnik Povolzhia*. 2018. N 11. P. 98-101. (in Russian).
6. **Blaznov A.N., Krotov A.S., Zhurkovsky M.E., Zimin D.E., Samoylenko V.V., Firsov V.V.** Moisture diffusion in basalt plastics. *Polzunovskiy vestnik*. 2019. N 4. P. 95-100. (in Russian).
7. **Startsev O.V., Medvedev I.M., Krotov A.S., Panin S.V.** Dependence of the surface temperature of samples on the characteristics of the climate during exposure in natural conditions. *Korroziya: materialy i zashchita*. 2013. N 7. P. 43-47. (in Russian).
8. **Blaznov A.N., Krotov A.S., Markin V.B., Firsov V.V., Zhurkovsky M.E., Bychin N.V., Sakoshev Z.G.** Changes in



- the physical-mechanical and thermomechanical properties of basalt plastics as a result of climatic aging. *Yuzhno-Sibirskiy nauchnyy vestnik*. 2019. N 3(27). P. 116-120. (in Russian).
9. **Noamen Guermazi, Amira Ben Tarjem, Imen Ksouri.** On the durability of FRP composites for aircraft structures in hygrothermal conditioning. *Composites Part B: Engineering*. 2016, V. 85. P. 294-304.
  10. **Kootsookos A., Mouritz A.P., John N.A. St.** Comparison of the seawater durability of carbon- and glass-polymer composites. URL: <http://iccm-central.org/Proceedings/ICCM13proceedings/SITE/PAPERS/Paper-1200.pdf>
  11. **Diène Ndiaye, Elisabeth Fanton, Sandrine Morlat-Therias.** Durability of wood polymer composites: 1. Influence of wood on the photochemical properties. *Composites Science and Technology*. 2010. N 68 (13). P. 2779.
  12. **Demkowicz, Mackenzie.** Environmental Durability of Hybrid Braided Polymer Matrix Composites for Infrastructure Applications (2011). URL: <https://digitalcommons.library.umaine.edu/etd/1575>.
  13. **Jun Wang, Hota GangaRao, Ruifeng Liang et al.** Durability of glass fiber-reinforced polymer composites under the combined effects of moisture and sustained loads. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*. 2015. V. 34. P. 1739-1754.
  14. **Jaehyeuk Jeon, Anastasia Muliana, Valeria La Saponara.** Thermal stress and deformation analyses in fiber reinforced polymer composites undergoing heat conduction and mechanical loading. *Composite Structures*. 2014. V. 111. P. 31-44.
  15. **Abdel-Hamid Ismail Mourad, A mir Hussain Idrisi, Maria Christina Wrage.** Long-term durability of thermoset composites in seawater environment. *Composites Part B: Engineering*. 2019. V. 168. P. 243-253.
  16. **Yucheng Zhong, Mingyang Cheng, Xin Zhang et al.** Hygrothermal durability of glass and carbon fiber reinforced composites – A comparative study. *Composite Structures*. 2019. V. 211. P. 134-143.
  17. **Moyeenuddin Ahmad Sawpan, Abdullah A. Mamun, Peter G. Holdsworth.** Long term durability of pultruded polymer composite rebar in concrete environment. *Materials & Design*. 2014. V. 57. P. 616-624.
  18. **Ahmed H. Ali, Hamdy M. Mohamed, Brahim Benmokrane.** Durability performance and long-term prediction models of sand-coated basalt FRP bars. *Composites Part B: Engineering*. 2019. V. 157. P. 248-258.
  19. **Startsev V.O., Lebedev M.P., Frolov A.S.** Influence of climatic influence on fractography of destruction of epoxy polymers. *Plasticheskiye massy*. 2018. N 11. P. 36-41. (in Russian).
  20. **Startsev V.O., Lebedev M.P., Frolov A.S., Nizina T.A.** Interrelation of deformability and fractographic characteristics of the fracture surfaces of epoxy polymers. *Doklady Akademii Nauk*. 2017. V. 476. N 1. P. 55-58. (in Russian).
  21. **Startsev V.O., Molokov M.V., Startsev O.V., Nizin D. R.** Influence of the aliphatic solvent ETAL-1 on the climatic stability of epoxy polymers based on ED-20 resin. *Vse materialy. Entsiklopedicheskiy spravochnik*. 2016. N 12. P. 26-36. (in Russian).
  22. **Startsev V.O., Nizina T.A., Startsev O.V.** Color criterion of climatic aging of an epoxy polymer. *Plasticheskiye massy*. 2015. N 7. P. 45-47. (in Russian).
  23. **Panin S.V., Startsev O.V., Krotov A.S., Medvedev I.M., Frolov A.S.** Corrosion and aging of the surface of structural materials according to 3D microscopy data. *Trudy VIAM*. 2014. N 12. P. 12. (in Russian).
  24. **Startsev V.O., Lebedev M.P., Khrulev K.A., Molokov M.V., Frolov A.S., Nizina T.A.** Effect of outdoor exposure on the moisture diffusion and mechanical properties of epoxy polymers. *Polymer Testing*. 2018. V. 65. P. 281-296.
  25. **Blaznov A.N., Krotov A.S., Markin V.B., Firsov V.V., Zhurkovsky M.E., Bychin N.V., Sakoshev Z.G.** Express analysis of photomicrographs of basalt plastic samples in the initial state and after climatic aging. *Yuzhno-Sibirskiy nauchnyy vestnik*. 2019. N 3(27). P. 108-115. (in Russian).
  26. **Blaznov A.N., Atyasova E.V., Shundrina I.K., Samoilenko V.V., Firsov V.V., Zubkov A.S.** Thermomechanical characterization of BFRP and GFRP with different degree of conversion. *Polymer Testing*. 2017. V. 60. P. 49-57.
  27. **Samoylenko V.V., Blaznov A.N., Firsov V.V., Zimin D.E., Khodakova N.N., Uglova T.K.** Patent of the Russian Federation N 2597811. 2016. (in Russian).
  28. **Zhurkovsky M.E., Sakoshev Z.G., Blaznov A.N., Zimin D.E., Firsov V.V., Samoylenko V.V., Khodakova N.N.** Investigation of mechanical properties of winding hybrid polymer composite materials. *Yuzhno-Sibirskiy nauchnyy vestnik*. 2018. N 3(23). P. 39-43. (in Russian).
  29. **Blaznov A.N., Savin V.F., Volkov Yu.P., Rudolf A.Ya., Startsev O.V., Tikhonov V.B.** Methods of mechanical testing of composite rods: monograph. Biysk: Publishing House of Alt. state Technical University. 2011. 314 p. (in Russian).
  30. **Rudolf A.Ya., Pozdeev S.P., Savin V.F., Lugovoy A.N., Blaznov A.N., Startsev O.V., Tikhonov V.B., Loktev M.Yu.** Patent of the Russian Federation N 2451281. 2012. (in Russian).
  31. GOST R 55135-2012 (ISO 11357-2: 1999). Plastics. Differential scanning calorimetry (DSC). Part 2. Determination of the glass transition temperature. (in Russian).
  32. **Startsev O.V., Perepechko I.I., Startseva L.T., Mashinskaya G.P.** Structural changes in plasticized mesh epoxy polymer. *Vysokomolekulyarnyye soyedineniya. Seriya B*. 1983. V. 25. N 6. P. 457-461. (in Russian).
  33. **Startseva L.T., Panin S.V., Startsev O.V., Krotov A.S.** Moisture diffusion in glass-fiber-reinforced plastics after their climatic ageing. *Doklady Physical Chemistry*. 2014. V. 456. N 1. P. 77-81.

Received 26.02.2021

Accepted 15.03.2021



UDC 691.004.18:004.6

# ОТЕЧЕСТВЕННЫЙ И ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАДЁЖНОСТИ СТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

**С.В. Федосов<sup>1</sup>, Л.А. Опарина<sup>2</sup>, А.Л. Маилян<sup>3</sup>, А.Б. Петрухин<sup>2</sup>,  
В.Н. Федосеев<sup>2</sup>**

*Сергей Викторович Федосов<sup>1</sup>  
E-mail: fedosov-academic53@mail.ru*

*Людмила Анатольевна Опарина<sup>2</sup>  
E-mail: L.A.Oparina@gmail.com*

*Александр Борисович Петрухин<sup>2</sup>  
E-mail: a.petruhin@mail.ru*

*Вадим Николаевич Федосеев<sup>2</sup>  
E-mail: 4932421318@mail.ru*

*Александр Леонович Маилян<sup>3</sup>  
E-mail: lrm@aanet.ru*

*Кафедра технологии вяжущих веществ и бетонов, Национальный исследовательский московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ), ул. Большая Дмитровка, 24, стр. 1, Москва, Российская Федерация, 107031;*

*Кафедра организации производства и городского хозяйства, Ивановский государственный политехнический университет, пр. Шереметевский, 21, Иваново, Российская Федерация, 153000;*

*Экспертно-контрольный отдел, СРО АС «ЮгСевКавСтрой», ул. Красноармейская, 145, оф. 301, Ростов-на-Дону, Российская Федерация, 344000*



*В статье обоснована актуальность проблемы повышения эффективности организации строительного производства путем моделирования организационно-технологической надежности строительства на современном этапе. Представлен обзор отечественного и зарубежного опыта решения указанной проблемы. Сформулированы основные выводы по современному состоянию теоретической проработанности темы и ее практической реализации. Определены основные направления дальнейших научных исследований. Основанием подхода авторов является положение, что моделирование организационно-технологической надежности строительного производства как сложной системы необходимо начинать с моделирования её подсистем: строительно-монтажных работ, так как надёжность системы зависит от надёжности её компонентов. Данная статья направлена на системное представление методов моделирования строительно-монтажных работ с целью повышения организационно-технологической надёжности строительного производства. Цель статьи – комплексное представление методов моделирования организационно-технологической надёжности строительного производства, применяющихся на современном этапе развития строительной науки и науки об организации строительного производства. Статья интересна для читателей, интересующихся использованием экономико-математических моделей и методов в современной системе организации строительного производства при выборе вариантов строительно-монтажных работ: а именно, руководствоваться моделями, учитывающими различные целевые критерии строительства зданий и сооружений, в том числе разнонаправленные и нечёткие.*

**Ключевые слова:** *строительство, моделирование, организационно-технологическая надёжность, строительное производство, строительно-монтажные работы*

**For citation:**

*Федосов С.В., Опарина Л.А., Маилян А.Л. Петрухин А.Б., Федосеев В.Н. Отечественный и зарубежный опыт моделирования организационно-технологической надёжности строительного производства на современном этапе. Умные композиты в строительстве. 2021. V. 2. No 1. P. 40-46 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)*

**DOI:** 10.52957/27821919\_2021\_1\_40



UDC 691.004.18:004.6

# *RUSSIAN AND INTERNATIONAL EXPERIENCE IN SIMULATION OF THE ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF MODERN CONSTRUCTION PRODUCTION*

*S.V. Fedosov<sup>1</sup>, L. A. Oparina<sup>2</sup>, A.L. Mailyan<sup>3</sup>, A.B. Petruhin<sup>2</sup>,  
V.N. Fedoseev<sup>2</sup>*

*Sergey Viktorovich Fedosov<sup>1</sup>  
E-mail: fedosov-academic53@mail.ru*

*Department of Technology of Binders and Concretes, National Research  
Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU), ul. Bolshaya  
Dmitrovka, 24, str. 1, Moscow, Russia, 107031;*

*Lyudmila Anatol'evna Oparina<sup>2</sup>  
E-mail: L.A.Oparina@gmail.com*

*Aleksandr Borisovich Petruhin<sup>2</sup>  
E-mail: a.petruhin@mail.ru*

*Department of Organization of Production and Urban Economy, Ivanovo  
State Polytechnic University, Sheremetevsky pr., 21, Ivanovo, Russia,  
153000;*

*Vadim Nikolaevich Fedoseev<sup>2</sup>  
E-mail: 4932421318@mail.ru*

*Alexander Levonovich Mailyan<sup>3</sup>  
E-mail: lrm@aaanet.ru*

*Quality Assurance Department, YugSevKavStroy, ul. Krasnoarmejskaya,  
145, of. 301, Rostov-on-Don, Russia, 344000*



*The paper argues that the problem of an increased efficiency of a construction production company is important nowadays by simulating the organizational and technological reliability of construction. An overview of Russian and international experience in solving this problem is presented. The current state of theoretical elaboration of the topic and its practical implementation are outlined in the paper. The main directions of further scientific research are also defined. The authors base their approach on the simulation of the organizational and technological reliability of construction production as a complex system, which should start with simulation of its subsystems such as construction and installation works, since the reliability of the system depends on the reliability of its components. This paper systematically reflects the modeling methods of construction and installation works in order to improve the organizational and technological reliability of construction production. The purpose of the article is the integrated presentation of methods for modeling the organizational and technological reliability of construction, which are used at the current stage of development of science of construction operations organization and the construction science as a whole. The article is particularly useful to the readers interested in the use of economic-mathematical models and methods in modern construction operations system, namely, to use models that account for different target criteria for the constructions, including multi-directional and fuzzy.*

**Key words:** *construction, simulation, organizational and technological reliability, construction operations, construction and installation works*

**For citation:**

*Fedosov S.V., Oparina L.A., Mailyan A.I., Petrukhin A.B., Fedoseyev V.N. Russian and international experience in simulation of the organizational and technological reliability of modern construction production. Smart Composite in Construction. 2021. V. 2. No 1. P. 40-46 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)*

**DOI:** 10.52957/27821919\_2021\_1\_40



The study is relevant to the scientists and practitioners in the field of construction due to the fact that modern buildings are subjected to high requirements of compliance with safety, reliability, comfort, energy efficiency [15-17]. These requirements should be satisfied throughout the building life cycle, but the required parameters of the future building are being developed in its early stages of design and construction. At the design stage, the future parameters can be calculated precisely, but during the construction and installation process they can undergo significant changes because the main characteristic feature of construction and installation works is their versatility (CIW). These particular works can be carried out in different technological ways even with the same building materials, products and structures, but, for example, by different contracting construction organizations. It is the cause of different construction time and costs or engineering and economical indicators for the same construction. Additionally, the production of CIW may be altered by force majeure, due to changes of weather, disruptions in the supply of building materials, products and structures, returns of the materials due to poor quality, etc. All of these conditions affect the quality of the construction site. Targets for the construction of buildings may be the achievement of certain energy efficiency indicators, a certain value of construction costs, and precise timing. The successful completion of one or several construction sites is defined as the achievement of the planned objectives within the established limits on the duration and time of completion, the estimated cost of construction, the quality of the work and the specification of the requirements for the results. At the same time the deliverable must be accepted by the customer in the prescribed order. Thus, the key parameters affecting the final result of the construction are the duration, cost, and quality of the performed works. The concept of organizational and technological reliability (OTR) of construction production unites these parameters. Considering that construction production is a complex man-machine system, consisting of technical and labour resources, as well as taking into account the multi-variant production of construction works and the presence of many factors, affecting the quality of construction facilities, it is possible to improve the OTR of construction production by modelling it as a whole and modelling the production of CIW for different target criteria. Thus, the simulation of the OTR of construction operations as a complex system should begin with the simulation of its subsystems: construction and installation works, since the reliability of the system depends on the reliability of its components. Also it seems necessary to systematize and comprehensively present models for increasing the organizational and technological reliability of construction operations when selecting CIW by technological and organizational aspects. Moreover, there are contradictions in both practice and theory that determine the relevance of the study.

Methodological issues of the organizational and technological reliability of the construction were investigated in the works of A.A. Volkov, V.M. Lebedev, which investigated the OTR control systems of construction. A.V. Ginsburg considered OTR of construction production in terms of automation and management of building organizations. M.L. Shpric evaluated OTR construction of multi - variant building complexes. V.V. Burchik, N.P. Kuz'mich considered OTR in terms of sustainable development of organizations. S.M. Kuznetsova, N.A. Sirotkina, O.A. Legostaeva, S.N. Yachmen'kova examined the evaluation of OTR of construction.

V.A. Afanas'eva, V.S. Balickiy, S.A. Barkalov, S.A. Bolotin, M.S. Budnikov, S.N. Bulgakov, V.N. Burkov, N.V. Varlamov, V.I.

Voropaev, I.G. Galkin, L.G. Golub, A.A. Gusakov, L.B. Zelencov, N.I. Il'in, YU.A. Kulikov, S.V. Nikolaev, YU.B. Monfred, P.P. Olejnik, B.V. Prykin, V.I. Rybal'skiy, V.I. Telichenko, V.I. Tor-katyuk, V.N. Trenev, S.A. Ushackiy, V.D. Shapiro, A.K. Shrejber, T.N. Cay, A.D. Cvirkun, R.I. Fokov, etc. studied the development of methods and selection of organizational and technological techniques for construction and installation work in terms of organizational and technological reliability.

Modern international research is also aimed at developing calendar plans of work schedules along with linking them to BIM - models of construction objects [1]. The international publications contain a systematic approach to the modelling of building processes, considering the influence of construction work on the characteristics of the construction site and the environment. Also the impact of the life cycle of a building on the choice of construction and installation options is considered [2]. Different simulation techniques are applied. For example, Life Cycle Assessment Methodology (LCA) is a systematic environmental management tool for analysing and evaluating the environmental impact of a product or process in a holistic manner. Bilek, Rice and Matthew described it in their study [3]. Their paper states that in assessing the life cycle of a building, the building processes play not a major but still a significant role, and proposed LCA design model is aggregated into eight main categories: site preparation, foundation, concrete works, blockwork, metal framing, finishing works, load handling, power consumptions. This approach is justified by the fact that construction has many processes and it is not appropriate to model each of them separately.

The authors of the monograph «Model of building processes» use IDEF «(Integrated Computer Aided Manufacturing Definition) to simulate the construction and installation works by the methodology of functional modeling, allowing graphical representation of all CIW stages: site preparation, "zero" cycle, erection of building superstructure block, finishing works, special purpose works and commissioning of a facility [4]. The functions of the system are analyzed independently of the objects they operate by. It allows more precise modelling of the logic and interaction of processes. Authors fully encourage using the methodology of functional modeling [5, 6].

International scientists have also developed simulation techniques for large construction projects that are exposed to external and uncontrolled events that affect their schedule and financial results. The study [7] proposes criteria for modeling large and complex systems, such as construction projects, to support life cycle management, risk assessment and simulation of cyclical operations. Providing these items, they introduce the concept of hybrid modelling, which includes a set of models: the modelling of networks vertically (bottom-up and top-down) and horizontally (dependency/relativity) to represent a hierarchy of construction operations and organizations; use of library item concepts, agent model philosophy, Monte Carlo analysis and Discrete Event Simulation (DES) with resource use analysis, including Queuing algorithms. The programming paradigm is object-oriented programming, modified according to an agent-based modeling philosophy and automating generation of modeling library icons. Hybrid modeling allows life-cycle management: import and export capabilities to databases and automation of data and documentation input operations.

Many studies by domestic and foreign scientists are devoted to CIW scheduling and networking, affecting various aspects of their planning and modelling [8]. The study presents the construction



planning model with temporary links based on the scheduling algorithm. This model deals with the problem of the correct sequence with calculation of the process of «Live Partition Mobility» (LPM) taking into account technical and organizational constraints. The study [9] presents a linear programming model for the flow organization of construction, aimed at the formation of linear schedules by the criterion of the lowest cost of construction resources under the constraints of possible reduction of construction time under the influence of risks and force majeure. Monograph [10] presents a created neurodynamic model for optimizing engineering design CONSCOM. It is a prototype of software package for construction planning, cost optimization, and change order management that can be used by both owners and contractors to effectively manage construction projects, with which repetitive and non-repetitive work can be simulated, strategies for multiple construction organizations developed, and the impact of different working conditions on their performance evaluated. It also presents the optimization formulation of the problem of planning a construction project in order to minimize the direct costs of construction, which due to its nonlinear nature is solved by using a neurodynamic model.

The authors of the study [11] draw attention to the fact that the problem of construction planning and resource allocation is a complex and has a stochastic nature. To solve it, it is proposed to implement multi-object optimization, in which project completion time and expected costs are minimized simultaneously. Biruk and Szakowski propose construction planning using resource-constrained methods by creating a mathematical model for optimized planning of linear construction projects, in terms of resource constraints and operational continuity [12].

The complex models require powerful computers and software, so the digitalization of construction is a modern trend. According to Jose Maria Delos Santos, an expert and member of team of Project-Management.com, the modern technological and software trends in construction are construction management software, use of drones, robotic equipment, augmented/virtual reality and 3D printing [13].

Summarizing the review of scientific literature, we can say that the methods and models obtained in these sources are aimed mainly at ensuring the resources involved in the construction organization meet the requirements dictated by the work performed, and choose a rational scheme of crews on construction sites to reduce construction time by reducing crews downtime when moving from site to site. The dependence of the cost of the work on the time of its performance was noted, but it was considered only in the classical formulation of L. Ford and D. Falkerson [14]. Consequently, it is necessary to solve the problem of scheduling work with a close alignment of the necessary resources for their implementation, including limited by the technological relationship of the work performed, which can often be of a different nature. In cases the construction and installation work are on the same site, the dependence between the works is rigid, that is, their violation is impossible or very costly. On the other hand, if the construction and installation work is carried out at various sites, the dependence between such works has advisory nature. So, there could be a possibility of the violation of such dependencies, this leads to additional costs. The acceptability of these costs for a particular enterprise should be required to establish at the stage of organizational and technological design. However, at the stages of implementation of organizational and technological concept, there are often situations when, as a result of quality control of construction and installation work, the company has to redo the already completed sections or to make

major changes, which leads to an increase in execution time and involvement of additional resources. Thus, quality assurance is one of the sub-tasks of organizational and technological reliability of construction production, based on theories of flow construction, network planning, control systems. Reliability of the technological system of construction and installation works should be considered in terms of timing, costs, quality parameters of products. At the same time, the methodology of organizational reliability (in terms of timing) has been developed the most.

Thus, the modeling of organizational and technological reliability should be considered from the standpoint of both deterministic nature (as construction processes are regulated), but also taking into account the probabilistic nature inherent in construction as a complex stochastic system.

## REFERENCES

1. **Lianying Zhang, Xiang Zhang, Teng Ma.** Management of Construction Schedules Based on Building Information Modeling Technology. *Emerging Technologies for Information Systems, Computing, and Management*. Springer, NY. 2013. V.1. P. 81-88.
2. **Cormen T.H., Leiserson C.I., Rivest R.L., Stein C.** Algorithms: construction and analysis. 2nd edition, Translated from English, Moscow: Williams Publishing house. 2010. 1296 p.
3. **Bilec M., Ries R., Scott Matthews H.** Life-Cycle Assessment Modeling of Construction Processes for Buildings. *Journal of Infrastructure Systems*. V. 16. N 3. 2010. P. 199-205.
4. **Karhu Vesa, Keitila Matti, Lahdenpera Pertti.** Construction process model. Generic present-states systematization by IDEFo. Espoo 1997. Technical Research Centre of Finland, VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1845. 190 p.
5. **Fedosov S.V., Fedoseev V.N., Kotlov V.G., Petrukhin A.B., Oparina L.A., Martynov I.A.** Theoretical bases and methods of increasing energy-efficient residential and public buildings and buildings of textile and light industry. Ivanovo: Pressto. 2018. 320 p. (in Russian).
6. **Aloyan R.M., Fedosov S.V., Oparina L.A.** Energy-Efficient buildings-state, problems and solutions. Ivanovo: Pressto. 2016. 240 p. (in Russian).
7. **Mohamed Moussa, Janaka Y. Ruwanpura, George Jerome, Tamer Mohamed.** Hybrid Simulation Environment for Construction Projects: Identification of System Design Criteria. *Journal of Construction Engineering*. Vol. 2014. Article ID 847430. 12 p.
8. **Zdzislaw Hejducki.** Scheduling model of construction activity with time couplings. *Journal of Civil Engineering and Management*. 2003. 9(4). P. 284-291. DOI: [10.1080/13923730.2003.10531341](https://doi.org/10.1080/13923730.2003.10531341).
9. **Biruk S., Jaškowski P., Czarnigowska A.** Updating Linear Schedules with Lowest Cost: a Linear Programming Model. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. 2017. 072011. 245(7) p. URL: [https://www.researchgate.net/publication/320860315\\_Updating\\_Linear\\_Schedules\\_with\\_Lowest\\_Cost\\_a\\_Linear\\_Programming\\_Model](https://www.researchgate.net/publication/320860315_Updating_Linear_Schedules_with_Lowest_Cost_a_Linear_Programming_Model)
10. **Hojjat Adeli, Asim Karim.** Construction scheduling, cost optimization, and management. Taylor & Francis e-Library. 2005. 179 p.



11. **Qian Li, Sha Tao, Heap-Yih Chong, Zhijie Sasha Dong.** Robust Optimization for Integrated Construction Scheduling and Multiscale Resource Allocation. *Hindawi Complexity*. 2018. P. 1-17.
12. **Biruk S., Jaskowski J.** Scheduling Linear Construction Projects with Constraints on Resource Availability. *Archives of Civil Engineering*. 2017. V. 63. N 1. P. 3-15.
13. **Jose Maria Delos Santos.** 2018 Technology and Software Trends in the Construction Industry. URL: <https://project-management.com/2018-technology-and-software-trends-in-the-construction-industry>
14. **Mailyan A.L., Nekhay R.G.** Models and algorithms of organizational and technological reliability in the planning and organization of construction production. Rostov-na-Donu: BARA. 2015. 116 p. (in Russian).
15. **Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Fedoseev V.N., Oparina L.A., Chistyakova Yu. A.** Organizational and technical solutions for reducing the energy intensity of the Russian economy on the example of the textile and construction industries. *Izv. Vyssh. Uchebn. zavedenij. Tekhnologiya Tekstil'noj Promyshlennosti*. 2017. N 4 (370). P. 301-304. (in Russian).
16. **Rumyantsev E.V., Fedoseev V.N., Petrukhin A.B., Oparina L.A., Chistyakova Yu.A.** Socio-economic effects of reducing the energy intensity of the Russian economy. Ivanovo: Pressto. 2018. 128 p.
17. **Aloyan R.M., Petrukhin A.B., Filimonova N.M., Kapustina N.V.** Management of logistic risk factors in the process of production organization. *Izv. Vyssh. Uchebn. zavedenij. Tekhnologiya Tekstil'noj Promyshlennosti*. 2017. N 4 (370). P. 94-97. (in Russian).

Received 16.11.2020

Accepted 15.02.2021



УДК 625.7/8

# ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ МОДИФИКАЦИИ БИТУМА

**Г.В. Проваторова**

Галина Владимировна Проваторова  
E-mail: asf.inst@yandex.ru

Кафедра «Автомобильные дороги», Владимирский  
государственный университет, ул. Горького, 87, Владимир,  
Российская Федерация, 600000

*В работе дается обоснование актуальности использования вторичных материалов и разного рода полимерных отходов, приводится информация по объемам пластиковых отходов и основным направлениям их переработки и утилизации. Изложена возможность получения добавок в дорожный битум при утилизации отходов пластика, причем как бытовых, так и промышленных производств. Изложена методика модификации битума, которые станут после введения в их структуру более устойчивыми к агрессивным условиям окружающей среды, обладателями улучшенных свойств, в частности, пониженной температуры хрупкости, повышенной температуры размягчения, а следовательно, повышенной трещиностойкости и сдвигоустойчивости асфальтобетона.*

**Ключевые слова:** битум, добавки, РЕТ, эмульсионно-минеральные смеси, битумо-минеральные смеси, модификатор, отходы пластики и полимеров

**Для цитирования:**

Проваторова Г.В. Экологические аспекты модификации битума. Умные композиты в строительстве. 2021. Т. 2. Вып. 1. С. 47-52 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)

**DOI:** 10.52957/27821919\_2021\_1\_47



UDC 625.7/8

# ENVIRONMENTAL ASPECTS OF BITUMEN MODIFICATION

**G.V. Provatorova**

Galina V. Provatorova  
E-mail: [asf.inst@yandex.ru](mailto:asf.inst@yandex.ru)

Department of Automobile Roads, Vladimir State University, Gorkogo st.,  
87, Vladimir, Russia, 600000

*The paper reflects the relevance of recycled materials and various polymer waste, provides information on the amount of plastic waste and the main directions of recycling and disposal. The paper outlines the ways to introduce additives in road bitumen during the plastic waste recycling, both domestic and industrial production. The paper provides the methods for bitumen modifications which becomes more resistant to aggressive environmental conditions and obtains new improved properties such as a lower temperature of embrittlement, a higher temperature of softening, and consequently, a higher resistance to cracking and shear stability of asphalt concrete.*

**Key words:** bitumen, additives, PET, emulsion-mineral mixtures, bitumen-mineral mixtures, modifier, plastic and polymer waste

**For citation:**

Provatorova G.V. Environmental aspects of bitumen modification. *Smart Composite in Construction*. 2021. V. 2. No 1. P. 47-52 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)

DOI: 10.52957/27821919\_2021\_1\_47



## ВВЕДЕНИЕ

Вопросы применения вторичных материалов в настоящий момент времени являются крайне актуальными. Они позволяют улучшить долговечность строительных конструкций, продлить строительный сезон, а также способствуют созданию изделий с более легкой и надежной конструкцией.

В последнее время все больше внимания уделяется проблемам утилизации различных отходов. Различные крупные организации и корпорации как исследовательские, так и производственные активно вовлечены в изучение и получение новых свойств при изготовлении строительных материалов.

Необходимость постоянного повышения качества выпускаемых строительных изделий и материалов в последнее время является важнейшей задачей. Так, непрерывный рост транспортных нагрузок на автомобильных дорогах, возрастающие нагрузки на строительные конструкции, влияние агрессивных сред в процессе работы конструкций приводят к снижению сроков службы и эксплуатации и увеличению износа и разрушающих воздействий [1, 5-7].

В рамках представленной работы проводились исследования направленные на изучение свойств органоминеральных смесей и материалов, применяемых для их изготовления. Подробно рассматривались бытовые и промышленные отходы, перспективность применения которых в дорожном строительстве очень высока.

Утилизация большинства различных отходов, и в частности отходов из разного рода пластиков, становится более насущной и актуальной. Количество выпускаемой на рынок продукции из вторичного полиэтилентерефталата (PET) ежегодно увеличивается. Так, при производстве новых изделий из полиэтилентерефталата действует требование о необходимости обязательного использования вторичного полиэтилентерефталата. Без этого выпуск новой продукции становится невозможен. Поэтому вопрос переработки вторичного полиэтилентерефталата остро стоит в мире. Одной из наиболее перспективных отраслей для применения вторичного полиэтилентерефталата (PET) является дорожное строительство, и в частности модификация дорожных битумов.

Вторичная переработка полиэтилентерефталата (PET), как показывает практика, является относительно легкой задачей. Широкие возможности использования отходов полиэтилентерефталата, его технологичность и свойства сделали этот материал самым перерабатываемым во всем мире. Так по результатам исследований еще в 2013 году выпуск полиэтилентерефталата (PET) для изготовления пластиковых бутылок составил более 20 млн тонн. Проведенные статистические исследования показывают, что общее количество произведенной продукции из полиэтилентерефталата уже сейчас превышает 500 млрд шт. Такое огромное количество изделий из полиэтилентерефталата создает проблемы с загрязнением окружающей среды, включая прибрежные зоны мирового океана. Отходы из бутылок могут свободно мигрировать в мировом океане и даже образовывать целые острова. При этом их полная инертность и безопасность не компенсирует тех проблем, которые возникают от их бурного накопления. Также известно, что

повторная переработка 1 тонны полиэтилентерефталата (PET) способствует значительной экономии территории полигонов под складирование промышленных и бытовых отходов.

Второй не менее актуальной задачей является борьба, направленная на снижение выбросов углекислого газа CO<sub>2</sub> в атмосферу земли. Проблемы глобального потепления напрямую связаны с выбросами углекислого газа. Решение вопросов переработки вторичного полиэтилентерефталата (PET) будет также способствовать значительному сокращению выбросов CO<sub>2</sub> в атмосферу. Отличительной особенностью последнего времени является и тот факт, что цена на вторичный полиэтилентерефталат (PET) в большинстве стран мира очень высока. Так она может составлять до 70–80% от стоимости первичного полиэтилентерефталата.

В последние годы со стороны общественности все больше внимания уделяется вопросам экологии, и это, безусловно, способствует увеличению объемов переработки использованной тары из полиэтилентерефталата. По результатам исследований установлено, что ежегодно в мире собирается более 9 млн тонн отходов из полиэтилентерефталата, в том числе и с поверхности мирового океана. В настоящее время объемы производства из вторичного полиэтилентерефталата (PET) непрерывно увеличиваются.

В настоящее время объемы сбора и переработки вторичного полиэтилентерефталата (PET) в разных странах очень различаются. Если в странах Востока объемы раздельного сбора мусора и бутылок, изготовленных из полиэтилентерефталата, составляют около 80%, в европейских странах от 50 до 70%, то в Восточной Европе, и в первую очередь в нашей стране, этот показатель находится в пределах 20%. Сегодня рынок PET-отходов составляет около 1,5 млн тонн. В Северной Америке собирается более 1,3 млн тонн, в Китае – более 3,0 млн тонн [16].

Переработка вторичного полиэтилентерефталата, из собранных отходов, в основном сконцентрирована на производстве штапельных волокон и при производстве нетканых синтетических материалов (до 70% от собранных отходов). Остальной объем переработанного отхода идет на производство различных пленок и бутылок пищевого и неп пищевого назначения. В последнее время к полиэтилентерефталату стали проявлять широкий интерес и дорожные организации. Это связано с наличием целого ряда полезных для дорожного битума свойств.

Таким образом, решение проблемы утилизации вторичного полиэтилентерефталата способствует и решению целого ряда экологических проблем, например, вторичный полиэтилентерефталат может эффективно использоваться для получения новых материалов с новыми свойствами для всей строительной отрасли.

Одной из важнейших особенностей полиэтилентерефталата является сочетание высокой механической прочности с водостойкостью, хорошими диэлектрическими свойствами в широком интервале температур (от –20 до 80 °С). Хрупкость не проявляется даже при –50 °С и полиэтилентерефталат можно использовать до температуры 175 °С. Пластики PET ламинированные (ТУ 49-5761783-334-90) получают непрерывным методом путем нанесения расплавленного полиэтилена низкой плотности на полиэтилентерефталатную основу [2, 3, 12].



Самым распространенным и, как правило, наиболее экономичным является механико-химический метод переработки измельченных и очищенных отходов PET, представляющий собой технологическую цепочку, в соответствии с которой они последовательно плавятся, гомогенизируются, очищаются от загрязнений и фильтруются в экструдере с дегазацией под вакуумом. Развиваются новые направления рециклинга полиэтилентерефталата (PET). Для решения задач рециклинга проводятся исследования в качестве модифицирующей добавки в битум.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Введение в структуру вяжущего различных модифицирующих и полимерных добавок способствует значительному изменению физико-механических свойств и изменяет структуру вяжущего, оказывая пластифицирующее воздействие на дисперсионную среду. При этом компоненты системы битум-полимер вступают между собой в химическое взаимодействие. В результате образуется единая пространственная структура полимерно-битумного вяжущего [3, 4, 17].

Как показывают последние исследования, интерес в полимерно-битумному и модифицированному вяжущему значительно возрастает, что, прежде всего, связано с введением в действие ГОСТов нового поколения. Испытания асфальтобетона, приготовленного по новым ГОСТам, показали, что нельзя получить нормативные значения гостовских показателей на традиционных битумах, особенно это касается испытания на колеобразование. При использовании стандартного немодифицированного вяжущего результаты испытаний показывают снижение эффективности при проведении испытаний на глубину колеи и разрушение образца при имитации приложения транспортных нагрузок.

Модифицирующие добавки действуют как армирующий элемент. При этом химическое взаимодействие отсутствует, но в системе битум-полимер образуются независимые пространственные структуры. Структурирующие добавки существенно повышают механические свойства и температурную устойчивость вяжущего.

Недостаточное сопротивление повышенным температурным воздействиям приводит к тому, что образцы разрушаются, и в пределах рабочих температур резко отличается прочность асфальтобетона [12-14]. Такой эффект в асфальтобетоне происходит из-за использования в качестве вяжущего битума. Поэтому изменяя свойства битума с целью повышения его теплостойкости, можно добиться необходимых свойств готовой асфальтобетонной смеси. Именно эту проблему мы и пытались решить, вводя в битум PET.

Физико-механические свойства полиэтилентерефталата (табл. 1) характеризуются высокой стабильностью в интервале температур от  $-50$  до  $200$  °C. Вводя его в битум, можно понизить температуру хрупкости, повысить температуру размягчения, а, следовательно, повысить трещиностойкость и сдвигоустойчивость асфальтобетона.

**Таблица 1. Физико-механические свойства PET**  
**Table 1. Physical and mechanical properties of PET**

№	Свойства	Значения
1	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1380
2	Разрушающее напряжения, МПа	120-185
3	Относительное удлинение при разрыве, %	50-70
4	Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	70-90
5	Водопоглощение, %	0,3
6	Морозостойкость	-50
7	Температура плавления, °C	265
8	Молекулярная масса	15000-30000

Поскольку свойства битума и полиэтилентерефталата отличаются, основная сложность возникла в процессе введения пластика в битум. Если вводить полиэтилентерефталат непосредственно в битум, то длительное нагревание при высоких температурах полученной смеси способствует ускорению процесса старения битума и ухудшению эксплуатационных свойств уже готовой асфальтобетонной смеси.

Мы пошли по пути растворения предварительно измельченного пластика в подходящем растворителе, который, в свою очередь, хорошо совмещается с битумом. Так что при температуре  $130$  °C было получено полное растворение, при этом растворитель выделялся в виде нетоксичных паров.

Модификаторы вводили в битум БНД 60/90 следующим образом. Взяли навеску битума массой  $50$  грамм. К данному вяжущему добавляли модификаторы в соотношении  $0,5\%$  по массе,  $0,75\%$  по массе,  $1,0\%$  по массе. После введения модифицирующих добавок измерили глубину проникания иглы при  $25$  и  $0$  °C, температуру размягчения по КиШ и растяжимость при  $25$  и  $0$  °C.

По результатам лабораторных исследований можно проанализировать изменение свойств модифицированного битума, после введения в него полиэтилентерефталата. У модифицированного битума повышается температура размягчения и снижается температура хрупкости. На основании полученных зависимостей рассчитывается требуемый объем пластика, играющего роль модификатора.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе лабораторных исследований проверялись показатели проникновения иглы в вяжущее, температура размягчения по кольцу и шару, растяжимость и хрупкость. Результаты представлены в таблице 2.

Следует обратить особое внимание на изменение свойств вяжущего. В частности на увеличение температуры размягчения, а также снижение температуры хрупкости. Температуры хрупкости модифицированных битумов были определены из температурных зависимостей глубины проникания иглы в вяжущее. В результате проведенного анализа удалось установить зависимости, позволяющие определить оптимальное содержание полиэтилентерефталата, вводимого в битум в качестве модифицирующей добавки [2, 7, 8].

## ВЫВОДЫ



Как говорилось выше, наибольшее распространение при изготовлении различной пищевой тары и промышленных пленок получил полиэтилентерефталат (PET). Это объясняется наличием у него уникальных свойств, таких как химическая стойкость, инертность, возможность повторного использования, что дает ему высокие конкурентные

преимущества по сравнению с другими крупнотоннажными полимерными материалами того же назначения.

В результате использования PET получаем возможность создания долговечного асфальтобетонного покрытия с наилучшими эксплуатационными свойствами, а также решение проблемы утилизации отходов.

**Таблица 2. Сравнительный анализ модифицированных и немодифицированных битумов**  
**Table 2. Comparative analysis of modified and unmodified bitumen**

№ п/п	Наименование показателя	Добавка %	Ед. изм.	Битум модифицированный БНД 60/90				Немодиф. 60/90
				АЗОЛ-1001		PET		
1	Глубина проникания иглы, при 25 °С при 0 °С не менее	0,5	0,1 мм	85	24	83	22	83 22
		0,75		88	25	84	23	
		1,0		93	26	86	23	
2	Температура размягчения по кольцу и шару, не менее	0,5	°С	48		50		48
		0,75		50		52		
		1,0		51		53		
3	Растяжимость, не менее при 25 °С при 0 °С	0,5	см	99	3,5	101	3,5	97 3,5
		0,75		98	3,6	102	3,7	
		1,0		105	3,6	107	3,7	

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Проваторова Г.В., Лебедев В.В.** Повышение качества асфальтобетона путем модификации битума полимерами. Ежемесячный научный журнал Международного независимого института математики и систем «МиС». Новосибирск. 2014. № 8.
2. **Проваторова Г.В., Лебедев В.В.** Битум, модифицированный полимерами. Материалы Международной научно-технической конференции. Материалы, оборудование и ресурсосберегающие технологии Беларусь, Могилев. 2013. В 2 ч. Ч. 2. Могилев, 2013.
3. **Проваторова Г.В.** Пути повышения качества дорожного битума. Материалы Международной научно-практической конференции «Строительство: проблемы и перспективы». Махачкала. 2013.
4. **Лебедев В.В., Проваторова Г.В.** Модификация битума полимерами. Материалы международной научно-практической конференции «Итоги строительной науки». Владимир. 2012.
5. **Vikhrev A.V., Provatorova G.V., Semekhin E.F., Varzin E.I.** Ways to improve the quality of organomineral mixtures. International Scientific Conference «SPbWOSCE. Energy efficiency and Sustainable Development in Civil Engineering». 2017. Санкт-Петербург, 2017.
6. **Al-Sabaeei A., Md. Yussof N.I., Napiah M., Sutanto M.** A review of using natural rubber in the modification of bitumen and asphalt mixtures used for road construction. Jurnal Teknologi. 2019. N 81(6). P. 81-88.
7. **Provatorova G., Vkhrev A.** Modification of Bitumen for Road Construction. IOP Conference. Series Materials Science and Engineering MPCPE. 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/896/1/012088
8. **Handelsman I., Zakrevskay L., Provatorova G.** The influence of modified binders on the technological and operational properties of composite building materials. International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE-2018) electronic edition. «MATEC Web of Conferences». 2018. V. 245. N 8.
9. **Предтеченский М.Р.** Патент РФ № 2672417. 2018.
10. **Запорожкова И.В., Сипливый В.Н.** Патент РФ № 2515007. 2014.
11. **Shafabakhsh G.H., Sajadib S.R.** Evaluation of rheological behavior of bitumen modified with Nano Copper Oxide International. Journal of Engineering and Technology (UAE). 2018. N 7(4). P. 13-18.
12. **Gaus A., Darwis M., Imran.** Influence of hot asphalt mixture using asbuton on road composite pavement. AIP Conference



- Proceedings. (American Institute of Physics Inc.). 2017. V. 1903. 050007.
13. **Vyrozhemskiy V., Kopynets I., Kischynskiy S., Bidnenko N.** Epoxy asphalt concrete is a perspective material for the construction of roads. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. V. 236(1).
  14. **Król J.B., Niczke Ł., Kowalski K.J.** Towards understanding the polymerization process in Bitumen bio-fluxes. *Materials*. 2017. V. 10(9).
  15. **Appiah J.K., Berko-Boateng V.N., Tagbor T.A.** Use of waste plastic materials for road construction in Ghana. *Case Studies in Construction Materials*. 2017. V. 6. P. 1-7.
  16. **Syrmanova K.K., Botashev E.T., Tleuov D.B., Eshankulov A.A., Kaldybekova Zh.B.** Research of oil road bitumen modification with low density polyethylene. *Oriental Journal of Chemistry*. 2017. V. 33(1). P. 470-477
  9. **Predtechensky M.R.** Patent RU N 2672417. 2018. (in Russian).
  10. **Zaporotzkova I.V., Siplivy B. N.** Patent RU N 2515007. 2014. (in Russian).
  11. **Shafabakhsh G.H., Sajadib S.R.** Evaluation of rheological behavior of bitumen modified with Nano Copper Oxide International. *Journal of Engineering and Technology (UAE)*. 2018. N 7(4). P. 13-18.
  12. **Gaus A., Darwis M., Imran.** Influence of hot asphalt mixture using asbuton on road composite pavement. *AIP Conference Proceedings. (American Institute of Physics Inc.)*. 2017. V. 1903. 050007.
  13. **Vyrozhemskiy V., Kopynets I., Kischynskiy S., Bidnenko N.** Epoxy asphalt concrete is a perspective material for the construction of roads. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2017. V. 236(1).
  14. **Król J.B., Niczke Ł., Kowalski K.J.** Towards understanding the polymerization process in Bitumen bio-fluxes. *Materials*. 2017. V. 10(9).
  15. **Appiah J.K., Berko-Boateng V.N., Tagbor T.A.** Use of waste plastic materials for road construction in Ghana. *Case Studies in Construction Materials*. 2017. V. 6. P. 1-7.
  16. **Syrmanova K.K., Botashev E.T., Tleuov D.B., Eshankulov A.A., Kaldybekova Zh.B.** Research of oil road bitumen modification with low density polyethylene. *Oriental Journal of Chemistry*. 2017. V. 33(1). P. 470-477.

Поступила в редакцию 26.02.2021  
Принята к опубликованию 15.03.2021

## REFERENCES

1. **Provatorova G.V., Lebedev V.V.** Improving the quality of asphalt concrete by modifying bitumen with polymers. *Ezhemesyachnyy nauchnyy zhurnal Mezhdunarodnogo nezavisimogo instituta matematiki i sistem «MiS»*. Novosibirsk. 2014. N 8. (in Russian).
2. **Provatorova G.V., Lebedev V.V.** Bitumen modified by polymers. *Proceedings of the International Scientific and Technical Conference «Materials, Equipment and Resource-saving Technologies»*. Belarus, Mogilev. 2013. In 2 p. Part 2. Mogilev. 2013. (in Russian).
3. **Provatorova G.V.** Ways to improve the quality of road bitumen. *Proceedings of the International Scientific and Practical conference «Construction: Problems and Prospects»*. Makhachkala. 2013. (in Russian).
4. **Lebedev V.V., Provatorova G.V.** Modification of bitumen by polymers. *Proceedings of the international research Conference «Results of Construction Science»*. Vladimir. 2012. (in Russian).
5. **Vikhrev A.V., Provatorova G.V., Semekhin E.F., Varzin E.I.** Ways to improve the quality of organomineral mixtures. *International Scientific Conference «SPbWOSCE. Energy efficiency and Sustainable Development in Civil Engineering»*. 2017. Saint-Petersburg. 2017.
6. **Al-Sabaei A., Md. Yussof N.I., Napiah M., Sutanto M.** A review of using natural rubber in the modification of bitumen and asphalt mixtures used for road construction. *Jurnal Teknologi*. 2019. N 81(6). P. 81-88.
7. **Provatorova G., Vikhrev A.** Modification of Bitumen for Road Construction. IOP Conference. Series Materials Science and Engineering MPCPE. 2020. DOI: 10.1088/1757-899X/896/1/012088
8. **Handelsman I., Zakrevskay L., Provatorova G.** The influence of modified binders on the technological and operational properties of composite building materials. *International Scientific Conference on Energy, Environmental and Construction Engineering (EECE-2018) electronic edition. «MATEC Web of Conferences»*. 2018. V. 245. N 8.

Received 26.02.2021

Accepted 15.03.2021



УДК 712.6:725.76

# *ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОСТРОЕК ДЛЯ ЭКОПАРКОВ В РОССИИ*

*Е.В. Митрофанова*

*Елена Викторовна Митрофанова  
E-mail: mitrofanovaev@ystu.ru*

*Кафедра архитектуры, Институт Архитектуры и Дизайна  
Ярославский государственный технический университет, г.  
Ярославль, ул. Володарского, 103; корпус «Д», Российская  
Федерация, 150040*



Статья посвящена феномену, все более закрепляющемуся в Российском социуме, а именно, стремлению к загородной жизни, однако мы не берем во внимание ставшую уже традиционной коттеджную застройку в той или иной форме поселений – мы рассматриваем вопрос создания экопарков, экопоселений и центров экотуризма, которые в последнее время все более активно появляются на просторах нашей родины.

Исследования в данном направлении, представленные в этой работе, находятся на начальной стадии и имеют явный междисциплинарный характер, на стыке социологии, истории, культуры, зодчества, строительных технологий, инженерных тенденций и дизайна среды.

В статье обозначены некоторые перспективные направления российских и западноевропейских архитектурно-технических и образно-символических тенденций в решении вопросов практического проектирования, основанные на историко-культурных исследованиях в разных странах.

Специально выделяется тема возможности использования древесины как наиболее рационального и в то же время традиционного материала для возведения несущих и ограждающих конструкций, а также декоративно-символических элементов, что скорее всего приведет к похожим на уже существующие практические сценарии. Но в то же время, обобщая зарубежный опыт в этой сфере, мы видим и различные инновационные пути создания объемов построек для загородной экожизни на временной или постоянной основе.

Дискуссионным является вопрос о том, каким архитектурным формам и технологиям развиваться на российских территориях и насколько это зависит от конкретного места с точки зрения истории и окружающего ландшафта.

Предлагается более глубоко изучить проблему, выявить полезные историко-теоретические аспекты и конструктивно-технические, решения, что поможет разработать методiku создания визуально гармоничных, эстетически приемлемых и рациональных вариантов воплощения загородных построек и комплексов на территориях экопоселений, природных туристических центров и экопарков.

**Ключевые слова:** экопарк, экопоселение, национальная идентичность, визуальная экология, деревянные конструкции, гуманизация архитектуры, визуально экологичные формы, «устойчивая» архитектура.

**Для цитирования:**

Митрофанова Е.В. Вопросы проектирования построек для экопарков в России. Умные композиты в строительстве. 2021. Т. 2. Вып. 1. С. 53-60 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)

DOI: 10.52957/27821919\_2021\_1\_53



UDC 712.6:725.76

# *DESIGN ISSUES FOR ECO-PARKS IN RUSSIA*

*E.V. Mitrofanova*

*Elena Viktorovna Mitrofanova  
E-mail: mitrofanovaev@ystu.ru*

*Department of Architecture, Yaroslavl State Technical University, 103,  
Volodarsky st., Yaroslavl, Russia, 150040*



*The paper considers a phenomenon that is becoming more and more entrenched in Russian society, namely, the desire for suburban life. For this paper, it does not mean the traditional cottage development in its different forms. On the contrary, it considers the creation of eco-parks, eco-villages and eco-tourism centers, which have recently started to appear across Russia.*

*Presented research is at an early stage and has a clear interdisciplinary character. It is at the intersection of sociology, history, culture, architecture, construction technology, engineering trends and environmental design.*

*The article identifies some promising directions of Russian and Western European architectural, technical, and figurative-symbolic trends in addressing practical design issues, based on historical and cultural studies in different countries.*

*The author specifically notes wood as the most rational and at the same time traditional material for the construction of load-bearing and enclosing structures, as well as decorative and symbolic elements. But this practice will likely lead to similar and already existing scenarios. But at the same time, international experience in this area shows various innovative ways of creating volumes of buildings for suburban eco-life temporarily or permanently.*

*The paper questions the architectural forms and technologies to be developed across Russia and its dependence on the specific place in terms of history and the surrounding landscape.*

*It is proposed to study the problem in depth to identify useful historical and theoretical aspects and constructive and technical means, which will help to develop a methodology for creating visually harmonious, aesthetically acceptable and rational options for the realization of countryside buildings and complexes on the territory of ecovillages, natural tourist centers and eco-parks.*

**Key words:** *eco-park, eco-village, national identity, visual ecology, wooden constructions, humanization of architecture, visually ecological forms, sustainable architecture.*

**For citation:**

*Mitrofanova E.V. Design issues for eco - parks in Russia. Smart Composite in Construction. 2021. V. 2. No 1. P. 53-60 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)*

**DOI:** [10.52957/27821919\\_2021\\_1\\_53](https://doi.org/10.52957/27821919_2021_1_53)



## ВВЕДЕНИЕ

За предыдущие 20 лет, и особенно за последние полгода, в России радикально изменилось отношение к загородной жизни. Все больше людей относятся к жизни за городом как к отдыху, позволяющему получить удовольствие от земли, от природы, отвлечься от городской суеты и предпринять путешествие по различным формам деревенского или туристического жизнеустройства. Все чаще появляются инвесторы, государственные организации или различные частные лица, желающие организовать на лоне природы территорию для жизни и отдыха с возможностью многообразных занятий в различных традиционных или новопопулярных экотематиках. Контактные зоопарки, водоемы для разведения рыбы, фотосафари, оздоровительные бани и купели, фермы домашних и диких животных и птиц, проживание в кемпингах и рыбалка, сплавы по рекам и посещение историко-культурных достопримечательностей – вот далеко не полный перечень предлагаемых сюжетов загородного времяпровождения.

И естественно, что для комфортного пребывания в этих природных кластерах необходимо организовать пространство и проработать инфраструктуру для обеспечения возможности проживания и питания посетителей, парковки автотранспорта и, конечно, реализации заявленных миссий функций отдыха, развлечения либо образования и развития.

И вот тут, на наш взгляд, и кроется масса вопросов, на которые комплексные ответы пока не даны ни в теории, ни на практике. Хотя, безусловно, существуют вполне удачные единичные образцы территорий национальных парков, экопарков и туристических кемпингов, такие как, например, «Яснополе» в Тульской области или Кенозерский национальный парк в Архангельской.

С целью приведения большей ясности в эти вопросы и создана данная статья, призванная затронуть тему понимания того, какими, с точки зрения архитектурной деятельности, средового дизайна, инженерно-технических вопросов и конструкций, должны быть постройки и сооружения на данных территориях. Как композиционно и технически их связывать между собой, какой художественной и символической образностью они должны обладать? Как грамотно учитывать тенденции архитектурной экологии и социально-экономические потребности жителей, причем речь идет о людях разного возрастного и социального статуса, и особенно это касается мегаполисов, таких как Москва и Санкт-Петербург: это и пожилые люди, которые временно сдают в городе квартиру, предпочитая жить ближе к природе, и совсем недавно образовавшаяся, но уже многочисленная прослойка тех, кто работает дистанционно, а в город наведывается лишь для каких-то особо важных встреч. 20 лет назад, конечно, все было иначе.

Настоящая работа посвящена изучению и анализу этих вопросов, а также постановке новых. Пока спектр имеющихся проблем можно условно разделить на три основные группы:

## 1. ОБРАЗНО – СТИЛИСТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ КОМПЛЕКСОВ И ОТДЕЛЬНО СТОЯЩИХ ПОСТРОЕК ЗАГОРОДНЫХ ЭКОПОСЕЛЕНИЙ.

Создание среды, образа жизни, обеспечивающих духовный рост человека, его самореализацию, достижение счастья – вот некоторые задачи, которые необходимо реализовать в экокластерах. В каком же направлении будем искать решения? Давайте для начала обратимся к традициям. И здесь представляется уместным обратиться к факту, подмеченному норвежским теоретиком в области архитектуры Хансом Скотте, о том, что во всех странах источником вдохновения для поисков национальной идентичности служила деревня как место, в котором «время застыло в неподвижности» [4].

Но важно не одномерно, поверхностно, а культурно, грамотно применять знаково-символические системы, сложившиеся веками в каждом конкретном месте, создавать осмысленную в этой логике архитектуру. Например, все ли хорошо понимают, что такое баня по-черному или что значит мыться в печке и в чем был смысл совместной жизни с крупными домашними животными под одной крышей. Да и в чем сущность и культурное значение самой русской печки или погреб-ледника? Таких вопросов множество.

Мы, разумеется, не призываем вернуться к примитивному использованию подобных функциональных пространств – речь идет о понимании сути использованного в прошлом и вычленение технически эффективного принципа с наложением его на современные потребности и технологии. Ведь так естественно, к примеру, собирать дождевую воду с кровли и использовать для массы утилитарных нужд, что делали в деревнях наши деды и прадеды, однако мы уверенно продолжаем оплетать домики пластиковыми трубками, по которым бежит ценная добытая из скважины или долго очищаемая вода, которой мы начинаем мыть пол и поливать цветы.

Представляется важным поддержать и мысль Ханса Скотте о требуемом осознании, что главное не формы как таковые, а то, как они возникают, создаются в конкретных условиях. Поэтому очень чуждым у нас может показаться аскетичный скандинавский минимализм, "пухлость" и напыщенность альпийского шале или традиционная классика американского особняка. Хотя, находясь в естественно-исторической среде, эти архетипы нас очень воодушевляют и настраивают на повторение. Вполне спорным может быть и использование современных модернистских и деконструктивистских формообразований в лесах и полях России. Но и бездумное, формально повторяемое традиционно русское узорочье на непропорциональных, грубо сколоченных объемах, естественно, тоже категорически неприемлемо для формирования новой архитектурной идентичности построек для загородной жизни в экопоселениях и экотуристических зонах.

Прекрасным примером комплексной научно-исследовательской деятельности, а на ее основе и реализации новых построек и среды в стиле интерпретации и продолжения архитектурно-декоративных и культурных традиций северорусских деревень и сел можно назвать «Национальный парк «Кенозерский» в Архангельской области. Здесь, на наш



взгляд, успешно и перспективно продолжает развиваться преимущество традиций деревянного зодчества в утилитарно и идеологически новых постройках, и комплексах. Теории и методики, по которым действуют исследователи и создатели регулярно обсуждаются на ежегодных научно-практических конференциях «Кенозерские чтения» [2], и подобный опыт рекомендуется к обязательному осмыслению и методическому использованию.

Современные архитекторы и дизайнеры должны внимательно присмотреться к традиционным методам, которые все еще могут сохранять эффективность, к исторически привычным материалам и деталям, к существовавшим ранее типам пространств и пластическим средствам, к опробованным сценариям действия. Но анализировать все это не с целью слепого повторения, предлагает Ханс Скотте, а в сравнении с инновациями, в том числе с архитектурными [4]. Архитектор не обязан слепо служить «национализму», а, напротив, должен создавать новую локально-адаптированную архитектуру, и это действительно непросто. Следовательно, это можно вполне уверенно назвать целью возможных интенций российских теоретиков и зодчих-практиков.

В итоге пока имеет смысл отметить два возможных направления развития методики создания архитектурно-художественных проектов построек и комплексов на территории экопарков, экоселений и загородных туристических комплексов: 1 – тщательное изучение и воплощение традиций объёмно-пространственных решений, конструкций, материалов и декора в функционально актуальных для социума на сегодняшний день постройках и 2 – создание новых «уникальных» форм и элементов новой русской архитектуры для жилых домов, общественных построек и других типов сооружений.

## 2. ОБЪЁМНО – ПЛАНИРОВОЧНЫЕ И ФОРМООБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ.

Задача архитектора, прекрасно сформулированная норвежским архитектором, историком и теоретиком Кристианом Норберг-Шульцем, состоит в наделении места формой, которая может вместить в себя необходимое содержание [3]. Размышляя над сложившейся ситуацией в городах ученый утверждает, что в них на самом деле нет места человеку. Мегалополисы – это действительно сложнейшие структурно развитые организмы, в которых приоритеты нахождения у коммуникаций, автотранспортных потоков линий метрополитена, статичных неживой природы исполинов, которых мы называем зданиями и сооружениями, и массы других элементов. Но не человека как такового, хотя им же это все и создано как бы для себя. Не углубляясь в данный парадокс, хотелось бы направить размышления в сторону того, что сегодня человек все более стремится к природе, но все же к природе, комфортно обустроенной.

Несмотря на вышеизложенные мысли о поддержании исторической стилистики и культурных основ в укладе жизнедеятельности, решения по объёмно-планировочному моделированию объектов загородной жизни, как представляется, должны быть иными, чем были даже 50 лет назад. Сегодняшняя загородная жизнь уже не тождественна дискомфортным условиям выживания без отопления и теплой

воды с туалетом на улице и узкой спальней за печкой. Любые архитектурные идеи о качестве постоянной жизни или временного пребывания на природе действительно осуществимы.

И это вполне возможно именно с появлением современных технологий в конструктивно-строительной сфере, а также в вопросах инженерного оснащения. Уже не возникает нерешаемых вопросов применения индивидуальных водяных скважин, септиков, котельных, и даже применение тепловых насосов все чаще находит реализацию на территории России в последние годы.

## 3. КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ СОЗДАНИЯ ПОСТРОЕК. СТРОИТЕЛЬНЫЕ И ОТДЕЛОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЦИОНАЛЬНЫЕ В ПРИМЕНЕНИИ В ЗАГОРОДНОМ ЭКОСТРОИТЕЛЬСТВЕ.

Тут можно много говорить о внедрении технологий строительства экологических, энергонезависимых домов, о применении нестандартных источников энергии и всевозможных давно существующих и появляющихся материалов. Это, безусловно, широчайший вопрос, который невозможно вместить в рамки данной статьи, и потому коснемся пока одного момента, связанного с выбором приоритетной конструктивной системы и материалов.

Так какие же схемы и технологии могут применяться для решения подобных задач? Кажется, ответ лежит на поверхности – конечно, приходит на ум дерево и изделия из него. И тут, к сожалению, видится недостаточным уровень развития вопроса технологий строительства из дерева в России. То, что сейчас применяется, – это в основном бревно, брус и элементарные каркасные технологии. В-последних, конечно, возможности внешней и внутренней отделки могут значительно варьироваться, да и сама форма в каркаснике дает широкое поле для творчества, но, как правило, эта схема выбирается по причине дешевизны и как следствие воплощается весьма примитивно как с точки зрения эргономики планировки, так и с эстетической точки зрения.

Примером достойной для подражания массы вариантов архитектурно-технических решений может служить совсем, казалось бы, «близкая» Финляндия. Здесь технологии строительства из дерева последние десятилетия явно не стоят на месте. Конечно, речь идет в большей степени о материалах на основе древесины, чем о полноценном бревне, используемом в традиционной архитектуре. Постоянные исследования и разработка нового в области деревянных конструкций и облицовки ведутся в частных и правительственных компаниях, например, в Финском институте лесных исследований и Техническом исследовательском центре Финляндии VTT, - констатирует Мария Трошина, не первый год исследующая вопросы деревянного домостроения [5]. Университеты разных городов имеют лаборатории, занимающиеся изучением свойств древесины и совершенствованием различных аспектов ее использования. Создаются различные образовательные программы в этом направлении. Одной из самых успешных исследователей называется Wood Program кафедры архитектуры Университета Аалто. Здесь на основе изучаемых экологических, технических и



архитектурных свойств древесины создаются экспериментальные небольшие объекты, на практике показывающие возможности применения дерева в современной архитектуре.

У нас же развитие инноваций в сфере конструкций из дерева незаслуженно заморожено. Одно то, что в нашем Ярославском государственном техническом университете курс КД «Конструкции Деревянные» не входит в программу студентов архитекторов уже более 20 лет, говорит о многом. В процессе обучения старательно просчитываются железобетонные колонны и металлические балки, а ведь у дерева совершенно другие принципы работы, оно живое изначально – как следствие, проектировщики не умеют с ним работать.

А ведь даже знаменитый финский архитектор и дизайнер, «отец модернизма» в Северной Европе, Алвар Аалто писал: «Для меня дерево не нейтральная субстанция, для меня это живой материал, по своему строению похожий на человеческие мышцы». Нужен определенный отход от традиционного использования дерева как целостного материала в сторону применения гнутых элементов древесины, многослойных панелей, композитов на основе древесины, а также создание новых защитных средств и способов обработки дерева [5].

При выборе материалов, безусловно, актуально делать акцент и на «визуальную экологию». Сегодняшний строительный рынок, к сожалению, с успехом «загрязняет» загородные пространства пластиковыми сайдингами, типовыми городскими окнами, глухими заборами из профнастила и многими другими экономически доступными населению «дешевыми радостями» отделки. Смысловая ценность исторически природных материалов в массах населения утрачена, а найти гармоничную альтернативу без помощи специалиста архитектора-дизайнера зачастую не представляется возможным.

И вот мы уже ездим смотреть на деревенские дома, в которых жили наши бабушки, на амбары и сараи, как на диковинные музейные экспонаты под открытым небом. Хотя, казалось бы, в чем проблема – продолжить традицию, трансформировать накопленный ранее опыт в современные материалы облицовки и самой конструкции. В этом смысле очередной раз позитивным выглядит опыт застройки загородных территорий в Скандинавских странах. Тут сделан акцент на, казалось бы, элементарные деревянные изделия в облицовке, но качество укладки и окраски создает бесспорное визуальное гармоничное зрелище.

Будет уместным добавить и такое понятие, как «гуманизация архитектуры» – в каком-то смысле оно означает способность построения дома своими руками, что приближает или возвращает нас к природе наших возможностей, а следовательно, дает эмоциональную силу жить и творить дальше. Что прямо противоположно сложившейся тенденции превращения человека в бесконечного потребителя, тотально предсказуемого и разочарованного [3].

## ВЫВОДЫ

Вероятно, нужны «умные» синергетические комплексные методики, объединяющие, с одной стороны, весь накопленный историко-культурный опыт, традиционно разумные способы и материалы, а с другой – технические инновации в конструкциях, инженерии и отделке. Как понять, что должно войти в список необходимого, а что нет, скорее всего, разрешится в результате аналитического расследования в данном направлении в различных теоретических и практических областях.

И тут опять хочется обратиться к словам Кристиана Норберга-Шульца о возможностях архитектуры – ибо она, будучи, по сути, художественной деятельностью, призвана соединять факторы самого различного типа в синтетические формальные единства и помимо решения вопросов физической среды обязательно создавать «среду символическую» [3].

Человеческое окружение как в условиях загородной жизни, так и в структуре экоселения должно состоять из осмысленных, визуальнo экологических форм, а также основываться на принципах «устойчивой» архитектуры. Такой синтетический подход абсолютно необходим, чтобы не превратить в подобие плохой урбанистики теперь и природные загородные территории. А разработка подобных методик в данных направлениях, считаем, поможет грамотнее применять имеющиеся на строительном рынке технологии возведения и строительства экостроек для постоянно проживающих и любопытствующих туристов, все активнее посещающих загородные территории.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Ефимов А.В., Минервин Г.Б., Шимко В.Т. и др.** Дизайн архитектурной среды: Учебник для вузов. М. 2005. 504 с.
2. **Кенозерские чтения-2016.** Деревянная архитектура в культурном ландшафте: вызовы современности: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции. Архангельск. 2017. 459 с.
3. **Норберг-Шульц Кристиан.** Смысл в архитектуре. Проект International. 2011. № 30. С. 182-192.
4. **Скотте Ханс.** Состояние идентичности в современной архитектуре. Проект International. 2011. № 30. С. 193-197.
5. **Трошина М.** Деревянная Суоми. Проект International. 2017. № 43. С. 89-139.

Поступила в редакцию 16.11.2020г

Принята к опубликованию 15.02.2021г



## REFERENCES

1. **Efimov A.V., Minervin G.B., Shimko V.T. [et al.]**. *Design of Architectural Environment: Textbook for universities*. M. 2005. 504 p. (in Russian).
2. **Kenozerskie Chteniya-2016**. *Wooden Architecture in the Cultural Landscape: Challenges of Modernity: Collection of materials of the International Scientific and Practical Conference*. Arkhangelsk. 2017. 459 p. (in Russian).
3. **Norberg-SHul'c Kristian**. *The meaning is in architecture*. *Proekt International*. 2011. N 30. P. 182-192. (in Russian).
4. **Skotte Hans**. *The State of Identity in Modern Architecture*. *Proekt International*. 2011. N 30. P. 193-197. (in Russian).
5. **Troshina M.** *Wooden Suomi*. *Proekt International*. 2017. No 43. P. 89-139. (in Russian).

Received 16.11.2020

Accepted 15.02.2021



*УДК 72.01*

# *ОБ ИДЕНТИФИКАЦИИ И СИСТЕМАТИЗАЦИИ АРХИТЕКТУРНЫХ ПАРАЗИТОВ*

*А.А. Мерекин*

*Мерекин Андрей Альбертович  
E-mail: andrew.merekin@gmail.com*

*Кафедра архитектуры, Институт Архитектуры и Дизайна  
Ярославский государственный технический университет, г.  
Ярославль, ул. Володарского, 103; корпус «Д», Российская  
Федерация, 150040*



В данной статье рассматриваются метод, который заключается в проецировании свойств органических паразитов в поле архитектуры, тем самым позволяя определить идентифицирующие критерии архитектурных паразитов. На основе первостепенных признаков органических паразитов, как вида взаимоотношений двух организмов, анализируются отношения организмов архитектурных. Приводится оригинальная система идентификации и классификации архитектурных паразитов. Определяются условия и ограничения в применении этой идентификации. В процессе анализа были сформулированы определяющие свойства архитектурного паразита, а именно: элемент зависимости — паразит должен быть конструктивно зависимым от хозяина; реконструкция — у паразита и его хозяина должно быть разное время постройки и разные авторы; контраст — паразит должен быть визуально отличен от своего хозяина; пропорция объёмов — коэффициент масштаба паразита относительно хозяина должен стремиться к минимуму. Эти признаки в дальнейшем помогут чётче осмыслить связь паразит-хозяин, определить суть архитектурного паразитизма и создать метод, который бы помог отсечь «псевдопаразитов». Также были сформулированы систематизирующие признаки, часть из которых была транслирована из области биологии. Сбор данных по систематизирующим признакам является предпосылкой к анализу архитектурного паразитизма с исторической, градостроительной и архитектурно-композиционной точек зрения с целью прогнозирования перспектив развития направления.

**Ключевые слова:** паразитическая архитектура, паразитизм в архитектуре, эстетика архитектуры, органическая архитектура, минимальные пространства, быстровозводимые здания

**Для цитирования:**

Меркин А.А. Об идентификации и систематизации архитектурных паразитов. Умные композиты в строительстве. 2021. Т. 2. Вып. 1. С. 61-69 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)

**DOI:** 10.52957/27821919\_2021\_1\_61



*UDC 72.01*

# *ABOUT THE IDENTIFICATION AND SYSTEMATIZATION OF ARCHITECTURAL PARASITES*

***A.A. Merekin***

*Merekin Andrei Albertovich*  
*E-mail: andrew.merekin@gmail.com*

*Department of Architecture, Yaroslavl State Technical University,  
103, Volodarsky st., Yaroslavl, Russia, 150040*



*A method that involves projecting the properties of organic parasites into the field of architecture, thereby allowing the identification criteria of architectural parasites to be determined, is considered in this article. The relations of architectural organisms are analyzed based on of the primary features of organic parasites, as a type of relationship between two organisms. The original system of identification and classification of architectural parasites is presented. The conditions and restrictions in the application of this identification are defined. In the course of the analysis, the defining properties of the architectural parasite were formulated, namely: dependency element – the parasite must be structurally dependent on the host; reconstruction – the parasite and its host must have different construction times and different authors; contrast – the parasite must be visually diverse from its host; volume proportion – the coefficient of the scale of parasite relative to the host should be tend to a minimum. Ulteriorly these signs will help more clearly understand the parasite-host relationship, determine the essence of architectural parasitism and create a method, that would help to cut off «pseudoparasites». Systematizing features were also formulated, some of which were borrowed from the field of biology. The data collection on systematizing features is a prerequisite to the analysis of architectural parasitism from the historical, urban-planning and architectural-compositional points of view in order to predict the development prospects of the direction.*

**Key words:** *parasitic architecture, parasitism in architecture, aesthetics of architecture, organic architecture, minimal spaces, prefabricated buildings*

**For citation:**

*Merekin A.A. About the identification and systematization of architectural parasites. Smart Composite in Construction. 2021. V. 2. No 1. P. 61-69 URL: [http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1\\_2021](http://comincon.ru/index.php/tor/V2N1_2021)*

**DOI:** [10.52957/27821919\\_2021\\_1\\_61](https://doi.org/10.52957/27821919_2021_1_61)



## ВВЕДЕНИЕ

В 1966 году в архитектурном поле появились здания, которые заимствуют своё название из биологии. Эти здания были названы архитектурными паразитами. Они отличаются тем, что, подобно своим органическим собратьям, прикрепляются к другим зданиям, передавая на них регуляцию своих взаимоотношений с окружающей средой (рис. 1, 2).



Рис. 1. Изменение крыши на Фалькештрассе - Вена, Австрия. 1998.

Пример архитектурного паразита.

Fig. 1. Rooftop Remodeling Falkestrasse – Vienna, Austria. Coop Himmelb(l)au. 1998.

Example of an architectural parasite.

Прежде чем пытаться выявить особенности современного состояния архитектурного паразитизма и изучить перспективы развития данного архитектурного направления, следует определить, что вообще следует считать архитектурным паразитизмом.

Учитывая тот факт, что теоретизирование данного явления началось сравнительно недавно, актуальным остаётся вопрос идентификации и классификации, так как до сих пор нет общепринятых критериев, которые бы в полной мере описывали архитектурный паразитизм. Например, Гэри Браун характеризует паразитизм как аномалию городской среды: «Паразит (Paga-site от paga – паранормальный и site – площадка) означает концептуальное различие в подходе к использованию площадки». Сара Грэхам в своей статье описывает архитектурный паразитизм так: «...адаптируемая, временная и эксплуататорская форма архитектуры, которая выстраивает отношения с принимающими зданиями, чтобы завершить себя». В брифе конкурса Parasitic Architecture (2020 г.) организаторы утвердили следующие критерии архитектурного паразитизма: «Чтобы быть идентифицированной как паразитная,

архитектура должна соответствовать по крайней мере двум из следующих критериев:

- 1) Должна структурно поддерживаться зданием-хозяином.
- 2) Должна быть типологически релевантной к первоначальной функции своего здания-хозяина.
- 3) Должна быть доступной через здание-хозяин. »



Рис. 2. Оазис №. 7 - Кассель, Германия. 1972.

Пример архитектурного паразита.

Fig. 2. Oase no. 7 – Kassel, Germany. Haus-Rucker-Co. 1972.

Example of an architectural parasite.

Из встречающихся на сегодняшний день тезисов об архитектурном паразитизме довольно сложно понять, можем ли мы надстроить над зданием контекстуальный мезонин и назвать это паразитом? Какой может быть допустимая сомаштабность паразита относительно здания-хозяина, чтобы это не переходило в «хищные» отношения? Может ли архитектурный паразит быть использован в виде художественного приёма при новом строительстве? Так ли важна типологическая релевантность, ведь легко можно представить жилого паразита на общественном здании и наоборот? Данная работа – шаг в поиске ответов на эти вопросы.

Объектом работы является паразитизм в архитектуре.

Предмет работы – свойства архитектурных паразитов.

Целью является выведение критериев, позволяющих идентифицировать и систематизировать архитектурных паразитов.

В соответствии с целью работы основной задачей является изучение паразитизма в биологии, которое позволит выявить связи между паразитом и его хозяином.



## АНАЛИЗ АНАЛОГОВ

Архитектурный паразитизм — в большей степени метафора биологического паразитизма. Понимание того, что же означает паразитизм в биологии, позволит лучше осмыслить архитектурный паразитизм.



Рис. 3. Петров крест.  
Пример растения-паразита.  
Fig. 3. Peter's cross.  
Example of a parasite plant.

Начать стоит с того, что в биологии также нет удовлетворительного определения паразитизма, однако понимание этого термина может быть сведено к отношениям между двумя организмами – паразитом и его хозяином (рис. 3, 4). Так, с точки зрения биологии сосуществование может различаться по типу отношений:

- 1) Комменсализм (0+): один организм получает пользу от взаимоотношений, другой же не получает ни пользы, ни вреда;
- 2) Мутуализм (++): форма взаимовыгодного сожительства организмов двух и более видов, при котором взаимовыгодная помощь необходима, так как оба организма взаимозависимы друг от друга;
- 3) Паразитизм (-+): форма симбиоза, при которой один организм (паразит) использует другого (хозяина) в качестве источника питания или среды обитания, возлагая при этом на хозяина регуляцию своих отношений с внешней средой;
- 4) Инквилинизм (-+): одна особь, проникая в чужое жилище, уничтожает хозяина, затем использует это жилище в своих целях;
- 5) Хищничество (-+): явление, при котором один организм питается тканями другого организма, при этом не наблюдается симбиотических отношений;

6) Нейтрализм (00): особи не оказывают никакого влияния друг на друга, например, слон и пингвин.

Паразитов также можно различать по типу прикрепления к хозяину:

- 1) Эктопаразитизм: паразит обитает на хозяине и связан с его покровами;
- 2) Эндопаразитизм: паразит живёт в теле хозяина.

Также паразитизм можно группировать по тесноте связи паразита и хозяина:

- 1) Облигатный: паразит ведёт исключительно паразитический образ жизни и не выживает без взаимосвязи с хозяином;
- 2) Факультативный: паразиты, как правило, ведут свободный образ жизни и переходят к паразитизму лишь в особых случаях.

Среди органического паразитизма стоит выделить паразитизм среди растений как самый схожий с архитектурным паразитизмом в том смысле, что и архитектурный паразитизм, и паразитизм среди растений представляет собой отношения статичных структур.



Рис. 4. Мытник болотный.  
Пример растения-паразита.  
Fig. 4. Marsh lousewort.  
An example of a parasite plant.

Среди растений известны многочисленные паразитические грибы, бактерии, вирусы, микоплазмы, паразитические цветковые растения, немногие водоросли. Они связываются с хозяином за счёт гаусторий – органов паразита, которые нужны ему для питания и прикрепления к субстрату.

Среди растений-паразитов, как и среди остальных паразитов, различают факультативных и облигатных паразитов. Эти биологические группы паразитов понимаются как



степени эволюции, достигнутые в приспособлении к паразитизму. Также выделяют паразитов-растений и по типу связи с паразитом. Стеблевые паразиты формируют свои гаустории из тканей стебля. Корневые паразиты – из тканей корня.

Паразитизм между живыми организмами интересен его различными формами. Это тот подход, который архитектура имитирует в отношениях между зданием-хозяином и зданием-паразитом. Именно из этой метафоры в большей степени паразитическая архитектура черпает свои симбиотические свойства.

Свойства органических паразитов, которые изучаются в естественной биологии, могут послужить ключами к пониманию этих вопросов и идеями к дальнейшему развитию паразитизма в пространстве архитектуры.

### СВОЙСТВА АРХИТЕКТУРНЫХ ПАРАЗИТОВ

Методом сравнения, с оглядкой на органических паразитов, можно спроецировать их свойства в пространство архитектуры, тем самым сформулировав признаки, определяющие здание как паразита:

1) Элемент зависимости. Эта группа признаков связана со способностью паразитов-растений присасываться к своему хозяину, возлагая на него регуляцию своих взаимоотношений со средой. Свойство подразумевает под собой зависимость конструктивной части паразита от здания-хозяина. Иными словами, предлагается анализировать то, как скажется на физической устойчивости паразита отсутствие здания-хозяина. Паразит должен по большей части зависеть от хозяина: у него не должно быть независимого от здания-хозяина фундамента, поскольку его фундаментом и является здание-хозяин.

Способ оценки – визуальный анализ. Запись – конструктивный элемент здания или сооружения, к которому прикреплён паразит.

2) Реконструкция или новое строительство. Органический паразит всегда отличен от своего хозяина филогенетически, они разнородны, имеют разного предка. Соответственно, этот круг признаков содержит в себе то, с какой разницей во времени паразит был возведен относительно своего хозяина. Важно даже не то, чтобы здание-хозяин было историческим, важна разница во времени постройки и разные авторы здания-хозяина и паразита. В противном случае это превращается в художественный приём, который уже не может считаться паразитизмом в чистом виде.

Способ оценки предполагает наличие данных о годах постройки и авторство проектов. Запись – бинарный параметр: реконструкция или новое строительство.

3) Степень контраста паразита к хозяину. Визуально паразит всегда отличен от своего хозяина, мимикрия под него встречается скорее как исключение. Соответственно, в проекции на архитектуру предлагается определять, контрастен паразит к

хозяину или контекстуален ему. Важен сам факт аномалии архитектурного паразита, его несхожесть с хозяином.

Способ оценки является визуальным и, также как и реконструкция, этот критерий – бинарный параметр: контраст или контекст.

4) Пропорция объёмов паразита и хозяина. В мире паразитизма растений паразит всегда ощутимо меньше своего хозяина, в противном случае это были бы хищные отношения, в которых нахлебник просто убивал бы своего кормильца. В общем и целом, этот критерий является самым объективным параметром, он практически лишен разночтений, легко поддаётся исчислению и позволяет собрать градуированную статистику. Предлагается вычислять его соотношением объёмов паразита и хозяина и представлять коэффициентом.

Способ оценки – трехмерное моделирование паразитов и их хозяев, соотнесение их объёмов друг с другом и выявление закономерностей этих соотношений. Запись в формате числа с шестью знаками после запятой. Связано это с тем, что зачастую объёмы этой пары слишком малы, и так как моделирование предполагается по имеющимся чертежам, то такие параметры десятичного разделителя вполне можно считать оправданными.

Ко всем вышеперечисленным идентифицирующим свойствам предлагаются к анализу свойства систематизирующие. К ним относятся:

1) Авторство проекта. Указывается коллектив или человек, который спроектировал паразитную структуру.

2) Год. Указывается год проектирования или, если паразит построен, год постройки. Этот параметр позволяет оценить процесс развития паразитизма в хронологии.

3) Страна. Указывается государство, в котором спроектирован или построен паразит. При этом, если паразит расположен, либо предполагался к строительству в стране, отличающейся от страны, в котором он проектировался, то пишется именно та, в которой он предполагался к строительству. Данный параметр позволяет оценить распределение паразитизма в масштабе планеты.

4) Город. Указывается город, в котором спроектирован или построен паразит. При этом, если паразит расположен, либо предполагался в городе, отличающемся от города, из которого велось проектирование, то вносится именно тот город, в котором он предполагался к строительству. Данный параметр позволяет оценить распределение паразитизма в масштабе стран.

5) Застройка. Этот критерий характеризует то, проектировался паразитизм в средней застройке или исторической. Важен для оценки того, где паразитизм был более востребован.

6) Городская плотность. Имеется ввиду плотность населения. Характеристика берется из открытых данных и выражается в числе жителей, приходящемся



на 1 км<sup>2</sup> территории. Данные предполагается собирать по городам и привязывать к году постройки/проектирования. Плотность собирается в административных границах. Критерий нужен для оценки тезисов о том, что паразитизм появляется только в плотной и свехурбанизированной среде.

7) Стадия. Свойство описывает, был проект паразита реализован или нет. Предполагается для построения статистики обшей тенденции.

8) Формообразование. Учитывает формальное происхождение паразита. Параметр важен в связке с годом для хронологической оценки и выявления уникальных представителей.

9) Количество. Критерий характеризует, насколько дисперсным является проект — множество ли это однородных паразитов или одиночный объект.

10) Функциональная пропорция. Описывает то, какую (приватную или общественную) функцию несет за собой паразит и хозяин. Запись в формате приватная/общественная, где первое значение — функция паразита, а второе — функция хозяина. Позволяет оценить тенденцию к типам функции, а также выявить преобладающие типы связи: продолжение функции хозяина или паразит является самостоятельным в функциональном плане.

11) Объем паразита. Служит источником части данных для идентифицирующего свойства. Измерения предлагается производить в м<sup>2</sup>, точность до двух знаков после запятой. Нужен для оценки тенденции и обшей статистики.

12) Форма искусства. Этот критерий характеризует то, к какому виду деятельности относится паразит: архитектура, архитектурной инсталляции (не подразумевающей функции) или социальному комментарию. Оценка субъективная, запись в описательном формате.

13) Эктопаразитизм или эндопаразитизм. Этот критерий ссылается на органический паразитизм и описывает, наружный это паразитизм или он находится внутри своего хозяина. Оценка визуальная, в описательном формате, параметр бинарный.

14) Тип отношений. Это свойство, также как и вышенаписанное, ссылается на органический подход и позволяет установить, положительное или отрицательное воздействие паразит и хозяин оказывают друг на друга:

- а) [+] — положительное;
- б) [-] — отрицательное;
- в) [0] — нейтральное.

Запись в формате «++», где первое значение определяет, то, как хозяин реагирует на паразита, второе значение — как паразит реагирует на своего хозяина. Оценка субъективная, но опирается преимущественно на анализ функциональной пропорции. Позволяет лучше раскрыть связь биологии и архитектуры.

15) Обязательный или факультативный. Бинарный параметр, как и предыдущие два параметра, является проекцией свойств растений паразитов в поле архитектуры. Определяет временность, либо

постоянность паразита. Оценка — анализ текстового сопровождения проекта. Запись описательная.

16) Уровень биомимикрии. Параметр, характеризующий уровень биомимикрии паразита. Основан на критериях биомимикрии Жанин Беньюс. Запись в числовом формате, где 1, 2 и 3 это привычные уровни биомимикрии, а 0 означает отсутствие признаков, по которым можно было бы причислить паразита к какому-либо из имеющихся уровней. Суждения автора основаны на том, что совпадение по идентифицирующим критериям уже является признаком биомимикрии под паразитизм, нужно только определить её уровень. Но не обязательно те объекты, которые не будут соответствовать этим критериям, будут иметь значение 0 — они могут быть биомиметичны, но не паразитизму.

## ВЫВОДЫ

В результате выполнения работы были выведены свойства архитектурных паразитов, способствующие их идентификации. Для выведения критериев был использован метод сравнительного анализа, который позволил спроецировать свойства биологических паразитов в пространство архитектуры. Основу составляют идентифицирующие критерии:

Элемент зависимости — архитектурный паразит определяется конструктивной зависимостью от здания-хозяина;

Реконструкция — архитектурный паразит определяется разницей во времени постройки и разницей в авторах относительно здания-хозяина;

Контраст — архитектурный паразит определяется фактом аномалии, его несхожестью с зданием-хозяином;

Пропорция объёмов — архитектурный паразит определяется коэффициентом сомасштабности с хозяином — он должен быть минимальным.

Также были выведены систематизирующие свойства, которые могут помочь в прогнозировании развития жанра.

Направления дальнейших исследований включают в себя сравнительный анализ выборки архитектурных паразитов для конкретизации определения архитектурного паразитизма и выявления пространства для роста архитектурного направления.

## ЛИТЕРАТУРА

1. **Жандарова А.А., Денисенко Е.В.** Историко-теоретические аспекты развития биоархитектуры. Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2019. № 1(47). С. 18-25. URL: <https://dwgformat.ru/book-review/izvestiya-kgasu-1-2019-izvestiya-kazanskogo-gosudarstvennogo-arhitekturno-stroitel'nogo-universiteta/>
2. **Самойленко А.А., Денисенко Е.В.** Аналогии живых структур в архитектурном пространстве. Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2017. № 4(42). С. 109-116. URL: [https://izvestija.kgasu.ru/ru/nomera-zhernala/arkhiv-zhurnalasod=sod4\\_2017](https://izvestija.kgasu.ru/ru/nomera-zhernala/arkhiv-zhurnalasod=sod4_2017)



3. **Стратий П.В., Глаголева Д.А., Антонов И.С.** Паразитная архитектура. Инженерный вестник Дона. 2019. № 1. 10 с. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/issue/136?page=7>
4. **Кристиана Пол.** Цифровое искусство. М.: Ад Маргинем Пресс. 2017. 272 с.
5. **Bardzinska-Bonenberg T.** Parasitic Architecture: Theory and Practice of the Postmodern Era. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. V. 600. P. 3-12. URL: [https://www.researchgate.net/publication/318182156\\_Parasitic\\_Architecture\\_Theory\\_and\\_Practice\\_of\\_the\\_Postmodern\\_Era](https://www.researchgate.net/publication/318182156_Parasitic_Architecture_Theory_and_Practice_of_the_Postmodern_Era)
6. **Benyus J.** *Biomimicry: Innovations Inspired by Nature*. New York: William Morrow. 1997. 308 p.
7. **Brown G.** *Freedom and Transience of Space (Techno-nomads and Transformers)*. 2015.
8. **McDaniel C.** *Strategic Intervention: Parasitic Architecture. Electronic Thesis or Dissertation*. University of Cincinnati. 2008. 61 p.
9. **Ungers O.M.** *Grossformen im Wohnungsbau. Veröffentlichungen zur Architektur* 5. 1966. 32 p.
10. **Serres M.** *The parasite*. USA. John Hopkins University Press. 1982. 253 p.
11. Цветковые растения-паразиты и эпифиты [сайт] [lsdinfo](http://lsdinfo.org). 2020 [обновлено 02 марта 2020; процитировано 12 мая 2020]. URL: <https://lsdinfo.org/cvetkovyye-rasteniya-parazity-i-epifity/>
12. **Pearson D.** *New Organic Architecture: the breaking wave*. Los Angeles: University of California Press. 2001. 10 p.
13. James Furzer to crowdfund parasitic sleeping pods for London's homeless [сайт]. *Dezeen*. 2020. URL: <https://www.dezeen.com/2015/08/19/james-furzer-crowdfund-parasitic-sleeping-pods-london-homeless-indiegogo/>
14. Parasitic Architecture [сайт]. *UNI*. 2020. URL: [https://images.adsttc.com/submissions/opportunities/pdf\\_file/4251/team212019-12-09T14-21-000000.pdf?utm\\_medium=website&utm\\_source=archdaily.com](https://images.adsttc.com/submissions/opportunities/pdf_file/4251/team212019-12-09T14-21-000000.pdf?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com)
15. Parasitic Architecture [сайт]. *City Movement*. 2020. URL: <https://citymovement.wordpress.com/2012/03/29/parasitic-architecture/>
3. **Stratij P.V., Glagoleva D.A., Antonov I.S.** Parasitic architecture. *Inzhenernyj vestnik Dona*. 2019. N 1. 10 p. (in Russian).
4. **Christiane Paul.** *Digital Art*. M.: Ad Marginem Press. 2017. 272 p. (in Russian).
5. **Bardzinska-Bonenberg T.** Parasitic Architecture: Theory and Practice of the Postmodern Era. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2018. V. 600. P. 3-12. URL: [https://www.researchgate.net/publication/318182156\\_Parasitic\\_Architecture\\_Theory\\_and\\_Practice\\_of\\_the\\_Postmodern\\_Era](https://www.researchgate.net/publication/318182156_Parasitic_Architecture_Theory_and_Practice_of_the_Postmodern_Era)
6. **Benyus J.** *Biomimicry: Innovations Inspired by Nature*. New York: William Morrow. 1997. 308 p.
7. **Brown G.** *Freedom and transience of space (Techno-nomads and Transformers)*. 2015.
8. **McDaniel C.** *Strategic Intervention: Parasitic Architecture. Electronic Thesis or Dissertation*. University of Cincinnati. 2008. 61 p.
9. **Ungers O.M.** *Grossformen im Wohnungsbau. Veröffentlichungen zur Architektur* 5. 1966. 32 p.
10. **Serres M.** *The parasite*. USA. John Hopkins University Press. 1982. 253 p.
11. Flowering plants-parasites and epiphytes [web-site] [lsdinfo](http://lsdinfo.org). 2020. URL: <https://lsdinfo.org/cvetkovyye-rasteniya-parazity-i-epifity/> (in Russian).
12. **Pearson D.** *New Organic Architecture: the breaking wave*. Los Angeles: University of California Press. 2001. 10 p.
13. James Furzer to crowdfund parasitic sleeping pods for London's homeless [web-site]. *Dezeen*. 2020. URL: <https://www.dezeen.com/2015/08/19/james-furzer-crowdfund-parasitic-sleeping-pods-london-homeless-indiegogo/>
14. Parasitic Architecture [web-site]. *UNI*. 2020. URL: [https://images.adsttc.com/submissions/opportunities/pdf\\_file/4251/team212019-12-09T14-21-000000.pdf?utm\\_medium=website&utm\\_source=archdaily.com](https://images.adsttc.com/submissions/opportunities/pdf_file/4251/team212019-12-09T14-21-000000.pdf?utm_medium=website&utm_source=archdaily.com)
15. Parasitic Architecture [web-site]. *City Movement*. 2020. URL: <https://citymovement.wordpress.com/2012/03/29/parasitic-architecture/>

Received 16.11.2020

Accepted 15.02.2021

Поступила в редакцию 16.11.2020  
Принята к опубликованию 15.02.2021

## REFERENCES

1. **Zhandarova A.A., Denisenko E.V.** Historical and theoretical aspects of bioarchitecture development. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2019. N 1(47). P. 18-25. (in Russian).
2. **Samoylenko A.A., Denisenko E.V.** The analogy of living structures in architectural space. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2017. N 4(42). P. 109-116. (in Russian).



## ABSTRACTS

**S.A. TUMAKOV, G.N. GOLUB**  
**CALCULATION OF STRESSES**  
**IN THE BUILDING STRUCTURES, TAKING INTO ACCOUNT**  
**GROUND BASE DEFORMATIONS**

**Key words:** ground base, soil filtration consolidation, stress-strain state, SCAD software package.

*The paper reflects the assessment of the effect the heterogeneity of the ground base has on the stress-strain state of the reinforced concrete slab foundation and the structure of the building. It takes into account the development of deformations of ground base in time. Different filtration properties of subfoundation show the heterogeneity of the slab foundations. There is a lens of loam soil in series of saturated sands under the foot portion of the base slab. The paper shows the comparison of calculation results for the building structure and the base slab within the discrete time with the results obtained by the calculation of the steady-state deformations. The calculations contain the conditional soil deformation modulus. It is assumed that, at the initial time of application of the load, the conditional deformation modulus of the ground base  $E_t$  tends to infinity, but at the final moment of deformation stabilization, it tends to the actual size  $E$  instead. The conditional deformation module is calculated using the approximate dependence obtained from the basic equation of the theory of soil filtration consolidation. SCAD software package serves for building modeling and numerical calculation*

**S.V. PEREVOZCHIKOVA, V.V. BELOV**  
**DRY MIX MORTAR FOR RESTORATION OF BUILDINGS**

**Key words:** dry mix mortar, restoration, hollow glass microspheres, lightweight structures.

*The paper reflects the relevance of the problem of restoration of architectural elements on the facades of buildings. It also reflects the results of experimental work on the selection of the optimal mix for lightweight architectural elements, which includes white cement, hollow glass microspheres, modifying additives, and dolomitic powder as a microfill. The paper shows the results of microscopic analysis of the structure of the material.*

**A.A. VATAGIN, A.E. LEBEDEV, A.B. KAPRANOVA, I.S. GUDANOV**  
**LASER SCANNING TECHNOLOGY IN ASSESSING THE VOLUME OF BULK MA-**  
**TERIALS WHEN EVALUATING THE VOLUMES OF BULK MATERIALS**

**Key words:** bulk materials, construction, transportation, laser, scanning.

*The article discusses the application of laser scanning technology to assess the volume and mass of bulk materials, as well as the construction of the 3D models on the basis of data obtained. The developed device has practical application in construction. Bulk raw materials is a significant part of the costs of the enterprises and it is necessary to control its volume for the efficient distribution. The required accuracy of volume determination depends on the cost per unit volume of bulk material and can vary widely. The problem with measurement is that the volume/mass of cargo is often falsified by freight forwarders and shipping companies. In order to solve this problem it is necessary to develop a set of methods and special devices for rapid assessment of the volume of bulk materials carried in the*



*car body before its unloading. It was found that customers of bulk materials such as gravel, crushed stone, sand lose at least 16% of the cargo on average. This value is essential, since the required accuracy of determining the volume depends on the cost per unit volume of bulk material and can vary widely. The proposed method will help to make it 85% lower, i.e. down to 2.2%*

**A.N. BLAZNOV, V.B. MARKIN, A.S. KROTOV, V.V. FIRSOV, N.V. BYCHIN,  
Z.G. SAKOSHEV**

### **BASALT PLASTIC PROPERTIES UNDER CLIMATIC AGING CONDITIONS**

**Key words:** unidirectional basalt plastics, climatic aging, mechanical properties, longitudinal bending, glass transition temperature, differential scanning calorimetry, surface photomicrography, digital processing.

*The paper presents results of climatic tests of unidirectional basalt plastics after curing in GRONLAND climatic chamber at 60 °C and 100% humidity for 1, 2, and 3 months. The mechanical properties do not change in the first month, but after the second and third months of exposure elasticity modulo of samples increases by 6-10%, ultimate strain decreases by 5-7%, strength sees almost no change. The results of thermomechanical research using differential scanning calorimetry show the gradual increase of temperature of glass transition of samples from 124.4 °C (1 month) up to 125.8 °C (2 months) and 126.4 °C (3 months). It means that the binder is additionally polymerized in the temperature and humidity conditions of the climatic chamber. After the digital processing of photomicrographs of samples' surfaces, we have established a qualitative correlation between the change in properties and the surface condition.*

**S.V. FEDOSOV, L. A. OPARINA, A.L. MAILYAN, A.B. PETRUHIN,  
V.N. FEDOSEEV**

### **RUSSIAN AND INTERNATIONAL EXPERIENCE IN SIMULATION OF THE ORGANIZATIONAL AND TECHNOLOGICAL RELIABILITY OF MODERN CONSTRUCTION PRODUCTION**

**Key words:** construction, simulation, organizational and technological reliability, construction operations, construction and installation works.

*The paper argues that the problem of an increased efficiency of a construction production company is important nowadays by simulating the organizational and technological reliability of construction. An overview of Russian and international experience in solving this problem is presented. The current state of theoretical elaboration of the topic and its practical implementation are outlined in the paper. The main directions of further scientific research are also defined. The authors base their approach on the simulation of the organizational and technological reliability of construction production as a complex system, which should start with simulation of its subsystems such as construction and installation works, since the reliability of the system depends on the reliability of its components. This paper systematically reflects the modeling methods of construction and installation works in order to improve the organizational and technological reliability of construction production. The purpose of the article is the integrated presentation of methods for modeling the organizational and technological reliability of construction, which are used at the current stage of development of science of construction operations organization and the construction science as a whole. The article is particularly useful to the readers interested in*



*the use of economic-mathematical models and methods in modern construction operations system, namely, to use models that account for different target criteria for the constructions, including multi-directional and fuzzy.*

**G.V. PROVATOROVA**

#### **ENVIRONMENTAL ASPECTS OF BITUMEN MODIFICATION**

**Key words:** bitumen, additives, PET, emulsion-mineral mixtures, bitumen-mineral mixtures, modifier, plastic and polymer waste.

*The paper reflects the relevance of recycled materials and various polymer waste, provides information on the amount of plastic waste and the main directions of recycling and disposal. The paper outlines the ways to introduce additives in road bitumen during the plastic waste recycling, both domestic and industrial production. The paper provides the methods for bitumen modifications which becomes more resistant to aggressive environmental conditions and obtains new improved properties such as a lower temperature of embrittlement, a higher temperature of softening, and consequently, a higher resistance to cracking and shear stability of asphalt concrete.*

**E.V. MITROFANOVA**

#### **DESIGN ISSUES FOR ECO-PARKS IN RUSSIA**

**Key words:** eco-park, eco-village, national identity, visual ecology, wooden constructions, humanization of architecture, visually ecological forms, sustainable architecture.

*The paper considers a phenomenon that is becoming more and more entrenched in Russian society, namely, the desire for suburban life. For this paper, it does not mean the traditional cottage development in its different forms. On the contrary, it considers the creation of eco-parks, eco-villages and eco-tourism centers, which have recently started to appear across Russia.*

*Presented research is at an early stage and has a clear interdisciplinary character. It is at the intersection of sociology, history, culture, architecture, construction technology, engineering trends and environmental design.*

*The article identifies some promising directions of Russian and Western European architectural, technical, and figurative-symbolic trends in addressing practical design issues, based on historical and cultural studies in different countries.*

*The author specifically notes wood as the most rational and at the same time traditional material for the construction of load-bearing and enclosing structures, as well as decorative and symbolic elements. But this practice will likely lead to similar and already existing scenarios. But at the same time, international experience in this area shows various innovative ways of creating volumes of buildings for suburban eco-life temporarily or permanently.*

*The paper questions the architectural forms and technologies to be developed across Russia and its dependence on the specific place in terms of history and the surrounding landscape.*

*It is proposed to study the problem in depth to identify useful historical and theoretical aspects and constructive and technical means, which will help to develop a methodology for creating visually harmonious, aesthetically acceptable and rational options for the realiza-*



tion of countryside buildings and complexes on the territory of ecovillages, natural tourist centers and eco-parks.

**A.A. MEREKIN**

### **ABOUT THE IDENTIFICATION AND SYSTEMATIZATION OF ARCHITECTURAL PARASITES**

**Key words:** parasitic architecture, parasitism in architecture, aesthetics of architecture, organic architecture, minimal spaces, prefabricated buildings.

*A method that involves projecting the properties of organic parasites into the field of architecture, thereby allowing the identification criteria of architectural parasites to be determined, is considered in this article. The relations of architectural organisms are analyzed based on of the primary features of organic parasites, as a type of relationship between two organisms. The original system of identification and classification of architectural parasites is presented. The conditions and restrictions in the application of this identification are defined. In the course of the analysis, the defining properties of the architectural parasite were formulated, namely: dependency element — the parasite must be structurally dependent on the host; reconstruction — the parasite and its host must have different construction times and different authors; contrast — the parasite must be visually diverse from its host; volume proportion — the coefficient of the scale of parasite relative to the host should be tend to a minimum. Ulteriorly these signs will help more clearly understand the parasite-host relationship, determine the essence of architectural parasitism and create a method, that would help to cut off «pseudoparasites». Systematizing features were also formulated, some of which were borrowed from the field of biology. The data collection on systematizing features is a prerequisite to the analysis of architectural parasitism from the historical, urban-planning and architectural-compositional points of view in order to predict the development prospects of the direction.*



## ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

Редакция строго придерживается норм и правил международной публикационной этики.

Правовую основу обеспечения публикационной этики составляют международные стандарты: положения II Всемирной конференции по вопросам соблюдения добросовестности научных исследований, положения Комитета по этике научных публикаций (The Committee on Publication Ethics - COPE) и нормы раздела «Авторское право» Гражданского кодекса РФ.

Представление статьи в журнал подразумевает следующее:

- работа не была опубликована ранее в другом журнале;
- не находится на рассмотрении в другом журнале;
- все соавторы согласны с публикацией статьи;
- получено согласие (в явной или неявной форме) организации, в которой было проведено исследование.

При представлении рукописи в журнал авторы должны убедиться, что все цитирования оформлены корректно, указаны заимствованные источники в подписях к рисункам и надписям таблиц, Если таковые не приведены, предполагается, что рисунки и таблицы представляют собой плод авторской деятельности. Редакция осуществляет проверку статей на антиплагиат.

### **Авторские права**

Авторы, направляющие свои работы в журнал, соглашаются со следующим:

1. Авторы сохраняют за собой авторские права на работу и предоставляют журналу право первой публикации работы.
2. Авторы сохраняют право заключать отдельные контрактные договорённости, касающиеся не-эксклюзивного распространения версии работы в опубликованном здесь виде (например, размещение ее в институтском хранилище, публикацию в книге), со ссылкой на ее оригинальную публикацию в этом журнале.

### **Приватность**

Имена и адреса электронной почты, введенные на сайте этого журнала, будут использованы исключительно для целей, обозначенных журналом; доступ к ним иных лиц и организаций для других целей не предоставляется.

## ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ

В журнале «Умные композиты в строительстве» / «Smart Composite in Construction» печатаются работы преподавателей и сотрудников высших учебных заведений РФ, РАН, РААСН, других исследовательских подразделений, работающих в сфере промышленного и гражданского строительства и архитектуры, в том числе в странах стран СНГ и за рубежом.



## Рубрики журнала

05.23.01 Строительные конструкции, здания и сооружения  
05.23.05 Строительные материалы и изделия  
05.23.11 Проектирование и строительство дорог, метрополитенов  
05.23.19 Экологическая безопасность строительства и городского хозяйства  
05.23.21 Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности

**Статьи, направляемые в журнал, должны удовлетворять следующим требованиям:**

1. Работа должна соответствовать профилю журнала, обладать актуальностью, новизной, иметь прикладное значение (и/или теоретическое обоснование). Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала, и ее решение является окончательным.

2. Статьи должны представлять сжатое, конкретное изложение полученных автором результатов, без повторения одних и тех же данных в тексте, рисунках и таблицах.

3. Все представленные статьи должны быть подготовлены 12 кеглем, шрифт *Times New Roman*, интервал 1.1. Поля: верхнее и нижнее – 3 см, левое и правое – 2.5 см. Абзацный отступ – 0,75 см. Объем статьи – 6-15 страниц, включая список литературы, таблицы (не более 3, ширина 8 см) и рисунки (не более 5, для обзорной статьи – не более 8, ширина 8 см), в том числе помеченные буквами *a*, *b* и т.д. Рисунки оформляются без рамок и размещаются, как и подписи к ним, таблицы и заголовки к ним, примечания, строго по тексту статьи. В раздел «Обзорные статьи» принимаются материалы объемом от 25 до 30 страниц.

4. При оформлении статьи рекомендуется избегать употребления любых сокращений, кроме общепринятых. При первом упоминании сокращенного термина обязательно приводится его расшифровка в полном виде. Рукописные вставки не допускаются. Кавычки оформляются елочкой. Текст набирается без нумерации страниц.

## Структура статьи

На первой странице рукописи слева проставляется индекс по универсальной десятичной классификации (УДК, шрифт 10 пт, прямой, *Verdana*, без отступа. После УДК пропускается строка, дается наименование работы по центру (шрифт 12 пт, прямой, полужирный, все буквы прописные, шрифт *Verdana*). Ниже по центру – инициалы, фамилия авторов (шрифт 11 пт, курсив, *Verdana*, полужирный). После фамилий авторов указываются их место работы: подразделение и название организации, почтовый адрес (шрифт 10 пт, курсив, *Verdana*). Отдельной строкой указывается электронный адрес авторов (курсив). Далее через интервал (1 строка) размещается аннотация (150-200 слов, выравнивание по ширине, размер шрифта 10 пт, курсив, отступ слева 0.75 см, шрифт *Times New Roman*). После аннотации и интервала (1 строка) полужирным шрифтом курсивом набирается *Ключевые слова* и приводят шриф-



том *Times New Roman* размером 10 пт 5-8 словосочетаний (не курсив), без точки в конце.

Затем следует текст статьи, в котором через интервал выделяются разделы: Введение, Экспериментальная часть, Результаты и их обсуждение, Выводы (в обзорной статье выделяются Введение, названия подразделов курсивом, Выводы). Статья заканчивается разделом Литература. Оптимальное количество цитированных источников от 15 до 20, желательно включить не менее 3 работ, входящих в базы WoS/Scopus. В обзорных работах принимаются ссылки на 50-80 источников. Под списком литературных источников через интервал слева курсивом приводятся слова: *Поступила в редакцию*, на следующей строке: *Принята к опубликованию*.

5. В адрес редакции, кроме электронного варианта, направляют 1 экземпляр статьи в распечатанном виде с подписями всех авторов после слов *Принята к опубликованию*.

### Формат

Редакция принимает тексты, сохраненные в программе Microsoft Word в форматах .doc или .docx. Материалы, не соответствующие вышеуказанным требованиям, не рассматриваются.

### Оформление литературных ссылок

Все русскоязычные литературные источники должны быть указаны на английском языке. Издания, которые не переводятся, необходимо указать транслитерацией в соответствии с общепринятыми международными правилами, в конце каждого такого источника должна стоять пометка (in Russian) (см. <http://www.cas.org/expertise/cascontent/caplus/corejournals.html>).

Для журнальной статьи должны быть указаны фамилии и инициалы всех авторов, название статьи, сокращенное название журнала, год, номер тома, номер или выпуск, диапазон страниц и DOI (при наличии), например, DOI: 10.6060/2012.01.01.

#### Ссылки на статьи из иностранных источников:

**1 Фамилия И.О. (англ.), 2 Фамилия И.О. (англ.)** Название статьи (англ.). *Название журнала (англ.)*. Год. Том (V). Номер (N). Диапазон страниц (например, P. 465-472). DOI (например, DOI: 10.13655/1.6.1234567).

#### Ссылки на статьи на русском языке [перевод на английский]:

**1 Фамилия И.О., 2 Фамилия И.О.** Название статьи. *Название журнала*. Год. Том. Номер. Диапазон страниц. [1 Familia I.O., 2 Familia I.O. Перевод названия статьи. *Официальное название на английском языке/Транслитерация названия журнала*. Год. Том (V). Номер (N). Диапазон страниц, например: P. 17-23 (in Russian)].

#### Ссылки на монографии на иностранном языке:

**1 Фамилия И.О. (англ.), 2 Фамилия И.О. (англ.)** *Название книги (англ.)*. Номер переиздания. Город (англ.): Издательство (англ.). Год. Общее число страниц (например: 372 p.)

#### Ссылки на монографии на русском языке [перевод на английский]:



1 Фамилия И.О., 2 Фамилия И.О. *Название монографии*. Город: Издательство. Год. Общее число страниц (например: 456 с.) [1 Familia I.O., 2 Familia I.O. *Перевод названия монографии на англ. язык*. Gorod: Izdatelstvo. God. 456 p. (in Russian)].

#### **Ссылки на интернет-ресурсы:**

Название материала на сайте [сайт]. Название сайта; 2016 [обновлено 19 октября 2016; процитировано 30 октября 2016]. Доступно: <http://www.example.ru>

#### **Примеры оформления ссылок на литературные источники**

##### Литература

1. **Prokof'ev V.Yu., Razgovorov P.B., Gordina N.E.** The adsorption of undesirable impurities from sunflower oil the granulated sorbents based on caolin clay. *Int. J. Food Eng.* 2014. V. 10. N 4. P. 713-720.

2. **Разговоров П.Б., Ситанов С.В., Козлов В.А.** Изучение взаимодействия некоторых затравочных материалов и сложноэфирной составляющей воскоподобных веществ. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2002. Т. 45. Вып. 1. С. 34-37.

3. **Разговоров П.Б., Ситанов С.В.** Экспресс-анализ восков в растительных маслах. *Масложир. пром-сть*. 2009. № 3. С. 21-23.

4. **Разговоров П.Б., Горшков В.К.** Технологическое оборудование отрасли: расчеты в масложировых производствах: учеб. пособие. Иваново: Иван. гос. хим.-технол. ун-т. 2009. 48 с.

##### REFERENCES

1. **Prokof'ev V.Yu., Razgovorov P.B., Gordina N.E.** The adsorption of undesirable impurities from sunflower oil the granulated sorbents based on caolin clay. *Int. J. Food Eng.* 2014. V. 10. N 4. P. 713-720.

2. **Razgovorov P. B., Sitanov S.V., Kozlov V.A.** Investigation of interaction of some priming (fuse) materials and ester component of wax-like compounds. *Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.* 2002. V. 45. N 1. P. 34-37 (in Russian).

3. **Razgovorov P.B., Sitanov S.V.** Express analysis of waxes in vegetable oils. *Maslozhir. promyshl.* 2009. N 3. P. 21-23 (in Russian).

4. **Razgovorov P.B., Gorshkov V.K.** Processing equipment of industry: calculations in oil and fat productions: tutorial. Ivanovo: ISUCT. 2009. 48 p. (in Russian).

**УМНЫЕ КОМПОЗИТЫ  
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**  
SMART COMPOSITE IN CONSTRUCTION



**ТОМ 2, ВЫПУСК 1, 2021** | VOL. 2, ISSUE 1

