

Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]

ISSN 0585-430X

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ<sup>®</sup> №7



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

ИЮЛЬ 2016 г. (739)

## HRIZOPRO - ДОРОГА ДОМОЙ

### СТАБИЛИЗИРУЮЩАЯ ДОБАВКА В ЦМА



[hrizopro.ru](http://hrizopro.ru)

служба клиентской поддержки hrizopro: 8 800 200 53 10



ЗАВОД  
ТЕХПРИБОР

г. Щекино Тульская обл.

ПРЕДЛАГАЕТ

# Автоматизированные мельничные комплексы

## «Трибокинетика-6000»

### для производства минерального порошка



*В 2013 году реализовано  
20 мельничных комплексов*

*«Трибокинетика»!*

*8 (48751) 4-87-27*

*2 года гарантии*

*Сделано в России!*

*2 950 000 р. с НДС*

*✓ В наличии!*

**www.tpribor.ru**

Учредитель журнала:  
ООО Рекламно-издательская  
фирма «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»  
Журнал зарегистрирован  
Министерством РФ по делам  
печати, телерадиовещания  
и средств массовой информации  
ПИ №77-1989  
Входит в Перечень ВАК  
и государственный  
проект РИНЦ

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

## №7

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

Основан в 1955 г.

(739) июль 2016 г.

### Главный редактор:

ЮМАШЕВА Е.И.,  
инженер-химик-технолог,  
почетный строитель России

### Редакционный совет:

РЕСИН В.И.,  
председатель, д-р экон. наук,  
профессор, академик РААСН (Москва)  
БУРЬЯНОВ А.Ф.,  
д-р техн. наук, директор Российской  
гипсовой ассоциации (Москва)  
БУТКЕВИЧ Г.Р.,  
канд. техн. наук, член правления  
Ассоциации «Недра» (Москва)  
ВАЙСБЕРГ Л.А.,  
д-р техн. наук, профессор,  
член-корреспондент РАН  
(Санкт-Петербург)  
ВЕРЕЩАГИН В.И.,  
д-р техн. наук, профессор (Томск)  
ГОРИН В.М.,  
канд. техн. наук, президент Союза  
производителей керамзита и  
керамзитобетона (Самара)  
ЖУРАВЛЕВ А.А.,  
Президент Ассоциации «Недра» (Москва)  
КОРОЛЕВ Е.В.,  
д-р техн. наук, профессор (Москва)  
КРАСОВИЦКИЙ Ю.В.,  
д-р техн. наук, профессор (Воронеж)  
КРИВЕНКО П.В.,  
д-р техн. наук, профессор (Украина)  
ЛЕОНОВИЧ С.Н.,  
д-р техн. наук, профессор (Беларусь)  
ЛЕСОВИК В.С.,  
д-р техн. наук, профессор,  
член-корреспондент РААСН (Белгород)  
ОРЕШКИН Д.В.,  
д-р техн. наук, профессор (Москва)  
ПИЧУГИН А.П.,  
д-р техн. наук, профессор  
(Новосибирск)  
ПУХАРЕНКО Ю.В.,  
д-р техн. наук, профессор,  
член-корреспондент РААСН  
(Санкт-Петербург)  
ФЕДОСОВ С.В.,  
д-р техн. наук, профессор,  
академик РААСН (Иваново)  
ФИШЕР Х.-Б.,  
доктор-инженер (Германия)  
ХЕЛМИ Ш.С.,  
канд. техн. наук (Египет)  
ХОЗИН В.Г.,  
д-р техн. наук, профессор (Казань)  
ЧЕРНЫШОВ Е.М.,  
д-р техн. наук, профессор,  
академик РААСН (Воронеж)  
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.,  
канд. техн. наук (Омск)  
ШТАКЕЛЬБЕРГ Д.И.,  
д-р техн. наук, профессор (Израиль)  
ЯКОВЛЕВ Г.И.,  
д-р техн. наук, профессор (Ижевск)

### Отрасль в современных условиях

Т.А. АБАКУМОВА, Е.И. ЮМАШЕВА

**Системное развитие отечественной науки – залог интереса к ней международного научного сообщества** ..... 4

### Гипсовые строительные материалы

И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, Н.И. КОЖУХОВА, А.В. ЧЕРЕВАТОВА,  
И.Ш. РАХИМБАЕВ, И.В. ЖЕРНОВСКАЯ

**Новые данные о наноразмерном фазообразовании в вяжущей системе «гипс — известь»** ..... 9

В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ, Т.Б. НОВИЧЕНКОВА, А.Ф. БУРЬЯНОВ,  
К.С. ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ, М.Ю. ЗАВАДЬКО

**Получение гипсовых композитов, модифицированных отходом базальтового производства** ..... 13

Г.И. ЯКОВЛЕВ, Т.А. ПЛЕХАНОВА, Э.В. АЛИЕВ

**Магнезиальный бетон, модифицированный полифункциональной добавкой на основе сульфата кальция** ..... 16

Л.И. РЯБОКОНЬ, С.В. БЕДНЯГИН, И.К. ДОМАНСКАЯ

**Гипсоизвестково-шлаковые вяжущие и бетоны на их основе: экспериментальная оценка долговечности** ..... 21

С.В. АНИСИМОВА, А.Е. КОРШУНОВ, Д.Н. ЕМЕЛЬЯНОВ

**Свойства гипсовых суспензий в присутствии водорастворимых акриловых полимеров** ..... 25

**Грунтовки КНАУФ: грамотная подготовка основания – залог успеха отделочных работ (Информация)** ..... 30

**О современных трендах базового выравнивания напольных оснований (Информация)** ..... 32

Н.А. ГАЛЬЦЕВА, А.Ф. БУРЬЯНОВ

**Закладочные смеси на основе синтетического ангидрита из отходов промышленности** ..... 33

### Материалы и конструкции

Л.М. КОЛЧЕДАНЦЕВ, О.Г. СТУПАКОВА, Р.Р. МУСТАФИН

**Совместное влияние повышенной температуры и вида суперпластификатора на удобоукладываемость бетонных смесей** ..... 36

В.С. СЕМЕНОВ, Т.А. РОЗОВСКАЯ, А.Ю. ГУБСКИЙ, Р.Р. ГАРЕЕВА

**Эффективная дисперсно-армированная сухая кладочная смесь** ..... 39

И.М. ТЕРЕЩЕНКО, Б.П. ЖИХ, А.П. КРАВЧУК

**Получение эффективных теплоизоляционных материалов на основе кремнегеля** ..... 45

Е.Г. ЛУКИН, Д.В. РЫГАЕВ, Р.В. МЕТЕЛИЦА, С.М. НЕЙМАН, Л.В. СОБОЛЕВ

**Силикатная краска для хризотилцементных изделий из отечественного сырья** ..... 49

© ООО РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ»,  
журнал «Строительные материалы»®, 2016

Адрес редакции: Россия, 127434, Москва,  
Дмитровское ш., д. 9, стр. 3  
Тел./факс: (499) 976-22-08, (499) 976-20-36  
E-mail: mail@rifsm.ru http://www.rifsm.ru

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений, точность данных по цитируемой литературе и за использование в статьях данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция может опубликовать статьи в порядке обсуждения, не разделяя точку зрения автора. Перепечатка и воспроизведение статей, рекламных и иллюстративных материалов возможны лишь с письменного разрешения главного редактора. Редакция не несет ответственности за содержание рекламы и объявлений.

**Founder of the journal:**  
«STROYMATERIALY»  
Advertising-Publishing Firm, OOO

The journal is registered  
by the RF Ministry of Press,  
Broadcasting and Mass  
Communications,  
PI № 77-1989

# STROYTEL'NYE MATERIALY®

Monthly scientific-technical and industrial journal  
Founded in 1955

№7

(739) July 2016 r.

**Editor-in-chief**

YUMASHEVA E.,  
*engineer-chemist-technologist,  
Honorary Builder of Russia*

**Editorial Board**

RESIN V.,  
*Chairman, Doctor of Sciences (Economy),  
Professor (Moscow)*

BUR'YANOV A.,  
*Doctor of Sciences (Engineering), Director  
of the Russian Association of gypsum  
(Moscow)*

BUTKEVICH G.,  
*Candidate of Sciences (Engineering),  
member of the Board of Association  
«Nedra» (Moscow)*

VAYSBERG L.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Corresponding Member of RAS  
(St. Petersburg)*

VERESHCHAGIN V.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor (Tomsk)*

GORIN V.,  
*Candidate of Sciences (Engineering),  
President of the Union of Haydite and  
Haydite Concrete Producers (Samara)*

ZHURAVLEV A.,  
*President of the Association «Nedra»  
(Moscow);*

KOROLEV E.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor (Moscow)*

KRASOVITSKY Yu.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor (Voronezh)*

KRIVENKO P.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor (Ukraine)*

LEONOVICH S.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor (Belarus, Minsk)*

LESOVIK V.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Corresponding Member of RAACS  
(Belgorod)*

ORESHKIN D.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor (Moscow)*

PICHUGIN A.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor, Member of the Russian Academy  
of Natural Sciences (Novosibirsk),*

PUKHARENKO Yu.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor (St. Petersburg)*

FEDOSOV S.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor, Academician of RAACS  
(Ivanovo)*

FISHER H.-B.,  
*Doctor-Engineer (Germany, Weimar)*

KHELMI Sh. S.,  
*Candidate of Sciences (Engineering)  
(Egypt, Cairo)*

KHOZIN V.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor (Kazan)*

CHERNYSHOV E.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor, Academician of RAACS  
(Voronezh)*

SHLEGEL I.,  
*Candidate of Sciences (Engineering),  
OOO «INTA-Stroy» (Omsk)*

SHTACKELBERG D.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor (Israel)*

YAKOVLEV G.,  
*Doctor of Sciences (Engineering),  
Professor (Izhevsk)*

**Industry under present conditions**

T.A. ABAKUMOVA, E.I. YUMASHEVA

**About Problems of Representation of National Construction Science**

**in International Data Bases** .....4

**Gypsum building materials**

I.V. ZHERNOVSKY, N.I. KOZHUKHOVA, A.V. CHEREVATOVA,  
I.Sh. RAKHIMBAEV, I.V. ZHERNOVSKAYA

**New Data about Nano-Sized Phase Formation**

**in Binding System «Gypsum – Lime»** .....9

V.B. PETROPAVLOVSKAYA, T.B. NOVICHENKOVA, A.F. BUR'YANOV,  
K.S. PETROPAVLOVSKIY, M. YU. ZAVAD'KO

**Production of Gypsum Composites Modified by Waste of Basalt Manufacturing** .....13

G.I. YAKOVLEV, T.A. PLEKHANOVA, E.V. ALIEV

**Magnesia Concrete Modified with a Poly-functional Additive**

**on the Basis of Calcium Sulfate** .....16

L.I. RYABOKON, S.V. BEDNYAGIN, I.K. DOMYANSKAYA

**Gypsum-Lime-Slag Binders and Concretes on their Basis:**

**an Experimental Assessment of Durability** .....21

S.V. ANISIMOVA, A.E. KORSHUNOV, D.N. EMELIANOV

**Properties of Gypsum Suspensions in the Presence**

**of Water Soluble Acrylic Polymers** .....25

**Primers KNAUF: a competent base preparation is a keystone**

**to finishing works success (Information)** .....30

**About the contemporary trends of base levelling of floor bases (Information)** .....32

N.A. GALTSEVA, A.F. BURIANOV

**Stowing Mixtures on the Basis of Synthetic Anhydrite from Industrial Waste** .....33

**Materials and structures**

L.M. KOLCHEDANTSEV, O.G. STUPAKOVA, R.R. MUSTAFIN

**Joint Effect of High Temperature and Superplasticizer**

**on Placeability of Concrete Mixes** .....36

V.S. SEMENOV, T.A. ROZOVSKAYA, A.Yu. GUBSKIY, R.R. GAREEVA

**Effective Disperse Reinforcement Dry Masonry Mix** .....39

I.M. TERESHCHENKO, B.P. ZHIKH, A.P. KRAVCHUK

**Production of Efficient Heat-Insulating Materials on the Basis of Silica Gel** .....45

E.G. LUKIN, D.V. RYGAEV, T.V. METELTSYA, S.M. NEYMAN, L.V. SOBOLEV

**Silicate Paint for Chrysotile Cement Products Made of Domestic Raw Materials** .....49

A.I. ESHCHENKO, B.G. PECHENY, V.L. KURBATOV, B.S. ASELDEROV, A. SHIMAN

**Thermoplastics for Asphalt and Cement Concrete Roads Marking** .....58

L.Yu. MATVEEVA, A.G. SINAYSKIY, E.E. ANDREEVA, A.V. RUMYANTSEVA, P.B. KUKSA

**Damping Waterproofing Material of «Hydrofor» Series on the Basis**

**of Polyisocyanateurethane** .....63

**Editorial address:** 9/3 Dmitrovskoye Highway,  
127434, Moscow, Russian Federation  
**Tel./fax:** (499) 976-22-08, 976-20-36  
**Email:** mail@rifsm.ru <http://www.rifsm.ru>

The authors of published materials are responsible for the accuracy of the submitted information, the accuracy of the data from the cited literature and for using in articles data which are not open to the public. The Editorial Staff can publish the articles as a matter for discussion, not sharing the point of view of the author. Reprinting and reproduction of articles, promotional and illustrative materials are possible only with the written permission of the editor-in-chief. The Editorial Staff is not responsible for the content of advertisements and announcements.

# Строительные материалы № 7

А.И. ЕЩЕНКО, Б.Г. ПЕЧЕНЬИ, В.Л. КУРБАТОВ, Б.С. АСЕЛЬДЕРОВ, А. ШИМАН

Термопластики для разметки асфальтобетонных и цементобетонных покрытий ..... 58

Л.Ю. МАТВЕЕВА, А.Г. СИНАЙСКИЙ, Е.Е. АНДРЕЕВА, А.В. РУМЯНЦЕВА, П.Б. КУКСА

Демпферные гидроизолирующие материалы серии «Гидрофор» на основе полиизоцианатуретана ..... 63

А.А. КРЫЛОВ, Т.Н. ВАХНИНА

Разработка древесно-полимерного композита строительного назначения с добавкой вторичного полиэтилентерефталата ..... 67

В.Е. ЦВЕТКОВ, А.С. ПАСЬКО, А.А. ТЕСОВСКИЙ, О.П. МАЧНЕВА, Ю.А. СЕМОЧКИН

Особенности изготовления декоративных бумажно-слоистых пластиков на основе меламиноформальдегидных смол ..... 71

С.А. УГРЮМОВ, А.В. ОСЕТРОВ

Древесно-стружечные плиты на основе модифицированных фенолформальдегидных связующих ..... 74

## Stroitel'nye Materialy No. 7

A.A. KRYLOV, T.N. VAKHNINA

Development of a Wood-Polymeric Composite of Construction Appointment with Addition of Secondary Polyethyleneterephthalate ..... 67

V.E. TSVETKOV, A.S. PAS'KO, A.A. TESOVSKY, O.P. MACHNEVA, Yu.A. SEMOCHKIN

Peculiarities of Producing Decorative Paper-Laminated Plastics on the Basis of Melamine-Formaldehyde Resins ..... 71

S.A. UGRYUMOV, A.V. OSETRV

Wood Chipboards on the Basis of Modified Phenol-Formaldehyde Binders ..... 74

### Уважаемые коллеги!

Подписку на журнал «Строительные материалы»®  
всегда можно оформить через редакцию.

Для этого необходимо прислать заявку в произвольной форме  
по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36 или по эл. почте: mail@rifsm.ru.

В заявке надо указать название организации (для выставления счета),  
юридический и почтовый адреса, телефон и контактное лицо.

Открыта подписка на электронную версию журнала:

<http://rifsm.ru/page/5/>



На почте подписку можно оформить:

По объединенному каталогу «Пресса России»

индекс **70886**



По каталогу агентства «Роспечать»

индекс **79809**

Оставайтесь  
с нами!

Т.А. АБАКУМОВА, инженер-технолог (tamara.rifsm@gmail.com),

Е.И. ЮМАСHEВА, инженер-химик-технолог (mail@rifsm.ru)

ООО РИФ «Стройматериалы» (127434, г. Москва, Дмитровское ш., 9, стр. 3, оф. 225)

## О проблемах отображения отечественной строительной науки в международных базах данных

Представлена попытка проанализировать публикационную активность ученых, работающих в области строительства, в международном научном пространстве. В качестве одной из причин малого количества публикаций в высокорейтинговых зарубежных изданиях приводится локальный характер исследований для решения инженерных задач, не имеющих международного значения. Проведен описательный анализ российских публикаций в высокорейтинговых иностранных изданиях за период 1996–2015 гг. с использованием данные базы Scopus. Выявлено, что присутствие российских авторов в топ-журналах приближается к 1,5‰ (промилле). Сделаны выводы, что наличие международной коллаборации увеличивает средние показатели цитируемости статей. Также поднимается вопрос о необходимости оптимизации требований по публикационной активности ученых прикладных научных направлений, изменении концепции научных исследований в области архитектуры и строительства.

**Ключевые слова:** публикационная активность, цитируемость, библиометрические индексы, международные индексы цитирования.

T.A. ABAKUMOVA, Engineer-Technologist (tamara.rifsm@gmail.com), E.I. YUMASHEVA, Engineer-Chemist-Technologist (mail@rifsm.ru)

ООО РИФ «Stroymaterialy» (9, bld. 3, Off. 225, Dmitrovskoe shosse, 127434, Moscow, Russian Federation)

### About Problems of Representation of National Construction Science in International Data Bases

An attempt to analyze the publishing activity of scientists, working in the field of construction, in the international scientific space is presented. As one of the reasons for a small number of publications in highly-rated foreign editions, a local character of studies for solution of engineering problems not having the international value is specified. The describing analysis of Russian publications in highly-rated foreign editions for the period of 1996–2015 was made with the use of the Scopus data base. It is revealed that the presence of Russian authors in the top-journals approaches 1.5‰ (promille). Conclusions are made that the availability of international collaboration increases the average indexes of articles quoted. The question is also raised about the need to optimize requirements for publishing activity of scientists of applied scientific directions, to change the concept of scientific research in the field of architecture and construction.

**Keywords:** publishing activity, citation, bibliometric indexes, international citation indexes.

Направления науки, отнесенные в Научной электронной библиотеке (<http://elibrary.ru/>) к тематике «Строительство. Архитектура», являются в значительной мере прикладными, т. е. основная часть исследований направлена на практическое решение различных технических задач. Значительная доля российских ученых занимаются разработками, востребованными внутри страны в регионах с уникальными климатическими, ландшафтными, геодезическими и др. факторами. Зачастую результаты таких исследований не могут быть широко применены, тем более в мировом масштабе, и до недавнего времени их результаты публиковались либо в региональных, либо в национальных изданиях и необходимости печатать статью в иностранном журнале аналогичного профиля объективно не было. При этом будем иметь в виду, что научные достижения российской и советской школы материаловедения в области строительства всегда были известны и высоко ценились мировым научным сообществом. Исследования российских и советских ученых, имеющие интернациональное значение, становились достоянием зарубежных специалистов посредством публикаций в зарубежных журналах и выступлений на международных научных мероприятиях. Также существовала практика перевода отечественных научно-технических журналов и издания их за рубежом, т. е. нельзя говорить о «замкнутости» отечественного строительного материаловедения.

Несколько лет назад государство, как основной инвестор российской науки, озаботилось эффективностью вкладываемых средств, а также ее местом и ролью в мировом масштабе.

Для начала Решением Президиума ВАК № 45.1-132 от 14 октября 2008 г. были изменены принципы формирования Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой сте-

пени доктора и кандидата наук, который на тот момент включал 1485 изданий. Впервые для журналов были сформулированы весьма жесткие качественные требования.

Затем Министерством образования и науки РФ был издан приказ № 406 от 14 октября 2009 г. «Об утверждении Типового положения о комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения, и типовой методики оценки результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения», в котором количество опубликованных статей и ссылок на них стали оценочными критериями результативности научной деятельности.

Поскольку возникла необходимость в публикациях, ученые мобилизовались и начали публиковаться. Анализ данных табл. 1 показывает значительный рост количества публикаций авторов по тематике «Строительство. Архитектура» в ведущих российских изданиях в период 2009–2011 гг.

Не успели ученые свыкнуться с мыслью, что надо публиковать много статей, как появились новые критерии оценки деятельности ученых. Согласно Распоряжению Правительства РФ от 08.12.2011 № 2227-р «Об утверждении Стратегии инновационного развития Российской Федерации на период до 2020 года» и Указу Президента Российской Федерации от 7 мая 2012 г. № 599 «О мерах по реализации государственной политики в области образования и науки», оценка исследовательской деятельности производится в том числе при помощи библиометрических показателей, которые оценивают научный вклад ученых или организаций исходя из количества публикаций в научных периодических изданиях и количества полученных ими цитирований. Публикационные и

Таблица 1

Журнал	Количество цитирований	Количество статей							Всего за 2009–2015 гг.
		2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	
Строительные материалы	13382	261	230	220	224	201	168	175	1479
ПГС	6755	198	124	224	269	274	224	161	1474
Вестник МГСУ	6033	249	421	787	434	333	259	188	2671
Жилищное строительство	3764	65	91	91	101	119	103	123	693
Инженерно-строительный журнал	3265	76	74	83	95	88	66	62	544
Строительная механика и расчет сооружений	2584	86	86	83	91	87	67	79	579
Основания, фундаменты и механика грунтов	2015	38	37	37	41	41	38	34	266
Инженерная геология	1598	40	32	33	35	42	39	38	259
Вопросы инженерной сейсмологии	904	20	19	21	21	20	19	21	141
International Journal for Computational Civil and Structural Engineering	486	42	54	31	51	64	61	52	355
Общее количество статей		1075	1168	1610	1362	1269	1044	933	<b>8461</b>

**Примечание.** Выбраны журналы, вошедшие в Российский индекс научного цитирования (Russian Science Citation Index) по тематике «Строительство. Архитектура»; расположены в порядке убывания количества цитирований.

цитатные показатели рассматриваются как индикаторы состояния науки [1, 2].

Однако применение библиометрических индексов требует большой осторожности. Они могут создавать искаженное представление о действительном вкладе научных работников в связи со сложностью и многогранностью оцениваемого понятия. Также может появиться соблазн для научных сотрудников прибегать к «новым технологиям» для повышения показателя, по которому осуществляется ранжирование [3].

Обращение к данным табл. 1 за 2012–2015 гг., показывает, что количество статей, ежегодно публикуемых ведущими российскими журналами по тематике «Строительство. Архитектура», пройдя пик 2011 г., стабилизировалось, не смотря на существенный рост общего количества статей.

Не вдаваясь в подробности, которые могут стать предметом отдельной статьи «о публикации статей», отметим, что спрос, как водится, породил предложение: существенно возросло количество журналов, сборников и трудов конференций. Только изданий, входящих в Перечень ВАК, стало вдвое больше, по сравнению с 2009 г.

К чему же привел искусственный рост публикационной активности? Так, по мнению П.Ю. Чеботарева, д-ра физ.-мат. наук, старшего научного сотрудника Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, многие статьи выходят с ошибками: от ложных «теорем» до неверной атрибуции результатов, не говоря о «ляпах». Научный приоритет всерьез не проверяется: в областях с мощным потоком публикаций это затруднительно. Качество рецензирования падает.

Кроме того, все спешат. Спешит автор: ему надо опубликовать за год как можно больше статей. Спешит редактор: ему нужно справиться с растущим потоком статей и выбрать те, что принесут ссылки за два года (иные «бесполезны»). Спешит рецензент: во-первых, его ждет собственная работа; во-вторых, пока он будет разбираться со статьей, его завалят новыми, а не всегда удобно отказывать. Спешит и читатель: у него на чтение почти нет времени. Многие уже не читают, а только пролистывают работы, на которые ссылаются. Наука превратилась в гонку за числом публикаций и ростом библиометрических индексов [4]. И удивляться не приходится.

Деятельность любого ученого в России (вне зависимости от его специализации), как правило, регламентируется несколькими параметрами. К числу наиболее значимых следует отнести обязательства в рамках научных исследований, финансируемых из различных государственных источников: государственное задание,

РФФИ, ФЦП и др. Одним из решающих показателей, по которым оцениваются академические вузы и институты, является публикационная активность авторов-сотрудников, их видимость в международных базах цитирования, таких как Scopus (Нидерланды), Web of Science (США) и др. [5, 6].

Например, в рамках государственного задания Минобрнауки РФ в среднем в год необходимо опубликовать 4–5 статей в журналах, индексируемых в Scopus, и минимально одну в журналах, входящих в WoS. Таких проектов у одного ученого может быть два-три одновременно. А если вспомнить о невозможности одновременного финансирования одного и того же проекта, следовательно, тематики исследований, финансируемых из различных источников, отличаются. Количество необходимых публикаций увеличивается в разы. В конкурсах, организованных Российским научным фондом, *вообще не фигурируют* публикации в ВАКовских журналах. В «зачет» идут только публикации в журналах, индексируемых базами Scopus и Web of Science (WoS), как при заявочной оценке проекта и коллектива, так и при отчетности в случае выигрыша. Более того, даже опубликованные в означенных журналах статьи могут быть не зачтены ввиду низкого рейтинга журнала в базах цитирования.

Что же собой представляет публикация в международном издании и какие трудности могут возникнуть у автора на пути к заветной публикации? По оценкам специалистов, основной и самой значительной сложностью является объективная оценка, являются ли достижения такими важными, чтобы поделиться ими с международным научным сообществом. Вторая трудность – отсутствие языковых компетенций. Не все авторы, тем более которые занимаются наукой в региональных вузах России, обладают знанием английского языка на должном уровне. Другие препятствия: отсутствие навыков академического письма; информационной и библиографической работы с научными источниками; отсутствие опыта подготовки международных и национальных публикаций [5, 6]. Немаловажным фактором также является размер регистрационного взноса за статью (Journal submission fees), который у некоторых высокорейтинговых изданий доходит до 1000 евро и более, а также различные накладные расходы: услуги по подготовке англоязычного текста, за обработку изображений, форматирование текста в соответствии с требованиями редакции и т. д. Эти расходы автор несет еще до рецензирования, соответственно, публикация не гарантирована.

Итак, до 2011 г. у ученых, работающих в области строительства, не было директивной необходимости массово

Таблица 2

Объем публикаций в журналах 1-го квартиля (SJR, 2015)							
США	13962	Иран	1334	Израиль	451	Колумбия	153
Китай	6794	Португалия	1255	Таиланд	438	Румыния	145
Великобритания	5319	Швейцария	1137	Новая Зеландия	405	Иордания	130
Канада	3755	Сингапур	1135	Финляндия	396	Сербия	120
Италия	3149	Греция	1113	Южная Африка	312	Пакистан	119
Австралия	2736	Швеция	1086	Мексика	309	Венгрия	116
Франция	2672	Нидерланды	984	Австрия	299	Вьетнам	112
Южная Корея	2601	Бразилия	918	Чехия	289	Тунис	104
Япония	2387	Бельгия	822	Ирландия	228	Кувейт	102
Испания	2175	Дания	743	ОАЭ	222	Литва	99
Гонконг	2105	Египет	651	Словения	218	Словакия	98
Турция	2029	Польша	610	Аргентина	210	Ирак	94
Германия	1553	Малайзия	559	Алжир	206	Хорватия	93
Индия	1544	Норвегия	506	Ливан	178	Кипр	93
Тайвань	1384	Саудовская Аравия	470	Чили	167	Российская Федерация	<b>91</b>

публиковать результаты своих исследований в зарубежных журналах. Как же изменилась ситуация после появления такой необходимости?

Для оценки видимости российских исследователей, работающих в области строительной науки, в международном информационном пространстве проанализировано:

1. Как часто российские исследователи попадают в топ-журналы из индекса Scopus?

2. Как этот объем менялся за последние два десятилетия?

3. Как выглядят другие (не-англоязычные) страны в рейтингах?

Данный анализ проводился по журналам с наиболее высокими показателями цитируемости. Это обусловлено в первую очередь тем, что именно эти журналы приносят наибольшее количество цитат и публикации в них способны оказать наибольшее воздействие на позиции учреждений в академических рейтингах. И во-вторых – среди изданий в нижних квартилях рейтинга Scopus могут быть материалы конференций, в которые авторам попасть существенно легче, чем опубликовать полноценную исследовательскую статью.

Было выбрано 37 журналов (предметная область – инженерия (engineering); предметная категория – строительство (building and construction)), представленных в первом квартиле рейтинга журналов Scopus с показателями 2015 г., опубликованном на сайте лаборатории Scimago (<http://scimagojr.com/journalrank.php?category=215&area=2200&year=2015>).

Из всех представленных журналов 19 зарегистрировано в Великобритании, 8 – в США, 6 – в Нидерландах, по одному журналу в Германии, Дании, Японии и Китае. Отметим, что страна регистрации часто не отражает связи журнала с национальным научным сообществом, а указывает на принадлежность журнала к коммерческому издателю: 11 журналов издаются крупнейшим в мире провайдером научно-технической информации – медиахолдингом Elsevier, 4 из них под импринтом Pergamon Press; 6 журналов – группой Informa Ltd., 3 – под импринтом Taylor & Francis; 5 журналов выпускаются American Society of Civil Engineers; по два журнала – издательствами American Concrete Institute, ICE Publishing и Earthscan Publications Ltd; 9 журналов выпускают Springer, John Wiley&Sons Inc., SAGE Publications, Kluwer Academic Publishers.

На рисунке показана динамика роста публикаций в выбранных журналах за период 1996–2015 гг.

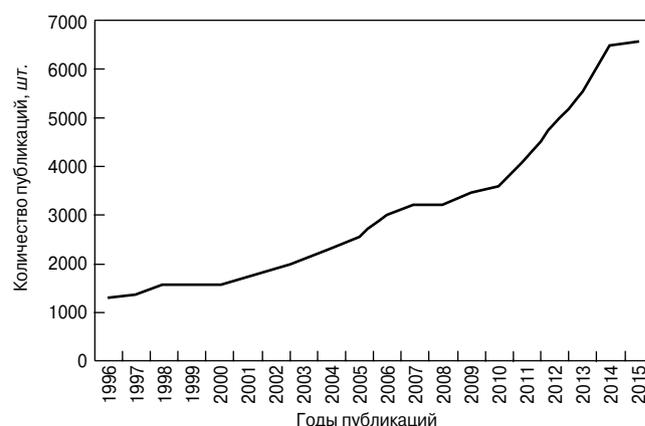
Всего за выбранный период опубликовано 62236 статей из 158 стран мира. 2505 (4%) статей не содержат информации об аффилиации, что не позволяет судить об их географическом происхождении. С участием авторов из России опубликована 91 статья, что соответствует 60-й позиции в рейтинге стран по общему количеству публикаций в указанных журналах.

В табл. 2 представлены данные базы Scopus по объемам публикаций авторов из разных стран в выбранном квартиле журналов за период 1996–2015 гг. Обратим внимание, что количество ежегодно публикуемых статей в журналах первой квартиле Scopus примерно соответствует аналогичному показателю российских высокорейтинговых журналов по тематике «Строительство. Архитектура».

Статьи российских авторов опубликованы только в 19 журналах из 37 выбранных.

Из 91 статьи российских ученых 47 были написаны с участием зарубежных коллег (табл. 3), они напечатаны в 14 журналах. Статьи, написанные без участия зарубежных коллег, были опубликованы также в 14 журналах. Размер выборки не позволяет говорить о влиянии коллаборации на попадание в отдельные журналы.

Рассмотрим показатели цитируемости публикаций российских ученых (табл. 4). Данные табл. 4 показывают, что статей с международным соавторством примерно такое же количество, как и статей, написанных только российскими авторами, и их средний возраст совпадает. И хотя в наборах присутствуют сравнимые количества



Динамика роста публикаций статей за период 1996–2015 гг.

**Таблица 3**

	Название журнала	Количество статей за период 1996–2015 гг.	Без зарубежных соавторов	С соавторами	Всего статей с российской аффилиацией	SJR
		<b>62236</b>	<b>44</b>	<b>47</b>	<b>91</b>	
1	Cement And Concrete Research	4221	2	5	7	3,826
2	Cement And Concrete Composites	1937	1	1	2	3,017
3	Building And Environment	4061				2,121
4	ACI Structural Journal	2084				2,088
5	Energy And Buildings	5059	8	4	12	2,073
6	Journal Of Composites For Construction	1105				2,051
7	Tunnelling And Underground Space Technology	1692	3	1	4	2,023
8	Journal Of Constructional Steel Research	2868	4		4	1,746
9	Indoor Air	630				1,666
10	Thin-Walled Structures	2319	2	2	4	1,647
11	Structural Safety	638	1	1	2	1,609
12	Construction And Building Materials	7213	5	14	19	1,606
13	Automation In Construction	1815	1	2	3	1,571
14	Structural Control And Health Monitoring	695	1		1	1,549
15	Building Research And Information	529				1,433
16	Journal Of Structural Engineering	3887				1,431
17	ACI Materials Journal	1345	1		1	1,43
18	International Journal Of Refrigeration	2908	12	10	22	1,421
19	Bulletin Of Earthquake Engineering	881				1,395
20	Georisk	187	1		1	1,299
21	Journal Of Earthquake Engineering	939				1,272
22	Journal Of Building Performance Simulation	218				1,231
23	Journal Of Construction Engineering And Management- ASCE	2166		1	1	1,219
24	Materials And Structures/Materiaux Et Constructions	2492		2	2	1,136
25	Journal Of Building Physics	223				1,073
26	Building Simulation	279				1,054
27	Journal Of Bridge Engineering	1524				1,038
28	Construction Management And Economics	1643				0,967
29	Journal Of Materials In Civil Engineering	2340		2	2	0,965
30	Magazine Of Concrete Research	1364		1	1	0,955
31	Journal Of Advanced Concrete Technology	419		1	1	0,941
32	Structural Concrete	393	2		2	0,874
33	Proceedings Of The Institution Of Civil Engineers: Ground Improvement	205				0,732
34	Advances In Building Energy Research	104				0,724
35	PCI Journal	1056				0,716
36	Structure And Infrastructure Engineering	666				0,699
37	Architectural Engineering And Design Management	131				0,696

**Таблица 4**

	Средний возраст, лет	Количество статей, шт.	h-индекс (без учета самоцитирования)	Количество цитат на одну статью, шт.	Доля процитированных статей, %
Без зарубежных соавторов	8	44	11	=280/44 (6,36)	=26/44 (59%)
С зарубежными соавторами	8	47	11	=525/47 (11,17)	=39/47 (83%)

высокоцитируемых публикаций, на что указывают одинаковые значения h-индекса, тем не менее участие зарубежных соавторов серьезно увеличивает процент процитированных работ и количество цитат на одну статью.

Обратим внимание на группу из 18 журналов, в которых российские авторы не опубликовали ни одной статьи, и рассмотрим географическую принадлежность тех авторов, которые отметились работами в этих журналах. С 1996 по 2015 г. в данных 18 журналах было опубликовано 20165 статей (около 33% от общего числа) из 123 стран, включая Мозамбик и Вануату. Очевидно, что отсутствие статей российских авторов не может быть объяснено ни региональным характером журналов, ни какими-то исключительно высокими требованиями к уровню исследований. Скорее всего главной причиной является отсутствие потребностей интеграции собственных работ «местного значения» в международное информационное пространство.

#### Основные выводы.

- Присутствие российских авторов в топ-журналах базы данных Scopus (верхний квартиль рейтинга SJR 2015) приближается к 1,5% (проценту).
- По общему количеству публикаций в выбранных журналах Россия занимает в рейтинге стран 60-е место.
- 55% статей с участием российских авторов написаны совместно с зарубежными коллегами.
- Наличие международной коллаборации увеличивает средние показатели цитируемости.
- В 18 из 37 выбранных журналов российские авторы за 20 лет не опубликовали ни одной статьи, хотя аудитория авторов этих журналов представлена 123 странами.

Прошло несколько лет с момента, когда у российских ученых, в том числе работающих в области архитектуры и строительства, появилась настоятельная необходимость публиковать статьи в зарубежных журналах. Как показала практика, «мобилизация ресурсов», ориентированная просто на написание статей, которая во многих вузах и научных институтах выражалась в создании внутренних требований, в лучшем случае подкрепленных перспекти-

#### Список литературы

1. Писляков В.В. Методы оценки научного знания по показателям цитирования // *Социологический журнал*. 2007. № 1. С. 128–140.
2. Третьякова О.В., Кабакова Е.А. Возможности и перспективы использования индексов цитирования в оценке результатов деятельности научного учреждения // *Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз*. 2013. № 6 (30). С. 189–200.
3. Алескеров Ф.Т., Катаева Е.С., Писляков В.В., Якуба В.И. Оценка вклада научных работников методом порогового агрегирования // *Управление большими системами. Специальный выпуск 44: «Наукометрия и экспертиза в управлении наукой»*. 2013. С. 172–189.
4. Чеботарев П.Ю. Наукометрия: как с ее помощью лечить, а не калечить? // *Управление большими системами. Специальный выпуск 44: «Наукометрия и экспертиза в управлении наукой»*. 2013. С. 14–31.
5. Арефьев П.Г. Публикационная активность, возможности роста научного продукта и традиционный русский вопрос «Что делать?» // *Университетская книга*. 2013. № 8. С. 49–55.
6. Арефьев П.Г. Публикационная активность: возможности роста за счет деятельности авторов // *Университетская книга*. 2013. № 9. С. 80–86.
7. Roberts G.G. SET for Success: the supply of people with science, technology, engineering and mathematic skills: The report of Sir Gareth Roberts' Review / G.G. Roberts. London: HM Treasury, 2002. — URL: [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/d/robertsreview\\_introch1.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/d/robertsreview_introch1.pdf). — Date of access: 01.06.2016.

вой премирования за публикацию «вскопусе», оказалась малоэффективной, особенно в прикладных направлениях архитектуры и строительства. Ученые, у которых был научный задел, довольно быстро «исписались», при этом статьи часто направлялись в низкорейтинговые издания, даже в сборники трудов конференций, лишь бы «вскопусе». Средства, выделяемые организациями на стимулирование публикаций в журналах, индексируемых в зарубежных базах, иссякли быстро. При этом новых научных исследований, достойных международных публикаций, практически не прибавилось.

Напрашивается вывод, что следует менять концепцию организации научных исследований и представления их результатов научному сообществу, в том числе международному.

Аналогичные проблемы решали многие зарубежные страны на разных этапах развития. Ведь быть лидером в экономике можно только постоянно внедряя инновации во всех сферах деятельности, а инновации без научных исследований сами по себе не возникают [7]. И только высокопрофессиональные исследователи с глубокими предметными знаниями, широким кругозором, навыками работы с большими информационными массивами и международных коммуникаций способны обеспечить стране те самые инновации. Но такие кадры надо растить целенаправленно и системно посредством непрерывного образования и повышения квалификации. И конечно же, посредством востребованности научных разработок в своей стране. А это немалые целевые инвестиции, а не объединение вузов, слияние кафедр, увольнение квалифицированных преподавателей...

*Авторы благодарят Научную электронную библиотеку eLIBRARY.RU, за организацию конференций «SCIENCE ONLINE: электронные информационные ресурсы для науки и образования», благодаря участию в которых авторы получили доступ к статистическим данным и другим информационным материалам, использованным при подготовке статьи. Особая благодарность А.В. Лутай (Elsiver) за внимание к исследованию и участие в обсуждении.*

#### References

1. Pislyakov V.V. Methods for evaluation of scientific knowledge in terms of citation. *Sotsiologicheskii zhurnal*. 2007. No. 1, pp. 128–140. (In Russian).
2. Tret'yakova O.V., Kabakova E.A. Opportunities and prospects of citation indexes in evaluating the results of a scientific institution. *Ekonomicheskie i sotsial'nye peremennyye: fakty, tendentsii, prognoz*. 2013. No. 6 (30), pp. 189–200. (In Russian).
3. Aleskerov F.T., Kataeva E.S., Pislyakov V.V., Yakuba V.I. Evaluation researchers contribution threshold aggregation method. *Upravlenie bol'shimi sistemami. Spetsial'nyi vypusk 44: «Naukometriya i ekspertiza v upravlenii naukoj»*. 2013, pp. 172–189. (In Russian).
4. Chebotarev P.Yu. Scientometrics: how it can help to heal, not to maim? *Upravlenie bol'shimi sistemami. Spetsial'nyi vypusk 44: «Naukometriya i ekspertiza v upravlenii naukoj»*. 2013, pp. 14–31. (In Russian).
5. Aref'ev P.G. Publication activity, the possibility of a scientific product growth and the traditional Russian question “What to do?” *Universitetskaya kniga*. 2013. No. 8, pp. 49–55. (In Russian).
6. Aref'ev P.G. Publication activity: growth opportunities due to the activity of authors. *Universitetskaya kniga*. 2013. No. 9, pp. 80–86. (In Russian).
7. Roberts G.G. SET for Success: the supply of people with science, technology, engineering and mathematic skills: The report of Sir Gareth Roberts' Review / G.G. Roberts. London: HM Treasury, 2002. — URL: [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/d/robertsreview\\_introch1.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/+http://www.hm-treasury.gov.uk/d/robertsreview_introch1.pdf). — Date of access: 01.06.2016.

УДК 666.914:691.51

И.В. ЖЕРНОВСКИЙ, канд. геол.-мин. наук, Н.И. КОЖУХОВА, канд. техн. наук,  
 А.В. ЧЕРЕВАТОВА, д-р техн. наук, И.Ш. РАХИМБАЕВ, канд. техн. наук,  
 И.В. ЖЕРНОВСКАЯ, инженер-исследователь

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова (308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46)

## Новые данные о наноразмерном фазообразовании в вяжущей системе «ГИПС — ИЗВЕСТИ»

Рассматривается возможность появления в продуктах фазообразования нового минерального вида – водного сульфокarbonата кальция – рапидкрикита  $\text{Ca}_2(\text{SO}_4)\text{CO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  на примере вяжущей системы – гипсоизвесткового вяжущего. На основании достаточно высоких значений анизотропных профильных параметров рапидкрикита установлен достаточно малый размер кристаллитов этой фазы в направлении, нормальном удлинению кристаллов (001). Это позволяет с определенной паллиативностью рассматривать минеральные образования рапидкрикита как 1D-наночастицы.

**Ключевые слова:** гипсоизвестковое вяжущее, рапидкрикит.

I.V. ZHERNOVSKY, Candidate of Sciences (Geology and Mineralogy), N.I. KOZHUKHOVA, Candidate of Sciences (Engineering),  
 A.V. CHEREVATOVA, Doctor of Sciences (Engineering), I.Sh. RAKHIMBAEV, Candidate of Sciences (Engineering), I.V. ZHERNOVSKAYA, research engineer  
 Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (46, Kostyukova Street, 308012, Belgorod, Russian Federation)

### New Data about Nano-Sized Phase Formation in Binding System «Gypsum – Lime»

The possibility of the appearance of a new mineral species such as sulfo-calcium carbonate – rapidcreekite  $\text{Ca}_2(\text{SO}_4)\text{CO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  in products of the phase formation is considered on the example of the binding system – a gypsum-lime binder. On the basis of quite high values of anisotropic profile parameters of rapidcreekite, a quite small size of crystallites of this phase in the direction normal for crystals growth has been established (001). This makes it possible to consider the mineral formations of rapidcreekite as 1D nano-particles with certain palliatively.

**Keywords:** gypsum-lime binder, rapidcreekite.

Вопросы фазо- и минералообразования при твердении вяжущих любых типов твердения всегда находились в области интересов строительного материаловедения. Известно, какое значение уделял Х.Ф.У. Тейлор созданию всеобъемлющей сводки гидросиликатов кальция, образующихся в процессах естественного и гидротермального синтеза силикатных вяжущих<sup>1</sup>.

Соответствие распространенности минеральных образований в природных парагенезисах их техногенным аналогам представляет собой весьма неоднозначную данность. Так, самый широко распространенный в техногенезе строительных материалов портландит довольно редко встречается в природных минеральных реализациях [1]. Некоторые техногенные минералы вообще не имеют природных аналогов, например четырехкальциевый алюминат. При этом факт присутствия тех или иных минеральных видов в природных парагенетических ассоциациях, у которых есть близкие аналоги в техногенном минералообразовании, позволяет рассматривать возможность их присутствия и в техногенных парагенезисах. Особый интерес представляют вторичные минералы низкотемпературного происхождения в минеральных ассоциациях, аналогичных техногенным вяжущим системам, так как в этом случае сама природа наглядно демонстрирует, какие процессы трансформации минерального состава могут происходить в подобных системах под воздействием экзогенных факторов.

В качестве примера можно привести достаточно простую вяжущую систему – гипсоизвестковое вяжущее. В системе  $\text{CaO}-\text{SO}_3-\text{CO}_2-\text{H}_2\text{O}$  каждый компонент – известь и полуводный гипс (бассанит) твердеют по индивидуальным маршрутам, не образуя тройных соединений в поле составов  $\text{CaO}-\text{SO}_3-\text{CO}_2$ . При этом даже упрощенно-формальный анализ этой системы приводит к мысли о возможности тройного (гидратно-

го) соединения. Кроме ожидаемых минеральных новообразований – двуводного гипса (результат гидратации гипса полуводного) и кальцита (продукт гидратации извести с последующей карбонизацией) в этой системе теоретически может формироваться тройная водосодержащая фаза – гидросульфокarbonат кальция. Она может возникнуть как продукт взаимодействия гидратных форм сульфатного и карбонатного компонентов вяжущей системы. Если принять гидрат карбоната кальция в форме гидрокальцита, то результат взаимодействия можно представить в виде брутто-формулы:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{CaCO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}_2(\text{SO}_4)(\text{CO}_3) \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  (рис. 1). Любопытно, что минерал с таким составом еще в 1986 г. был утвержден Комиссией по новым минералам Международной минералогической ассоциации (КМА ММА) и называется рапидкрикит (Rapidcreekite) [2].

Рапидкрикит был обнаружен в природе в ограниченном числе мест, при этом он, как правило, находится в ассоциации с гипсом и карбонатными минералами. Минерал первоначально был описан А. Робертсом с соавторами [2] на железорудном месторождении в районе Рапид-Крик (Rapid Creek) (Юкон, Канада). Затем он был обнаружен в шахте Иоганна (Johann) (Шварцвальд, Германия) в совершенно другой геохимической обстановке (U–Со минерализованная зона) [3]. В этом случае рапидкрикит находился в ассоциации с камгаситом ( $\text{CaMg}(\text{AsO}_4)(\text{OH}) \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), кальцитом, моногидрокальцитом и гипсом. Железосодержащие минералы в этом случае отсутствовали.

Весьма подробное описание находок рапидкрикита с момента открытия до настоящего времени изложено в работе [4]. Недавно рапидкрикит был обнаружен в цементном камне, где он образовался как результат карбонизации этtringита [5].

<sup>1</sup> В Интернете имеется вариант его рукописи «Structure and composition of hydrates» для VII Конгресса по химии цемента: <http://mycommittees.api.org/standards/ecs/sc10/Committee Documents/Studies of Calcium Carbonate in Slurries/Taylor and Roy.pdf> (дата обращения 01.07.2016).

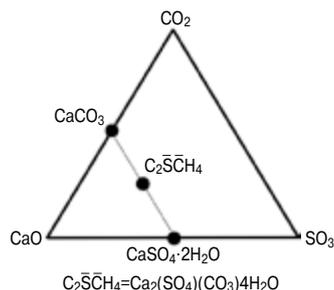


Рис. 1. Диаграмма минеральных новообразований гипсоизвесткового вяжущего. Ось H<sub>2</sub>O не представлена для упрощения схемы

Кристаллографические параметры рапидкрикита

	по [7]	по [5]
Простр. гр.	$P_{cnb}$	$P_{cnb}$
$a, \text{Å}$	15,517	15,524
$b, \text{Å}$	19,226	19,218
$c, \text{Å}$	6,1646	6,161
$V, \text{Å}^3$	1839,084	1838,074
Z (число формульных единиц в элементарной ячейке)	8	8
$\rho_{расч}, \text{г/см}^3$	2,227	2,228

Кристаллическая структура рапидкрикита решалась монокристалльными методами дважды. В работе М. Купера [6] структура рапидкрикита была решена без локализации атомов водорода. Позднее это было выполнено Б. Онаком с соавторами [4].

Рапидкрикит принадлежит к ромбической сингонии. Имеет тонкоигольчатый облик. Кристаллы удлинены в направлении (001). Кристаллы прозрачные или беловатого цвета [4]. Основные кристаллографические параметры рапидкрикита на основании работ [4, 6] приведены в таблице.

Кристаллическая структура рапидкрикита слоистая. Основу слоев составляют ленты из гипсоподобных цепей сдвоенных 8-вершинных координационных полиэдров Са–О. Плоские карбонатные группы выполняют роль дополнительных связей между Са–О полиэдрами внутри лент (рис. 2, а). В слои ленты связаны исключительно через тетракоординированные сульфат-группы (рис. 2, б). Ленты ориентированы в направлении (001), что соответствует морфологии кристаллов рапидкрикита.

Уместно задать вопрос: почему при высокой вероятности образования рапидкрикита он не обнаруживался (или не замечался?) в техногенных минеральных системах? Причина такой «скрытности» рапидкрикита заключается в его почти изоструктурности с гипсом. Это выражается в том, что отражения гипса и рапидкрикита имеют очень близкие угловые (брегговские) положения.

При этом отражения рапидкрикита практически неразличимы на фоне отражений гипса. Авторы [5] для уверенной диагностики рапидкрикита в смеси с гипсом и карбонатами предлагают использовать рамановскую спектроскопию.

Приводить в статье таблицу межплоскостных расстояний и относительных интенсивностей отражений

рапидкрикита не имеет смысла, поскольку она довольно подробно представлена на сайте American Mineralogist Crystal Structure Database, <http://ruff.geo.arizona.edu/AMS/amcsd.php> (дата обращения 01.07.2016).

В настоящей работе для проверки предположения о возможности формирования рапидкрикита в гипсоизвестковом вяжущем была приготовлена смесь полуводного гипса марки Г-7 и негашеной извести 1:1. Вяжущее твердело на воздухе при комнатной температуре в течение суток.

В качестве инструментального метода обнаружения рапидкрикита был использован полнопрофильный количественный РФА.

Рентгенограммы были получены на рентгеновской рабочей станции WorkStation ARL 9900 (Co<sub>Kα</sub>-излучение) в Центре Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова. В качестве программного обеспечения количественного полнопрофильного РФА использовалась программа DDM v. 1.95e [7]. В качестве структурных моделей анализируемых фаз были использованы: гипс (2057-ICSD), портландит (202226-ICSD), кальцит (80869-ICSD), α-кварц (174-ICSD) и рапидкрикит (82493-ICSD).

Полнопрофильная DDM-диаграмма с результатами количественного РФА приведена на рис. 3.

Из полученных величин концентраций кристаллических компонентов гипсоизвесткового вяжущего следует, что образовавшийся рапидкрикит является продуктом карбонатизации гипса.

Таким образом, на основании приведенных результатов можно сделать заключение о возможности образования рапидкрикита при твердении в естественных условиях гипсоизвесткового вяжущего. К некоторой осторожности в выводах авторский коллектив приводит отсутствие спектральных данных по рамановскому

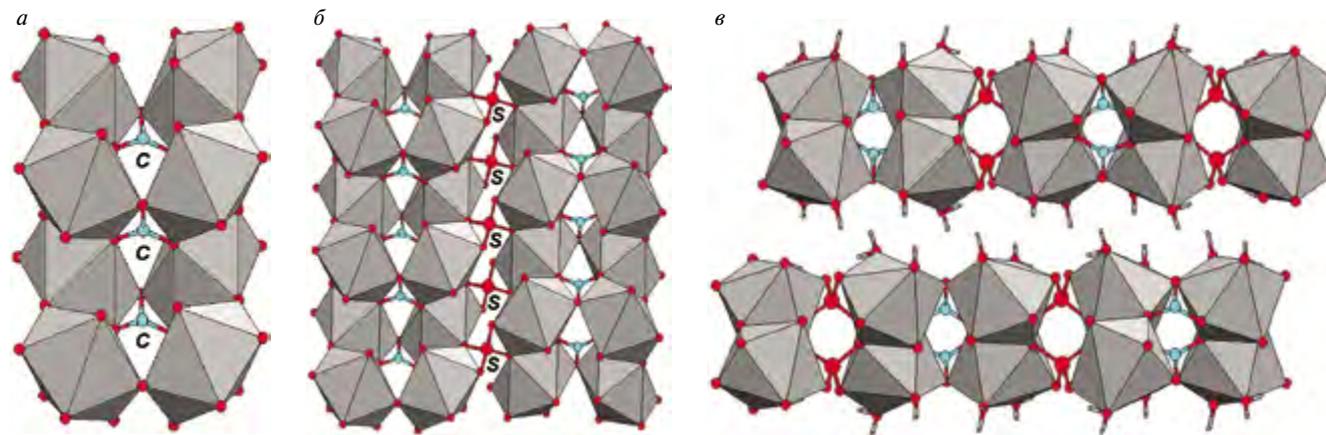


Рис. 2. Кристаллическая структура рапидкрикита: а – лента из сдвоенных Са–О 8-вершинников (проекция на плоскость (100)); б – слой из Са–О лент (проекция на плоскость (001)); в – слоистая структура рапидкрикита (показаны молекулы воды в вершинах Са–О полиэдров, проекция на плоскость (001))

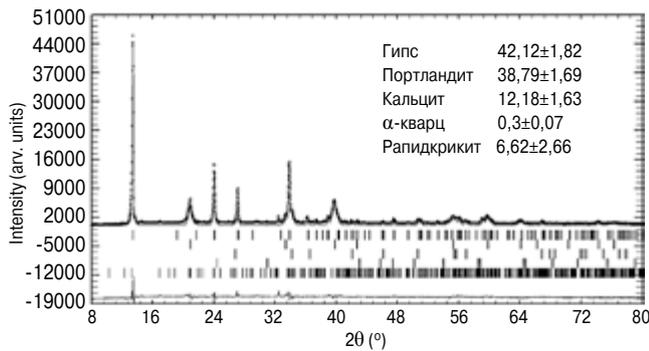


Рис. 3. Результат количественного РФА гипсоизвесткового вяжущего

рассеянию для комплексного и более однозначного анализа. Тем не менее предварительные результаты расчетов термодинамической устойчивости рапидкрикита показали принципиальную возможность его образования в описываемой системе. Планируется, что это будет предметом обсуждения в последующих публикациях.

Относительно размерных параметров образований рапидкрикита следует заметить, что исходя из достаточно высоких значений анизотропных профильных пара-

#### Список литературы

1. Бетехтин А.Г. Минералогия. М.: Государственное издание геологической литературы. 1950. 956 с.
2. Roberts A.C., Ansell H.G., Jonasson I.R., Grice J.D., Ramik R.A. Rapidcreekite, a new hydrated calcium sulfate-carbonate of the Rapid Creek area Yukon Territory // *Canadian Mineralogist*. 1986. No. 24, pp. 51–54.
3. Walenta K., Dunn P.J. Camgasit, ein neues Calcium-Magnesiumarsenatmineral der Zusammensetzung  $\text{CaMg}(\text{AsO}_4)(\text{OH})\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  von Wittichen im mittleren Schwarzwald // *Aufschluss*. 1989. No. 40, pp. 369–372.
4. Onac B.P., Effenberger H.S., Wynn J.G., Povara I. Rapidcreekite in the sulfuric acid weathering environment of Diana Cave, Romania // *American Mineralogist*. 2013. No. 98, pp. 1302–1309.
5. Martínez-Ramírez S., Fernández-Carrasco L. Carbonation of ternary cement systems // *Construction and Building Materials*. 2012. No. 27, pp. 313–318.
6. Cooper M.A., Hawthorne F.C. The crystal structure of rapidcreekite,  $\text{Ca}_2(\text{SO}_4)(\text{CO}_3)(\text{H}_2\text{O})_4$ , and its relation to the structure of gypsum // *The Canadian Mineralogist*. 1996. No. 34, pp. 99–106.
7. Solovyov L.A. Full-profile refinement by derivative difference minimization // *Journal of Applied Crystallography*. 2004. No. 37, pp. 743–749.
8. Фишер Х.-Б., Рихерт Х., Бурьянов А.Ф., Лесовик В.С., Строкова В.В. Перекристаллизация частиц гипса. *Современные строительные материалы, технологии и конструкции: Сборник материалов Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова»*. Грозный. 2015. С. 248–253.
9. Бурьянов А.Ф., Фишер Х.-Б., Яковлев Г.И. Перспективы модификации структуры и свойств гипсовых материалов углеродными наноструктурами // *Международная научная заочная конференция «Образование в XXI веке»*. Тверь. 2013. С. 125–129.
10. Бурьянов А.Ф., Гордина А.Ф., Полянских И.С., Токарев Ю.В., Сеньков С.А. Водостойкие гипсовые материалы, модифицированные цементом, микрокремнеземом и наноструктурами // *Строительные материалы*. 2014. № 6. С. 35–37.
11. Чернышева Н.В., Агеева М.С., Эльян Исса Жамал Исса, Дребезгова М.Ю. Влияние минеральных доба-

метров этой фазы можно сделать вывод о достаточно малом размере кристаллитов в направлении, нормальном удлинению кристаллов (001). Это позволяет с определенной паллиативностью рассматривать минеральные образования рапидкрикита как 1D-наночастицы. Тематика настоящего сообщения совершенно не позволяет обсуждать прочностные «последствия» образования этой фазы в матрице вяжущей субстанции, вероятно, их и не будет, с учетом твердости рапидкрикита по Моосу, неотличимой от гипса. Кроме того, абсолютно открытым остается вопрос об устойчивости и растворимости рапидкрикита [5].

Тем не менее образование наноразмерных 1D-кристаллов рапидкрикита в процессе естественной карбонизации основного компонента вяжущего показывает достаточно прямой путь *in situ* образования сингенетичных вяжущему дисперсно-армирующих наносистем без введения извне [8–13].

Работа выполнена в рамках служебного задания по з/б теме № А-27/15 Программы стратегического развития БГТУ им. В.Г. Шухова на 2012–2016 годы (№ 2011-ПП-146. Мероприятие 2 «Модернизация научно-исследовательского процесса и инновационной деятельности») с использованием оборудования на базе Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

#### References

1. Betekhtin A.G. Mineralogia [Mineralogy]. Moscow: Gosudarstvennoe izdanie geologicheskoy literatury. 1950. 956 pp.
2. Roberts A.C., Ansell H.G., Jonasson I.R., Grice J.D., Ramik R.A. Rapidcreekite, a new hydrated calcium sulfate-carbonate of the Rapid Creek area Yukon Territory. *Canadian Mineralogist*. 1986. No. 24, pp. 51–54.
3. Walenta K., Dunn P.J. Camgasit, ein neues Calcium-Magnesiumarsenatmineral der Zusammensetzung  $\text{CaMg}(\text{AsO}_4)(\text{OH})\cdot 5\text{H}_2\text{O}$  von Wittichen im mittleren Schwarzwald. *Aufschluss*. 1989. No. 40, pp. 369–372.
4. Onac B.P., Effenberger H.S., Wynn J.G., Povara I. Rapidcreekite in the sulfuric acid weathering environment of Diana Cave, Romania. *American Mineralogist*. 2013. No. 98, pp. 1302–1309.
5. Martínez-Ramírez S., Fernández-Carrasco L. Carbonation of ternary cement systems. *Construction and Building Materials*. 2012. No. 27, pp. 313–318.
6. Cooper M.A., Hawthorne F.C. The crystal structure of rapidcreekite,  $\text{Ca}_2(\text{SO}_4)(\text{CO}_3)(\text{H}_2\text{O})_4$ , and its relation to the structure of gypsum. *The Canadian Mineralogist*. 1996. No. 34, pp. 99–106.
7. Solovyov L.A. Full-profile refinement by derivative difference minimization. *Journal of Applied Crystallography*. 2004. No. 37, pp. 743–749.
8. Fisher H.-B., Rikhert H., Bur'yanov A.F., Lesovik V.S., Strokovva V.V. Recrystallization of gypsum particles. *Modern construction materials, technologies and designs: the collection of materials of the International scientific and practical conference devoted to FGBOU VPO'S 95 anniversary of «GGNTU of the academician M.D. Millionshchikov»*. Grozny. 2015, pp. 248–253. (In Russian).
9. Bur'yanov A.F., Fisher H.-B., Yakovlev G.I. Prospects of modification of structure and properties of plaster materials by carbon nanostructures. *International scientific correspondence conference «Education in XXI a Century»*. Tver'. 2013, pp. 125–129. (In Russian).
10. Gordina A.F., Polyanskikh I.S., Tokarev Yu.V., Bur'yanov A.F., Sen'kov S.A. Waterproof Gypsum Materials Modified by Cement, Microsilica, and Nanostructures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2014. No. 6, pp. 35–37. (In Russian).
11. Chernysheva N.V., Ageeva M.S., El'yan Issa Zhamal Issa, Drebezgova M.Yu. Influence of mineral additives of

вок различного генезиса на микроструктуру гипсоцементного камня // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2013. № 4. С. 12–18.

12. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Алтынник Н.И., Жерновский И.В., Осадчий Е.Г. Фазообразование в системе цемент–известь–кремнезем в гидротермальных условиях с использованием наноструктурированного модификатора // *Строительные материалы*. 2013. № 9. С. 30–33.
13. Строкова В.В., Сумин А.В., Нелюбова В.В., Шаповалов Н.А. Модифицированное вяжущее с использованием наноструктурированного минерального компонента // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2015. № 3. С. 36–39.

various genesis on a microstructure of a gipsotsementny stone. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2013. No. 4, pp. 12–18. (In Russian).

12. Strokov V.V., Nelyubova V.V., Altynnik N.I., Zhernovskiy I.V., Osadchiy E.G. Phase Formation in Cement-Lime-Silica System under Hydrothermal Conditions with the Use of a Nanostructured Modifier. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 9, pp. 30–33. (in Russian).
13. Strokov V.V., Sumin A.V., Nelyubova V.V., Shapovalov N.A. Modified knitting with use of the nanostructured mineral component. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2015. No. 3, pp. 36–39. (In Russian).

**ИНФОРМАЦИЯ**

# Новое – хорошо забытое старое.

## КНАУФ и МГСУ возрождают традицию студенческой производственной практики

Производственная практика — практическая часть учебного процесса подготовки квалифицированных специалистов, проходящая, как правило, на различных предприятиях в условиях реального производства. Во время производственной практики происходит закрепление и конкретизация результатов теоретического учебно-практического обучения, приобретение студентами умения и навыков практической работы по присваиваемой квалификации и избранной специальности.

К сожалению, в последние годы студенческая практика стала во многом носить формальный характер, что негативно сказывалось на профессиональной подготовке выпускников.

Группа КНАУФ СНГ, крупнейший производитель строительных и отделочных материалов, и Московский государственный строительный университет, ведущий строительный ВУЗ России, решили возродить традицию неформальной технологической практики для студентов Института строительства и архитектуры.

Объектом для проведения студенческой практики был выбран строящийся с 2008 г. на пожертвования граждан и меценатов храм преподобного Андрея Рублева в Раменках

(Москва). С 4 по 31 июля будущие архитекторы, прорабы и инженеры-строители будут проводить отделочные работы в помещениях храма, под руководством опытных специалистов на практике осваивать навыки по работе с новыми материалами в качестве штукатуров и монтажников каркасно-обшивных конструкций.

Программа практики рассчитана на студентов 2 курса специальностей «Архитектура» и «Промышленное и гражданское строительство» и охватывает широкий спектр знаний и навыков по внутренней и внешней отделке зданий любой сложности, включая практическое обучение и мастер-классы преподавателей Учебного центра КНАУФ.

Компания КНАУФ в качестве благотворительной помощи предоставила строительные отделочные материалы для отделки потолков и стен, среди которых КНАУФ-лист, потолочный КНАУФ-профиль, а также штукатурка «Ротбанд», грунтовка и все необходимые комплектующие для монтажа.

Официальное открытие практики состоялось 4 июля с участием директора Института строительства и архитектуры МГСУ М.Н. Поповой, руководителя службы корпоративных коммуникаций группы КНАУФ СНГ Л.М. Лося, представителя Союза архитекторов России С.В. Ка-

чанова, генерального директора генподрядчика строительства ЗАО «Элин» В.М. Ярова.

По мнению М.Н. Поповой, возведение храмов – это не только поле для творчества архитекторов и строителей, но серьезный вклад в духовность. Для студентов прохождение практики в храме – это уникальный опыт и большая ответственность.



УДК 691.335

В.Б. ПЕТРОПАВЛОВСКАЯ<sup>1</sup>, канд. техн. наук, Т.Б. НОВИЧЕНКОВА<sup>1</sup>, канд. техн. наук;  
 А.Ф. БУРЬЯНОВ<sup>2</sup>, д-р техн. наук; К.С. ПЕТРОПАВЛОВСКИЙ<sup>1</sup>, инженер, М.Ю. ЗАВАДЬКО<sup>1</sup>, студентка

<sup>1</sup> Тверской государственный технический университет (170023, г. Тверь, наб. Афанасия Никитина, 22)

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

## Получение гипсовых композитов, модифицированных отходом базальтового производства

Приведены данные исследований по модифицированию гипсовых композитов. Введение в состав гипсового вяжущего отхода производства базальтового волокна позволяет улучшить структуру композита и повысить его прочностные характеристики. По результатам исследований установлено, что свойства гипсовых композитов, модифицированных высокодисперсными частицами базальтовой пыли, зависят как от гранулометрического состава смеси, так и от водогипсового отношения.

**Ключевые слова:** базальтовое волокно, базальтовая пыль, гипс.

V.B. PETROPAVLOVSKAYA<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), T.B. NOVICHENKOVA<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering);  
 A.F. BUR'YANOV<sup>2</sup>, Doctor of Sciences (Engineering); K.S. PETROPAVLOVSKIY<sup>1</sup>, Engineer, M. YU. ZAVAD'KO<sup>1</sup>, student

<sup>1</sup> Tver State Technical University (22, Afanasiy Nikitin Embankment, Tver, 170026, Russian Federation)

<sup>2</sup> National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl'skoe Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

### Production of Gypsum Composites Modified by Waste of Basalt Manufacturing

Data on the studies of modification of gypsum composites are presented. Introduction of the waste of basalt fiber manufacturing to the composition of gypsum binder makes it possible to improve the composite structure and its strength characteristics. It is established on the basis of study results that the properties of gypsum composites modified by high-disperse particles of the basalt dust depend both on the granulometric composition of the mixture and water-gypsum ratio.

**Keywords:** basalt fiber, basalt dust, gypsum.

Современный уровень развития производства требует большого количества сырья и различных источников энергии, и строительная отрасль в этом вопросе не является исключением. Задачи строительства с точки зрения интенсивного подхода — создание энергоэффективных и безопасных материалов по малозатратным технологиям, но для внедрения на рынок не меньшую значимость имеют доступность и невысокая стоимость материалов для потребителей. Такого результата можно добиться путем разработки новых материалов и модификации традиционных путем использования минеральных отходов различных производств.

В настоящее время значительное распространение получили гипсовые отделочные материалы. Их применение позволяет улучшить микроклимат в помещении, повысить звукоизолирующую способность ограждающих конструкций. Кроме того, гипсовые материалы экологически безопасны, не требуют больших затрат энергии при производстве.

К недостаткам гипсовых отделочных материалов можно отнести их хрупкость и достаточно высокую плотность, что отражается на массе изделий и обуславливает трудности транспортировки и монтажа. Повышения прочности гипсовых материалов, а следовательно, снижения толщины плитных изделий можно добиться путем армирования [1–4].

В работе исследована возможность получения гипсового состава с армирующим компонентом в виде отхода промышленности — высокодисперсной базальтовой пыли, образующейся в процессе производства базальтового волокна.

Базальт обладает стабильностью свойств, долговечностью, средней твердостью, стойкостью к агрессивным средам и используется во многих отраслях промышленности, таких как строительство, судостроение, автомобилестроение, это подтверждает большое потребление изделий из базальтового волокна и, как следствие, значительные объемы отходов производства [5–7].

Базальтовая пыль — отход производства базальтовых волокон, не утилизируемый в настоящее время в реальном производстве; обладает теми же физико-химическими свойствами, что и само волокно, а следовательно, определяет его как перспективный материал для получения новых строительных материалов на его основе.

В работе в качестве основного материала применялся высокопрочный гипс Самарского гипсового комбината и завода «СтройКом» (Краснодарский край).

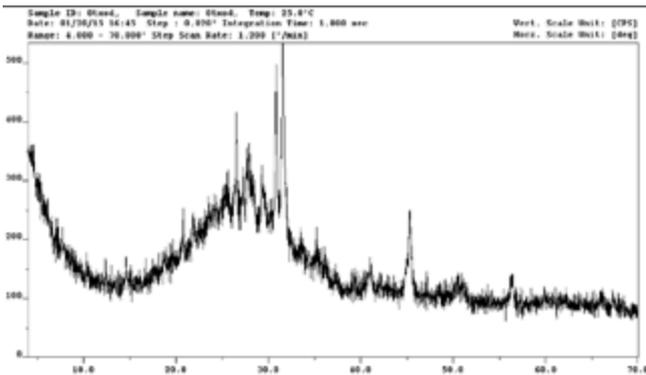
В качестве армирующей добавки использовалась базальтовая пыль — отход пылеудаления производства базальтового волокна (Тверская обл.) (рис. 1).

Исследованиями состава отхода базальтового производства установлено присутствие 60% аморфной составляющей (рис. 2), что подтверждается увеличением фоновой интенсивности при  $d = 2,5–3,4 \text{ \AA}$ .

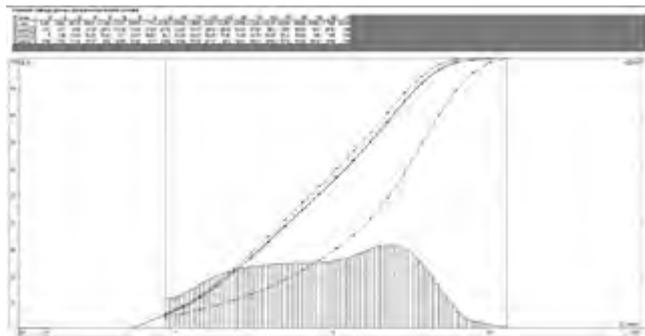
Исследования свойств гипсового модифицированного композита проводились по стандартным методикам на образцах-балочках размером  $40 \times 40 \times 160 \text{ мм}$ , испытанных в соответствии с требованиями ГОСТ 23789–79 «Вязущие гипсовые. Методы испытаний».



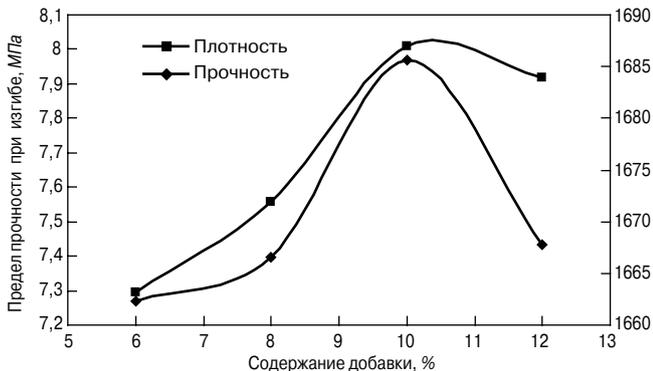
Рис. 1. Базальтовая пыль — отход производства базальтового волокна



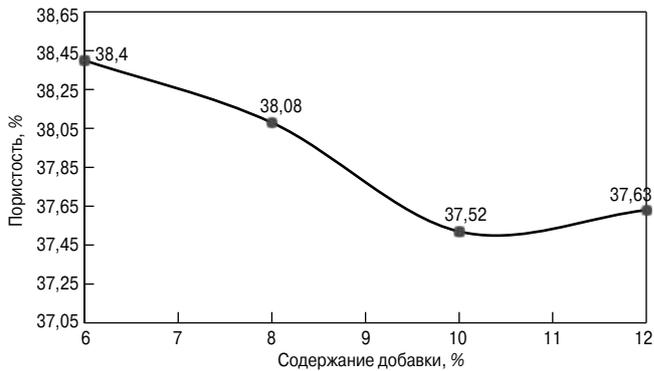
**Рис. 2.** Дифрактограмма образцов базальтовой пыли



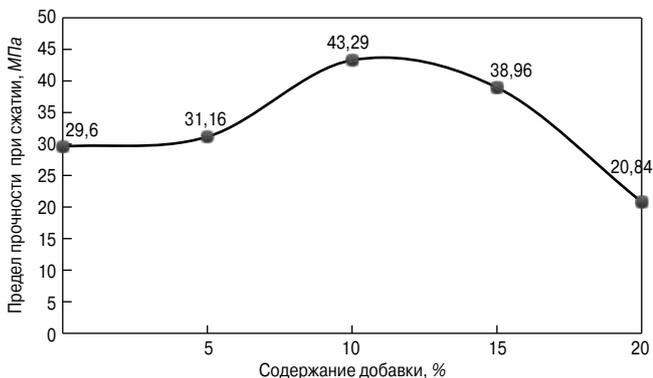
**Рис. 5.** Дифференциальное и интегральное распределение частиц по размерам в составе смеси модифицированного гипсового камня от содержания добавки базальтовой пыли



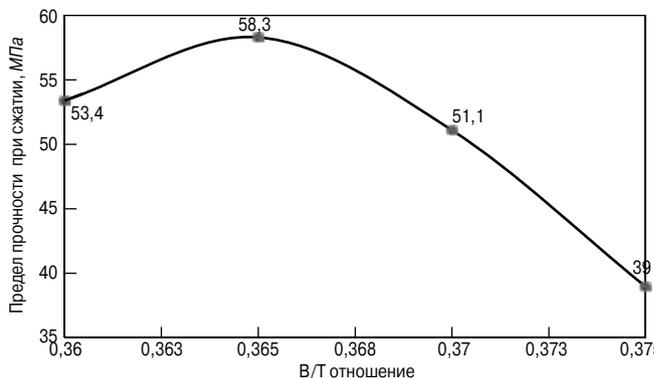
**Рис. 3.** Зависимость прочности при изгибе и средней плотности модифицированного гипсового камня от содержания добавки базальтовой пыли



**Рис. 6.** Зависимость пористости модифицированного гипсового камня от содержания добавки базальтовой пыли



**Рис. 4.** Зависимость прочности при сжатии модифицированного гипсового камня от содержания добавки базальтовой пыли



**Рис. 7.** Влияние V/T отношения на прочность при сжатии модифицированного гипсового камня с добавкой базальтовой пыли

Определение распределения частиц в образцах пыли производилось методом лазерной дифракции согласно ISO 13320-1:2009 «Анализ размера частиц. Методы лазерной дифракции» на лазерном микроанализаторе размеров частиц Analysette 22.

Средний размер частиц базальтовой пыли —  $d_{50} = 24,866$  мкм, максимальный размер частиц —  $d_{99} = 111,743$  мкм, доля частиц менее 2 мкм составляет 9,66 мас. %.

Водогипсовое отношение варьировалось от 0,36 до 0,375 с шагом 0,05, содержание базальтовой пыли составило от 6 до 10%.

В работе выполнены экспериментальные исследования зависимости физико-механических характеристик гипсовых композитов от содержания базальтовой добавки.

Предел прочности при изгибе гипсового композита при введении модифицирующей добавки повысился в среднем на 10% (рис. 3), что обусловлено в первую очередь участием базальтовой добавки в физико-химических превращениях при твердении модифицированного

гипсового камня, что объясняется химической однородностью веществ, участвующих в процессе структурообразования.

Наибольшее значение прочности при изгибе гипсового камня достигается при содержании базальтовой пыли в количестве 10% и составляет 7,96 МПа, средняя плотность камня при этом 1687 кг/м<sup>3</sup>.

Однако в большей степени влияние добавки базальтового отхода отражается на прочности при сжатии (рис. 4), которая увеличивается практически в два раза по сравнению с бездобавочными образцами гипсового материала. Оптимальное количество добавки составляет 10%.

Дифференциальное и интегральное распределение частиц по размерам в бинарной смеси гипсового вяжущего и добавки базальтовой пыли оптимального гранулометрического состава, полученного с использованием программного комплекса «Компьютерная программа подбора оптимального гранулометрического состава заполнителя строительного композиционного материала», приведено на рис. 5.

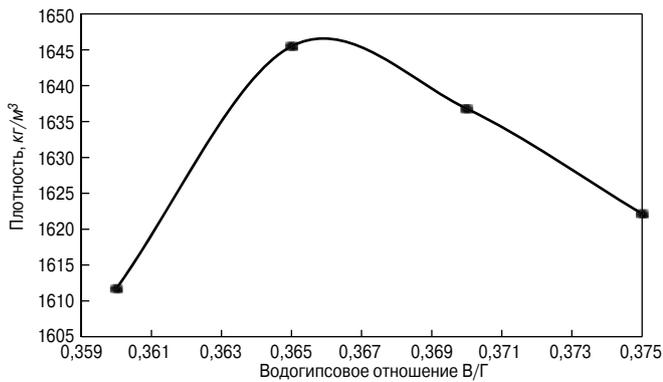


Рис. 8. Влияние В/Г отношения на среднюю плотность модифицированного гипсового камня с добавкой базальтовой пыли

#### Сравнительный анализ фазового состава гипсовых композитов, мас. %

Образец	Двуводный гипс	Полуводный гипс	Ангидрит II	Доломит	Кварц	Аморфная фаза
Бездобавочный гипс	97,2	–	2,8	–	–	–
Гипс с базальтовой пылью	86,5	–	2,6	0,9	–	10

Исследования совместного влияния содержания добавки базальтовой пыли и водотвердого отношения на прочность при сжатии показали, что оптимальное водотвердое отношение соответствует значению 0,365, что ниже паспортного значения водопотребности для данного вяжущего. По-видимому, гладкая поверхность частиц базальтовой пыли способствует улучшению удобоукладываемости сырьевой смеси гипсового композита, а следовательно, снижению водопотребности и пористости гипсового камня и повышению его прочности (рис. 6, 7).

По результатам данных исследований установлено, что свойства гипсовых композитов, модифицированных высокодисперсными частицами базальтовой пыли, зависят как от гранулометрического состава смеси, так и от водогипсового отношения.

Наибольшая прочность – 58 МПа достигается при водогипсовом отношении 0,365, при этом наибольшая средняя плотность материала составляет 1647 кг/м<sup>3</sup> (рис. 8). Малое водосодержание (менее 0,365) не обеспечивает необходимой удобоукладываемости смеси, а при излишнем водосодержании (более 0,365) в системе повышается пористость и снижается плотность и прочность. Улучшение свойств гипсовых материалов, модифицированных базальтовой пылью, обусловлено получением более плотной упаковки частиц за счет присутствия в системе полугидрата высокодисперсных частиц базальта, а также участием базальтового отхода в процессе структурообразования модифицированного гипсового камня (см. таблицу).

Таким образом, проведенными исследованиями установлена возможность получения эффективных гипсовых составов с повышенными эксплуатационными свойствами за счет введения модифицирующей минеральной добавки в виде отхода производства базальтового волокна, что, несомненно, позволит обеспечить строительную индустрию материалами высокого качества, производство и эксплуатация которых отвечает требованиям интенсивного подхода.

#### Список литературы

1. Белов В.В., Бурьянов А.Ф., Яковлев Г.И. и др. Модификация структуры и свойств строительных

композитов на основе сульфата кальция. М.: Де Нова, 2012. 196 с.

2. Бондаренко Д.О., Строкова В. В., Рыкунов А.М., Нелюбова В.В. К вопросу об эффективности шлаков как компонента композиционных вяжущих // *Современные строительные материалы, технологии и конструкции: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО ГНТУ им. акад. М.Д. Миллионщикова*. 2015. С. 134–139.
3. Токарев Ю.В., Гинчицкий Е.О., Яковлев Г.И., Бурьянов А.Ф. Эффективность модификации гипсового вяжущего углеродными нанотрубками и добавками различной дисперсности // *Строительные материалы*. 2015. № 6. С. 84–87.
4. Рахимов Р.З., Халиуллин М.И., Гайфуллин А.Р. Композиционные гипсовые вяжущие с использованием керамзитовой пыли и доменных шлаков // *Строительные материалы*. 2012. № 7. С. 13–15.
5. Хежев Х.А., Пухаренко Ю.В. Гипсобетонные композиты, армированные базальтовыми волокнами // *Вестник гражданских инженеров*. 2013. № 2. С. 152–156.
6. Могнонов Д.М., Аюрова О.Ж., Ильина О.В., Шестаков Н.И., Мангутов А.Н., Буянтуев С.Л., Битувев А.В. Улучшение деформационно-прочностных свойств асфальтобетона базальтовыми волокнами // *Строительные материалы*. 2012. № 10. С. 28–30.
7. Бабаев В.Б., Строкова В.В., Нелюбова В.В. Базальтовое волокно как компонент для микроармирования цементных композитов // *Вестник Белгородского государственного университета им. В.Г. Шухова: БГТУ*. 2012. № 4. С. 58–61.

#### References

1. Belov V.V., Bur'yanov A.F., Yakovlev G.I. etc. Modifikatsiya struktury i svoistv stroitel'nykh kompozitov na osnove sul'fata kal'tsiya [Modification of structure and properties of construction composites on the basis of calcium sulfate]. Moscow: De Nova. 2012. 196 p. (In Russian).
2. Bondarenko D.O., Strokov V.V., Rykunov A.M., Nelyubova V.V. To a question of efficiency of slags as component of composite knitting. *Modern construction materials, technologies and designs: materials of the International scientific and practical conference devoted to FGBOU VPO'S 95 anniversary of GGNTU of the academician M.D. Millionshchikov*. 2015, pp. 134–139. (In Russian).
3. Tokarev Yu.V., Ginchitskiy E.O., Yakovlev G.I., Bur'yanov A.F. Efficiency of modification plaster knitting carbon nanotubes and additives of various dispersion. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 6, pp. 84–87. (In Russian).
4. Rakhimov R.Z., Khaliullin M.I., Gayfullin A.R. Composite Gypsum Binders with the Use of Claudite Dust and Blast-Furnace Slags. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 7, pp. 13–15. (In Russian).
5. Hezhev H.A., Pukharenko Yu.V. Gypsum concrete the composites reinforced by basalt fibers. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov*. 2013. No. 2, pp. 152–156. (In Russian).
6. Mognonov D.M., Ayurova O.Zh., I'ina O.V., Shestakov N.I., Mangutov A.N., Buyantuev S.L., Bituev A.V. Improvement of strength properties of the asphalt concrete with basalt fibers. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 10, pp. 28–30. (In Russian).
7. Babayev V.B., Strokov V.V., Nelyubova V.V. Basalt fiber as a component for microreinforcing of cement composites. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta imeni V.G. Shukhova*. 2012. No. 4. pp. 58–61. (In Russian).

Г.И. ЯКОВЛЕВ, д-р техн. наук (gyakov@istu.ru),  
Т.А. ПЛЕХАНОВА, канд. техн. наук, Э.В. АЛИЕВ, канд. техн. наук

Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова  
(426069, Удмуртская Республика, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7)

## Магнезиальный бетон, модифицированный полифункциональной добавкой на основе сульфата кальция

Рассмотрено влияние полифункциональной добавки на основе сульфатов кальция и железа (карфосидерита) в качестве модификатора при производстве магнезиальных бетонов с заполнителем из металлургического шлака. Данный бетон обладает повышенными физико-механическими свойствами, что подтверждается методами физико-химических исследований. Установлено влияние полифункциональной добавки на изменение минералогического состава полученного бетона и формирование его микроструктуры. Разработанный состав модифицированного магнезиального бетона имеет показатель прочности при сжатии 110 МПа. Коэффициент размягчения модифицированного магнезиального бетона составил 0,92, что позволяет использовать его в качестве конструкционного материала, работающего при влажных условиях эксплуатации.

**Ключевые слова:** каустический магнезит, сульфат кальция, полифункциональная добавка, карфосидерит, металлургический шлак.

G.I. YAKOVLEV, Doctor of Sciences (Engineering) (gyakov@istu.ru),  
T.A. PLEKHANOVA, Candidate of Sciences (Engineering), E.V. ALIEV, Candidate of Sciences (Engineering)  
Kalashnikov Izhevsk State Technical University (7, Studencheskaya Street, Izhevsk, 426069, Russian Federation)

### Magnesia Concrete Modified with a Poly-functional Additive on the Basis of Calcium Sulfate

The influence of a poly-functional additive on the basis of sulfates of calcium and iron (carphosiderate) as a modifier for manufacturing magnesia concretes with a filler of metallurgical slag is considered. This concrete has improved physical-mechanical properties that are confirmed by methods of physical-chemical studies. The effect of the polyfunctional additive on the change in the mineralogical composition of the concrete obtained and on the formation of its micro-structure is established. The developed composition of modified magnesia concrete has a compressive strength value of 110 MPa. The softening coefficient of modified magnesia concrete is 0.92 that makes it possible to use it as structural material operating under wet conditions.

**Keywords:** caustic magnesite, calcium sulfate, polyfunctional additive, carphosiderate, metallurgical slag.

Всемирные тенденции развития строительного материаловедения направлены на разработку ресурсосберегающих технологий при производстве современных строительных материалов с максимальным использованием техногенных отходов. Получение высоких физико-механических характеристик достигается за счет использования высококачественного сырья и введения в состав сырьевой смеси активных добавок, что значительно повышает стоимость получаемых материалов. В связи с этим является актуальной задача утилизации техногенных отходов, образующихся при производстве магнезиальных огнеупоров для разработки высокопрочного магнезиального бетона. Магнезиальные бетоны отличаются высокими прочностными характеристиками, но при этом обладают низкой водостойкостью, что значительно ограничивает область их применения [1]. В связи с этим основным направлением в области развития магнезиальных бетонов является разработка составов с повышенной водостойкостью и морозостойкостью за счет использования различных добавок. Самым эффективным способом является использование химически активных добавок, которые одновременно снижают водопотребность смеси и выступают в роли модификаторов структуры. Как правило, полифункциональные добавки содержат пластификатор или гиперпластификатор и химически активный компонент [2]. Известно также, что непосредственное влияние на прочностные характеристики магнезиальных бетонов оказывает плотность и химический состав затворителя [3, 4]. Наиболее эффективными затворителями являются растворы  $MgCl_2$  и  $MgSO_4$ . Работа связана с разработкой состава высокопрочного магнезиального бетона с повышенной водостойкостью на основе техногенных

отходов с использованием полифункциональной добавки, что позволит расширить область применения магнезиальных бетонов и одновременно снизить экологическую нагрузку на регион.

В исследованиях использовался каустический магнезит производства ОАО «Комбинат Магнезит» г. Сатка (Россия), соответствующий марке ПМК-75 ГОСТ 1216–87. В качестве полифункциональной добавки использовались синтетический ангидрит (фторангидрит – порошкообразный попутный продукт производства плавиковой кислоты), соответствующий ТУ5744-132-05807960–98, и ультрадисперсный техногенный железистый кек (карфосидерит). В качестве заполнителя применялся металлургический шлак НЗ горно-металлургической компании «Норильский Никель». Для затворения магнезиальной бетонной смеси использовался водный раствор хлорида магния (бишофит) плотностью  $\rho = 1,16 \text{ г/см}^3$ . При проведении экспериментов фторангидрит крупных фракций подвергался помолу и просеиванию на сите 0,16 мм, металлургический шлак подвергался отсеиванию, и в экспериментах использовались фракции с размером частиц шлака не более 2,5 мм.

Химический состав каустического магнезита представлен следующими оксидами: содержание  $MgO$  не менее 75%;  $SiO_2$  не более 4,5%;  $CaO$  не более 3,5%.

Химический состав фторангидрита, %:  $CaO$  – 35–36,55;  $CaF_2$  – 2,2–5;  $SiO_2$  – 2,6–3,4;  $Al_2O_3$  – 0,5–0,7;  $Fe_2O_3$  – 0,2–0,95;  $SO_3$  – 46,65–59,5.

Химический состав железистого кека (карфосидерита), мас. %:  $Fe_2O_3$  – 49,83;  $H_2O$  – 16,86;  $SO_3$  – 33,31.

Железистый кек является дисперсным отходом galvanического производства и представлен карфосидеритом  $(H_2O)Fe_3(SO_4)_2 \cdot (OH)_6$  со средним размером частиц

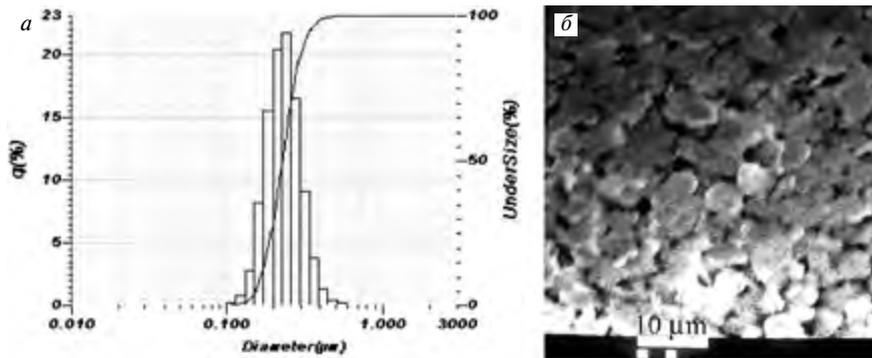


Рис. 1. Железистый кек (карфосидерит): а – дисперсионный анализ с использованием лазерного анализатора частиц HORIBA LA-950 без предварительной обработки ультразвуком; б – микроструктура

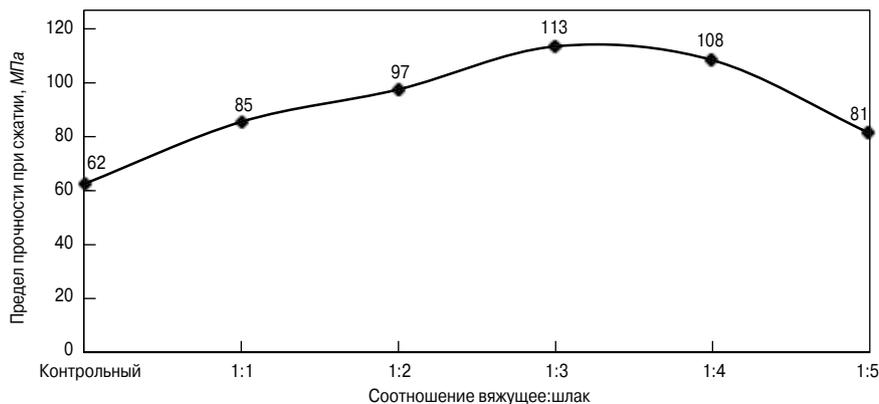


Рис. 2. Зависимость предела прочности при сжатии образцов магнезиального бетона от содержания металлургического шлака в возрасте 28 сут

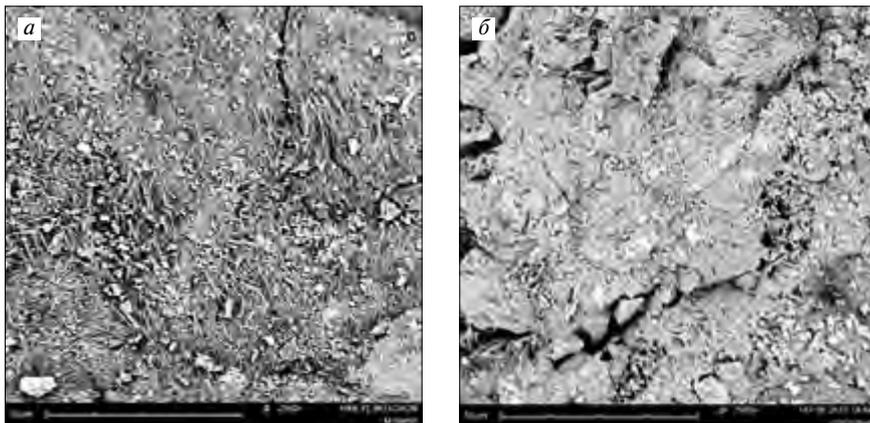


Рис. 3. Микроструктура образцов: а – контрольный образец; б – образец, модифицированный полифункциональной добавкой на основе фторангидрита и карфосидерита

от 200 до 300 нм (рис. 1). Ультрадисперсный порошок карфосидерита нерастворим в воде. При замешивании железистого кека в растворе бишофита с пластификатором СЗ распределение частиц карфосидерита происходит равномерно во всем объеме вещества.

Химический состав шлака НЗ, мас. %:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  – 33,1;  $\text{SO}_3$  – 1,38;  $\text{SiO}_2$  – 37,5;  $\text{CaO}$  – 3,73;  $\text{MgO}$  – 2,37;  $\text{Al}_2\text{O}_3$  – 5,76.

Минералогический состав гранулированного шлака НЗ представлен файлитом  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  (железистым оливином) [5]. Шлак НЗ наряду с кристаллической фазой имеет аморфную составляющую. Размер частиц шлака до 3 мм.

Для изготовления образцов магнезиального вяжущего, модифицированного комплексной добавкой, при-

менялась следующая последовательность. В сухом виде перемешивались каустический магнезит, фторангидрит и шлак до равномерного распределения в объеме. Карфосидерит перемешивался с раствором бишофита, с предварительно растворенным в нем пластификатором.

Распаковка образцов производилась через 24 ч, образцы до момента испытания хранились при  $T=20^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха 60%. Испытанию подвергались контрольные и модифицированные образцы в возрасте 7 и 28 сут.

Микроструктура образцов была исследована с использованием микроскопа Phenom G2 Pure фирмы PHILIPS с максимальным увеличением до 15 000 раз.

Рентгенофазовый анализ проводился на дифрактометре общего назначения ДРОН-3.

Анализ материалов методом инфракрасной спектроскопии проводился на ИК-Фурье микроспектрометре IRAffinity-1 со спектральным диапазоном  $4500\sim 350\text{ см}^{-1}$ .

Исследование фазового состава и физико-химических превращений проведено с использованием термogravиметрического анализатора TGA/DSC1 с диапазоном рабочей температуры от 25 до  $1100^\circ\text{C}$ .

Ранее в [6] установлено модифицирующее влияние фторангидрита на свойства магнезиальных композиций. Максимальный предел прочности при сжатии достигается при введении 1% карфосидерита и 20% фторангидрита от массы вяжущего. Повышение предела прочности при сжатии связано с изменением структуры получаемого материала. Известно, что магнезиальное вяжущее отличается ранними сроками схватывания, что в свою очередь влияет на технологию работ. При введении фторангидрита в магнезиальное вяжущее в количестве 20% отмечается сокращение сроков схватывания на 30%. При введении карфосидерита сроки схватывания, наоборот, возрастают. Комплексное введение добавок увеличивает сроки схватывания на 50%, что делает смесь более эффективной при применении.

Результаты испытаний образцов на неравномерность изменения объема позволили сделать вывод, что введение полифункциональной добавки в качестве модификатора позволяет стабилизировать усадочные деформации магнезиального вяжущего в составе композиции. Коэффициент размягчения модифицированного материала составил 0,92, что объясняется повышением плотности модифицированных образцов и изменением минералогического состава.

В ходе исследования были испытаны образцы магнезиального бетона с соотношением по массе от 1:1 до 1:5 (вяжущее:шлак). Результаты испытаний образцов на прочность в возрасте 28 сут (рис. 2) показали, что оптимальным соотношением является 1:3, при этом

прочность при сжатии составила более 110 МПа.

Микроструктура контрольного и модифицированных образцов, исследованная под микроскопом Phenom G2 Pure, представлена на рис. 3.

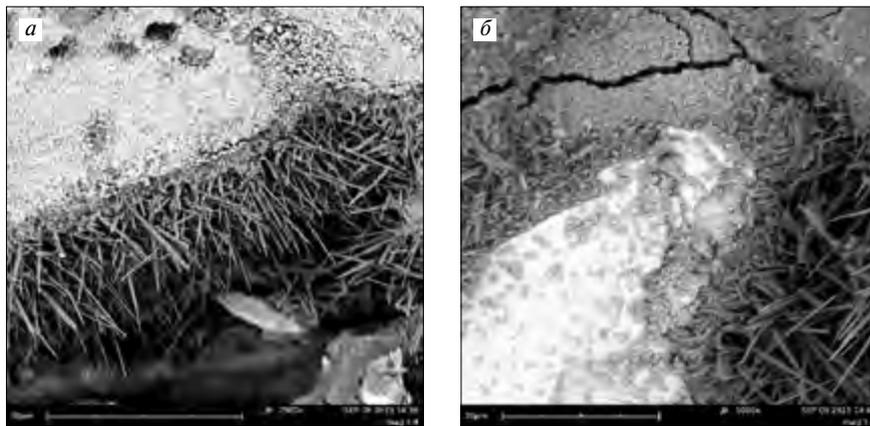
На снимках микроструктуры контрольного образца обнаружены новообразования с волокнистой структурой (рис. 3, а). При этом отмечается низкая плотность образцов.

При введении полифункциональной добавки структура магниезального вяжущего приобретает более плотную структуру (рис. 3, б), отсутствуют волокнистые новообразования. Структура образца становится более плотной и однородной, что обеспечивается за счет структурной организации аморфных новообразований вокруг частиц карбосидерита (рис. 4, б), которые выступают в роли центров нуклеации [7].

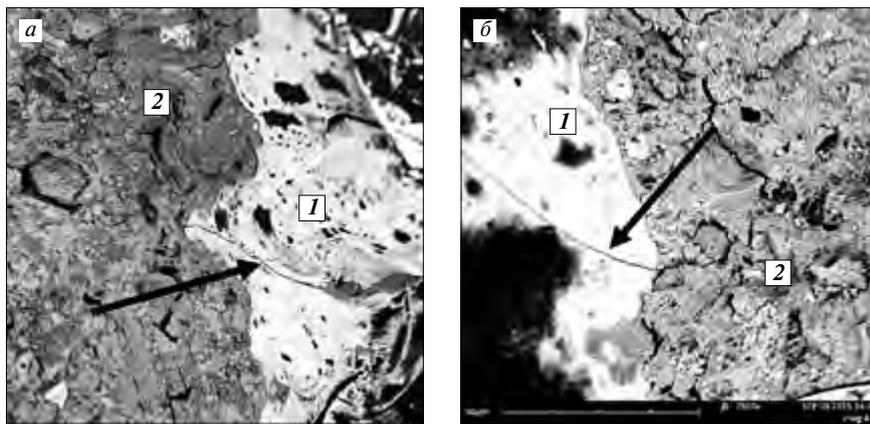
При больших увеличениях наблюдается дополнительное уплотнение структуры модифицированного магниезального вяжущего за счет заполнения пор и дефектов структуры сплошным слоем игольчатых и плоскопризматических кристаллов гидроксидов магния (рис. 4). Заполнение дефектов структуры в процессе продолжающейся гидратации составляющих магниезального бетона и взаимное переплетение кристаллических новообразований приводят к существенному повышению физико-механических характеристик композиции.

Использование металлургического шлака в составе бетона способствует повышению прочности, так как заполнитель является химически активным по отношению к магниезальной матрице, что повышает сцепление частиц шлака с магниезальным вяжущим на границе раздела фаз. При этом отмечено, что разрушение бетона при его механических испытаниях происходит не по границе раздела фаз, а по частицам шлака, что хорошо просматривается на рис. 5.

При рентгенофазовом анализе контрольного образца без модифицирующей добавки идентифицирован природный магнезит  $MgCO_3$  ( $d\alpha = 2,75; 2,11; 1,71; 1,49;$



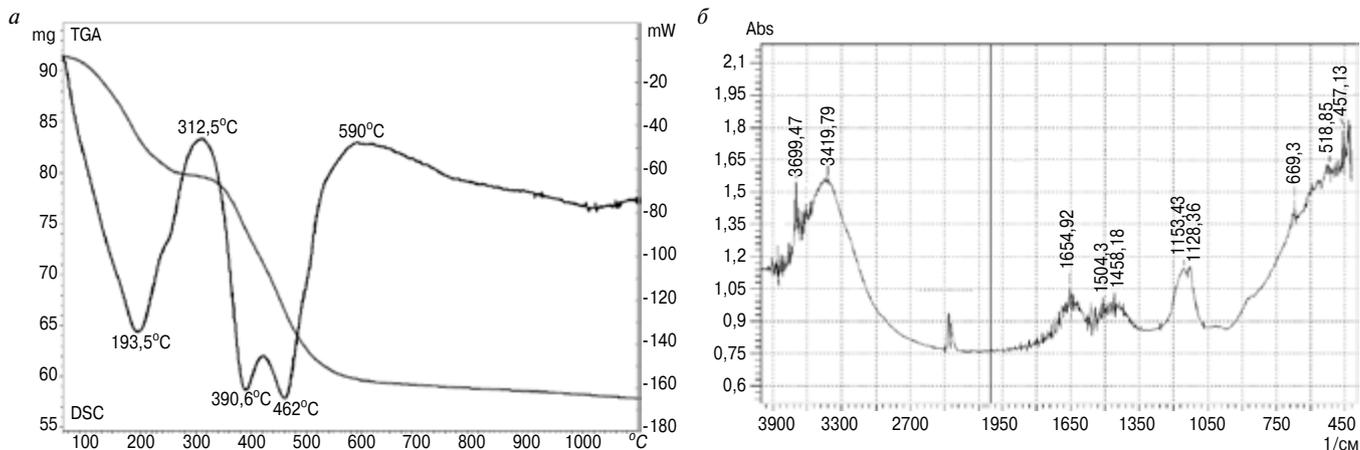
**Рис. 4.** Микроструктура модифицированных образцов с образованием в порах и дефектах структуры сплошного слоя игольчатых и плоскопризматических кристаллов гидроксида хлорида магния: а – при увеличении  $\times 2500$ ; б – при увеличении  $\times 5000$



**Рис. 5.** Микроструктура образцов с использованием металлургического шлака: 1 – частица шлака; 2 – магниезальное вяжущее; стрелками отмечены трещины в шлаке, образовавшиеся в результате механического испытания образцов; а – при увеличении  $\times 1000$ ; б – при увеличении  $\times 2500$

$1,35\text{\AA}$ ) [8, 9], что позволяет говорить о достаточно низком качестве используемого магниезального вяжущего на основе каустического магнезита. Присутствует оксид магния  $MgO$  ( $d\alpha = 2,44; 2,11; 1,49; 1,25\text{\AA}$ ), гидроксид магния  $Mg(OH)_2$  ( $d\alpha = 4,87; 2,4; 1,81; 1,57; 1,49\text{\AA}$ ) и гидроксид хлорида магния  $Mg_3Cl(OH)_5 \cdot 4H_2O$  ( $d\alpha = 7,5\text{\AA}$ ).

Рентгенофазовый анализ магниезального вяжущего, модифицированного полифункциональной добавкой, показал, что происходит возрастание интенсивности отражений, соответствующих гидроксиду магния  $Mg_3Cl(OH)_5 \cdot 4H_2O$  ( $d\alpha = 7,56\text{\AA}$ ), в сравнении со спектром



**Рис. 6.** DSK модифицированного вяжущего (а); ИК-спектр модифицированного вяжущего (б)

контрольного образца. Также выявлено наличие гидроксидов хлорида магния, подвергнутых карбонизации  $Mg_4(OH)_2Cl_2(CO_3) \cdot 6H_2O$  ( $d\alpha = 11,5\text{Å}$ ). Снижается интенсивность отражений, соответствующих гидроксиду магния (основная линия  $d\alpha = 2,4\text{Å}$ ) и оксиду магния  $MgO$ , в два раза в сравнении с образцом без модифицирующей добавки. Формирование аморфной фазы в структуре полученного материала подтверждается наличием «горбушки» на рентгенограмме.

Гидроксид хлорида магния  $Mg_3Cl(OH)_5 \cdot 4H_2O$  является более устойчивым соединением, обеспечивающим повышенные показатели прочности и водостойкости состава, что подтверждается также отсутствием деструктивных процессов в данном составе при выдержке его в воде.

Кроме того, использование в составе фторангидрита привело к появлению на рентгенограмме линий, соответствующих дигидрату сульфата кальция  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  ( $d\alpha = 4,35; 3,04; 1,76\text{Å}$ ), который образуется за счет процессов медленной гидратации фторангидрита. Так как этот процесс связан с поглощением паров воды из окружающей среды, образующиеся новообразования постепенно заполняют поровую структуру композиции, дополнительно уплотняя структуру материала.

На DSK (рис. 6, а) идентифицируется эндотермический эффект при температуре  $193,5^\circ\text{C}$ , соответствующий дегидратации дигидрата сульфата кальция и гидроксидов магния. При температуре  $312,5^\circ\text{C}$  происходит перестройка решетки ангидрита при переходе растворимого ангидрита в нерастворимый. На кривой DSK имеются эндотермические эффекты при  $390,6$  и  $462^\circ\text{C}$ , соответствующие удалению воды из кристаллогидрата  $Mg_3Cl(OH)_5 \cdot 4H_2O$  [7]. При этом потеря массы образца в данном диапазоне температуры составила 22%. Общие потери массы составили 37%.

На ИК-спектре (рис. 6, б) область  $3419,79\text{--}3699,47\text{ см}^{-1}$  связана с валентными колебаниями группы  $OH$ , область  $1650\text{--}1600\text{ см}^{-1}$  — с деформационными колебаниями  $OH$ -группы. Пик  $3699,47\text{ см}^{-1}$  относится к колебаниям гидроксильных групп вблизи иона  $Mg^{2+}$ , пик  $1654,92\text{ см}^{-1}$  относится к деформационным

колебаниям гидроксильных групп [10]. Интенсивность линий поглощения, соответствующих оксиду магния, —  $669,3\text{ см}^{-1}$  минимальна, что позволяет судить о практически полной гидратации оксида магния. На ИК-спектре идентифицируются линии поглощения, соответствующие катиону  $SO_4^{2-}$ : при волновом числе  $669\text{ см}^{-1}$  — асимметричные деформационные колебания; при  $1153,43\text{ см}^{-1}$  — асимметричные валентные колебания. Четко выражены линии поглощения  $1128,36; 1504,3; 3699,47\text{ см}^{-1}$ , соответствующие гидроксиду хлорида магния  $Mg_3Cl(OH)_5 \cdot 4H_2O$  [11, 12]. Линии поглощения, соответствующие  $1458\text{ см}^{-1}$ , связаны с карбонизацией гидроксидов магния, происходящих при взаимодействии с углекислым газом [13] и способствующих стабилизации и упрочнению структуры модифицированного композиционного материала.

#### Заключение.

Экспериментально доказана эффективность модификации магниезильных бетонов полифункциональной добавкой на основе ангидрита и карфосидерита с использованием в качестве заполнителя металлургического шлака НЗ, представленного фаялитом.

Магнезиальное вяжущее подвергается структурированию при введении полифункциональной добавки, что приводит к увеличению прочности магниезильных композиций. Выявлено формирование аморфных фаз в структуре модифицированного магниезильного вяжущего, которые приводят к «самозалечиванию» дефектов первоначальной структуры за счет кристаллизации новых фаз. Повышение прочности также достигается за счет использования активного металлургического шлака с образованием в межфазной зоне прочного контакта на границе между заполнителем и модифицированной магниезильной матрицей.

Разработанный состав магниезильного бетона имеет показатель прочности при сжатии не менее 110 МПа. Коэффициент размягчения модифицированного магниезильного бетона составил 0,92, что позволяет использовать его в качестве конструкционного материала, способного работать в условиях повышенной влажности.

#### Список литературы

1. Каминскас А.Ю. Технология строительных материалов на магниезильном сырье. Вильнюс: Мокслас, 1987. 341 с.
2. Звездина Е.В., Трескова Н.В. Повышение водостойкости теплоизоляционных изделий на основе каустического доломита // *Научно-практический интернет-журнал «Наука. Строительство. Образование»*. 2011. № 1. <http://www.nso-journal.ru/public/journals/1/issues/2011/01/13.pdf> (дата обращения 26.05.2016).
3. Смирнов Б.И., Соловьева Е.С., Сегалова Е.Е. Исследование химического взаимодействия окиси магния с растворами хлористого магния различной концентрации // *Журнал прикладной химии*. 1967. Вып. 3. С. 505–515.
4. Третьякова Н.С., Кузнецова Т.В. Влияние концентрации затворителя на свойства композиционных магниезильных вяжущих // *Строительные материалы и изделия: Межвузовский сборник научных трудов*. Магнитогорск: МГТУ, 2002. С. 52–54.
5. Yakovlev G. I., Kerienė J., Špokauskas A., Plechanova T. A. Utilization of the waste of “Norilsk nickel” by using it for the filling mixtures production // *The 6<sup>th</sup> International conference “Environmental Engineering”, Selected papers*. Vilnius Gediminas Technical University Press “Technika”. 2005, pp. 98–102.
6. Яковлев Г.И., Керене Я., Плеханова Т.А. Твердение древесно-магниезильных композиций, модифициро-

#### References

1. Kaminskas A.Yu. Technology of construction materials based on magnesium raw materials. Vilnius: Mokslas. 1987. 341 p.
2. Zvezdina Ye.V., Treskova N.V. Increasing water-resistance of heat-insulating products based on caustic dolomite. *Science. Construction. Education*. Internet journal. 2011. No. 1. (<http://www.nso-journal.ru/public/journals/1/issues/2011/01/13.pdf>) (In Russian).
3. Smirnov B.I., Solovyeva Ye.S., Segalova Ye.Ye. Studying chemical interaction of magnesia with the solutions of magnesium chloride of various concentration. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 1967. Iss. 3, pp. 505–515. (In Russian).
4. Tretyakova N.S., Kuznetsova T.V. Influence of the solvent concentration on the properties of composition magnesium binders. *Construction materials and products: Interacademic collected scientific papers*. Magnitogorsk: MSTU. 2002, pp. 52–54. (In Russian).
5. Yakovlev G. I., Kerienė J., Špokauskas A., Plechanova T.A. Utilization of the waste of “Norilsk nickel” by using it for the filling mixtures production // *The 6<sup>th</sup> International conference “Environmental Engineering”, Selected papers*. Vilnius Gediminas Technical University Press “Technika”. 2005, pp. 98–102.
6. Yakovlev G.I., Keriene J., Plekhanova T.A. Curing of wood and magnesium compositions modified with fluoride anhydrite. *Tekhnika i tekhnologiya silikatov*. 2004. Vol. 11. No. 3–4, pp. 11–16. (In Russian).

- ванных фторангидритом // *Техника и технология силикатов*. 2004. Т. 11. № 3–4. С. 11–16.
7. Yakowlew G.I., Plekhanowa T.A., Makarowa I.S., Spokauskas A. Modifizirte magnesiabinder // *In 16. Internationale Baustoffung "Ibausil". Tagungsbericht-Band 1*. Weimar. 2006. pp. 1-1039-1-1045.
  8. Михеев В.Н. Рентгенометрический определитель минералов. М.: Гос. технико-теоретич. издательство, 1959. 870 с.
  9. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. М.: Высшая школа, 1981. С. 197.
  10. Устинова Ю.В., Насонова А.Е., Никифорова Т.П., Козлов В.В. Исследование взаимодействия каустического магнезита с добавкой микрокремнезема // *Вестник МГСУ*. 2012. № 3. С. 100–104.
  11. Атлас инфракрасных спектров / Под ред. В.В. Печковского. М.: Наука, 1981. 248 с.
  12. Brew D.M.R., Glasser F.P. Synthesis and characterisation of magnesium silicate hydrate gels // *Cement and concrete research*. 2005. Vol. 35, pp. 85–98.
  13. Plekhanova T.A., Lopatkin I.G., Kerienė J., Yakovlev G.I. Carbonization processes in wood-magnesia composites // *The 8<sup>th</sup> International Conference "Modern building materials, structures and techniques. Selected papers"*. Vilnius Gediminas Technical University Press "Technika". 2004, pp. 136–139.
  7. Yakowlew G.I., Plekhanowa T.A., Makarowa I.S., Spokauskas A. Modifizirte magnesiabinder. *In 16. Internationale Baustoffung "Ibausil"*. Weimar. 2006. Tagungsbericht-Band 1, pp. 1-1039-1-1045. (In German).
  8. Mikheev V.N. Rentgenometricheskii opredelitel' mineralov [X-ray identifier of minerals]. Moscow: State theoretical technological publishing house. 1959. 870 p.
  9. Gorshkov V.S., Timshaev Z.V., Savelyev V.G. Metody fiziko-khimicheskogo analiza vyazhushchikh veshchestv [Methods of physical and chemical analysis of binders]. Moscow: Vysshaya shkola. 1981. 197 p.
  10. Ustinova Yu.V., Nasonova A.Ye., Nikiforova T.P., Kozlov V.V. Studying interaction of caustic magnesite and additive of microsilica. *Vestnik MGSU*. 2012. No. 3, pp. 100–104. (In Russian).
  11. Atlas infrakrasnykh spektrov [Atlas of infrared spectra]. Edited by V.V. Pechkovskiy. Moscow: Nauka. 1981. 248 p.
  12. Brew D.M.R., Glasser F.P. Synthesis and characterisation of magnesium silicate hydrate gels. *Cement and concrete research*. 2005. Vol. 35, pp. 85–98.
  13. Plekhanova T.A., Lopatkin I.G., Kerienė J., Yakovlev G.I. Carbonization processes in wood-magnesia composites. *The 8<sup>th</sup> International Conference "Modern building materials, structures and techniques. Selected papers"*. Vilnius Gediminas Technical University Press "Technika". 2004, pp. 136–139.

**Ямало-Ненецкий автономный округ**  
**г. Новый Уренгой**  
 Деловой центр "ЯМАЛ", ул. Юбилейная, 5

**27 - 28**  
**октября 2016 г.**

**Межрегиональные специализированные выставки**

**ВЫСТАВКА**  
 Строительство. Энергетика.  
 ЖКХ. Новые технологии -  
 Крайнему Северу **2016**

**СТРОИТЕЛЬСТВО. ЭНЕРГЕТИКА.  
 ЖКХ. НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ -  
 КРАЙНЕМУ СЕВЕРУ**

**СПЕЦТЕХНИКА. БЕЗОПАСНОСТЬ.  
 СВЯЗЬ - КРАЙНЕМУ СЕВЕРУ**

**ВЫСТАВКА**  
 Спецтехника.  
 Безопасность. Связь -  
 Крайнему Северу **2016**

Организаторы: Администрация г.Новый Уренгой, НО "Новоуренгойский фонд развития предпринимательства",  
 ООО "Выставочная компания Сибэкспосервис" (г. Новосибирск)

**ВК СИБЭКСПОСЕРВИС**  
 Тел. (383) 335-63-50 E-mail: vk ses@yandex.ru www.ses.net.ru

**СИБЭКСПО SERVICE**

УДК 691.332

Л.И. РЯБОКОНЬ, канд. техн. наук, С.В. БЕДНЯГИН, инженер,  
И.К. ДОМАНСКАЯ, канд. техн. наук (i.k.domanskaya@urfu.ru)

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина (620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19)

## Гипсоизвестково-шлаковые вяжущие и бетоны на их основе: экспериментальная оценка долговечности

Описана история создания гипсоизвестково-шлакового вяжущего, а также промышленный опыт производства и применения стеновых изделий и конструкций на его основе. Представлены результаты натурных обследований 10 зданий, построенных из гипсоизвестково-шлаковых бетонов в Свердловской области в период с 1960 по 1980 г., которые подтверждают высокую атмосферостойкость и долговечность искусственного камня на основе этого вида гипсовых вяжущих. Прочность гипсоизвестково-шлаковых бетонов после полувековой эксплуатации в виде стеновых конструкций практически в два раза превышает отпускную и составляет 11–13 МПа.

**Ключевые слова:** гипсовое вяжущее, бетоны, гипсоизвестково-шлаковое вяжущее, стеновые блоки, долговечность.

L.I. RYABOKON, Candidate of Sciences (Engineering), S.V. BEDNYAGIN, Engineer,  
I.K. DOMYANSKAYA, Candidate of Sciences (Engineering) (doman-1@yandex.ru)

Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Eltsin (17, Mira Street, 620002, Ekaterinburg, Russian Federation)

### Gypsum-Lime-Slag Binders and Concretes on their Basis: an Experimental Assessment of Durability

The history of creation of a gypsum-lime-slag binder as well as the industrial experience in production and application of wall products and structures on its basis is described. The results of on-site investigations of 10 buildings constructed of gypsum-lime-slag concretes in Sverdlovsk Oblast from 1960 up to 1980 that confirms the high weathering stability and durability of the artificial stone on the basis of this type of gypsum binders are presented. The strength of gypsum-lime-slag concretes after the half-century operation in the form of wall structures exceeds two times the handling strength and is 11–13 MPa.

**Keywords:** gypsum binder, concretes, gypsum-lime-slag binder, wall blocks, durability.

Проблемы долговечности и надежности цементных бетонов, несмотря на достигнутую их высокую эффективность, не только не теряют своей актуальности, но и приобретают более острый характер [1–3]. Наблюдается ускорение коррозионных процессов, требующих значительных затрат на ремонтные и восстановительные работы, чем в прошлом [4, 5]. Участились случаи внезапного обрушения бетонных сооружений, построенных, как правило, в течение последних 30–40 лет, причем в их числе как бетоны естественного твердения (монокристаллы), так и пропаренные (конструкции заводского изготовления) [6].

По мере внедрения в практику промышленного производства концепции устойчивого развития (Sustainable development) особую значимость приобретают экологические проблемы бетона и железобетона, особенно их вяжущей части – портландцемента. В качестве перспективных в настоящее время рассматриваются малоклинкерные композиционные, геополимерные, серные, водостойкие гипсовые и некоторые другие вяжущие вещества [7–11].

В нашей стране среди водостойких гипсовых наибольшую известность получили многокомпонентные гипсоцементно-пуццолановые (ГЦПВ) и гипсоизвестково-шлаковые вяжущие (ГИШВ).

#### Опыт производства и применения водостойких гипсовых вяжущих и бетонов на их основе в Уральском регионе

Первые отечественные публикации, свидетельствующие о возможности сочетания в одном материале быстротвердеющего строительного гипса и гидравлического компонента, повышающего его водостойкость, появились в литературе еще в 30–40-е гг. XX в. [12–14]. В последующем вопросами повышения прочности и водостойкости гипсовых изделий в разное время занимались Ф.Ф. Алкснис, Ю.М. Баженов, А.Ф. Бурьянов,

А.В. Волженский, П.Ф. Гордашевский, В.В. Иваницкий, В.Ф. Коровяков, В.И. Стамбулко, Н.В. Чернышева, А.В. Ферронская и др.

По общепризнанному мнению, авторство разработки технологий смешанных гипсовых вяжущих и бетонов на их основе принадлежит российским вузам: ГЦПВ – Московскому инженерно-строительному институту (МИСИ, сейчас – МГСУ); ГИШВ – Уральскому политехническому институту (УПИ, сейчас – УрФУ). Если московская научная школа в качестве гидравлической части смешанных гипсовых вяжущих предложила использовать портландцемент, а возможность возникновения этtringита регулировала путем снижения щелочности добавками активных пуццоланов, то уральская школа исследователей ориентировалась на создание водостойких гидроалюмосиликатов кальция за счет щелочной и сульфатной активизации кислых доменных шлаков.

Основателем и бессменным руководителем уральской научной школы по разработке ГИШВ в течение нескольких десятилетий был доцент кафедры городского строительства УПИ А.А. Антипин, начавший свои исследования еще в 1936 г. Благодаря его активной деятельности в Уральском политехническом институте в 1952 г. была создана лаборатория гипсобетона, занимавшаяся, помимо разработки составов и исследований свойств ГИШВ, внедрением в производство технологий изготовления стеновых блоков из легких бетонов на их основе (ГИШВ-бетонов). На разных этапах в деятельности лаборатории принимали участие сотрудники и студенты восьми факультетов УПИ, Свердловского архитектурного института, врачи-гигиенисты СЭС, сотрудники ряда специализированных проектных и научно-исследовательских организаций Свердловской области, Уфы, Москвы и Московской области. В результате были созданы и с 1960 по 1972 г. эксплуатировались три опытно-промышленные установки по отработке технологии производства гипсобетонных крупноразмерных стеновых

изделий и объемных санитарно-технических кабин: УПИ (Уфа), УПИ-1 и УПИ-2 (Свердловск), а также технологическая линия по производству высокопрочного гипсового вяжущего из фосфогипса на Среднеуральском медеплавильном заводе (г. Ревда, Свердловская обл., 1982–1985 гг.). Наличие первых установок позволило осуществить экспериментальное строительство 23 жилых и производственных зданий различного назначения в Уфе, более 80 зданий в Свердловской области, в числе которых 12-квартирные двухэтажные здания, одноэтажные многоквартирные дома, административные, производственные, сельскохозяйственные здания и сооружения, в том числе животноводческие фермы.

Одновременно с отработкой технологии изготовления строительных изделий и конструкций на основе ГИШВ на опытной базе института УралпромстройНИИпроект (Свердловск) проводились крупносерийные исследования натуральных образцов стеновых крупных блоков и фрагментов кладки стен из них. Было установлено, что повышение водостойкости ГИШВ-бетона в сравнении с обычным гипсобетоном проявляется в наибольшей степени не в увеличении коэффициента размягчения, а в резком, на два и более порядка, снижении показателей ползучести и росте долговременной прочности во влажном состоянии.

Результаты этих исследований стали основой для проектирования и строительства в 1976 г. первого в стране и не имеющего зарубежных аналогов завода гипсобетонных изделий в г. Красноуфимске Свердловской обл. Основную номенклатуру гипсобетонных изделий этого предприятия составляли крупногабаритные стеновые блоки с унифицированной толщиной 400, длиной от 800 до 3600, высотой от 800 до 1600 мм, имевшие крупные вертикальные пустоты (240×320 мм). Существенное преимущество блоков такой конструкции – возможность варьирования термического сопротивления стен за счет использования различных теплоизоляционных материалов для заполнения пустот, а также возможной облицовки наружной поверхности (кирпич, плитка, штукатурка). Из продукции завода были построены тысячи зданий различной этажности и назначения: жилые дома, общественные здания, школы, детские сады, аптеки, животноводческие комплексы, склады удобрений и зернохранилища, гаражи, мастерские ремонта сельхозтехники и др.

В настоящее время в Свердловской области не существует промышленного производства ГИШВ-бетонов. После 1995 г. в связи с падением объемов строительства и спроса на стеновые блоки завод гипсобетонных изделий прекратил их выпуск.

**Особенности технологии ГИШВ и бетонов на его основе**

Составы ГИШВ, разработанные под руководством А.А. Антипина и предназначенные для промышленного производства, содержали 60–70% высокопрочного гипсового вяжущего, не более 5% молотой негашеной извести, остальное – молотый доменный гранулированный шлак с модулем основности не более 1 (табл. 1).

**Таблица 1**  
**Химический состав доменного гранулированного шлака, мас. %**

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	Δm <sup>нрк</sup>
36,2	17,7	0,62	37,22	5,22	0,19	0,12

ГИШВ получали совместным измельчением исходных компонентов; тонина помола не более 15% остатка на сите № 02. Предел прочности при сжатии образцов ГИШВ составлял в зависимости от состава 6–10 МПа (по ГОСТ 23789–79).

В качестве заполнителя для изготовления бетонов на основе ГИШВ использовали доменный гранулированный шлак того же состава или дробленый керамзит.

Распалубку изделий производили через 20–30 мин после формования. В процессе формования имелась возможность облицовки наружной поверхности блоков керамической плиткой или получения рельефной поверхности гипсобетона различной фактуры. Термическая обработка изделий, включая сушку, технологией изготовления ГИШВ-бетонов не предусматривалась.

На основе анализа работы завода гипсобетонных изделий в г. Красноуфимске и качества выпускаемой им продукции был разработан ГОСТ 27563–87 «Блоки стеновые гипсобетонные для зданий высотой до двух этажей. Технические условия» (в настоящее время не действует на территории РФ).

Необходимо подчеркнуть, что важной особенностью технологии ГИШВ являлось изначально принятое соотношение исходных компонентов. В его составе принципиально не предусматривалось какое-либо количество портландцемента, содержащего высокоосновные алюминаты кальция, которые могли бы способствовать формированию гидросульфалюминатов кальция различной основности. Таким образом, предполагалось создание устойчивого на длительную перспективу искусственного камня, в фазовом составе которого изначально отсутствуют термодинамически неустойчивые соединения, а фазовые переходы со временем могли бы вызвать его разупрочнение или трещинообразование.

**Опытная проверка долговечности ГИШВ-бетонов**

Основными факторами, обеспечивающими долговечность любого строительного объекта в соответствии с ГОСТ Р 54257–2010, являются:

- условия эксплуатации по назначению;
- влияние окружающей среды;
- свойства применяемых материалов, возможные средства их защиты от негативных воздействий среды, а также возможность деградации их свойств.

Для изделий и конструкций, изготовленных на основе смешанных (композиционных) гипсовых вяжущих, возможность деградации свойств имеет объективные предпосылки, так как механизм их твердения



Жилой дом на 12 квартир в г. Березовском, Свердловская область. Здание построено из ГИШВ-бетона в 1967 г.; ремонт фасада выполнен в 2010 г.

Таблица 2

**Характеристика некоторых обследованных строительных объектов,  
построенных из крупноразмерных гипсобетонных блоков**

Характеристика объекта	Место расположения	Год постройки	Примечание
Двухэтажный 8-квартирный жилой дом	Свердловская область, г. Березовский, ул. Овощное отделение, д. 10	1967	Наружный ремонт выполнен в 2011 г.
Одноэтажный двухквартирный усадебный жилой дом	Свердловская область, с. Патруши, ул. Колхозная, д. 21	1973	Снаружи не ремонтировался в течение всего срока эксплуатации
Двухэтажный блокированный многоквартирный жилой дом, 4 секции	Свердловская область, г. Красноуфимск, ул. Дружбы, д. 17	1980	Снаружи не ремонтировался в течение всего срока эксплуатации
Двухэтажный блокированный многоквартирный жилой дом, 2 секции	Свердловская область, г. Красноуфимск, ул. Дружбы, д. 19	1980	Снаружи не ремонтировался в течение всего срока эксплуатации

Таблица 3

**Сравнительная характеристика среднестатистических показателей прочности ГИШВ-бетона**

Плотность ГИШВ-бетона*	Класс прочности	
	Нормируемая (требуемая) прочность, МПа (ГОСТ 27563–87, ГОСТ 18105–86)**	Фактическая прочность, МПа (по контрольным образцам, ГОСТ 10180–2012)***
1200–1700 кг/м <sup>3</sup>	5–10	10–15

\* В зависимости от вида заполнителя.  
 \*\* Соответствует проектной; определялась в лаборатории завода гипсобетонных изделий (г. Красноуфимск, 1976–1995 гг.).  
 \*\*\* Определена в лаборатории кафедры технологии вяжущих материалов и строительных изделий (г. Екатеринбург, Уральский федеральный университет, 2013 г.).

объединяет процессы гидратации и кристаллизации сульфатных и силикатных соединений кальция, которые при определенных условиях могут формировать деструктивно опасные фазы [15]. Многочисленные лабораторные исследования долговечности, основанные на моделировании условий воздействия окружающей среды, не могут обеспечить полной картины сложных многофакторных коррозионных процессов искусственного камня, поэтому натурные исследования объектов, эксплуатировавшихся длительный срок в реальных климатических условиях, имеют несомненную ценность.

Влияние окружающей среды для Свердловской области имеет свои особенности. Ее климат, как и всего Уральского региона, можно отнести к суровым: среднемесячная температура января составляет не менее  $-15^{\circ}\text{C}$ ; иногда морозы могут достигать  $-40^{\circ}\text{C}$ ; годовая сумма осадков – 400–500 мм, причем 60–70% из них приходится на теплый период года (часто в виде ливневых дождей); снежный покров держится в среднем 140–200 дней в году. Считается, что суровость климата в сочетании с сильными ветрами требует неизбежных дополнительных капитальных вложений при строительстве (<http://www.svgimet.ru/index.php?page=prognos&pid=100013> (дата обращения 11.07.2016)).

Оценку долговечности ГИШВ-бетонов проводили путем натурных обследований ограждающих стеновых конструкций десяти зданий различного назначения, построенных на территории Свердловской области в 1967–1985 гг. Характеристика некоторых объектов представлена в табл. 2.

При обследовании производили внешний осмотр зданий, визуальную оценку состояния конструкций, отбор проб (по возможности) для определения физико-механических свойств и физико-химических исследований.

Отмечено, что гипсобетонные ограждающие конструкции всех десяти обследованных зданий находятся в отличном состоянии (см. рисунок). Трещин, вызванных объемными изменениями затвердевшего камня, а также относящихся к внутреннему арматурному каркасу, не обнаружено. Отслоения, сколы, деформации отсутствуют. Все незначительные видимые дефекты, обнаруженные на некоторых объектах, относились к качеству заделки швов между блоками, т. е. к дефектам строительных работ.

На некоторых объектах были обнаружены фрагменты поверхностей гипсобетона, имевших повышенную шероховатость глубиной до 1 мм, причем только в тех случаях, где защитные покрытия стеновых конструкций отсутствовали на протяжении всего периода эксплуатации. Это свидетельствует о наличии медленно текущих процессов выветривания ГИШВ-бетонов и целесообразности защиты их наружных поверхностей.

По мнению отечественных ученых, важнейшим показателем долговечности бетонов является их морозостойкость, основанная на изменении прочностных показателей и массы образцов в процессе плановых воздействий [4]. Следует отметить, что проектная марка ГИШВ-бетонных блоков по морозостойкости (ГОСТ 27563–87) составляла F15–F35. Следовательно, можно было ожидать спустя десятилетия их эксплуатации в качестве стеновых наружных конструкций падения прочности, не превышающего 15% от исходной величины.

Результаты определения фактической прочности ГИШВ-бетона обследованных стеновых конструкций после 30–50 лет их эксплуатации показали не только высокую атмосферную устойчивость (реальную морозостойкость), но и существенное упрочнение (табл. 3).

Таким образом, выполненные исследования позволяют сделать вывод о высокой способности ГИШВ-бетонов сохранять физические свойства, установленные при проектировании и обеспечивающие нормальную эксплуатацию и заданные функции в течение практически полувеккового срока службы в качестве стеновых конструкций, даже при не всегда надлежащем техническом обслуживании. Следовательно, ГИШВ-бетоны обладают высокой долговечностью и надежностью.

#### Список литературы

1. Штарк И., Вихт Б. Долговечность бетона. Киев: Оранта, 2004. 295 с.
2. Tang S.W., Yao Y., Andrade C., Li Z.J. Recent durability studies on concrete structure // *Cement and Concrete Research*. 2015. Vol. 78. Part A, pp. 143–154.
3. Glassera F.P., Marchanda Ja., Samsonc E. Durability of concrete – Degradation phenomena involving detrimental chemical reactions // *Cement and Concrete Research*. 2008. Vol. 38, pp. 226–246.
4. Янковский Л.В. Долговечность цементных бетонов в свете перехода на европейские стандарты // *Строительные материалы*. 2012. № 1. С. 16–18.
5. Hornbostela K., Larsena C.K., Geikera M.R. Relationship between concrete resistivity and corrosion rate – A literature review // *Cement and Concrete Composites*. 2013. Vol. 39, pp. 60–72.
6. Рапопорт П.Б., Рапопорт Н.В., Полянский В.Г., Соколова Е.Р., Гарибов Р.Б., Кочетков А.В., Янковский Л.В. Анализ срока службы современных цементных бетонов // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 4. <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6559>, дата обращения 11.07.2016 г.
7. Huntzinger D.N., Eatmonb T.D. A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: comparing the traditional process with alternative technologies // *Journal of Cleaner Production*. 2009. Vol. 17, pp. 668–675.
8. Juengera M.C.G., Winnefeldb F., Provisc J.L., Idekerd J.H. Advances in alternative cementitious binders // *Cement and Concrete Research*. 2011. Vol. 41, pp. 1232–1243.
9. Zhang Z., Provis J., Reid A., Wang H. Geopolymer foam concrete: An emerging material for sustainable construction // *Construction and Building Materials*. 2014. Vol. 56, pp. 113–127.
10. Sun H., Jain R., Nguyen K., Zuckerman J. Sialite technology – sustainable alternative to portland cement // *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2010. Vol. 12, pp. 503–516.
11. Riechert C., Scharfe F., Fischer H.-B. Zur Eignung von Gips-Zement-Puzzolan-Bindemitteln für Putzanwendungen. *Ibausil: Tagungsband*. Weimar. 2012, pp. 0432–0441.
12. Будников П.П. Гипс, его исследование и применение. М.–Л.: Стройиздат наркомстроя. 1943. 378 с.
13. Антипин А.А. Гипсовые строительные детали для скоростного строительства // *Опыт стройки*. 1939. № 4. С. 43.
14. Волженский А.В. Производство известково-гипсовых смесей и повышение их водоустойчивости // *Промышленность строительных материалов*. 1940. № 10. С. 10–11.
15. Алкснис Ф.Ф. Твердение и деструкция гипсоцементных композиционных материалов. Л.: Стройиздат, 1988. 103 с.

Полученные результаты подтверждают правильность подхода уральской научной школы к формированию устойчивого фазового состава водостойких гипсовых вяжущих. Они свидетельствуют о высоком потенциале ГИШВ как перспективного вяжущего для создания строительных композитов конструкционного назначения, жизненный цикл которых, даже для суровых климатических условий Уральского региона, составляет не менее 50 лет. Есть основания полагать, что его фактическая величина окажется существенно выше.

#### References

1. Shtark I., Vikht B. Dolgovechnost' betona [Durability of concrete]. Kiev: Oranta. 2004. 295 p.
2. Tang S.W., Yao Y., Andrade C., Li Z.J. Recent durability studies on concrete structure. *Cement and Concrete Research*. 2015. Vol. 78. Part A, pp. 143–154.
3. Glassera F.P., Marchanda Ja., Samsonc E. Durability of concrete – Degradation phenomena involving detrimental chemical reactions. *Cement and Concrete Research*. 2008. Vol. 38, pp. 226–246.
4. Yankovskiy L.V. Durability of Cement Concretes in the Light of Transition of European Standards. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 1, pp. 16–18. (In Russian).
5. Hornbostela K., Larsena C.K., Geikera M.R. Relationship between concrete resistivity and corrosion rate – A literature review. *Cement and Concrete Composites*. 2013. Vol. 39, pp. 60–72.
6. Rapoport P.B., Rapoport N.V., Polyanskiy V.G., Sokolova E.R., Garibov R.B., Kochetkov A.V., Yankovskiy L.V. Analysis of service life of modern cement concrete. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*. 2012. No. 4. <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6559> (date of access 11.07.2016). (In Russian).
7. Huntzinger D.N., Eatmonb T.D. A life-cycle assessment of Portland cement manufacturing: comparing the traditional process with alternative technologies. *Journal of Cleaner Production*. 2009. Vol. 17, pp. 668–675.
8. Juengera M.C.G., Winnefeldb F., Provisc J.L., Idekerd J.H. Advances in alternative cementitious binders. *Cement and Concrete Research*. 2011. Vol. 41, pp. 1232–1243.
9. Zhang Z., Provis J., Reid A., Wang H. Geopolymer foam concrete: An emerging material for sustainable construction. *Construction and Building Materials*. 2014. Vol. 56, pp. 113–127.
10. Sun H., Jain R., Nguyen K., Zuckerman J. Sialite technology – sustainable alternative to portland cement. *Clean Technologies and Environmental Policy*. 2010. Vol. 12, pp. 503–516.
11. Riechert C., Scharfe F., Fischer H.-B. Zur Eignung von Gips-Zement-Puzzolan-Bindemitteln für Putzanwendungen. *Ibausil: Tagungsband*. Weimar. 2012, pp. 0432–0441.
12. Budnikov P.P. Gips, ego issledovanie u primeneniye [Gypsum, its study and application]. Moscow-Leningrad: Stroyizdat narkomstroya. 1943. 378 p.
13. Antipin A.A. Plaster construction details for high-speed construction. *Opyt stroyki*. 1939. No. 4, p. 43. (In Russian).
14. Volzhenskiy A.V. Production of limy and plaster mixes and increase of their water proofness. *Promyshlennost' stroitel'nykh materialov*. 1940. No. 10, pp. 10–11. (In Russian).
15. Alksnis F.F. Tverdenie i destruksiya gipsotsementnykh kompozitsionnykh materialov [Curing and destruction plaster and cement composite materials]. Leningrad: Stroyizdat. 1988. 103 p.

УДК 666.914:691.533

С.В. АНИСИМОВА, канд. хим. наук, А.Е. КОРШУНОВ, инженер (korshynov@gmail.com),  
Д.Н. ЕМЕЛЬЯНОВ, д-р хим. наук

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского (603950, г. Нижний Новгород, пр-т Гагарина, 23)

## Свойства гипсовых суспензий в присутствии водорастворимых акриловых полимеров

При исследовании реологического состояния гипсовых суспензий с оценкой изменения динамической вязкости выявлено, что водорастворимые полимеры и сополимеры акриловой кислоты в количествах от 0,005% проявляют активные свойства в отношении строительного гипса на стадии его затворения водой и влияют на процессы схватывания и твердения. Результаты рентгенографического анализа и определения физико-механических свойств затвердевших образцов показали, что использование водорастворимых акриловых полимеров незначительно влияет на характер образующейся кристаллической фазы и прочность гипсовых отливок.

**Ключевые слова:** гипс, полимеры акриловой кислоты, суспензии, реология, схватывание.

S.V. ANISIMOVA, Candidate of Sciences (Chemistry), A.E. KORSHUNOV, Engineer (korshynov@gmail.com), D.N. EMELIANOV, Doctor of Sciences (Chemistry) Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod (23 Gagarin Avenue, 603950, Nizhny Novgorod, Russian Federation)

### Properties of Gypsum Suspensions in the Presence of Water Soluble Acrylic Polymers

In the course of the study of the rheological state of gypsum suspensions when evaluating the change in the dynamic viscosity in time, it is revealed that water soluble polymers and copolymers of the acrylic acid in quantity from 0.005% show active properties in relation to building gypsum at the stage of its mixing with water and effect on the processes of setting and hardening. On the basis of results of the X-ray analysis and determination of physical-mechanical properties of hardened samples, it is shown that the use of water soluble acrylic polymers insignificantly influences on the character of the formed crystalline phase and the strength of gypsum casts.

**Keywords:** gypsum, polymers of acrylic acid, suspensions, rheology, setting.

В современных научных исследованиях [1, 2] особое внимание уделяется связи процесса твердения вяжущего и эксплуатационных показателей гипсовых материалов и изделий. Регулирование свойств гипсовых суспензий оказывает влияние не только на формование изделий, но и лежит в основе управления процессами структурообразования при твердении гипса. Целенаправленно создаются гипсовые строительные материалы, изделия и конструкции с заданными структурой и свойствами в результате использования оптимальных технологических процессов, в том числе при применении неорганических и полимерных ультра- и нанодисперсных добавок [3–5].

Особое место среди используемых в настоящее время регуляторов схватывания и пластификаторов гипсовых составов занимают полимерные поверхностно-активные вещества (ППАВ). По имеющимся представлениям проявление свойств ППАВ в водных суспензиях вяжущих выражено следующим образом [6]. В начале гидратации происходит хемосорбция молекул ППАВ на

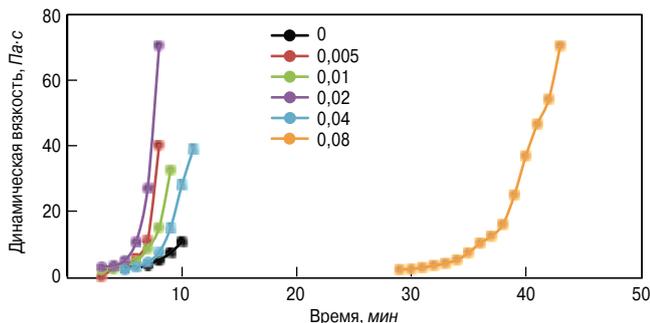
поверхности частиц вяжущего. Затем под влиянием расклинивающего действия созданных адсорбционных слоев и прилагаемых сдвиговых механических усилий при перемешивании достигается разделение агрегатов – диспергирование и равномерное распределение частиц вяжущего во всем объеме суспензии. В этом проявляется суть пластифицирующих эффектов, связанных с понижением вязкости полученных составов.

Параллельно начинаются процессы гидратации вяжущего, приводящие к регулируемым сцеплениям возникающих кристаллических новообразований, в том числе и при участии ППАВ как возможных активных центров. При возникновении и увеличении количества продуктов гидратации наблюдается резкое падение подвижности системы, совпадающее с периодом схватывания. Наибольшее значение использования подобных добавок проявляется в снижении водопотребности вяжущего, контролируемой при проведении реологических исследований суспензий [7, 8]. Следует отметить, что теоретические аспекты подобных воздействий различных

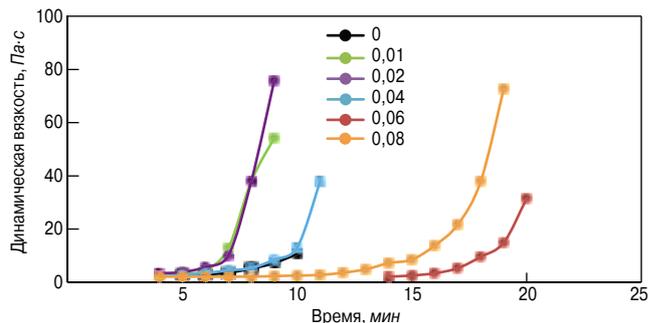
Таблица 1

Характеристики водных растворов полимеров и сополимеров акриловой кислоты

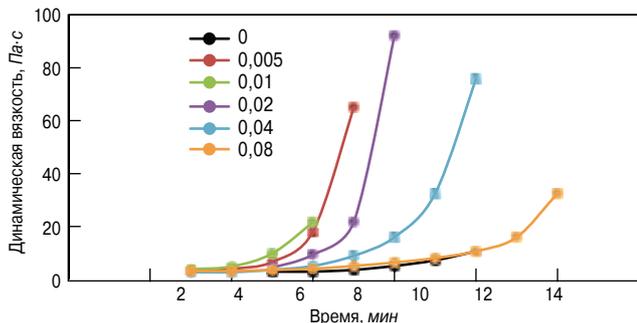
Обозначение	Основные свойства
Полиакриловая кислота $-(CH_2-CH-COOH)_n-$	
ПАК В-1	Сухой остаток 38,8%; pH 1,2; $\eta_{уд}$ (1% p-p)=0,06
ПАК В-2	Сухой остаток 41%; pH 1,1; $\eta_{уд}$ (1% p-p)=0,33
ПАК В-3	Сухой остаток 42,2%; pH 1,4; $\eta_{уд}$ (1% p-p)=1,35
Na-соль полиакриловой кислоты $-(CH_2-CH-COOH)_{n1}-(CH_2-CH-COONa)_{n2}-$	
Na-соль ПАК В-3	Сухой остаток 39%; pH 5,9; $\eta_{уд}$ (1% p-p)=1,35
Na-соли сополимеров полиакриловой кислоты и метилакрилата $-(CH_2-CH-COOH)_{n1}-(CH_2-CH-COONa)_{n2}-(CH_2-CH-COOCH_3)_{n3}-$	
Na-соль 94АК-6МА	Сухой остаток 10%; pH 7,2; $\eta=12$ мПа·с
Na-соль 88АК-12МА	Сухой остаток 10%; pH 7; $\eta=12$ мПа·с



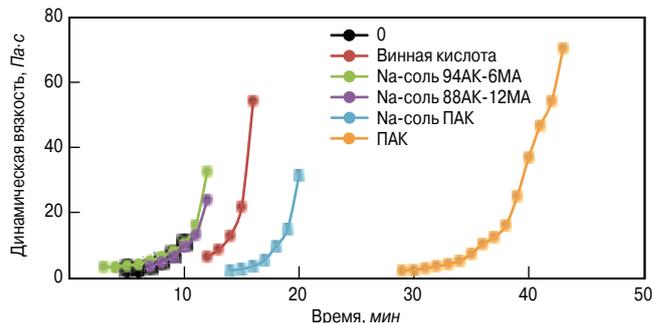
**Рис. 1.** Изменение динамической вязкости для гипсовых суспензий ( $V/\Gamma=0,6$ ) в зависимости от содержания полиакриловой кислоты ПАК В-3



**Рис. 2.** Изменение динамической вязкости для гипсовых суспензий ( $V/\Gamma=0,6$ ) в зависимости от содержания Na-соли полиакриловой кислоты В-3



**Рис. 3.** Изменение динамической вязкости для гипсовых суспензий ( $V/\Gamma=0,6$ ) в зависимости от содержания сополимера 88 мас. % АК и 12 мас. % МА



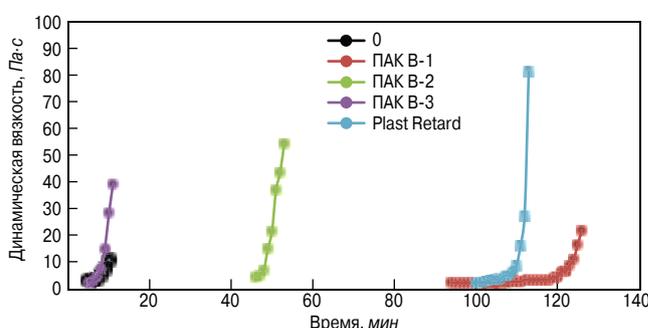
**Рис. 4.** Изменение динамической вязкости для гипсовых суспензий ( $V/\Gamma=0,6$ ) в присутствии 0,08% различных добавок

полимерных добавок на состояние гипсовых суспензий, процессы роста и формирования кристаллов двуводного сульфата кальция ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), образующегося при твердении гипсовых вяжущих, изучены недостаточно.

Целью настоящей работы было установление влияния водорастворимых акриловых полимеров, являющихся ППАВ [9–12], на процессы схватывания и твердения строительного гипса при изучении реологического поведения гипсовых суспензий с дальнейшим контролем свойств гипсовых отливок. Объектом исследований являлся строительный гипс производства Пешеланского гипсового завода марки Г-6 П Б. В качестве водорастворимых карбоксилсодержащих высокомолекулярных соединений использовали полиакриловые кислоты различной молекулярной массы (ПАК В-1, ПАК В-2, ПАК В-3), Na-соль полиакриловой кислоты (Na-соль ПАК В-3) и Na-соли сополимеров акриловой кислоты (АК) с метилакрилатом (МА) составов 94 мас. % АК и 6 мас. % МА и 88 мас. % АК и 12 мас. % МА (табл. 1).

Гипсовые суспензии готовились при соблюдении водогипсового отношения  $V/\Gamma=0,6$ . Содержание добавок варьировалось и составляло от 0,005 до 0,15% от массы гипса. Для точности дозирования и удобства введения все полимерные составы предварительно разбавлялись водой до концентрации 1%. Модифицирующая добавка вводилась в воду затворения. Для проведения испытаний приготовленная гипсовая суспензия помещалась в измерительный стакан ротационного вискозиметра Реотест РV (измерительный цилиндр Н, градиент скорости сдвига  $27 \text{ c}^{-1}$ ) и измерения начинались строго через 3 мин с момента затворения вяжущего водой, а далее производились через каждую минуту до фиксации момента начала схватывания гипса. Для обсуждения полученных данных строились графики зависимости значений динамической вязкости суспензий от времени жизни гипсовых суспензий (рис. 1–5).

При оценке реологических состояний гипсовых суспензий, полученных в присутствии ПАК-3 и ее Na-



**Рис. 5.** Изменение динамической вязкости для гипсовых суспензий ( $V/\Gamma=0,6$ ) в присутствии 0,04% различных добавок

соли (рис. 1, 2), установлено, что наличие макромолекул, содержащих карбоксильные группы в микроколичествах (от 0,005% к гипсу), сразу изменяет реологические свойства гипсовых суспензий и оказывает влияние на процессы схватывания.

При введении данных полимеров до 0,04% наблюдается некоторое ускорение процесса схватывания по сравнению с гипсом без добавок.

Дальнейшее увеличение содержания полимеров до 0,08% позволяет получить гипсовые суспензии с меньшей начальной вязкостью по сравнению с суспензиями без добавок. При этом отмечается замедление процессов схватывания, причем в случае использования полиакриловой кислоты ПАК В-3 это проявляется более существенно: начало схватывания отодвигается к 30–35 мин по сравнению с 6–8 мин для гипса. При использовании Na-соли ПАК В-3 0,06–0,08% к гипсу эффект замедления процесса схватывания также проявляется, но фиксируется замедление схватывания только на 10–15 мин.

При использовании Na-солей сополимеров акриловой кислоты с метилакрилатом (рис. 3) начальное уско-

рение схватывания еще более выражено при содержании сополимера до 0,04% по сравнению с Na-солями полиакриловой кислоты. При дальнейшем увеличении содержания сополимера до 0,08% наблюдается незначительное замедление схватывания.

При сравнении состояния гипсовых суспензий в процессе схватывания при введении 0,08% различных добавок (рис. 4) установлено, что в присутствии Na-солей сополимеров АК-МА начало схватывания смеси практически совпадает с началом схватывания гипса без добавок.

Винная кислота, традиционно используемая в качестве замедлителя схватывания гипса при производстве гипсовых изделий, незначительно удлиняет период сохранения текучего состояния суспензии, чуть уступая влиянию Na-соли ПАК – начало схватывания соответственно 12 и 15 мин.

Явное замедляющее действие проявляет ПАК В-3 – начало схватывания откладывается до 30 мин. Можно отметить, что и длительность процесса схватывания при этом увеличивается до 14 мин.

Проявление замедляющего действия описано при сравнении свойств гипсовых суспензий при использовании трех полимеров ПАК В-1, ПАК В-2, ПАК В-3 различной молекулярной массы при их введении в гипс 0,04% (рис. 5). Отмечено, что с уменьшением молекулярной массы полимера приготовленные гипсовые суспензии характеризуются повышением текучести, сохраняемой до схватывания. Установлено, что в присутствии низкомолекулярной полиакриловой кислоты ПАК В-1 процесс схватывания откладывается на самое длительное время – до 1,5 ч. Такой эффект сопоставим с действием добавки Plast Retard. Однако продолжительность схватывания гипса в присутствии ПАК В-1 больше. С ростом молекулярной массы ПАК замедляющее действие схватывания гипса уменьшается, и при содержании 0,04% добавки ПАК В-3 время схватывания смеси практически совпадает с временем схватывания гипса без добавок.

Полученные данные можно объяснить наличием поверхностных и объемных явлений, что согласуется с известными приемами наномодифицирования строительных материалов [13]. Можно констатировать, что использование ПАК-2 в количестве 0,04% от массы гипса будет оптимальным для решения задач формования изделий – гипсовая суспензия характеризуется текучестью до момента схватывания, а начало схватывания заметно регулируется во времени.

Прочностные свойства образцов гипсовых отливок при В/Г=0,6 в присутствии добавок (табл. 2) близки по значениям к свойствам гипса без добавок. Некоторое снижение прочности согласуется с представлениями влияния замедлителей схватывания на механизм твердения гипса. Некоторое увеличение значений прочности для добавки Na-соли сополимера 88АК-12МА при содержании до 0,02% наблюдается при одновременном проявлении ускорения схватывания.

С целью описания характера влияния изученных полимерных добавок на процессы кристаллообразования проведены исследования отвержденного гипса методом рентгеноструктурного анализа.

Расположение пиков, характерных для  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , практически не изменяется при введении в гипсовые суспензии винной кислоты в количестве

0,06%. Это согласуется и со сходством свойств соответствующих гипсовых суспензий.

При сопоставлении экспериментально полученных значений межплоскостных расстояний и относительных интенсивностей линий рентгенограмм гипса, затвердевшего в присутствии водорастворимых полимеров акриловой кислоты, с эталонной рентгенограммой гипса без добавок отмечено, что расположение основных пиков, характерных для  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , для всех изученных составов практически не изменяется. В присутствии полиакриловых кислот В-2 (0,04% от массы гипса) и В-3 (0,08% от массы гипса), а также Na-соли ПАК В-3 (0,15% от массы гипса) наблюдается проявление дифракционных максимумов при углах 14,83–14,88. Следует отметить, что для данных гипсовых суспензий установлено замедление схватывания при введении полимерных добавок. В присутствии 0,06% Na-соли сополимера 90 мол. % АК и 10 мол. % МА вид рентгенограммы гипсовой отливки близок к рентгенограмме гипса, затвердевшего без добавок. Свойства суспензий также схожи.

Таким образом, можно сделать выводы, что молекулы полимерных добавок не внедряются в структуру двухводного сульфата кальция и химический состав продукта не меняется. Некоторые отличия относительной интенсивности пиков на рентгенограммах кристаллов двухводного гипса с добавками могут быть объяснены тем, что присутствие в суспензиях исследуемых добавок влияет на процесс кристаллизации, форму и размер кристаллов двухводного гипса за счет адсорбции молекул добавок на гранях кристаллов. Эти данные согласуются и с явлениями, описанными авторами [14, 15].

Характер кристаллизации, очевидно, и определяет незначительное уменьшение прочности затвердевших гипсовых отливок в случае использования полиакриловой кислоты и ее солей.

Выявленные особенности объясняются двойственным действием полимеров и сополимеров акриловой кислоты на схватывание гипса. Введение поликислот увеличивает число активных центров, содержащих кислород, что сказывается на возможной интенсификации возникновения гидратных новообразований сульфата кальция с проявлением ускорения процессов схватывания. Увеличение содержания ПАК изменяет прежде всего pH среды гипсовой суспензии и, как следствие, характер гидратации, замедляя схватывание. Кроме этого, локальное распределение полимерной добавки концентрирует центры кристаллизации, препятствуя про-

Таблица 2

Прочность гипсовых образцов при В/Г=0,6

Состав	Содержание добавки, %	Прочность при сжатии, МПа
Гипс	–	14
Гипс + винная кислота	0,04	13,2
	0,06	13,5
Гипс + ПАК В-2	0,02	12,2
	0,04	12,4
Гипс + Na-соль ПАК В-2	0,02	12,7
	0,04	13
Гипс + Na-соль 88 мас. % АК и 12 мас. % МА	0,005	14,8
	0,01	15,8
	0,02	14,1
	0,04	11,2
	0,08	11,4

**Примечание.** Прочность образцов оценивалась в высушенном до постоянной массы состоянии.

растанию образующихся кристаллогидратов гипса. Также установлено, что нейтрализация растворов ПАК вызывает частичное закрытие кислородсодержащих полимерных группировок и, как следствие, снижение влияния полимера на процессы схватывания гипсовых

суспензий. Активные центры в этом случае менее локализованы, что не мешает развитию кристаллообразования.

Установленные явления могут быть учтены в технологиях переработки гипсовых вяжущих.

**Список литературы**

1. Белов В.В., Бурьянов А.Ф., Яковлев Г.И. и др. Модификация структуры и свойств строительных композитов на основе сульфата кальция. М.: Де Нова, 2012. 196 с.
2. De Korte A.C.J., Brouwers H.J.H. Ultrasonic sound speed analysis of hydrating calcium sulphate emihydrates // *Journal of Materials Science*. 2011. Vol. 46. № 22. P. 7228–7239.
3. Устинова Ю.В., Сивков С.П., Баринаова О.П., Санжаровский А.Ю. Влияние различных добавок на морфологию кристаллов двухводного гипса // *Вестник МГСУ*. 2012. № 4. С. 140–144.
4. Панферова А.Ю., Гаркави М.С. Модифицирование гипсовых систем малыми добавками полимеров // *Строительные материалы*. 2011. № 6. С. 8–9.
5. Устинова Ю.В. Влияние полимерных добавок на кристаллизацию двухводного сульфата кальция // *Строительство: наука и образование*. 2013. № 2. С. 3.
6. Юхневский П.И. О механизме пластификации цементных композиций добавками // *Строительная наука и техника*. 2010. № 1–2. С. 64–69.
7. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Реологические характеристики водных суспензий композиционного гипсового вяжущего и его композитов // *Известия КазГАСУ*. 2009. № 2. С. 263–268.
8. Камалова З.А., Рахимов Р.З., Ермилова Е.Ю., Стоянов О.В. Суперпластификаторы в технологиях изготовления композиционного бетона // *Вестник Казанского технологического университета*. 2013. Т. 16. № 8. С. 148–152.
9. Швецов О.К., Дуророва Е.Ю., Комин А.В. Коллоидно-химические свойства растворов полимерных карбоксилатных поверхностно-активных веществ // *Тезисы докладов III научно-технической конференции «Полимерные композиционные материалы и покрытия»*. Ярославль. 2008. С. 323–326.
10. Холмберг К., Йёнссон Б., Кронберг Б., Линдман Б. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. 528 с.
11. Sivtsov E. Surface properties of acrylic and N-vinylsuccinimide copolymers in aqueous solutions // *Proceedings of Baltic Polymer Symposium 2007*. Vilnius: Vilnius University. 2007. P. 67–71.
12. Сивцов Е.В., Черникова Е.В., Терпугова П.С., Ясногородская О.Г. Влияние микроstructures сополимеров акриловой кислоты и н-бутилакрилата, полученных методом псевдоживой радикальной полимеризации по механизму обратимой передачи цепи, на их поверхностную активность в водных растворах // *Журнал прикладной химии*. 2009. Т. 82. № 4. С. 630–638.
13. Хозин В.Г., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Общая концентрационная закономерность эффектов наномодифицирования строительных материалов // *Строительные материалы*. 2015. № 2. С. 25–33.
14. Устинова Ю.В. Влияние полимерных добавок на кристаллизацию двухводного сульфата кальция // *Строительство: наука и образование*. 2013. № 2. <http://www.nso-journal.ru/public/journals/1/issues/2013/02/3.pdf> (дата обращения 11.07.2016).
15. Халиуллин, М.И., Алтыкис М.Г., Рахимов Р.З. и др. Влияние пластифицирующих добавок на свойства сухих смесей на основе ангидритового вяжущего // *Известия КГАСА*. 2003. № 1. С. 54–57.

**References**

1. Belov V.V., Bur'yanov A.F., Yakovlev G.I. etc. Modifikatsiya struktury i svoystv stroitel'nykh kompozitov na osnove sul'fata kal'tsiya [Modification of structure and properties of construction composites on the basis of calcium sulfate]. Moscow: De Nova. 2012. 196 p.
2. De Korte A.C.J., Brouwers H.J.H. Ultrasonic sound speed analysis of hydrating calcium sulphate emihydrates. *Journal of Materials Science*. 2011. Vol. 46. No. 22, pp. 7228–7239.
3. Ustinova Yu.V., Sivkov S.P., Barinova O.P., Sanzharovskiy A.Yu. Influence of various additives on morphology of crystals of two-water plaster. *Vestnik MGSU*. 2012. No. 4, pp. 140–144. (In Russian).
4. Panferova A.Yu., Garkavi M.S. Modification of Gypsum Systems with Small Additions of Polymers. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 6, pp. 8–9. (In Russian).
5. Ustinova Yu.V. Influence of polymeric additives on crystallization of two-water sulfate of calcium. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie*. 2013. No. 2, pp. 3. (In Russian).
6. Yukhnetskii P.I. About the mechanism of plasticization of cement compositions additives. *Stroitel'naya nauka i tekhnika*. 2010. No. 1–2, pp. 64–69. (In Russian).
7. Sagdatullin D.G., Morozova N.N., Khozin V.G. Rheological characteristics of water suspensions composite plaster knitting and his composites. *Izvestiya KazGASU*. 2009. № 2, pp. 263–268. (In Russian).
8. Kamalova Z.A., Rakhimov R.Z., Ermilova E.Yu., Stoyanov O.V. Supersofteners in manufacturing techniques of composite concrete. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2013. Vol. 16. No. 8, pp. 148–152. (In Russian).
9. Shvetsov O.K., Durosova E.Yu., Komin A.V. Colloidal and chemical properties of solutions polymeric karboksilatnykh of surface-active substances. *Theses of reports of the III scientific and technical conference "Polymeric Composite Materials and Coverings"*. Yaroslavl'. 2008, pp. 323–326. (In Russian).
10. Kholmberg K., Iensson B., Kronberg B., Lindman B. Poverkhnostno-aktivnye veshchestva i polimery v vodnykh rastvorakh [Surface-active substances and polymers in water solutions]. Moscow: BINOM. Laboratoriya znany. 2007. 528 p.
11. Sivtsov E. Surface properties of acrylic and N-vinylsuccinimide acids copolymers in aqueous solutions. *Proceedings of Baltic Polymer Symposium 2007*. Vilnius: Vilnius University. 2007, pp. 67–71.
12. Sivtsov E.V., Chernikova E.V., Terpugova P.S., Yasnogorodskaya O.G. Influence of a microstructure of copolymers of acrylic acid and the N-butylakrilata received by method of pseudo-live radical polymerization on the mechanism of reversible transfer of a chain on their superficial activity in water solutions. *Zhurnal prikladnoy khimii*. 2009. Vol. 82. No. 4, pp. 630–638. (In Russian).
13. Khozin V.G., Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K. Common Concentration Pattern of Effects of Construction Materials Nanomodification. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 2, pp. 25–33. (In Russian).
14. Ustinova Yu.V. Influence of polymeric additives on crystallization of two-water sulfate of calcium. *Stroitel'stvo: nauka i obrazovanie*. 2013. No. 2, pp. 3. <http://www.nso-journal.ru/public/journals/1/issues/2013/02/3.pdf>. (date of access 11.07.16). (In Russian).
15. Khaliullin, M.I., Altykis M.G., Rakhimov R.Z. etc. Influence of the plasticizing additives on properties of dry mixes on the basis of ангидритовый knitting. *Izvestiya KGASA*. 2003. No. 1, pp. 54–57. (In Russian).



КАЧЕСТВО & ПРОДУКЦИЯ

## Решения компании Grenzebach для Вашего успеха

**Стремитесь к успеху – Grenzebach всегда рядом и готов  
оказать Вам свою помощь:**

- Инновационные, ориентированные на заказчика решения для переработки гипса
- Решения «под ключ»
- Высочайшее качество продукта
- Надежность и результативность
- Оборудование высокого технологического уровня
- Обучение операторов
- Коммерческое и административное сопровождение
- Постпродажный сервис

**Grenzebach – Ваш надежный партнер в области  
технологий переработки гипса**

Grenzebach BSH GmbH Germany | Phone: +49 6621 81-3000 | info.gbsh@grenzebach.com  
Grenzebach Mashtech, LLC | Phone: +7 495 626-5881 | info.gmos@grenzebach.com

[www.grenzebach.com](http://www.grenzebach.com)



# Грунтовки КНАУФ: грамотная подготовка основания — залог успеха отделочных работ

Культура строительных и отделочных работ с каждым годом растет. Если на заре 2000-х гг. еще можно было встретить применение гарцовки при ремонте помещения, то сейчас подавляющее большинство мастеров предпочитают гипсовые сухие смеси. Повсеместное распространение данных материалов повлекло за собой необходимость в использовании грунтовок.

В настоящее время на рынке представлен широкий ассортимент грунтовок: универсальные, глубокого проникновения, по бетону, специальные. Наибольшее распространение на рынке имеют грунтовки первого вида – универсальные. Это объясняется тем, что строителям удобнее использовать один универсальный состав, чем специализированный. Но, как известно, универсальность – это всегда компромисс. Для качественного ремонта лучше использовать грунтовочные составы, предназначенные только под предстоящий вид работ. Такого же мнения придерживаются и специалисты всемирно известной компании КНАУФ.

Обширная линейка грунтовок КНАУФ позволяет подобрать состав для выполнения отделочных работ как внутри помещений, так и снаружи, под

каждый тип основания и последующего материала. Благодаря инновационной рецептуре, грунтовки КНАУФ обеспечивают надежное сцепление наносимого покрытия с обрабатываемой поверхностью и, как следствие, дают возможность добиться максимально высокого качества отделки.

Грунтовки КНАУФ имеют целый ряд преимуществ:

- высокая степень проникновения в основу;
- низкий расход;
- оптимальная вязкость;
- легкость нанесения;
- гипоаллергенность – в составе продукции не содержится токсичных и вредных для здоровья человека веществ;
- укрепляют поверхность слабых оснований (на меловой, гипсовой основе);
- быстрое высыхание;
- не изолирует водяные пары внутри сооружения;
- снижают впитываемость основания;
- предотвращают обезвоживание штукатурного/шпаклевочного раствора.



## Виды, характеристики, особенности применения

**КНАУФ-Тифенгрунд** – бесцветная, быстросохнущая, не содержащая пластификаторов и растворителей грунтовка глубокого проникновения. Представляет собой водную дисперсию мелких (порядка 0,05 мкм) частиц полимеров, укрепляющих мелющееся основание. Благодаря такой структуре грунтовка обладает высокой проникающей способностью и может применяться для обработки даже очень гигроскопичных оснований (гипсовых штукатурок, гипсокартонных листов, наливных полов и других хорошо впитывающих влагу поверхностей). Не изолирует водяные пары внутри сооружения.

**КНАУФ-Миттельгрунд** – быстросохнущая паропроницаемая грунтовка (концентрат). По составу является полимерной дисперсией с добавлением желтого пигмента. Эффективно регулирует впитывающую способность основания: снижает впитываемость гипсовых и цементных штукатурок, а также всех типов мокрых стяжек и оснований из газо- и пенобетона, силикатного и керамического кирпича.

КНАУФ-Миттельгрунд является концентратом, что особенно удобно и экономично для применения на строительных объектах.





**КНАУФ-Декоргрунд** – готовая к применению быстросохнущая грунтовка на основе полимерной дисперсии с белым пигментом. Предназначена для обработки поверхностей гипсовых и цементных штукатурок перед нанесением декоративной цементной штукатурки КНАУФ-Диамант и ее аналогов. Выравнивает цвет основания, придавая ему белый оттенок. Это не только позволяет сформировать первичный цветовой слой для дальнейшего нанесения финишного покрытия, но и сокращает расход краски в процессе работ. Используется также для грунтования поверхности стен из газо- и пенобетонных блоков перед нанесением цементных штукатурок.

**КНАУФ-Мультигрунд** – быстросохнущая паропроницаемая грунтовка для обработки поверхностей различных типов: газо- и пенобетона, керамического и силикатного кирпича, керамзито- и шлакоблоков, гипсовых и цементных штукатурок, бетонной, цементной и гипсовой стяжки. При контакте с поверхностью создает надежную пленку, которая предотвращает обезвоживание наносимого штукатурного раствора, наливного пола или плиточного клея.



**КНАУФ-Бетоконтакт** – щелочестойкая полимерная дисперсия розового цвета, содержащая чистый кварцевый песок. Применяется при подготовке плотных, гладких, слабовпитывающих и не впитывающих влагу оснований, например железобетона, цементных штукатурок, пенополистирольных плит. Оптимально подходит для реализации интерьерных проектов, требующих использования большого количества гипсовой лепнины. Предназначена для внутренних работ.



Все грунтовочные композиции обеспечивают качественную, надежную подготовку основания под последующие отделочные работы.

Грунтовки, описанные выше, можно приобрести у дилерских организаций компании КНАУФ, полный список которых представлен на сайте [www.knauf.ru](http://www.knauf.ru) в разделе «Где купить?». Специалисты КНАУФ оказывают квалифицированные консультации по применению продукции не только в офисе компании, но и проводят бесплатные выездные консультации и демонстрации на объектах ремонта. Кроме того, все желающие могут пройти обучение применению продуктов и систем в учебных центрах компании КНАУФ.

# KNAUF

Бесплатный телефон по России:  
8 800-770 7667

[www.knauf.ru](http://www.knauf.ru)



# О современных трендах базового выравнивания напольных оснований

Согласно статистике в последние годы сухие строительные смеси на основе гипса поступательно завоевывали все большую долю рынка. Эта тенденция коснулась и гипсовых наливных полов. Даже сейчас, в непростое для строительной отрасли время, когда наблюдается общее снижение объемов производства, гипсовые наливные полы остаются востребованным и актуальным материалом.

Самарский гипсовый комбинат объявил 2016 г. годом гипсовых наливных полов. Мы знаем, что в наливных полах на основе гипса заложен большой потенциал. Сотрудничая с ведущими производителями, мы уверены, что при грамотной расстановке приоритетов этот продукт может быть экономически эффективным, особенно в кризис.

## «Назад в будущее»: ждать ли возврата к цементу?

В сложных экономических условиях цена на материалы становится одним из определяющих факторов. Произойдет ли массовый возврат к цементным наливным полам как более дешевому продукту?

Практика минувшего года показала, что пути назад нет, ведь изменились не только экономические условия, но и требования к материалам, и культура труда. Сегодня, помимо адекватной цены, от наливного пола ждут прочности, быстроты схватывания, удобства нанесения, а также соответствия все более ужесточающимся экологическим нормам. И именно гипсовые полы помогают решить весь этот спектр задач. Годы применения гипсовых наливных полов показали, что большинство опасений, связанных с влажостойкостью гипса, оказались мифом. И современные строители не готовы отказаться от бонусов, которые обеспечивает гипсовый наливной пол, — безупрочности, трещиностойкости, прочности, огромной экономии времени. Недаром сегодня в Германии полностью отказались от цементных наливных полов и применяют только полы на основе гипса разной прочности.

Кроме того, рынок цемента в РФ сегодня очень нестабилен — цена на продукт постоянно растет, что связано и со сменой собственника одного из крупнейших предприятий отрасли, и с сокращением производства.

## Кризис? Растем!

Сегодня у производителей наливных полов есть два основных условия для сохранения и укрепления рыночных позиций.

Первое — это удержать на достойном уровне качество продукции. Не секрет, что в целях снижения расходов некоторые производители переходят на дешевое сырье. Это обеспечивает определенную экономию, но лишает одного из ключевых конкурентных преимуществ — уверенности покупателя в стабильности качества продукта, что в итоге ведет к потере клиентов. Кроме того, скачки валютного курса ставят целесообразность способа под сомнение, ведь стоимость импортной химии с колебаниями валюты растет.

Вторым условием, которое позволит производителю сохранить и упрочить положение на рынке, является охват как можно большего количества клиентов. Бесспорно, наливные полы на базе строительного гипса и наливные



полы на базе высокопрочного позволяют решать разные задачи, а следовательно, расширить круг клиентов.

Чтобы помочь партнерам в укреплении рыночных позиций, мы обеспечиваем удовлетворение потребностей в различных гипсовых вяжущих, позволяя производителю ССС расширить свою ассортиментную линейку. Мы предлагаем как высокопрочный гипс, применение которого позволит придать наливным полам высокие потребительские свойства и тем самым гарантировать стандарты качества, так и качественный строительный гипс.

## Залог стабильности — в создании продуктов под решение разных задач

Сегодня на рынке есть компании, которые действительно вынуждены урезать свой бюджет. Есть те, кто надеется обеспечить выгоду за счет использования недорогих материалов. И для них оптимальным решением станут полы на базе строительного гипса.

Но по-прежнему существуют компании, которые работают в условиях сжатых сроков. Есть строители, понимающие, что сохранение качества работ — это залог хорошей репутации, а репутация в кризис — необходимое условие для получения финансово интересных и рентабельных заказов. И для них в ассортиментной линейке должны присутствовать полы на основе высокопрочного гипса.

Полы на основе высокопрочного гипса оптимальны для объектов муниципального строительства. Как бы ни развивалась экономическая ситуация в стране, муниципальное строительство в тех или иных объемах будет финансироваться. Полы на основе высокопрочного гипса отвечают всем современным требованиям, в том числе экологическим, а ГВСС в составе обеспечивает хороший задел по прочности готовой поверхности, что исключает возникновение рекламаций, а соответственно, и расходов на переделки в будущем.

И наконец, традиционная сфера применения полов на основе высокопрочного гипса — это частные ремонты, объем которых остается довольно большим: несмотря на кризис, люди приобретают квартиры и ремонтируют их.

Именно производители, которые сумеют предложить необходимый продукт разным категориям потребителей, смогут не только удержаться на рынке, но в конечном итоге обеспечат себе хороший люфт и возможность дальнейшего развития.

УДК 691.311

Н.А. ГАЛЬЦЕВА, инженер (nady\_19@mail.ru), А.Ф. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук (rga-service@mail.ru)

Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

## Закладочные смеси на основе синтетического ангидрита из отходов промышленности

Приведены результаты исследования для приготовления рецептур закладочных смесей типа АШЦ (ангидритошлакоцементные) с максимальным сокращением доли доменного шлака и цемента, пригодных для закладки выработанного пространства рудников. Определены оптимальные составы закладочных смесей на основе модифицированного ангидритового вяжущего с портландцементом в количестве 2,5–5% и сульфата калия в количестве 0,5–2% от массы сырья, домолотого до удельной поверхности 4500 см<sup>2</sup>/г, отвечающих всем требованиям, предъявляемым к закладочным смесям по технологическим и физико-механическим свойствам. Полученные результаты исследований показали возможность и перспективность применения модифицированного синтетического сульфата кальция в составах закладочных смесей.

**Ключевые слова:** синтетический ангидрит, закладочная смесь, добавки, промышленные отходы.

N.A. GALTSEVA, Engineer (nady\_19@mail.ru), A.F. BURIANOV, Doctor of Sciences (Engineering) (rga-service@mail.ru)  
National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavskoye Hwy, 129337, Moscow, Russian Federation)

### Stowing Mixtures on the Basis of Synthetic Anhydrite from Industrial Waste

Results of the study for the preparation of compositions of stowing mixtures of ASC (anhydrite-slag-cement) with maximal reducing the proportion of furnace slag and cement suitable for stowing of a worked-out space of mines are presented. Optimal compositions of the stowing mixtures on the basis of the modified anhydrite binder with Portland cement in the amount of 2.5–5% and potassium sulfate in the amount of 0.5–2% of raw material mass grinded until the specific surface of 4500 sm<sup>2</sup>/g have been determined; they meet all the requirements for stowing mixtures concerning their technological and physical-mechanical properties. The study results obtained show the possibility and perspectivity of using the modified synthetic potassium sulfate in compositions of stowing mixtures.

**Keywords:** synthetic anhydrite, stowing mixture, additives, industrial waste.

В настоящее время в РФ в качестве закладочных при заполнении выработанного пространства шахт применяются цементно-песчаные, цементно-щебеночные, ангидритошлакоцементные (АШЦ), ангидритошлакоцементные со щебнем (АШЦЩ), шлакоцементные (ШЦ), шлакоцементные со щебнем (ШЦЩ), клинкерношлакоангидритовые (КША) и др. При этом используют природный ангидрит сульфата кальция.

Ангидритовые вяжущие используются для формирования изделий исходя из того, что потеря прочности их при увлажнении происходит значительно меньше, чем у гипсовых вяжущих. Изделия из литой ангидритовой смеси обладают высокой точностью размеров, устойчивостью объема, изоляционными свойствами по отношению к теплу и ударному шуму, а также относительно низкой плотностью [1, 2].

Также при выплавке руды на заводах цветной металлургии образуется огромное количество выбросов SO<sub>2</sub> [3]. Одним из распространенных методов утилизации SO<sub>2</sub> на заводах цветной металлургии является их переработка в серную кислоту, применение которой в традиционных целевых продуктах не всегда экономически выгодно.

В связи с тем, что современное строительство стремится к рациональному расходованию средств и экологической безопасности, рациональнее применять в закладочных смесях синтетический ангидрит, получаемый из серной кислоты (из выбросов SO<sub>2</sub>) нейтрализацией молотым известняком.

В НИУ МГСУ проводились работы, целью которых являлось определение возможности использования синтетического ангидрита сульфата кальция в качестве ангидритового вяжущего взамен природного ангидрита [4, 5].

В исследованиях применялся синтетический ангидрит, полученный по технологии ОАО «НИУИФ» [6, 7].

На начальном этапе было изготовлено модифицированное ангидритовое вяжущее на основе синтетического ангидрита, так как исходное сырье было практически инертным. Для придания сырью вяжущих свойств и получения материала, аналогичного природному ангид-

риту, необходимо осуществить его помол до оптимальной удельной поверхности, а также ввести модифицирующие добавки.

Совместный помол предварительно высушенного исходного ангидритового вяжущего с добавками проводился в лабораторной вибрмельнице. Выбор вида и количества модифицирующих добавок (катализаторов твердения) основан на практическом опыте исполнителя по разработке аналогичных вяжущих веществ, аналитическом обзоре исследований по данному направлению других авторов и методе математического планирования эксперимента.

В качестве модифицирующих добавок использовались портландцемент ПЦ 500 Д0 Н, известь гашеная, сульфат калия и Мельмент F-10. Выбор данных добавок и их дозировок в составах вяжущих основан на предварительно проведенных исследованиях, а также результатах исследования структурообразования природного ангидрита.

На основании исследований установлено, что получение ангидритового вяжущего из предоставленного сырья возможно при его дополнительном совместном помолу с портландцементом в количестве 5% и сульфатом калия в количестве 2% от массы сырья до удельной поверхности 4500 см<sup>2</sup>/г. [8].

Выбор методов испытания закладочных смесей, изготовленных из модифицированного ангидритового вяжущего и строительного песка, основывался на методических рекомендациях по контролю качества закладочных смесей и действующих нормативных документах по испытаниям строительных материалов.

Основным требованием к закладочному массиву является обеспечение устойчивости закладки в обнажениях горной выработки, которая обеспечивается ее механической прочностью, способностью воспринимать статические и динамические нагрузки. В качестве основной характеристики для закладочных смесей принимается предел временного сопротивления при одноосном сжатии, определяемый по стандартным методикам.

В практике ведения закладочных работ на рудниках различают нормативную, марочную, расчетно-фактическую и фактическую прочность закладки.

Нормативная прочность закладки – прочность, при которой возможно безопасное обнажение закладочного массива горной выработки заданных размеров (проектная характеристика, рассчитываемая в проекте для каждого конкретного случая).

Марочная прочность закладки – прочность образцов-кубов закладочной смеси в возрасте 180 сут.

Расчетно-фактическая прочность закладки определяется по результатам контрольных испытаний образцов-кубов в промежуточном возрасте 3, 7, 28 сут путем интерполяции по набору прочности определенного вида закладки по формуле:

$$R_t = (a \cdot \lg t - b) \cdot R_{180},$$

где  $R_t$  – прочность закладки в расчетном сроке, МПа;  $R_{180}$  – прочность закладки в возрасте 180 сут, МПа;  $a$  и  $b$  – эмпирические коэффициенты для определенного вида составов закладочных смесей.

Фактическая прочность закладки определяется путем испытаний образцов, отобранных непосредственно из массива закладки.

Нормативная прочность закладки, определяемая расчетными методами, зависит от условий работы закладочного массива, его размеров и окружающего пространства. В качестве базовых требований по прочности разрабатываемых закладочных смесей предлагается принять ориентировочные данные, основанные на реализованных проектах закладочных работ на Норильском горно-металлургическом комбинате, приведенные в табл. 1–3.

Кроме нормативных требований по прочности получаемые закладочные смеси должны обладать технологическими свойствами, обеспечивающими их транспортировку и укладку.

Обычно регламентируются следующие технологические параметры закладочных смесей (без крупного заполнителя или с содержанием мелкого заполнителя): осадка эталонного конуса (полное погружение) 9–14 см; растекаемость смеси из вискозиметра Суттарда 13–20 см; коэффициент расслаиваемости не более 1,3; схватывание смеси не раньше 2 ч с момента затворения; водоотдача от закладочного массива не более 2%. Также в практике производства закладочных работ используются и смеси с меньшей подвижностью.

В связи с тем, что в качестве вяжущего материала для изготовления закладочных смесей используется синтетический ангидрит, дополнительным параметром, определяемым в исследовании, является водостойкость – отношение прочности при сжатии водонасыщенных образцов и образцов в состоянии естественной влажности. Контроль данного параметра обусловлен условиями эксплуатации закладочных смесей.

Общие предлагаемые требования к закладочным смесям, которым должны удовлетворять разрабатываемые составы, приведены в табл. 4.

Для получения составов закладочных смесей со средней прочностью в водонасыщенном состоянии порядка 10 МПа были разработаны составы закладочных смесей с дополнительным содержанием цемента и шлака. Исследуемые составы на основе синтетического ангидрита были разработаны на основе существующих решений по производству закладочных смесей из природного ангидрита, а также с учетом данных испытаний модифицированного вяжущего из синтетического ангидрита [8].

Испытаниями подтверждено, что дополнительное введение портландцемента приводит к увеличению водостойкости закладочной смеси, а ее прочность остается на том же уровне.

В результате проведенных исследований получены два состава закладочных смесей на основе модифици-

рованного ангидритового вяжущего с портландцементом в количестве 2,5–5% и сульфата калия в количестве 0,5–2% от массы сырья, домолотого до удельной поверхности 4500 см<sup>2</sup>/г, отвечающих всем требованиям, предъявляемым к закладочным смесям по технологическим и физико-механическим свойствам.

Первый состав закладочной смеси содержит (на 1 м<sup>3</sup>): цемент – 22 кг; модифицированное вяжущее – 840 кг; песок – 840 кг; вода – 370 л. Свойства закладочной смеси: плотность – 2040 кг/м<sup>3</sup>; погружение конуса – 14 см; растекаемость (по распылу смеси из вискозиметра Суттарда) – 12 см; водоотделение – 0,1%; прочность в возрасте 1 сут – 6–11,1 МПа; прочность в возрасте 7 сут

**Таблица 1**

**Требования к прочности закладочных смесей**

Высота обнажения закладки в стене выработки, м	Нормативная прочность закладки, МПа
до 10	1
до 20	1,5
до 30	2
до 40	2,5
до 50	3

**Таблица 2**

**Требования к прочности закладочных смесей**

Ширина пролета выработки, м	Нормативная прочность закладки, МПа
до 4	2
до 6	3
до 8	4
до 10	6

**Таблица 3**

**Требования к прочности закладочных смесей**

Ширина пролета выработки, м	Нормативная прочность (коэффициент запаса 3), МПа	Нормативная прочность (коэффициент запаса 2), МПа
4	2,5	2
5	3	2,5
6	4	3
7	5	4
8	6	5
9	7	6
10	8	7

**Таблица 4**

**Требования, предъявляемые к закладочным смесям**

Наименование характеристики	Значение
Марочная прочность в возрасте, МПа	
7 сут	0,3–3
28 сут	0,5–5
180 сут	1–10
Осадка конуса, см:	
– для мелкозернистых составов	9–14
– для составов с крупным заполнителем	Не менее 15
Растекаемость для мелкозернистых составов, см	Не менее 13
Коэффициент расслаиваемости	Не более 1,3
Схватывание смеси, ч	Не ранее 2
Водоотделение, %	Не более 2

– 15,1–24,1 МПа; прочность в возрасте 7 сут в водонасыщенном состоянии – 8,3–14,5 МПа; коэффициент размягчения – 0,55–0,6.

Второй состав закладочной смеси (на 1 м<sup>3</sup> смеси): модифицированное вяжущее – 740 кг; песок – 1110 кг; вода – 350. Свойства закладочной смеси: плотность – 2150 кг/м<sup>3</sup>; погружение конуса – 14 см; растекаемость (по распылу смеси из вискозиметра Суттарда) – 12 см; водоотделение – 0,3–0,8%; прочность в возрасте 1 сут – 3–5,3 МПа; прочность в возрасте 7 сут – 10–10,7 МПа;

#### Список литературы

1. Федорчук Ю.М. Техногенный ангидрит, его свойства, применение. Томск: ТГУ, 2003. 108 с.
2. Garkavi M.S., Garkavi S.Z., Dolzhenkov A.N., Makarova O.A. Anhydrite Floors for Civil Construction. In 14. Internationale Baustofftagung "Ibausil". Tagungsbericht-Band 2. Weimar. 2000, pp. 0865–0870.
3. Нафтали М.Н., Илюхин И.В., Шестакова Р.Д., Козлов А.Н. Альтернативные направления утилизации серы и газов металлургического производства // *Цветные металлы*. 2009. № 8. С. 41–47.
4. Гальцева Н.А., Бурьянов А.Ф., Булдыжова Е.Н., Соловьев В.Г. Использование синтетического ангидрита сульфата кальция для приготовления закладочных смесей // *Строительные материалы*. 2015. № 6. С. 76–77.
5. Гальцева Н.А., Бурьянов А.Ф., Булдыжова Е.Н. Исследование свойств и перспективы применения вяжущего на основе синтетического ангидрита // *Научное обозрение*. 2015. № 22. С. 157–161.
6. Патент РФ № 2445267. *Способ получения сульфата кальция* / Гриневич А.В., Киселев А.А., Бурьянов А.Ф., Кузнецов Е.М., Мошкова В.Г. Заявл. 23.07.2010. Опубл. 20.03.2012. Бюл. № 8.
7. Гриневич А.В., Киселев А.А., Бурьянов А.Ф., Кузнецов Е.М. Получение синтетического ангидрита сульфата кальция из концентрированной серной кислоты и молотого известняка // *Строительные материалы*. 2013. № 11. С. 16–19.
8. Булдыжова Е.Н., Гальцева Н.А., Бурьянов А.Ф. Модификация структуры ангидритовых и гипсовых вяжущих веществ. *Сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции «Строительство – формирование среды жизнедеятельности»*. М.: МГСУ. 2013. С. 468–470.

прочность в возрасте 7 сут в водонасыщенном состоянии – 5,2–6,4 МПа; коэффициент размягчения – 0,52–0,6.

Разработанные составы строительных растворов с вяжущим на основе синтетического ангидрита возможно скорректировать с учетом свойств местных заполнителей (песка) и получить требуемые физико-механические характеристики, при этом одновременно решая вопросы энергоэффективности, рационального применения промышленных отходов и экологии в отдельных районах нашей страны.

#### References

1. Fedorchuk Yu.M. Tekhnogennyy anhidrit, ego svoystva, primeneniye [Technogenic anhydrite, its properties, application]. Tomsk: TGTU. 2003. 108 p.
2. Garkavi M.S., Garkavi S.Z., Dolzhenkov A.N., Makarova O.A. Anhydrite Floors for Civil Construction. In 14. Internationale Baustofftagung "Ibausil". Tagungsbericht-Band 2. Weimar. 2000, pp. 0865–0870.
3. Naftal' M.N., Ilyukhin I.V., Shestakova R.D., Kozlov A.N. Technogenic anhydrite, its properties, application. *Tsvetnye metall*. 2009. No. 8, pp. 41–47. (In Russian).
4. Gal'tseva N.A., Bur'yanov A.F., Buldyzhova E.N., Solov'ev V.G. The Use of Synthetic Calcium Sulfate Anhydrite for Production of Filling Mixtures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 6, pp. 76–77. (In Russian).
5. Gal'tseva N.A., Bur'yanov A.F., Buldyzhova E.N. Research of properties and prospect of the application knitting on the basis of synthetic anhydrite. *Nauchnoe obozrenie*. 2015. No. 22, pp. 157–161. (In Russian).
6. Patent RF 2445267. *Sposob polucheniya sulfata kal'tsiya* [Way of receiving sulfate of calcium]. Grinevich A.V., Kiselev A.A., Bur'yanov A.F., Kuznetsov E.M., Moshkova V.G. Declared 23.07.2010. Published 20.03.2012. Bulletin No. 8. (In Russian).
7. Grinevich A.V., Kiselev A.A., Bur'yanov A.F., Kuznetsov E.M. Production of Synthetic Anhydrite Calcium Sulfate from Concentrated Sulfuric Acid and Flour Limestone. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 11, pp. 16–19. (In Russian).
8. Buldyzhova E.N., Gal'tseva N.A., Bur'yanov A.F. Modification of structure the anhydrous and the plaster knitting substances. *Collection of works XVI of the International scientific and practical conference «Construction – Formation of the Environment of Activity»*. Moscow: MGSU. 2013, pp. 468–470. (In Russian).



Институт строительных материалов им. Ф.А. Фингера (FIB)  
Университета Bauhaus-Universität г. Веймар (Германия)

организует III Веймарскую гипсовую конференцию



## Гипс в строительстве, и не только

Гипсовая конференция проводится в Веймаре в третий раз и за это время стала площадкой для широкого научного обмена идеями в области вяжущих на основе сульфата кальция и их применения учеными и инженерами стран востока и запада

г. Веймар (Германия)

14–15 марта 2017 г.

#### Основные темы конференции:

- Вяжущие вещества на основе сульфата кальция
- Вяжущие вещества, содержащие сульфат кальция
- Гидратация и переработка
- Добавки и их эффект
- Стройматериалы и изделия на основе сульфата кальция
- Другие виды применения сульфата кальция
- Сульфаты кальция и сохранение исторического наследия
- Изделия на основе сульфата кальция и их безотказное длительное использование

В рамках конференции будет проходить специализированная выставка.

**Заявки компаний на участие в выставке принимаются до 14 октября 2016 г.**

Заявки на участие в конференции с докладами принимаются **до 25 октября 2016 г.**

Планируется синхронный перевод: немецкий, английский, русский.

[ibausil@uni-weimar.de](mailto:ibausil@uni-weimar.de) [ibausil@uni-weimar.de](mailto:ibausil@uni-weimar.de) [ibausil@uni-weimar.de](mailto:ibausil@uni-weimar.de)

Л.М. КОЛЧЕДАНЦЕВ<sup>1</sup>, д-р техн. наук, О.Г. СТУПАКОВА<sup>1</sup>, инженер (olgan\_70@mail.ru);  
Р.Р. МУСТАФИН<sup>2</sup>, канд. техн. наук,

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет  
(190005, Санкт-Петербург, ул. 2-я Красноармейская, 4)

<sup>2</sup> ЗАО «СУ-326» (196650, Санкт-Петербург, Колпино, ул. Финляндская, 34, а/я 30)

## Совместное влияние повышенной температуры и вида суперпластификатора на удобоукладываемость бетонных смесей

Показана перспективность предварительного электроразогрева бетонных смесей. Недостатком, затрудняющим широкое распространение метода, является быстрая потеря подвижности разогретой бетонной смеси. Приведены результаты экспериментальных исследований, доказывающие возможность увеличения способности сохранять подвижность бетонной смеси в технологически необходимом временном интервале.

**Ключевые слова:** предварительный электроразогрев, суперпластификатор, разогретая бетонная смесь, подвижность.

L.M. KOLCHEDANTSEV<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering), O.G. STUPAKOVA<sup>1</sup>, Engineer (olgan\_70@mail.ru); R.R. MUSTAFIN<sup>2</sup>, Candidate of Sciences  
<sup>1</sup> St. Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4 2nd Красноармейская Street, 190005, St. Petersburg, Russian Federation)

<sup>2</sup> ZAO «SU-326» (P.O.B. 30, 34 Finliandskaya Street, Kolpino, 196650, St. Petersburg, Russian Federation)

### Joint Effect of High Temperatures and Superplasticizers on Placeability of Concrete Mixes

Prospects of the electric pre-heating of concrete mixes are shown. One of the disadvantages that hinders the wide spreading of this method is the rapid loss of mobility of the heated concrete mix. The results of experimental studies that prove the possibility to increase the ability to maintain the mobility of concrete mix within the technologically required time interval are presented.

**Keywords:** electric pre-heating, superplasticizer, heated concrete mix, mobility.

Отечественными и зарубежными учеными разработано большое разнообразие методов зимнего бетонирования: бетонирование в тепляках, метод термоса, различные разновидности электропрогрева бетона, выдерживание бетона в термоактивной опалубке, прогрев бетона стальной изолированной проволокой и предварительный разогрев бетонной смеси. По критериям энерго- и трудозатрат, темпам набора прочности бетона и его качества наиболее эффективным из указанных методов зимнего бетонирования является предварительный электроразогрев бетонной смеси и его разновидности [1–6].

Предварительный разогрев обеспечивает: ускоренный набор прочности (40–50% через 8 ч и 70–100% через сутки); минимум энергозатрат ( $\approx 50$  кВт·ч/м<sup>3</sup>), улучшение качества бетона по прочности, морозостойкости сцеплению с арматурой и «старым» бетоном. Несмотря на указанные достоинства, предварительный разогрев не находит должного применения при возведении монолитных конструкций [2].

Главными из причин, сдерживающими распространение предварительного разогрева, являются недостаточная обеспеченность строительных объектов электроэнергией и быстрая потеря подвижности разогретой бетонной смеси. Если вопрос об обеспечении электрической мощностью строительной площадки можно решить, например, с применением дизель-генераторов, то решение задачи по уменьшению резкого падения подвижности бетонной смеси остается актуальным и сейчас, так как не всегда технологический процесс бетонирования удается организовать таким образом, чтобы разогретая смесь укладывалась в опалубку непосредственно после электроразогрева. Зачастую необходимы перегрузки в бады и транспортировка краном на место приема, что увеличивает общее время нахождения бетонной смеси в разогретом состоянии и приводит к ухудшению удобоукладываемости, что в свою очередь вызывает определенные технологические трудности.

**Целью исследования** стал подбор наиболее подходящей пластифицирующей добавки и ее концентрации для обеспечения сохранения во времени подвижности разогретой бетонной смеси, вводимой в смесь на заводе-поставщике товарного бетона.

Поставленная цель достигалась перебором опытным путем, применяя методы экспериментального планирования различных температурных режимов с использованием наиболее распространенных пластифицирующих добавок и изменением их концентраций при постоянном водоцементном отношении.

Для сравнения пластифицирующих свойств добавок в различных условиях были выбраны следующие варьируемые факторы: температурный режим  $T_1=50^\circ\text{C}$ ,  $T_2=70^\circ\text{C}$ ; концентрация добавки в бетонной смеси  $V_1=1\%$ ,  $V_2=2\%$ ; при  $V/\Pi=0,42$ .

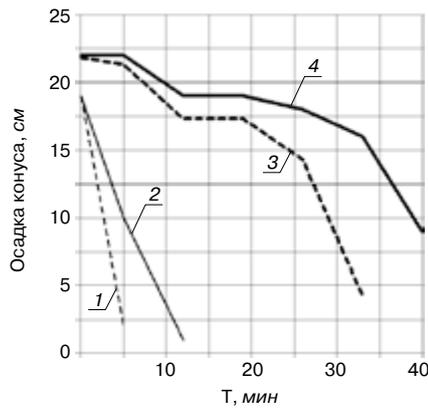
Применяемые материалы: цемент: ЦЕМ I 42,5 Н (ПЦ500 Д0); щебень: гранитный М 1200 фр. 5–20 мм; песок кварцевый  $M_{кр}=1,56$  мм.

Первой исследуемой добавкой стал суперпластификатор *Sika ViscoCrete 5-600*.

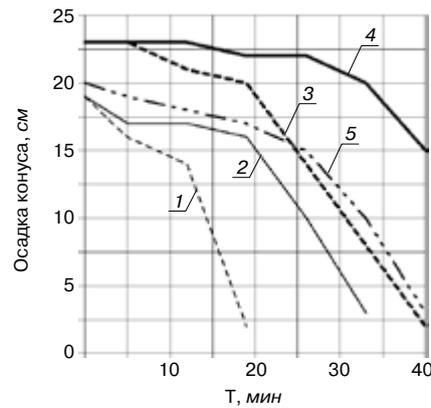
Это третье поколение суперпластификаторов для бетонов и цементно-песчаных растворов на основе водных растворов модифицированных поликарбоксилатов. По данным производителя добавки, бетон с данной добавкой отличается высокими водоредуцирующими свойствами, хорошей удобоукладываемостью и в то же время оптимальной когезией и высоким коэффициентом самоуплотнения.

Добавка применяется при приготовлении следующих типов бетонных смесей: с высокой подвижностью (литые бетоны); самоуплотняющиеся бетонные смеси; с высоким водопонижением (до 30%); для высокопрочных бетонов.

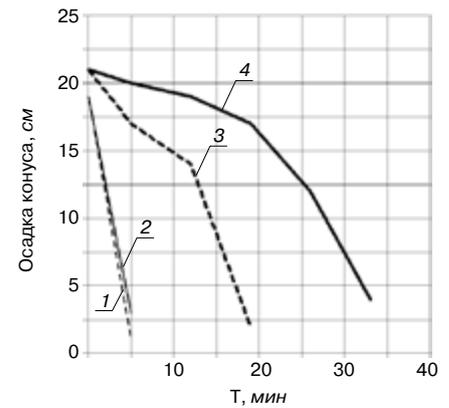
Производителем добавки отмечается положительное влияние добавки на бетон, в частности: повышение ранней прочности; уменьшение усадки и ползучести; уменьшение карбонизации бетона.



**Рис. 1.** Зависимость осадки конуса от способа введения добавки Sika ViscoCrete 5-600: 1 – V=1%, T=70°C; 2 – V=1%, T=50°C; 3 – V=2%, T=70°C; 4 – V=2%, T=50°C



**Рис. 2.** Зависимость осадки конуса от способа введения добавки MC Bauchemie Russia Muraplast FK 63: 1 – V=1%, T=70°C; 2 – V=1%, T=50°C; 3 – V=2%, T=70°C; 4 – V=2%, T=50°C; 5 – V=1,5%, T=50°C



**Рис. 3.** Зависимость осадки конуса от способа введения добавки BASF Glenium Sky 505: 1 – V=1%, T=70°C; 2 – V=1%, T=50°C; 3 – V=2%, T=70°C; 4 – V=2%, T=50°C

Бетонная смесь объемом 6 л приготавливалась в соотношении 1:1,97:2,72:0,42 (цемент/песок/щебень/вода).

После тщательного перемешивания производился замер осадки конуса (ОК) до разогрева. Далее смесь помещалась в емкость для разогрева и подавался электрический ток  $U=220$  В промышленной частоты (50 Гц). Нагрев производился до 70 и 50°C. После электроразогрева смесь перегружалась в конус для замера осадки конуса. Далее для поддержания температуры на заданном уровне смесь помещалась обратно в емкость для разогрева. Цикл повторялся до тех пор, пока смесь не превратится в жесткую. Длительность цикла по загрузке конуса, испытания и погрузке обратно в емкость с последующим подогревом занимала около  $6 \pm 0,5$  мин. Число опытов в каждой серии не менее трех.

В первой серии эксперимента с добавкой Sika ViscoCrete 5-600 смесь содержала 1% добавки от массы цемента, а начальная ОК составила 18 см. При разогреве смеси до 70°C смесь практически мгновенно теряла подвижность, что делало затруднительным измерение ее осадки конуса, которая соответствовала ~ 1–2 см (рис. 1, кривая 1).

При разогреве бетонной смеси с содержанием добавки 1% до 50°C испарение воды уменьшалось, что увеличило подвижность разогретой смеси, а меньшая температура не приводила к стремительной гидратации цемента. Таким образом, смесь теряла подвижность с П4 до П1 за 11 мин (отчет ведется с момента первого замера осадки конуса разогретой смеси), а с П4 до П3 – за 5 мин (рис. 1, кривая 2), что недостаточно для работы в условиях строительной площадки.

При испытании 2% содержания добавки в бетонной смеси результаты оказались более интересными с точки зрения практического применения. Причем начальная осадка конуса увеличилась до 22 см, что соответствует П5, а способность сохранять подвижность бетонной смеси в пределах до 10 см. Осадка конуса (П3) составила 33 мин при 50°C нагрева (рис. 1, кривая 4) и 24 мин при 70°C нагрева (рис. 1, кривая 3).

Следующей исследуемой добавкой стал суперпластификатор от MC Bauchemie Russia – Muraplast FK 63. Данная добавка произведена на основе полимера эфира поликарбоксилатов. Ее высокая эффективность достигается за счет стерического эффекта, электростатического отталкивания и эффекта отсроченной адсорбции.

По данным производителя, добавка позволяет экономить цемент или перейти на более низкие марки с сохранением прежней прочности бетона. Так же как и

предыдущая, эта добавка позволяет получить самоуплотняющиеся бетонные смеси и незначительно влияет на сроки схватывания цемента при длительном сохранении подвижности бетонной смеси. Дозировка 0,2–2,5%.

Испытания проводились аналогично предыдущей серии. Добавка Muraplast FK 63 изначально показала более высокие значения ОК холодного бетона, которые составили 19 и 23 см для 1 и 2% содержания пластификатора соответственно. При 1% содержании наблюдалось снижение ОК с уровня 19 до 17 и 16 см при 50°C (рис. 2, кривая 2) и 70°C (рис. 2, кривая 1) соответственно, непосредственно после разогрева. Далее на протяжении 15 мин наблюдается слабое изменение подвижности бетонной смеси при 1% концентрации и 50°C, которая достигает 16 см, и резкое падение подвижности при 70°C до уровня П1 за 10 мин. Общее технологически приемлемое время работы с разогретой бетонной смесью с добавкой составило 22 и 10 мин при 50 и 70°C соответственно.

Эксперимент с содержанием 2% пластификатора показал увеличение способности бетонной смеси сохранять подвижность более 40 мин с изменением ОК с 23 до 15 см при 50°C (рис. 2, кривая 3).

Таким образом, применение данной добавки предоставляет возможность увеличить промежуток времени для укладки бетонной смеси в опалубку даже при сравнительно небольшом содержании (1%).

Третьим исследуемым суперпластификатором стал BASF Glenium Sky 505.

Добавка представляет собой водный раствор поликарбоксилатного эфира и лигносульфоната. Предназначена для производства товарного бетона. Рекомендованная производителем область применения – самоуплотняющиеся и литые бетоны.

Механизм действия добавки BASF Glenium Sky 505 основан на адсорбции ее молекул на поверхности частиц цемента. Благодаря этому на поверхности частиц образуется одноименный электрический заряд, возникающие при этом силы электростатического отталкивания не позволяют частицам сближаться и образовывать конгломераты. Кроме эффекта электростатического отталкивания в механизме действия присутствует и пространственный эффект, за который отвечают боковые цепи, являющиеся частью молекулы. Сумма этих двух эффектов приводит к высокому водоредуцирующему действию.

Замер подвижности бетонной смеси до ее разогрева подтвердил высокие пластифицирующие свойства добавки, значения удобоукладываемости соответствовали марке П5. Замеры показали, что после внесения тепла в

обоих случаях при температурах 50°C (рис. 3, кривая 2) и 70°C (рис. 3, кривая 1) с содержанием добавки 1% данный суперпластификатор не обеспечивает должной сохранности подвижности разогретой бетонной смеси, что приводит к скорому превращению подвижной смеси в жесткую. Повышение концентрации до 2% увеличивает время пластичной фазы до 10 мин (рис. 3, кривая 3) и 22 мин (рис. 3, кривая 4) для температур 70 и 50°C, соответственно. Следовательно, добавка BASF Glenium Sky 505 не обеспечивает увеличения времени сохранения требуемой подвижности разогретых бетонных смесей.

Таким образом, в ходе проведения эксперимента были рассмотрены три наиболее распространенных и широкодоступных суперпластификатора при различной температуре и концентрации в бетонной смеси.

Все рассмотренные добавки показали высокие водоредуцирующие свойства примерно на одном уровне до электроразогрева. После предварительного электроразогрева и в течение всего эксперимента результаты показали, что наиболее подходящими добавками оказались пластификаторы фирм Sika и MC. Особенно выделяется суперпластификатор MC Bauchemie Russia – Muraplast FK 63, с его применением бетонная смесь дольше сохраняла подвижность; даже при концентрации в 1% подвижность смеси могла конкурировать с содержанием пластификатора Sika 2% и опережала по показателям смеси с использованием добавки BASF.

По результатам этих сравнений произведен дополнительный опыт с бетонной смесью, содержащей суперпластификатор MC 1,5% (рис. 2, кривая 5) и температурой разогрева 50°C. Данные дополнительных замесов показали незначительное увеличение ОК сразу после замеса и способности сохранения подвижности примерно на 30% по отношению к 1% содержанию этой

же добавки. В целом с добавкой от MC сохранение подвижности смеси при 50°C составило около 40 мин при падении ОК с 20 до 10 см, что вполне достаточно, чтобы доставить и уложить предварительно разогретую бетонную смесь в опалубку.

Во всех сериях испытаний на удобоукладываемость холодных и разогретых смесей (без добавок и с различными сочетаниями температур разогрева и концентрации добавки) изготавливались бетонные образцы размером 100×100×100 мм, которые выдерживались в нормальных условиях в течение 28 сут и испытывались на сжатие.

Испытания образцов из бетонной смеси с содержанием 2% добавки BASF Glenium Sky 505 показали значительное снижение прочности на ранних сроках, т. е. по прошествии 24 ч выдерживания в нормальных условиях образцы не набирали распалубочной прочности, что неприемлемо при интенсификации бетонных работ.

Испытания бетонных призм с добавками MC Bauchemie Russia – Muraplast FK 63 и Sika ViscoCrete 5–600 показали увеличение прочности до 7% по сравнению с образцами бетона без применения добавки [7].

#### **Выводы.**

Проведенные исследования доказали технологическую возможность широкого применения установок предварительного электроразогрева, в том числе при их стационарном использовании. Применение добавок-суперпластификаторов в экспериментально подобранной концентрации позволяет достигнуть 30–40 мин сохранения требуемой удобоукладываемости разогретой бетонной смеси, что дает возможность стационарной установки устройства предварительного электроразогрева на строительной площадке и перемещения разогретой смеси от поста разогрева к месту приема в бадах.

#### **Список литературы**

1. Молодин В.В., Усинский Е.К. Зимнее бетонирование строительных конструкций жилых и гражданских зданий в монолитном исполнении // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2007. № 6 (582). С. 51–60.
2. Колчеданцев Л.М., Ступакова О.Г., Мустафин Р.Р. Применение разогретых бетонных смесей для повышения прочности стыка сборно-монолитных зданий // *Строительные материалы*. 2012. № 4. С. 17–19.
3. Федосов С.В., Ибрагимов А.М., Редькина А.С., Нестеров С.А. Контроль тепловых процессов, происходящих в теле монолитной железобетонной конструкции при зимнем бетонировании // *Строительные материалы*. 2010. № 3. С. 40–43.
4. Попов Ю.А., Молодин В.В., Лунев Ю.В., Суханов А.С. Энергосберегающая и щадящая технология зимнего бетонирования строительных конструкций // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. 2012. № 2. С. 122.
5. Толкынбаев Т.А., Головнев С.Г., Торпишев Ш.К. Добавка для зимнего бетонирования монолитных сооружений // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2013. Т. 13. № 2. С. 34–37.
6. Минаков Ю.А., Кононова О.В., Анисимов С.Н., Грязина М.В. Управление кинетикой твердения бетона при отрицательных температурах // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 4-2. С. 307–311.
7. Мустафин Р.Р. Использование разогретых смесей при замоноличивании стыков сборно-монолитных зданий и бетонировании конструкций в несъемной опалубке. Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. СПб.: СПбГАСУ, 2013. С. 72–81.

#### **References**

1. Molodin V. V., Usinsk E. K. Zimny concreting of building constructions of residential and civil buildings in monolithic execution. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 2007. No. 6 (582), pp. 51–60. (In Russian).
2. Kolchedantsev L. M., Stupakova O. G., Mustafin R. R. Use of the warmed concrete mixes for increase of durability of a joint of combined and monolithic buildings. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2012. No. 4, pp. 17–19. (In Russian).
3. Fedosov S. V., Ibragimov A. M., Redkina A. S., Nesterov S. A. Control of the thermal processes happening in a body of a monolithic reinforced concrete design at winter concreting. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2010. No. 3, pp. 40–43. (In Russian).
4. Popov Yu. A., Molodin V. V., Lunev Yu. V., Sukhanov A. S. The energy saving and sparing technology of winter concreting of building constructions. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Stroitel'stvo*. 2012. No. 2, pp. 122. (In Russian).
5. Tolkynbayev T. A., Golovnev S. G., Torpishchev Sh. K. An additive for winter concreting of monolithic constructions. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2013. T. 13. No. 2, pp. 34–37. (In Russian).
6. Minakov Yu. A., Kononova O. V., Anisimov S. N., Gryazina M. V. Management of kinetics of curing of concrete at negative temperatures. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2013. No. 4–2, pp. 307–311. (In Russian).
7. Mustafin R. R. Use of the warmed mixes at a zamonolichivaniye of joints of combined and monolithic buildings and concreting of designs in a fixed timbering. Cand. Dis. (Engineering). Saint Petersburg, 2013, pp. 72–81. (In Russian).

УДК 666.971.001

В.С. СЕМЕНОВ, канд. техн. наук (science-isa@yandex.ru),  
 Т.А. РОЗОВСКАЯ, канд. техн. наук (tamara.roz@yandex.ru), А.Ю. ГУБСКИЙ, инженер, Р.Р. ГАРЕЕВА, инженер  
 Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет  
 (129337, г. Москва, Ярославское ш., 26)

## Эффективная дисперсно-армированная сухая кладочная смесь

Рассмотрены вопросы разработки сухих смесей с полыми керамическими микросферами и армирующими волокнами, предназначенных для получения эффективных легких кладочных растворов с улучшенными свойствами. Ранее разработанные авторами сухие смеси с керамическими микросферами и легкие кладочные растворы на их основе характеризуются низкой средней плотностью, малым коэффициентом теплопроводности, высокой прочностью при сжатии, высокой удельной прочностью, вместе с тем недостаточной трещиностойкостью, морозостойкостью и долговечностью раствора. Одним из путей повышения свойств таких растворов является введение в их состав дисперсных армирующих волокон – фибры. В исследованиях использованы следующие виды фибры: базальтовая, стекловолоконно, две разновидности полимерной фибры – полиакриловая и полипропиленовая. Исследования проводились по стандартным методикам. Определены основные свойства растворов смесей и растворов, установлены зависимости влияния расхода различных видов фибры на основные свойства затвердевших смесей, в первую очередь на среднюю плотность, прочность при сжатии и на растяжение при изгибе. Получены оптимальные составы сухих кладочных смесей с керамическими микросферами и фиброй, приведены результаты микроструктурного анализа образцов. Разработана сухая кладочная смесь с полыми керамическими микросферами и полипропиленовой фиброй, обладающая пределом прочности при сжатии 14,5 МПа, на растяжение при изгибе – 3,4 МПа, при средней плотности раствора в сухом состоянии не более 800 кг/м<sup>3</sup>.

**Ключевые слова:** сухие смеси, легкие кладочные растворы, армированный кладочный раствор, керамические микросферы, армирующие волокна.

V.S. SEMENOV, Candidate of Sciences (Engineering), T.A. ROZOVSKAYA, Candidate of Sciences (Engineering) (tamara.roz@yandex.ru),  
 A.Yu. GUBSKIY, Engineer, R.R. GAREEVA, Engineer  
 National Research Moscow State University of Civil Engineering (26, Yaroslavl Highway, Moscow, 129337, Russian Federation)

### Effective Disperse Reinforcement Dry Masonry Mix

The article is devoted to the development of dry mixes with hollow ceramic microspheres and reinforcing fibers for the efficient light-weight masonry mortars with improved properties. Previously developed by the authors dry mixes with ceramic microspheres and light-weight masonry mortars based on them have a low average density, low thermal conductivity, high compressive strength, high specific strength, but insufficient crack resistance, frost resistance and durability of the mortar. One way of improvement of the properties of such mortars is the introduction of dispersed reinforcing fibers into their structure. In this study, the following types of fibers were used: basalt ones, glass ones, and two types of polymer fibers – polyacrylic and polypropylene ones. The research has been carried out according to standard methods. The basic properties of mortar mixtures and mortar have been determined; the dependences of the influence of consumption of various fiber types on the basic properties of mortars have been established, primarily, on the average density, compressive strength and tensile bending. The optimum composition of the dry masonry mixes with the hollow ceramic microspheres and the fiber were obtained, the results of microstructural analysis of samples are given. The dry masonry mix with hollow ceramic microspheres and polypropylene fibers having the compressive strength value of 14.5 MPa, the tensile strength in bending of 3.4 MPa and the average density of the dry mortar not more than 800 kg/m<sup>3</sup> was developed.

**Keywords:** dry mixes, light-weight masonry mortar, reinforced mortar, hollow ceramic microspheres, reinforcing fibers.

В современном строительстве при повышенных требованиях к теплозащите зданий применяются эффективные стеновые материалы: блоки из легких бетонов (газобетон, пенобетон, пенополистиролбетон), а также керамические камни. Данные стеновые изделия обладают низкой средней плотностью и низким коэффициентом теплопроводности, что позволяет обеспечить требуемое сопротивление теплопередаче при сравнительно небольшой толщине наружных стен. Для возведения ограждающих конструкций из таких материалов необходимо применять «теплые» кладочные растворы, характеристики которых соответствуют характеристикам стенового материала [1–3].

Как правило, для изготовления таких растворов используются облегчающие заполнители, каждый из которых обладает определенными недостатками. Так, например, гранулированный пенополистирол является горючим и экологически небезопасным материалом; гранулы пенополистирола обладают низким сцеплением с цементным камнем, что отрицательно сказывается на прочности раствора. Вспученный перлитовый и вермикулитовый пески характеризуются высоким водопоглощением и гигроскопичностью, вследствие чего раствор при эксплуатации в условиях влажной окружаю-

щей среды частично теряет свои теплоизоляционные свойства. Керамзитовый песок обладает высоким коэффициентом теплопроводности, высоким водопоглощением, при этом крупность гранул не позволяет сформировать тонкий растворный шов. Гранулированное пеностекло – хрупкий материал с высокой средней плотностью и стоимостью.

Хорошей альтернативой данным заполнителям для «теплого» кладочного раствора является применение полых керамических микросфер (КМС) [4–16]. Керамические микросферы – это компоненты золы-уноса, образующейся при высокотемпературном факельном сжигании угля на теплоэлектростанциях. Они представляют собой замкнутые сферы фракции 10–500 мкм с толщиной стенки 5–10% диаметра (рис. 1). Состав газовой фазы внутри сферы представляет собой смесь углекислого газа и азота. Шероховатая поверхность микросфер способствует лучшему их сцеплению с цементной матрицей. Совокупность уникальных свойств микросфер, таких как низкая средняя плотность, малые размеры, высокая твердость, позволяет применять их в качестве облегчающего заполнителя. Характеристики полых керамических микросфер приведены в табл. 1.

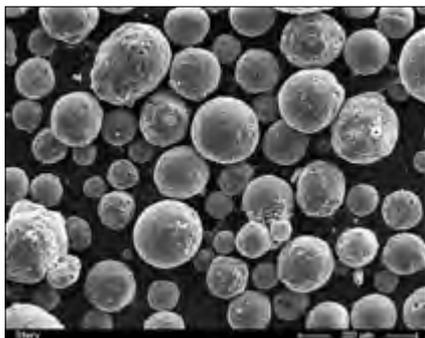


Рис. 1. Полые керамические микросферы

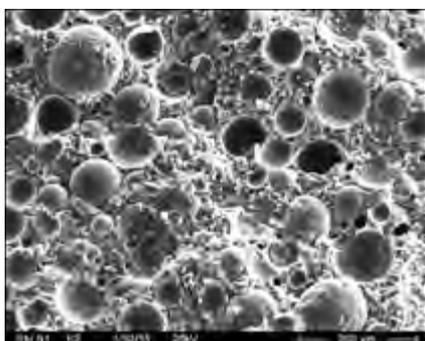
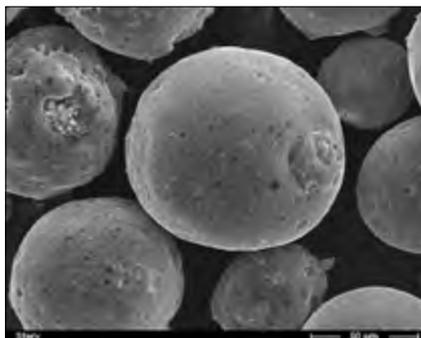


Рис. 2. Микроструктура контрольного состава

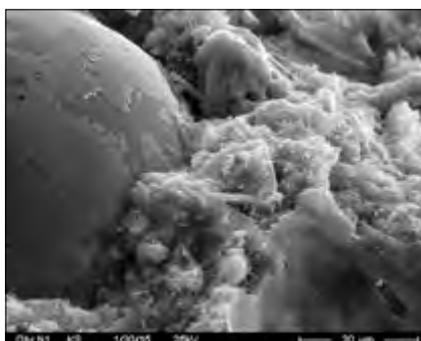


Таблица 1

Насыпная плотность, кг/м <sup>3</sup>	370–390
Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>	800
Коэффициент теплопроводности при температуре (20±2)°С, Вт/(м·°С), не более	0,08
Фракция, мкм	10–500
Прочность при гидростатическом сжатии, МПа	15–28

Ранее авторами был разработан оптимальный состав сухой кладочной смеси с керамическими микросферами [17–18], принятый в настоящем исследовании как контрольный (КС). В качестве вяжущего вещества применялся портландцемент Holcim ExtraCEM 500 (ЦЕМ II/A-K (Ш-П) 42,5Н по ГОСТ 31108–2003). В качестве облегчающего заполнителя были использованы тонкостенные керамические микросферы фракции 10–500 мкм производства ГК ИНОТЭК. Для снижения водоцементного отношения и обеспечения однородности раствора использовался суперпластификатор Peramin SMF10, представляющий собой порошок сульфонат меламина. Для повышения прочности сцепления раствора с основанием и прочности на растяжение при изгибе и при сжатии в состав раствора вводился редиспергируемый порошок сополимера винилацетата и этилена Vinnapas 8034 Н. Для снижения средней плотности раствора использовалась воздухоовлекающая добавка ASCO 93, которая представляет собой анионное ПАВ на базе высокомолекулярного олефинсульфоната. Характеристики полученного раствора приведены в табл. 2, фотографии микроструктуры – на рис. 2.

Использование облегчающих заполнителей приводит к снижению средней плотности раствора при существенном снижении его прочности. Поскольку от прочности раствора (как на растяжение при изгибе, так и при сжатии) зависит несущая способность и долговечность конструкции в целом, одной из основных задач по регулированию характеристик «теплых» кладочных растворов является повышение их прочности при сохранении низкой средней плотности.

Одним из способов решения данной задачи является введение в раствор дисперсно-армирующих волокон – фибры. В работах [19–22] установлено, что применение фибры в кладочных растворах позволяет повысить пределы прочности на растяжение при изгибе и при сжатии, морозостойкость, трещиностойкость, долговечность.

Целью настоящего исследования является разработка эффективных облегченных сухих смесей для кладочных работ с полыми керамическими микросферами и различными видами фибры с улучшенными свойствами.

Обычно волокна фибры классифицируют по материалу: металлические, минеральные и полимерные. Помимо этого, волокна также можно классифицировать по длине, жесткости, прочности, а также ряду других показателей.

Стальная фибра характеризуется высокой средней плотностью (7850 кг/м<sup>3</sup>), высокой прочностью при растяжении (до 600 МПа), а также высоким модулем упругости (2,1·10<sup>5</sup> МПа) [23]. Согласно EN 14889–1:2006 «Волокна для армирования бетона. Часть 1. Стальные волокна», стальная фибра может быть проволочной, токарной, фрезерованной, листовой, может иметь защитное покрытие, волновую форму и анкера на концах для лучшего сцепления. Основным недостатком данного вида фибры является высокий коэффициент теплопроводности ~50 Вт/(м·°С), что делает невозможным ее применение в «теплом» кладочном растворе, коэффициент теплопроводности которого не должен превышать 0,2 Вт/(м·°С).

Из минеральных волокон чаще всего применяются базальтовая, стеклянная фибры и хризотилево волокно. Они характеризуются средней плотностью ~2600 кг/м<sup>3</sup>; пределом прочности при растяжении ~(1–3,5)·10<sup>3</sup> МПа и модулем упругости ~(50–90)·10<sup>3</sup> МПа, являясь негорючими и могут применяться в широком диапазоне температуры (до 750°С) [24–25]. Такие волокна широко применяются во многих отраслях строительства, а также при реставрации и создании малых архитектурных форм. Применение минеральных волокон в кладочных растворах возможно, однако они повышают среднюю плотность раствора.

Наиболее часто применяется полимерная фибра – полипропиленовая и полиакриловая. По EN 14889–2:2006 «Волокна для армирования бетона. Часть 2. Полимерные волокна» они характеризуются низкой средней плотностью ~900 кг/м<sup>3</sup>, низкой прочностью при растяжении ~350–700 МПа и значением модуля упругости (2–8)·10<sup>3</sup> МПа. Полимерные волокна значительно удлиняются при растяжении (до 300%), благодаря чему при возникновении трещин материал сопротивляется дальнейшему их раскрытию и нарушению своей целостности. Коэффициент теплопроводности полимерной фибры находится в пределах 0,16–0,22 Вт/(м·°С). Наибольшее распространение в России получила полипропиленовая фибра с длиной волокон 3, 6, 12 и 18 мм.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что оптимальным видом фибры для использования

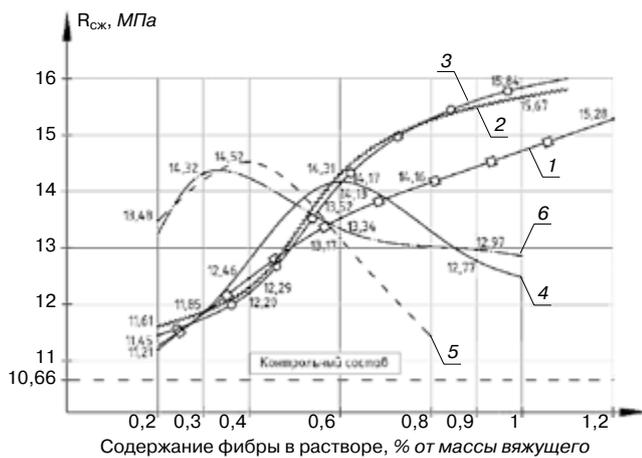


Рис. 3. Зависимость прочности раствора при сжатии от содержания фибры: 1 – БФ-6; 2 – БФ-12; 3 – СВ-13; 4 – ВСМ-6; 5 – ВСМ-12; 6 – ПФ-6,4

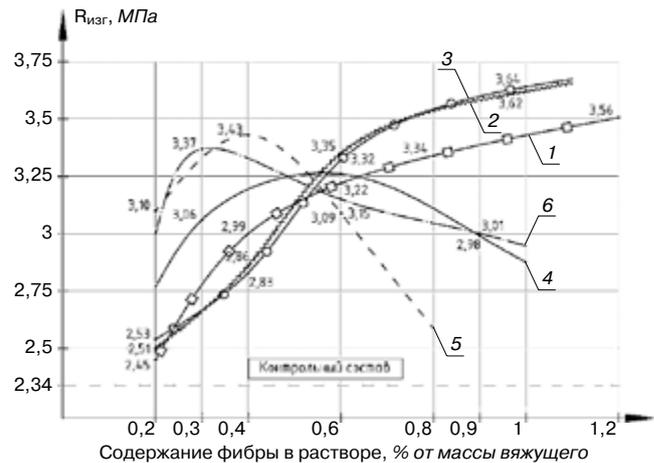


Рис. 4. Зависимость прочности раствора на растяжение при изгибе от содержания фибры: 1 – БФ-6; 2 – БФ-12; 3 – СВ-13; 4 – ВСМ-6; 5 – ВСМ-12; 6 – ПФ-6,4

Таблица 2

Тип фибры	Содержание фибры, % от массы цемента	В/Ц	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>		Предел прочности, МПа	
			Растворной смеси	Раствора в сухом состоянии	На растяжение при изгибе	При сжатии
КС	–	0,64	968	742	2,34	10,66
БФ-6	0,2	0,65	1146	884	2,45	11,17
	0,4	0,67	1120	882	2,99	12,46
	0,6	0,69	1133	879	3,22	13,52
	0,8	0,7	1133	875	3,34	14,16
	1,2	0,7	1146	883	3,56	15,28
БФ-12	0,2	0,66	1105	891	2,51	11,61
	0,4	0,67	1070	859	2,86	12,29
	0,6	0,7	1105	883	3,35	14,31
	1,0	0,7	1091	846	3,62	15,67
СВ-13	0,2	0,67	1149	888	2,54	11,45
	0,4	0,67	1107	867	2,83	12,2
	0,6	0,69	1120	873	3,32	14,13
	1,0	0,7	1133	873	3,64	15,84
ВСМ-6	0,3	0,68	1033	776	3,06	11,85
	0,6	0,69	1007	759	3,26	14,17
	0,9	0,71	991	742	2,98	12,77
ВСМ-12	0,2	0,66	1033	788	3,1	13,48
	0,4	0,67	1046	792	3,43	14,52
	0,6	0,69	1033	783	3,09	13,17
ПФ-6,4	0,3	0,67	1033	759	3,37	14,32
	0,6	0,68	1020	740	3,15	13,34
	0,9	0,69	1007	732	3,01	12,97

**Примечания:** КС – контрольный состав; БФ-6, БФ-12 – базальтовая фибра с длиной волокон 6 мм и 12 мм соответственно; СВ-13 – стекловолокно с длиной 13 мм; ВСМ-6, ВСМ-12 – полипропиленовая фибра с длиной волокон 6 мм и 12 мм соответственно; ПФ-6,4 – полиакриловая фибра с длиной волокон 6,4 мм.

в «теплых» кладочных растворах являются полимерные волокна, однако также возможно применение и минеральных волокон. Расход фибры для каждого кладочного раствора должен определяться в лабораторных условиях.

В работе использованы базальтовая фибра с длиной волокон 6 и 12 мм, стекловолокно с длиной волокон 13 мм, две разновидности полимерной фибры: полиакриловая фибра Рапасна DRY с длиной волокон 6,4 мм, а также полипропиленовая фибра ВСМ-6 и ВСМ-12 с длиной волокон 6 и 12 мм соответственно.

Компоненты перемешивались в течение 3 мин в растворосмесителе для их равномерного распределения по всему объему сухой смеси. Затем в чашу растворосмесителя добавлялась вода, после этого растворная смесь перемешивалась еще в течение 3 мин в соответствии с ГОСТ 31356–2007. Подвижность растворных смесей по погружению конуса для каждого из составов была 8–9 см, что является оптимальным значением для кладочных растворов. Водоудерживающая способность растворной смеси для всех составов была не ме-

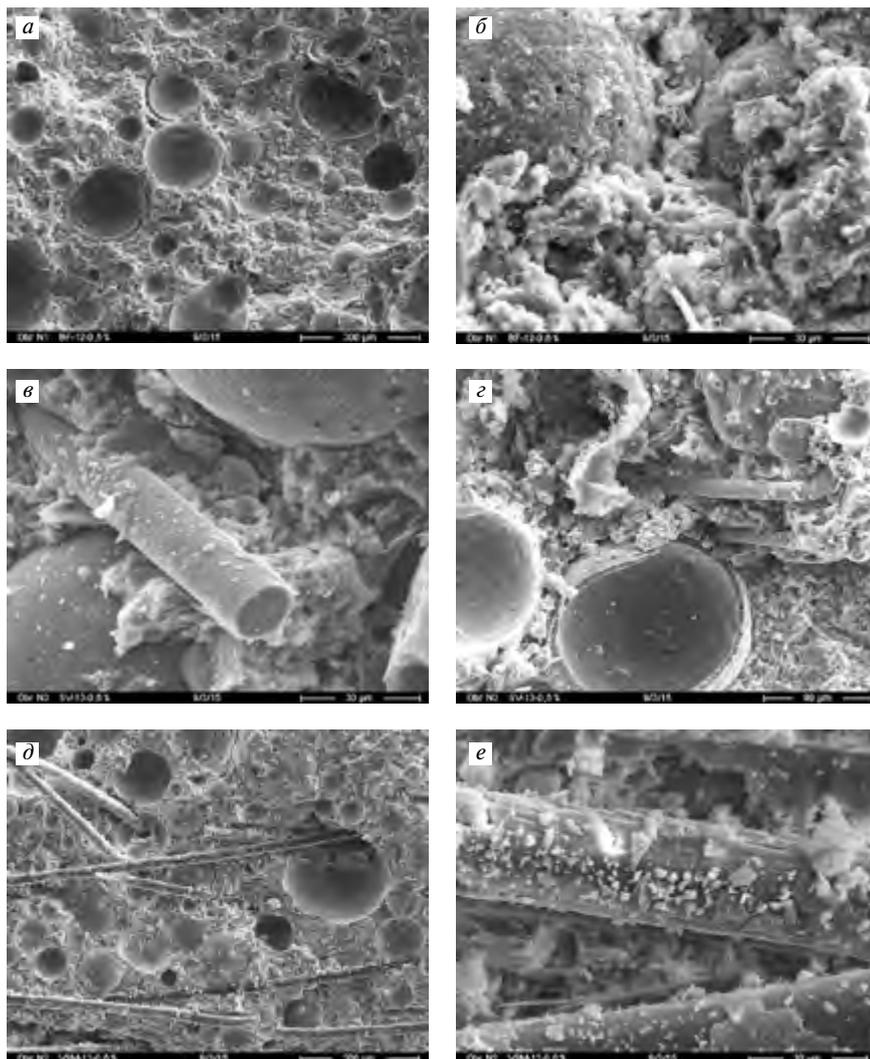


Рис. 5. Микрофотографии структуры облегченной дисперсно-армированной сухой кладочной смеси в затвердевшем состоянии: а, б – с базальтовой фиброй; в, г – со стеклянной фиброй; д, е – с полипропиленовой фиброй

нее 94%, что удовлетворяет требованиям нормативных документов.

Для каждого состава определялись водоудерживающая способность и средняя плотность растворной смеси, затем были изготовлены образцы-балочки размером 4×4×16 см. Образцы твердели в течение 28 сут в следующих условиях: 4 сут в ванне с гидравлическим затвором, а затем 24 сут при относительной влажности воздуха 65% и температуре 20°C. Далее были определены пределы прочности раствора при сжатии и на растяжение при изгибе, средняя плотность раствора в сухом состоянии. Результаты представлены в табл. 2 и на рис. 3–4.

Наибольший рост прочности по сравнению с контрольным составом продемонстрировали базальтовая фибра с длиной волокон 12 мм и стеклянная фибра с длиной волокон 13 мм при дозировке 1% от массы вяжущего: предел прочности при сжатии увеличился в среднем на 48%, на растяжение при изгибе – на 55%. Отмечено, что введение в состав сухой смеси базальто-

#### Список литературы

1. Овсянников С.Н., Вязова Т.О. Теплозащитные характеристики наружных стеновых конструкций с теплопроводными включениями // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 24–27.
2. Шеина С.Г., Миненко А.Н. Анализ и расчет «мостиков холода» с целью повышения энергетической

вого и стеклянного волокна повышает среднюю плотность растворной смеси и раствора в сухом состоянии, что увеличивает теплопроводность растворного шва.

Из графиков (рис. 3, 4) можно заключить, что для полимерной фибры каждого вида существует оптимальный расход, при котором достигается наибольший рост прочности раствора. При содержании фибры в сухой смеси выше оптимального значения уменьшается прочность раствора, ухудшается его удобоукладываемость. Из растворов с полимерной фиброй наибольший рост прочности наблюдался у состава с 0,4% полипропиленовой фибры ВСМ с длиной волокон 12 мм. Предел прочности при сжатии повысился на 36%, на растяжение при изгибе – на 47%.

Микроструктурный анализ образцов раствора проводился с использованием растрового электронного микроскопа FEI Quanta 200. Полученные фотографии микроструктуры цементного раствора с полыми керамическими микросферами и армирующими волокнами представлены на рис. 5.

Анализ микроструктуры облегченного кладочного раствора с базальтовой фиброй (рис. 5, а, б) показал, что при разрушении образца разрыв волокон происходит в одном сечении с цементным камнем. На поверхности излома волокна не видны, т. е. прочность сцепления базальтовой фибры с цементным камнем превышает прочность волокон на растяжение. Стеклянные волокна хорошо различимы на фотографиях (рис. 5, в, г), их поверхность покрыта продуктами гидратации цемента.

Характер разрушения волокон практически аналогичен базальтовой фибре. Полипропиленовые волокна (рис. 5, д, е) обладают значительно большим удлинением при разрыве, их поверхность также покрыта продуктами гидратации цемента, за счет чего обеспечивается хорошее сцепление фибры с цементной матрицей. Ввиду повышения средней плотности раствора при введении в него базальтовой и стеклянной фибры наиболее целесообразно для «теплых» сухих кладочных смесей использовать полипропиленовые волокна.

В результате исследований получен состав сухой кладочной смеси с полыми керамическими микросферами и полипропиленовой фиброй, обладающей пределом прочности при сжатии 14,5 МПа, на растяжение при изгибе – 3,4 МПа, при средней плотности раствора в сухом состоянии не более 800 кг/м<sup>3</sup>. Разработанная сухая кладочная смесь может быть успешно применена при возведении малоэтажных зданий из эффективных штучных стеновых материалов.

#### References

1. Ovsyannikov S.N., Vyazova T.O. Heat-protecting characteristics of external wall structures with heat conductive inclusions. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 6, pp. 24–27. (In Russian).
2. Sheina S.G., Minenko A.N. Analysis and calculation of “cold bridges” in order to increase the energy efficiency

- эффективности жилых зданий // *Инженерный вестник Дона: электронный научный журнал*. 2012. № 4. Ч. 1. [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/131.pdf\\_1097.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/131.pdf_1097.pdf) (дата обращения 14.03.2016).
3. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Перспективы повышения энергетической эффективности жилых зданий в России // *Вестник МГСУ*. 2011. № 3. Т. 1. С. 192–200.
  4. Семенов В.С., Розовская Т.А. Сухие кладочные смеси с полыми керамическими микросферами // *Научное обозрение*. 2013. № 9. С. 195–199.
  5. Семенов В.С., Розовская Т.А. Повышение энергоэффективности ограждающих конструкций с применением облегченных кладочных растворов // *Строительные материалы*. 2015. № 6. С. 16–19.
  6. Semenov V.S., Rozovskaya T.A., Oreshkin D.V. Properties of the dry masonry mixtures with hollow ceramics microspheres // *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 860–863, pp. 1244–1247.
  7. Иноземцев А.С., Королев Е.В. Полые микросферы – эффективный наполнитель для высокопрочных легких бетонов // *Промышленное и гражданское строительство*. 2013. № 10. С. 80–83.
  8. Орешкин Д.В., Беляев К.В., Семенов В.С., Кротова У.Е. Полые микросферы – эффективный наполнитель в строительные и тампонажные растворы // *Промышленное и гражданское строительство*. 2010. № 9. С. 50–51.
  9. Теряева Т.Н., Костенко О.В., Исмагилов З.Р., Шикина Н.В., Рудина Н.А., Антипова В.А. Физико-химические свойства алюмосиликатных полых микросфер // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2013. № 5. С. 86–90.
  10. Suryavanshi A.K., Swamy R.N. Development of lightweight mixes using ceramic microspheres as fillers // *Cement and Concrete Research*. 2002. Vol. 32, pp. 1783–1789.
  11. Korolev E.V., Inozemtcev A.S. Preparation and research of the high-strength lightweight concrete based on hollow microspheres // *Advanced materials research*. 2013. Vol. 746, pp. 285–288.
  12. Клочков А.В., Строкова В.В., Павленко Н.В. Конструкционно-теплоизоляционные кладочные смеси с применением полых стеклянных микросфер // *Строительные материалы*. 2012. № 12. С. 24–27.
  13. Клочков А.В., Павленко Н.В., Строкова В.В., Беленцов Ю.А. К вопросу об использовании стеклянных полых микросфер для теплоизоляционно-конструкционных кладочных растворов // *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2012. № 3. С. 64–66.
  14. Blanco F., Garcia P., Mateos P., Ayala J. Characteristics and properties of lightweight concrete manufactured with cenospheres // *Cement and Concrete Research*. 2012. Vol. 30. No. 11, pp. 1715–1722.
  15. Данилин Л.Д., Дроzhzhин В.С., Куваев М.Д., Куликов С.А., Максимова Н.В., Малинов В.И., Пикунин И.В., Редюшев С.А., Ховрин А.Н. Полые микросферы из зол-уноса – многофункциональный наполнитель композиционных материалов // *Цемент и его применение*. 2012. № 4. С. 100–105.
  16. Жуков А.Д., Бессонов И.В., Сапелин А.Н., Наумова Н.В. Повышение энергоэффективности стеновых конструкций за счет материалов на основе алюмосиликатных микросфер // *Вестник МГСУ*. 2014. № 7. С. 93–100.
  17. Губский А.Ю., Волченко К.С. Исследование свойств облегченных кладочных растворов с алюмосиликатными микросферами // *Строительство – формирование среды жизнедеятельности: Сборник трудов XVII Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов и аспирантов*. 2014. № 1. С. 100–105.
  18. Gubskiy A.Yu., Volchenko K.S. Investigation of the properties lightweight mortars with aluminosilicate microspheres. *Construction is formation of the activity environment: proceedings of XVII International interuniversity scientific-and-practical conference of students, undergraduates, postgraduate students and young scientists*. Moscow: MGSU. 2014, pp. 925–930. (In Russian).
  19. Gubskiy A.Yu., Volchenko K.S. Investigation of the properties lightweight mortars with aluminosilicate microspheres. *Inzhenernyj vestnik Dona: electronic scientific journal*. 2012. No. 4 (1). [http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/131.pdf\\_1097.pdf](http://www.ivdon.ru/uploads/article/pdf/131.pdf_1097.pdf) (date of access 14.03.2016). (In Russian).
  20. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Prospects of increase of power efficiency of residential buildings in Russia. *Vestnik MGSU*. 2011. No. 3 (1), pp. 192–200. (In Russian).
  21. Semenov V.S., Rozovskaya T.A. The dry masonry mixes with hollow ceramic microspheres. *Nauchnoe obozrenie*. 2013. No. 9, pp. 195–199. (In Russian).
  22. Semenov V.S., Rozovskaya T.A. Improvement of energy efficiency of enclosing structures with the use of lightweight masonry mortars. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2015. No. 6, pp. 16–19. (In Russian).
  23. Semenov V.S., Rozovskaya T.A., Oreshkin D.V. Properties of the dry masonry mixtures with hollow ceramics microspheres. *Advanced Materials Research*. 2014. Vol. 860–863, pp. 1244–1247.
  24. Inozemtsev A.S., Korolev E.V. Hollow micro-spheres is an efficient filler for high-strength lightweight concrete. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2013. No. 10, pp. 80–83. (In Russian).
  25. Oreshkin D.V., Belyaev K.V., Semenov V.S., Krotova U.E. Hollow microspheres: an efficient filler for construction and backfill mortars. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2010. No. 9, pp. 50–51. (In Russian).
  26. Teryaeva T.N., Kostenko O.V., Ismagilov Z.R., Shikina N.V., Rudina N.A., Antipova V.A. Physico-chemical properties of aluminosilicate hollow microspheres. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*. 2013. No. 5, pp. 86–90. (In Russian).
  27. Suryavanshi A.K., Swamy R.N. Development of lightweight mixes using ceramic microspheres as fillers. *Cement and Concrete Research*. 2002. Vol. 32, pp. 1783–1789.
  28. Korolev E.V., Inozemtcev A.S. Preparation and research of the high-strength lightweight concrete based on hollow microspheres. *Advanced materials research*. 2013. Vol. 746, pp. 285–288.
  29. Klochkov A.V., Strokova V.V., Pavlenko N.V. Structural and heat insulating masonry admixture with hollow glass micro spheres. *Stroitel'nye Materialy*. 2012. No. 12, pp. 24–27. (In Russian).
  30. Klochkov A.V., Pavlenko N.V., Strokova V.V., Belentsov Yu.A. On the question about the use of glass hollow microspheres for thermal-structural masonry mortars. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova*. 2012. No. 3, pp. 64–66. (In Russian).
  31. Blanco F., Garcia P., Mateos P., Ayala J. Characteristics and properties of lightweight concrete manufactured with cenospheres. *Cement and Concrete Research*. 2012. Vol. 30. No. 11, pp. 1715–1722.
  32. Danilin L.D., Drozhzhin V.S., Kuvaev M.D., Kulikov S.A., Maksimova N.V., Malinov V.I., Pikulin I.V., Redyushev S.A., Khovrin A.N. Hollow microspheres of fly ash – a multifunctional filler for composite materials. *Tsement i ego primenenie*. 2012. No. 4, pp. 100–105. (In Russian).
  33. Zhukov A.D., Bessonov I.V., Sapelin A.N., Naumova N.V. Increasing energy efficiency of wall materials with the help of cenospheres. *Vestnik MGSU*. 2014. No. 7, pp. 93–100. (In Russian).
  34. Gubskiy A.Yu., Volchenko K.S. Investigation of the properties lightweight mortars with aluminosilicate microspheres. *Construction is formation of the activity environment: proceedings of XVII International interuniversity scientific-and-practical conference of students, undergraduates, postgraduate students and young scientists*. Moscow: MGSU. 2014, pp. 925–930. (In Russian).



- тов, аспирантов и молодых ученых. М.: МГСУ, 2014. С. 925–930.
18. Semenov V.S., Rozovskaya T.A. Properties of modified dry masonry mixtures for effective masonry units // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 71 (2015) 012042.
  19. Деревянко В.Н., Саламаха Л.В., Смоглий А.Г., Шудро Е.С., Тимченко Я. Влияние низко модульных волокон на свойства строительных растворов // *Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури*. 2011. № 10 (163). С. 8–11.
  20. Пашченко А.А. Армирование неорганических вяжущих веществ минеральными волокнами. М.: Стройиздат, 1988. 200 с.
  21. Агзамов Ф.А., Тихонов М.А., Каримов Н.Х. Влияние фиброармирования на свойства тампонажных материалов // *Территория нефтегаз*. 2013. № 4. С. 26–31.
  22. Luiz A. Pereira-de-Oliveira, João P. Castro-Gomes, Miguel C.S. Nepomuceno. Effect of acrylic fibres geometry on physical, mechanical and durability properties of cement mortars // *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 27. Iss. 1, pp. 189–196.
  23. Талантова К.В., Михеев Н.М. Исследование влияния свойств стальных фибр на эксплуатационные характеристики сталефибробетонных конструкций // *Ползуновский вестник*. 2011. № 1. С. 194–199.
  24. Орлов А.А., Черных Т.Н., Сашина А.В., Богусевич Д.В. Исследование влияния параметров базальтовой фибры на свойства фиброармированного строительного раствора // *Перспективные материалы в строительстве и технике: Сборник трудов конференции*. 2014. С. 115–121.
  25. Габидуллин М.Г., Багманов Р.Т., Шангараев А.Я. Исследование влияния характеристик стеклофибры на физико-механические свойства стеклофибробетона // *Известия КГАСУ*. 2010. № 1 (13). С. 268–273.
  18. Semenov V.S., Rozovskaya T.A. Properties of modified dry masonry mixtures for effective masonry units. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 71 (2015) 012042.
  19. Derevyanko V.N., Salamakha L.V., Smoglyi A.G., Shchudro E.S., Timchenko Ya. The influence of the low modulus fibers on the properties of mortars. *Visnik Pridniprovs'koi derzhavnoi akademii budivnitstva ta arkhitekturi*. 2011. No. 10 (163), pp. 8–11. (In Russian).
  20. Pashchenko A.A. Armirovaniye neorganicheskikh vjazhushchih veshhestv mineral'nymi voloknami [Reinforcement of inorganic binders by the mineral fibers]. Moscow: Stroyizdat. 1988. 200 p.
  21. Agzamov F.A., Tikhonov M.A., Karimov N.Kh. Influence of fiber reinforcement on the properties of cement materials. *Territoriya neftegaz*. 2013. No. 4, pp. 26–31. (In Russian).
  22. Luiz A. Pereira-de-Oliveira, João P. Castro-Gomes, Miguel C.S. Nepomuceno. Effect of acrylic fibres geometry on physical, mechanical and durability properties of cement mortars. *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 27. Iss. 1, pp. 189–196.
  23. Talantova K.V., Mikheev N.M. Research of influence of the properties of steel fibers on the performance of steel reinforced concrete structures. *Polzunovskiy vestnik*. 2011. No. 1, pp. 194–199. (In Russian).
  24. Orlov A.A., Chernykh T.N., Sashina A.V., Bogusevich D.V. Research of influence of basalt fiber parameters on the properties of fiber-reinforced. *Prospective materials in construction and technique: proceedings of the conference*. 2014, pp. 115–121. (In Russian).
  25. Gabidullin M.G., Bagmanov R.T., Shangaraev A.Ya. Research of influence characteristics glass fibre on physic-mechanical properties of the glass fibre reinforced concrete. *Izvestiya KGASU*. 2010. No. 1 (13), pp. 268–273. (In Russian).

20-23  
сентября

Уфа 2016



**УралСтройИндустрия**

XXVI международная выставка

**Недвижимость-2016**

IX специализированная выставка

 #БВК #стройБВК

  
БВК  
БАШКИРСКАЯ  
ВЫСТАВОЧНАЯ  
КОМПАНИЯ

Тел./факс: (347) 246-42-29, 246-42-38, 246-42-37

e-mail: stroy@bvkepo.ru

www.stroybvku.ru

Место проведения

**ВДНХ ЭКСПО**

ул. Менделеева, 158

И.М. ТЕРЕЩЕНКО, канд. техн. наук (terechtchenko@belstu.by),  
 Б.П. ЖИХ, магистр техн. наук (zhih.bp1992@gmail.com), А.П. КРАВЧУК, канд. техн. наук  
 Белорусский государственный технологический университет (Республика Беларусь, 220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а)

## Получение эффективных теплоизоляционных материалов на основе кремнегеля

Разработан ресурсо- и энергосберегающий технологический процесс получения теплоизоляционного материала «Siver» на основе отходов производства фторсолей – кремнегеля. Технология производства включает основные стадии: механоактивация кремнегеля, смешение компонентов, синтез полисиликатов натрия, дробление и классификация, вспенивание. Центральным звеном разрабатываемого технологического процесса является стадия гидротермального синтеза полисиликатов на основе суспензий кремнегеля и NaOH, которая осуществляется в четыре этапа: реакция деполимеризации кремнезема, коагуляция, диспергация и поликонденсация. Особо важным обстоятельством, обеспечивающим получение конечного продукта с плотностью менее  $150 \text{ кг/м}^3$ , является разделение во времени первых двух стадий. Полученный гранулированный вспененный материал «Siver» обладает комплексом свойств, близких к традиционному пеностеклу, по соотношению цена/качество превосходит на рынке строительных материалов известные аналоги неорганического происхождения и сравним с пенопластами. Существенным преимуществом материала является его широкая область применения, что обеспечивается возможностью получения мелкогранулированного и узкофракционированного продукта, например фракции 0,5–2 мм, остро востребованной на рынке.

**Ключевые слова:** пеностекло, теплоизоляционный материал, кремнегель, полисиликаты натрия.

I.M. TERESHCHENKO, Candidate of Sciences (Engineering) (terechtchenko@belstu.by),  
 B.P. ZHIKH, Master of Sciences (Engineering) (zhih.bp1992@gmail.com), A.P. KRAVCHUK, Candidate of Sciences (Engineering)  
 Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova Street, Minsk, 220006, Belarus)

### Production of Efficient Heat-Insulating Materials on the Basis of Silica Gel

The resource and energy saving process of producing the heat-insulating material "Siver" on the basis of waste of fluorides production, silica gel, has been developed. The production technology includes main stages: mechanoactivation of silica gel, components mixing, synthesis of sodium polysilicates, crushing and classification, foaming. The central element of the developed technological process is the stage of hydrothermal synthesis of poly-silicates based on suspensions of silica gel and NaOH, which is carried out in four stages: reaction of depolymerization of silica, coagulation, dispersion and poly-condensation. A particularly important point, providing the final product with a density of less than  $150 \text{ kg/m}^3$ , is the separation in time of the first two stages. The obtained granulated foamed material "Siver" has a complex of properties similar to the traditional foam glass, by the price/quality ratio it surpasses known analogs at the market of building materials of inorganic origin and is comparable to the foam plastics. A significant advantage of the material is its wide range of applications that is provided by the possibility to obtain a fine-grained and narrow fractional product, for example, fractions of 0.5–2 mm, which is urgently demanded at the market.

**Keywords:** foam glass, heat-insulating material, silica gel, sodium poly-silicates.

Требования к соотношению цена/качество для теплоизоляционных материалов непрерывно возрастают в связи с необходимостью решения проблемы снижения затрат на отопление зданий и ростом объемов жилищного строительства.

В Республике Беларусь широкое распространение имеют органические теплоизоляционные материалы (пенополиуретан, пенополиуретан и др.), получаемые по относительно простым технологиям при низкой температуре синтеза, следствием чего является их невысокая стоимость. Несомненным достоинством полимерных утеплителей также являются отличные теплофизические характеристики (коэффициент теплопроводности  $\lambda=0,04–0,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  при плотности  $20–60 \text{ кг/м}^3$ ). Однако имеют место и недостатки, причём существенные:

- ограниченный срок службы как следствие деградации полимеров под влиянием внешней среды, сопровождающейся непрерывным ухудшением их теплозащитных характеристик;
- эмиссия газообразных продуктов в окружающую среду в силу той же причины;
- горючесть с выделением токсичных и опасных веществ [1].

В связи с этими причинами в европейских странах успешно осуществляется перевод строительства на использование неорганических утеплителей.

До 50% рынка теплоизоляционных материалов в Республике Беларусь занимают изделия на основе волокнистых материалов (плиты, маты и др.), сочетающие в себе неорганическую основу (минеральное или стекло-

волокно) с органическим связующим (фенолформальдегидные смолы) и обладающие хорошими теплоизоляционными свойствами, низкой плотностью, высокими температурами эксплуатации (до  $450^\circ\text{C}$ ). Тем не менее высокая удельная поверхность волокон снижает устойчивость материала к воздействию влаги, в результате чего происходит быстрая деструкция материала, что требует сложной системы изоляции минераловатных плит. Из-за большой доли связующего вещества материал при возгорании выделяет опасные соединения. Эти факторы ограничивают применение волокнистых утеплителей [2].

Неорганические теплоизоляционные материалы лишены недостатков, присущих органическим, а именно горючести, токсичности и ограниченного срока эксплуатации. Эталонном среди существующих неорганических теплоизоляционных материалов по комплексу свойств, таких как насыпная плотность и теплопроводность, механическая прочность, химическая стойкость, негорючесть и долговечность, считается пеностекло. Однако технологическому процессу его производства сопутствует ряд недостатков.

Согласно классическому способу [3], получение блочного пеностекла требует использования сульфатсодержащего стеклобоя в составе шихтовой смеси, который вспенивается при температуре  $800–840^\circ\text{C}$  по сульфатному механизму, при этом между растворённым в стекле  $\text{SO}_3$  и углеродом, вводимым дополнительно в шихту в присутствии водяных паров, протекает реакция:  $2\text{C} + \text{H}_2\text{O} + \text{SO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{S} + 2\text{CO}_2$ , а выделяющиеся в результате газы обеспечивают формирование пористой структуры материала. В итоге получаемое

изделие содержит в своем составе токсичный газ — сероводород.

Также нерешенными проблемами в производстве классического пеностекла остаются: использование металлических форм для вспенивания; большие энергозатраты на варку стекла, его измельчение, повторную термообработку, вспенивание и отжиг. В связи с перечисленными особенностями технологии стоимость 1 м<sup>3</sup> блочного пеностекла составляет до 300 USD, вследствие чего пеностекло не может стать материалом широкого использования.

В методе производства гранулированного пеностекла решен ряд проблем порошковой технологии, а именно: нет жесткой привязанности к составу стеклобоя, возможно использование несортного стекла, что обеспечивает расширение сырьевой базы. Вспенивание в этом случае происходит за счет гидратного механизма при использовании натриевого жидкого стекла. Однако, как и для блочного пеностекла, недостатками являются необходимость тонкого измельчения сырьевой смеси, а также относительно высокая температура вспенивания (около 800°C), что требует значительных энергозатрат; к этому добавляются высокая стоимость жидкого стекла и невозможность получения мелкогранулированного продукта (0,5–2 мм), наиболее востребованного на рынке строительных материалов. Стоимость гранулированного стекла на рынке составляет 100–120 USD/м<sup>3</sup>; в итоге оно проигрывает керамзиту, получаемому по модернизированной технологии, стоимость которого как минимум в 1,5 раза ниже.

В связи с вышеизложенным идею получения вспененных продуктов на основе промышленного стеклобоя в настоящее время нельзя считать актуальной. Как показывают работы [4, 5], перспективным направлением является разработка ячеистых материалов горячего вспенивания, получаемых путем взаимодействия щелочного компонента и аморфного кремнеземистого природного либо техногенного сырья. В этом случае стеклообразование возможно реализовать при температуре 750–800°C, а получаемые в ходе синтеза ксерогели щелочных полисиликатов ( $R_2O \cdot nSiO_2 \cdot mH_2O$ ) обладают способностью вспениваться в указанной области температуры с образованием твердых неорганических пеноматериалов с тонкопористой ячеистой структурой.

На кафедре технологии стекла и керамики БГТУ разработана ресурсо- и энергосберегающая технология получения легких гранулированных материалов («Siver») на основе кремнегеля, обладающих комплексом свойств, присущих пеностеклу. Речь идет о синтезе гидрогелей на основе составов высокомолекулярной ( $M > 4,5$ ) части системы  $Na_2O-SiO_2-H_2O$  при ограниченном водосодержании исходных смесей (<55%).

Как известно, традиционно синтез полисиликатов осуществляется на основе гидрозолей кремнезема в многоводных системах при соотношении Т/Ж=1:(2,5–5) [6, 7]. Требование же ограничения влажности реакционных смесей в данной работе связано с необходимостью последующего вспенивания полученных продуктов синтеза. Повышенное содержание воды в них приводит к неоднородной структуре вспененных материалов, наличию крупных полостей, низким показателям механической прочности и водостойкости, т. е. отрицательно влияет на качество теплоизоляционных материалов. Кроме того, известно [8], что при синтезе гидрогелей из разбавленных растворов (золей) получают рыхлые и весьма объемные структуры, уплотнение которых приводит к напряжениям и разрушению материала.

Важной особенностью разработанного технологического процесса получения эффективного теплоизоляционного материала являются высокие требования к

качеству кремнеземистого сырья, которые заключаются в следующем:

- высокое содержание аморфного кремнезема;
- высокая дисперсность, что исключает необходимость тонкого измельчения;
- микропористое строение, что обеспечивает высокую скорость синтеза материалов на его основе.

Приведенным требованиям отвечает промышленный отход (кремнегель), в больших количествах образующийся в технологическом процессе производства минеральных удобрений и ныне не находящий применения.

Проведенные исследования показали, что синтез полисиликатов на основе кремнегеля — это сложный многостадийный процесс, причем отдельные его стадии могут протекать при определенных условиях последовательно, но могут накладываться друг на друга, что приводит к получению высокоплотных структур. Первичным химическим процессом при синтезе полисиликатов из аморфного кремнеземистого сырья являются реакции деполимеризации кремнезема. При этом NaOH взаимодействует с реакционными центрами на поверхности частиц и в их объеме, что приводит к их растворению. На этой стадии исчезает зернистость, система становится однородной (на уровне коллоида). Лимитирующей стадией процесса деполимеризации является диффузия групп  $OH^-$  к реакционным зонам. В связи с этим необходимым является интенсивное перемешивание системы.

Процесс образования гелеобразных полисиликатов также включает стадии:

- коагуляция смеси в результате роста ионной силы суспензии после введения NaOH, сопровождающаяся частичным схватыванием смеси;
- диспергация первично образовавшихся коагуляционных комплексов и рост лиофильности системы. Данная стадия сопровождается разжижением начавшейся сгущаться смеси;
- поликонденсация — формирование вторичных структур, сопровождаемое монотонным повышением вязкости системы вплоть до полного ее затвердевания и перехода в хрупкое состояние. Структура получаемого продукта не содержит зерен, однородна, вещество остекловано, но непрозрачно.

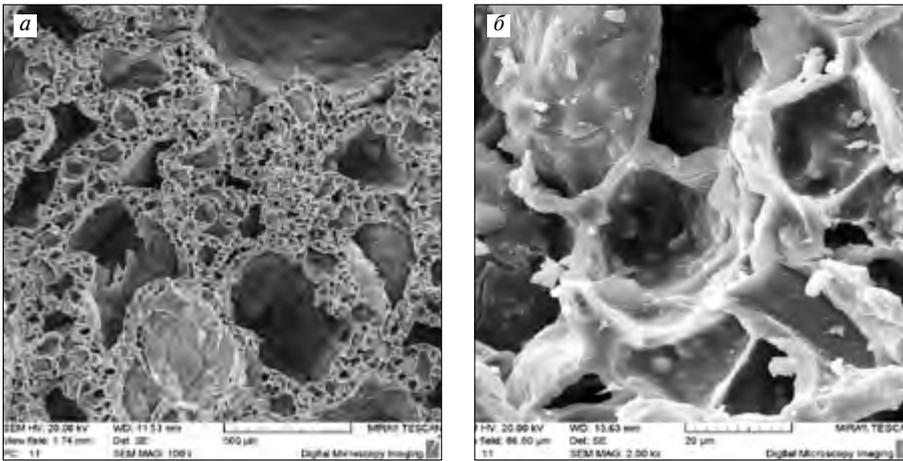
Полученный хрупкий остеклованный продукт гранулируется и подвергается однократной термической обработке при температуре 300–600°C, в ходе которой материал переходит в псевдопластическое состояние с увеличением объема в 2–4 раза, вспенивается выделяющимися парами воды и остекловывается.

Таким образом, принципиальных отличий в ходе синтеза полисиликатов на основе суспензий кремнегеля в сравнении с синтезом из гидрозолей кремнезема не фиксируется. Следует отметить лишь сильную зависимость свойств получаемых гидрогелей от условий синтеза, а также от условий их старения, что несомненно связано с относительно небольшим содержанием воды в смеси. Зачастую характеристики конечного продукта оказываются неоднозначной функцией состава смеси. Эта неоднородность, с одной стороны, создает определенные сложности при получении материалов с заданными свойствами, хотя, с другой — растут возможности модифицирования свойств материалов.

С помощью электронного сканирующего микроскопа получены снимки структуры вспененного гранулированного материала, представленные на рисунке.

Синтезированный пеноматериал обладает ячеистой капиллярной структурой со средним размером ячеек 150–250 мкм, толщиной стенок капилляров 1–2 мкм и их диаметром 10–20 мкм.

Наряду с крупными ячейками в структуре вспененного материала присутствует множество мелких пор и



Структура пеносиликатного материала при различном увеличении: а –  $\times 100$ ; б –  $\times 2000$

Характеристики вспененных материалов	«Siver»	«Poraver» (Германия)	«Пеностек» (РФ)
	Фракция 1–2 мм		
Плотность насыпная, кг/м <sup>3</sup>	190–240	270	230
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,55–0,065	0,07	0,07
Водопоглощение, %	25	7	18
Прочность при сжатии, МПа	1,2	1,1	1,6

тонких капилляров, которые и придают ему высокие тепло- и звукоизоляционные свойства.

Ячеисто-капиллярная структура обуславливает поведение материала в холодный период года, под дождями и заморозками. Насыщенный водой материал не претерпевает разрушений при многократном замораживании-оттаивании. Несмотря на высокую пористость, которая составляет до 95 об. %, его водопоглощение не превышает 25%, т. е. в материале остается большое количество незаполняемых влагой пор (резервных), что и придает ему способность выдерживать более 35 циклов замораживания и размораживания без разрушения. В то же время капиллярная структура предполагает наличие естественной миграции влаги под действием разности температуры – паропроницаемость.

Свойства материала «Siver» в сравнении с известными на рынке промышленными аналогами «Пеностек» (РФ) и «Poraver» (Германия) представлены в таблице.

Разработанный вспененный стеклообразный материал обладает низкой насыпной плотностью, в пределах 90–180 кг/м<sup>3</sup> для фракции  $>4$  мм и имеет преимущественно открытую микропористость, что делает его идеальным звукоизолятором и обеспечивает паропроницаемость конструкций на его основе. Отличительной чертой полученного продукта является его водостойкость (потеря массы при кипячении в течение 1 ч в дистиллированной воде не превышает 2–3%). Продукт не имеет запаха и выделений, в связи с чем отсутствует необходимость в герметичной дорогостоящей изоляции; нечувствителен к действию влаги, отличается хорошей газопроницаемостью («дышит»), а будучи неорганическим материалом, – долговечностью, негорючестью, выдерживает воздействие температуры до 700°C. Экологическая безопасность разработанного материала обеспечивается стабильностью его структуры и отсутствием вредных выделений, опасных для здоровья.

Разработанная одностадийная технология получения теплоизоляционных материалов на основе аморфного кремнеземистого сырья со свойствами, близкими к пеностеклу, отличается от классической небольшим

количеством переделов, простой применяемого оборудования, а главное, характеризуется низким энергопотреблением, по предварительным расчетам, около 300–350 кВтч/м<sup>3</sup> продукта. Использование отходов, отсутствие в технологическом процессе энергоемких стадий (сушка, тонкое измельчение), а также низкая температура вспенивания обеспечивают себестоимость продукции в пределах 45–55 USD за 1 м<sup>3</sup> в зависимости от гранулометрического состава. По соотношению цена/качество «Siver» превосходит на рынке строительных материалов известные аналоги неорганического происхождения и сравним по цене с пенопластами, не имея их основных недостатков (недолговечность, горючесть, пожароопасность).

Разработан промышленный вариант технологического процесса производства водостойких вспененных силикатных материалов, проведены материальные и экономические расчеты, подтверждающие целесообразность организации производства, осу-

ществлен подбор и компоновка оборудования.

Гранулированный стеклообразный материал, полученный по разработанной технологии, обладает широкой областью применения: производство теплых штукатурок для стен из ячеистых бетонов; звуко- и теплоизоляционные межэтажные перекрытия, сэндвич-панели; звуко- и теплоизоляция монолитных перекрытий каркасных зданий; паропроницаемые ограждающие конструкции; адсорбция нефтепродуктов; пеностеклобетонные панели и блоки.

#### Список литературы

- Кулезнев В.Н., Шершнева В.А. Физика и химия полимеров. М.: Издательство КолосС, 2007. 367 с.
- Matthew R. Hall Materials for energy efficiency and thermal comfort in buildings. Woodhead Publishing Limited New York. 2010. 734 p.
- Демидович Б.К. Пеностекло. Минск: Наука и техника, 1975. 248 с.
- Патент РФ WO2008143549 A1. *Строительный материал и способ его получения* / Гоменюк В.М., Лаврентин Д.В., Меркин Н.А., Писарев Б.В. Заявл. 13.05.2008. Оpubл. 27.11.2008.
- Патент РФ 2188180. *Способ изготовления теплоизоляционного материала* / Фурман Р.Я., Фурман В.В. Заявл. 10.08.1999. Оpubл. 27.02.2002.
- Патент РФ 2124475. *Способ получения полисиликатов натрия (варианты)* / Пестерников Г.Н., Максютин А.С., Пучков С.П., Обухова В.Б. Заявл. 05.06.1997. Оpubл. 10.01.1999.
- Патент РФ 2170213. *Способ получения полисиликатов калия* / Шабанова Н.А., Горохов С.Н. Заявл. 09.11.2000. Оpubл. 10.07.2001.
- Мелконян Р. Г. Комплексная переработка аморфных горных пород на стекольное сырье «каназит» и ряд силикатных продуктов // ЭПНИ «Вестник Международной академии наук. Русская секция» (Электронный ресурс). 2013. № 1. С. 49–54. (дата обращения 14.03.2016 <http://www.heraldrusias.ru/online/2013/1/271/>)

**References**

1. Kuleznev V.N. Shershnev V.A. Fizika i himiya polimerov [The physics and chemistry of polymers]. Moscow: KolosS. 2007. 367 p.
2. Matthew R. Hall Materials for energy efficiency and thermal comfort in buildings. Woodhead Publishing Limited New York. 2010. 734 p.
3. Demidovich B.K. Penosteklo [Foamglass]. Minsk: Nauka i tehnika. 1975. 248 p.
4. Patent RF WO2008143549 A1. *Stroitel'nyj material i sposob ego poluchenija* [Building material and method for its preparation]. Gomenjuk V.M., Lavrenin D.V., Merkin N.A., Pisarev B.V. Declared 13.05.2008. Published 27.11.2008. (In Russian).
5. Patent RF 2188180. *Sposob izgotovlenija teploizoljacionnogo materiala* [A method of manufacturing a heat-insulating material]. Furman R.Ja., Furman V.V. Declared 10.08.1999. Published 27.02.2002. (In Russian).
6. Patent RF 2124475. *Sposob poluchenija polisilikatov natrija (varianty)* [The process for producing sodium polysilicates (variants)] Pesternikov G.N., Maksjutin A.S., Puchkov S.P., Obuhova V.B. Declared 05.06.1997. Published 10.01.1999. (In Russian).
7. Patent RF 2170213. *Sposob poluchenija polisilikatov kalija* [The method for producing potassium polysilicates] Shabanova N.A., Gorohov S.N. Declared 09.11.2000. Published 10.07.2001. (In Russian).
8. Melkonjan R.G. Complex processing of amorphous rocks on the glass raw material "Canazei" and a number of silicate products. *EPNI «Vestnik Mezhdunarodnoi akademii nauk. Russkaya sektsiya»* (Electronic resource). 2013. No. 1, pp. 49–54. (Date of access 14.03.2016 <http://www.heraldrsias.ru/online/2013/1/271/>). (In Russian).



Международная научно-техническая конференция  
**«Высокопрочные цементные бетоны: технологии, конструкции, экономика (ВПБ-2016)»**

25–27 октября 2016 г.

г. Казань, КГАСУ

**Организаторы**

Министерство архитектуры, строительства и ЖКХ Республики Татарстан, Аппарат президента Республики Татарстан  
 НО «Государственный жилищный фонд при Президенте Республики Татарстан»  
 Национальная группа Международной федерации конструкционного бетона (FIB)  
 Региональная группа RILEM, Ассоциация «Железобетон»  
 ГУП «Татинвестгражданпроект», АО «Казанский Гипрониавиапром», КазГАСУ

**Научные направления конференции**

Высокопрочные бетоны (структура, свойства, технологии)  
 Эффективные конструкции из высокопрочного бетона  
 Экономика производства и применения ВПБ в железобетонных конструкциях

**Ключевые даты:**

17 июня 2016 г. – начало приема заявок на участие;  
 18 сентября 2016 г. – завершение подачи заявок на участие и тезисов докладов;  
 19 сентября 2016 г. – крайний срок оплаты оргвзноса;  
 24–25 октября 2016 г. – заезд участников конференции

**Место проведения конференции**

420043, Россия, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1  
 e-mail: [vpb2016-kgasu@mail.ru](mailto:vpb2016-kgasu@mail.ru)

**Ученые секретари:**

канд. техн. наук Морозов Николай Михайлович,  
 канд. техн. наук Красникова Наталья Михайловна.  
 Тел. 8 (843) 510-47-34

Регистрация участников конференции осуществляется только с сайта!

<http://vpb2016.kgasu.ru/>

УДК 666.29

Е.Г. ЛУКИН<sup>1</sup>, инженер, Д.В. РЫГАЕВ<sup>1</sup>, инженер, Р.В. МЕТЕЛИЦА<sup>1</sup>, инженер;  
С.М. НЕЙМАН<sup>2</sup>, канд. техн. наук; Л.В. СОБОЛЕВ<sup>3</sup>, инженер

<sup>1</sup> ООО «НПО «Химические технологии» (125371, г. Москва, Волоколамское ш., 112, к. 1. стр. 3)

<sup>2</sup> Хризотилевая ассоциация (119048, г. Москва, ул. Усачева, 35)

<sup>3</sup> ООО «ПАРТНЕР-ХОЛДИНГ» (140200, Московская обл., г. Воскресенск, ул. 2-я Заводская, 6).

## Силикатная краска для хризотилцементных изделий из отечественного сырья

Хризотилцементные (асбестоцементные, шиферные) изделия имеют более чем вековую историю. Для обеспечения в России современных приоритетов этим долговечным, устойчивым в различных средах и максимально дешевым материалам необходимо улучшить их эстетические свойства. Для этого на предприятиях должны использоваться надежные и дешевые отечественные краски. В лабораторных условиях на поверхности хризотилцементных образцов опробована силикатная краска ООО «НПО «Химические технологии», изготовленная на основе жидкого калиевого стекла собственного производства и из отечественного сырья. Получено покрытие, стойкое в воде и при испытании на морозостойкость.

**Ключевые слова:** хризотилцемент, шифер, жидкое калиевого стекла, силикатная краска.

E.G. LUKIN<sup>1</sup>, Engineer, D.V. RYGAEV<sup>1</sup>, Engineer, T.V. METELITSA<sup>1</sup>, Engineer;  
S.M. NEYMAN<sup>2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), L.V. SOBOLEV<sup>3</sup>, Engineer  
<sup>1</sup> ООО «NPO «Chemical Technologies» (112, bldg 1, structure 3, Volokolamskoe Hwy, 125371, Moscow, Russian Federation)  
<sup>2</sup> Chrysotile Association (35, Usacheva Street, 119048, Moscow, Russian Federation)  
<sup>3</sup> ООО «PARTNER-HOLDING» (6, 2nd Zavodskaya Street, Voskresensk, 140200, Moscow Oblast, Russian Federation)

### Silicate Paint for Chrysotile Cement Products Made of Domestic Raw Materials

Chrysotile (asbestos-cement, slate) products have more than a century history. To provide today priorities in Russia with this durable, stable in different media and maximally cheap materials it is necessary to improve their esthetic properties. For this purpose, our enterprises have to use reliable and cheap domestic paints. Under laboratory conditions the silicate paint of ООО «NPO «Chemical Technologies» manufactured on the basis of the liquid potassium glass of own production and from domestic raw materials has been tested on the surface of chrysotile-cement samples. The coating stable in water and when tested for frost resistance has been obtained.

**Keywords:** chrysotile cement, slate, liquid potassium glass, silicate paint.

Многие десятилетия хризотилцементные (асбестоцементные, шиферные) листовые изделия являются одним из широко применяемых строительных материалов. Первоначально (с 1901 г. — в Австрии, с 1908 г. — в России) примерно в течение 30 лет изготавливали плоские листы и нарезали из них плоскую черепицу размером 400×400×5 мм. По аналогии с натуральной сланцевой черепицей тех же размеров, называемой «шифером», черепицу из смеси цемента с асбестом называли также шифером. В конце 1920-х гг. начали применять крупноразмерные плоские листы для стен и волнистые листы для кровель. Затем стали производить трубы. Самую большую роль хризотилцементные изделия сыграли после Великой Отечественной войны в восстановлении жилого фонда и промышленности СССР и стран Европы. Асбестоцемент прочно занимал стратегические позиции в планах развития СССР и на перспективу 1990-х гг. К этому времени были отработаны новые технологии производства, например, экструзия, и новый ассортимент изделий — листы разных размеров и формы, цветные листы, погонажные изделия, большеразмерные панели; возобновилось производство мелкогабаритных плиток разных форм и расцветок (рис. 1). В настоящее время в кровлях, кроме волнистых листов, применяются и плоские листы при монтаже утепленных и вентилируемых покрытий жилых и промышленных зданий. Плоские листы используются для устройства утепленных и вентилируемых декоративных фасадов, и как несъемная опалубка при заливке пенобетона, для изготовления сайдинговых полос.

Правильно изготовленные, смонтированные и эксплуатируемые изделия из хризотилцемента служат на российских объектах уже более 80 лет. Плитки российского производства почти 90-летнего возраста сохранились на кры-

шах малоэтажных домов в некоторых регионах бывшего СССР, например, в Брянской области, где был построен первый шиферный завод России (рис. 2).

Основным препятствием к широкому применению отечественных хризотилцементных листовых материалов в настоящее время является их недостаточные эстетические характеристики. Больше всего сейчас в стране выпускается неокрашенных серых листов. В связи с этим отечественный рынок заполнен взамен их импортными яркоокрашенными материалами (ондулин, битумная плитка, металлопрофиль, металлочерепица, металлический или пластмассовый сайдинг), уступающими по многим эксплуатационным и экологическим характеристикам шиферным изделиям. Внешняя декоративная привлекательность импортных изделий оказалась одним из главных конкурентных моментов для покупателя, и при выборе материалов их эксплуатационные характеристики уходят на задний план. Для обеспечения приоритетов российской долговечной, устойчивой в различных средах и относительно дешевой хризотилцементной продукции необходимы доступные по цене отечественные краски, позволяющие возводить нарядные сооружения с интересным декором.

Серьезные исследования и освоение разнообразных способов окраски и фактурной отделки хризотилцементных изделий начались за рубежом и в нашей стране еще в довоенные годы. В Советском Союзе это совпало с широкомасштабным строительством. Поначалу было отработано объемное окрашивание кровельных листов при введении в суспензию пигментов или цветного цемента. Продукция с пигментами была лишь на 10–15% дороже неокрашенной, так как не требовалось дополнительного оборудования, и капитальные затраты были минимальными. Продукция на цветном цементе была



**Рис. 1.** Современная хризотилцементная черепица с водно-дисперсионным покрытием Белгородского комбината БелАЦИ



**Рис. 2.** Первые хризотилцементные кровельные плитки, установленные на кровлю в Брянске в 1929 г.

дороже. Работы при объемном окрашивании по обеим технологиям всегда ограничивались дефицитом пигментов в стране, а также тем, что окрашенные в массе изделия имели блеклый цвет. Покупателя такая окраска привлекала мало.

В 1970–80-е гг. на зарубежном рынке появились шиферные изделия с ярко окрашенными поверхностями. В России, в НИИасбестцементе и на отечественных предприятиях в содружестве со специалистами лакокрасочной промышленности также были отработаны способы поверхностной окраски листов [1–6]. Использовали либо зарубежные краски, либо краски, изготовленные на самих шиферных предприятиях из зарубежных сырьевых материалов. Поверхностное окрашивание часто удорожало продукцию на 50% и более.

Общий недостаток обоих способов окрашивания (в массе и по поверхности) — высолы (выцветы) на поверхности листов. Высолы со временем смываются под воздействием атмосферных осадков; после завершения процессов твердения цементной составляющей они не появляются больше вообще, но, тем не менее, это все равно вызывало у покупателей отторжение цветной продукции, особенно с учетом ее повышенной цены.

Понятно, что в условиях современного рынка конкурировать Российскому хризотилцементу с новой яркой зарубежной продукцией можно только при окраске его лакокрасочными материалами отечественного производства и невысокой цене. Выпуск долговечной и нарядной хризотилцементной продукции по доступной цене позволит быстро уйти и от штампованного понятия «серый шифер». При этом было бы правильно, чтобы на рынок поступали все отделочные хризотилцементные листы только цветными: более дорогая их часть — окрашенная в яркие тона по поверхности, а все остальные — окрашенные пигментами в массе. Известно, что листы, окрашенные много лет назад в массе гидроксидом железа и окисью хрома, эксплуатируются на кровлях десятилетиями, имея практически начальный цвет. Эти листы, изготовленные в 60-х гг. прошлого столетия, были обнаружены в 2010 г. одним из авторов статьи на крышах домов в г. Семипалатинске (Казахстан); и сейчас, после более чем 55 лет эксплуатации, они не имеют высолов и смотрятся как ровно окрашенные изделия бордового и зеленого цветов.

По опыту НИИасбестцементна наилучшие результаты при поверхностном окрашивании хризотилцементна были получены с органическими эмалями, водно-дисперсионными композициями и силикатными красками.

Окрашенные органическими эмалями хризотилцементные листы имели нарядный вид; покрытие обеспечивало достаточно высокие эксплуатационные свойства, долговечность прогнозировалась на уровне

15–20 лет. Однако органические эмали в нашей стране были дефицитны и дороги, а при работе с ними создавались тяжелые санитарно-гигиенические условия и угроза пожаро- и взрывоопасности производства. Отработанные технологии с эмалями далее не развивались; соображения безопасности производства и сейчас ограничивают возможности их применения.

При использовании водно-дисперсионных красок достигались лучшие показатели и лучшие технологические параметры. Краски безопасны при пожарах и взрывах, технологичны, придают хризотилцементным изделиям высокие декоративные и экологические характеристики. Именно поэтому в настоящее время предприятия отрасли работают в основном с водными растворимыми окрашивающими составами. Осложнение для их применения на предприятиях — достаточно высокая цена изделий после окраски.

Наиболее долговечные и экономичные покрытия хризотилцементна были получены при использовании силикатной краски на основе жидкого стекла. Длительное время ее использовали на Себряковском шиферном заводе (Волгоградская обл.). В литературе отмечают большие преимущества силикатной краски для отделки разнообразных фасадов зданий.

Прочные покрытия образуются за счет процесса кристаллизации краски. Механизм перехода жидкого стекла в нерастворимое кристаллическое состояние обусловлен протеканием множества реакций: между силикатами щелочных металлов, силикатами с углекислым газом из атмосферы и с водой. Непременным условием является полный гидролиз силикатов с окончательным прекращением образования щелочи и с образованием гидратированного нерастворимого кремнезема.

Силикатные краски образуют особенно хорошие покрытия на силикатсодержащих материалах благодаря химическому сродству краски и подложки. Отмечаются высокие декоративные свойства окрасочного слоя на этих материалах, огне- и водостойкость, долговечность в агрессивной среде промышленных городов, в условиях радиационного и солнечного излучения [7].

Покрытия используют практически во всех элементах (полы, стены, потолки и лестничные площадки, внутренние перегородки, наружные облицовки, ограждения балконов) различных зданий — в больницах, санаториях, детских учреждениях, банно-прачечных комбинатах, овощехранилищах, складах, подвалах, защищая их от внешних воздействий, бактерий, грибов и др. Покрытия характеризуются высокой стойкостью к воздействию кислот и щелочей, средств бытовой химии. Отмечается, что цементсодержащие изделия с покрытием силикатной краской по долговечности мало уступают керамической отделке. Поэтому изделия с таким

покрытием рекомендованы даже для облицовки ванн, кухонь и санитарно-технологических узлов.

Практика эксплуатации покрытий с использованием силикатных красок показала, что наиболее эффективными являются краски со связующим на основе высокомолекулярного калиевого жидкого стекла. Это связано прежде всего с тем, что при использовании калиевого жидкого стекла в отличие от натриевого не проявляется меления поверхности покрытия, т. е. на его поверхность не выходят высолы.

Минеральные краски на жидком калиевом стекле впервые отработаны и запатентованы немецким исследователем А.В. Кеймом в 1980-х гг. Из богатого опыта работы западных стран известно, что срок эксплуатации силикатных покрытий превышает 80 лет. В ряде городов Южной Германии на зданиях, отделанных внутри и снаружи в начале XX в., сохраняются старые покрытия. При столь длительной службе в условиях пыли и копоти фасады зданий в этих городах ни разу не ремонтировались. Указывается, что достаточно промыть их мыльной водой и из-под слоя грязи выступает красочное покрытие, полностью сохранившее свежесть и сочность окраски.

Известен также положительный опыт использования силикатных красок в отделке зданий в Москве. Авторы монографии [8] отмечают, что цементосодержащие изделия с покрытием силикатной краской по долговечности мало уступают керамической отделке.

По результатам работ НИИасбестцемента и Серебряковского шиферного завода отмечено, что силикатные краски легко наносились на поверхность шифера как промышленными способами, так и вручную, демонстрировали высокую адгезию, быстро высыхали, сохраняли устойчивость при повышенной влажности и в агрессивных средах. Прогнозируемая долговечность силикатного покрытия с калиевым жидким стеклом на плоских прессованных листах была оценена в 15 лет; реально (по данным на 2010 г.) окрашенные листы простояли без изменения цвета более 25 лет. Волнистые непрессованные листы с повышенными адгезионными характеристиками поверхности при нанесении силикатной краски имели лучшие показатели, чем прессованные. Однако массовое применение силикатной краски на калиевом жидком стекле в асбестоцементной промышленности не состоялось из-за того, что в России выпускалось практически только натриевое жидкое стекло; калиевое вырабатывалось в очень малом количестве и привозилось из-за рубежа. Кроме того, если окрасочные составы на жидком стекле в строительных объектах отверждаются в обычных условиях, то окраска хризотилцементных изделий происходит в технологическом потоке за очень ограниченное время (несколько минут). Для ускорения отверждения покрытий с силикатной краской на конвейере поддерживалась температура около 200°C. Позже температура была снижена до 150–170°C, но энергозатраты оставались все равно высокими.

В данной работе на хризотилцементе была опробована отечественная силикатная краска с жидким калиевым стеклом. Оба продукта производятся ООО «НПО «Химические Технологии». Качественные силикатные краски созданы на предприятии после длительной работы по оптимизации технологии изготовления высокомолекулярного жидкого стекла с заданными физико-технологическими характеристиками. Подобраны составы и концентрации реагирующих веществ, технология варки стекол (давление, температура, время), разработана конструкция устройства для их изготовления [9].

Созданные краски на основе жидкого калиевого стекла применяются для защиты и декорирования поверхности практически всех строительных и отделоч-



Рис. 3. Образцы хризотилцемента, окрашенные краской КС-154

ных силикатсодержащих материалов (бетон, кирпич, цементно-песчаные изделия и др.). Отработаны силикатные краски зеленой, голубой, бежевой, серой, красной, белой, желтой, розовой расцветок.

Компания имеет большой опыт создания других защитных композиций, например, антикоррозионные составы для металлов — цинксоодержащие материалы, акриловые эмали на водной основе, водно-дисперсионный грунт-эмаль по ржавчине, выпускает технические моющие средства и пр. Все продукты НПО «Химические Технологии» отличаются экологической чистотой: не содержат летучих органических растворителей, их основа представляет собой водный раствор силикатов щелочных металлов. Материалы компании соответствуют требуемому ГОСТ, прошли совместные испытания с ЦНИИС и ВНИИСТ, имеют необходимые пакеты технической документации. Все это позволило выбрать краску для опробования на хризотилцементе.

Испытана на поверхности плоских непрессованных хризотилцементных образцов силикатная краска КС-154 марки «А» (ГОСТ 18958–73). Примененная краска двухкомпонентная, поставляется в виде двух упаковок. В первой — сухая пигментная часть (щелочестойкие пигменты, сепарированный мел, тальк, минеральные пигменты для цветных составов), силикатизатор — белила цинковые; во второй — высокомолекулярное жидкое калиевое стекло, применяемое как грунт перед нанесением краски и как связующее для окрасочного слоя. Смешивание и использование составов ведутся в соответствии с инструкцией производителя. Использовали краску трех цветов — зеленого, красно-коричневого («кремлевская стена») и синего (рис. 3). При испытаниях на водостойкость часть образцов предварительно загрунтовывали с обеих сторон 50% водным раствором жидкого калиевого стекла, другие окрашивали без грунтовки. Образцы высушивали при комнатной температуре. Образцы испытывали на водостойкость по ГОСТ 9.403–80, морозостойкость по ГОСТ 8747–88, оценивали адгезионные характеристики по ГОСТ 15140–78. Отмечено, что на предварительно загрунтованные поверхности силикатная краска наносилась легче, т. е., обладала лучшей укрывистостью, следовательно, силикатизация поверхности хризотилцемента при наличии грунтовки проходит быстрее. При высушивании в течение 24 ч в естественных условиях покрытие на образцах обоого типа — грунтованных перед окраской раствором жидкого стекла и негрунтованных — оставалось равномерным и имело высокие декоративные свойства. При испытании на водостойкость

образцы выдерживали в воде комнатной температуры заведомо много дольше требований ГОСТ 9.403–80 – 60 сут вместо 24 ч. На обоих типах образцов не появилось никаких нарушений – ни отслоений окрасочного слоя, ни изменения цвета покрытия, ни следов высолов. При испытании образцов на морозостойкость также не наблюдалось нарушения окрашенного слоя. Морозостойкость образцов оценена в 50 циклов, величина адгезии краски к поверхности хризотилцемента – в I балл. Таким образом, при экспериментальном лабораторном окрашивании хризотилцементных образцов силикатной краской на жидком калиевом стекле в обоих случаях – с предварительным грунтованием образцов раствором жидкого стекла и без грунтования – получено устойчивое покрытие.

Намечено продолжить работу в рамках совместного производственного опробования на асбестоцементном предприятии. Для этого необходимо:

- установить оптимальное соотношение компонентов в грунтовочном и окрасочном составах и выбрать режимы грунтования и окраски листов, аппаратуру и способы нанесения грунтовки и краски;
- подобрать составы красок наиболее яркого цвета, минимизируя возможность появления высолов на поверхности изделий;
- подобрать температурные и временные режимы подготовки листов к окраске, режимы отверждения кра-

сок, условия штабелирования окрашенных и высушенных листов для обеспечения их сохранности в стопах и при транспортировке;

- установить области применения окрашенных изделий;
- выйти на минимальные энергозатраты производства изделий и на наименьшие цены окрашенных изделий.

После получения положительных результатов необходимо совместно с асбестоцементными предприятиями отработать на «НПО «Химические технологии» состав специального высокомодульного жидкого стекла для красок, применимых в асбестоцементном производстве. Для этого на основе опыта ООО «НПО» «Химические технологии» доработки существующие устройства, позволяющие снизить энергозатраты при приготовлении жидкого стекла, провести выбор на местах недефицитных исходных материалов для изготовления высокомодульного жидкого стекла, модифицировать существующие добавки и дисперсии, а также усовершенствовать сами процессы модификации высокомодульных жидких стекол, которые могут осуществляться как во время варки стекла, так и при добавлении модификаторов в готовые жидкие стекла.

В конечном счете при наличии местной минеральной и пигментной базы для жидких стекол организовать

Реклама

# НПО

# ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ



ООО «НПО «Химические технологии» специализируется на разработке и производстве экологически безопасных химических продуктов из российского сырья – комплексных систем защиты от коррозии, основанных на холодном цинковании стальных конструкций; декоративных финишных лакокрасочных материалов; составов для подготовки поверхности под окраску; силикатных красок.

Антикоррозионная цинк-силикатная композиция **АЦСК 80–01 «Кольчуга»** (усиленная) – для защиты металлоконструкций из углеродистых и низколегированных сталей методом холодного цинкования. Обеспечивает трехуровневый механизм защиты от коррозии: катодный (активный), барьерный (пассивный) и ингибиторный. Для защиты при категориях воздействия до С5-М и Im3 (ISO 12944-2), pH 5-12.

Антикоррозионная цинк-силикатная композиция **АЦСК 80–02 «Кольчуга»** – экономичный вариант АЦСК 80–01 при низких и средних коррозионных воздействиях. Для защиты при категориях воздействия до С3 (ISO 12944–2).

Акриловая эмаль на водной основе для наружных и внутренних работ по металлу и цинк-силикатным покрытиям **АК-101 «Кольчуга-Ф»** – для антикоррозионной защиты и декоративной финишной отделки металлических конструкций и изделий различного назначения. Может использоваться при окраске оцинковки, алюминия, меди и их сплавов.

Краска силикатная КС–154 цветная – для внутренней и внешней отделки минеральных поверхностей, способных к силикатизации.

Текстурирующая паста **«Шагрень» ФПС-33–01** – для химической подготовки металлических поверхностей перед нанесением антикоррозионных покрытий и лакокрасочных материалов до степени подготовки поверхности аналогичной Sa2 (ISO 8501–1).

Техническое моющее средство **ТМС-45.01 «СИЛИКА»** – для очистки и обезжиривания поверхности металла перед покраской, ингибирования коррозии при межоперационной подготовке поверхности; моющее средство в различных отраслях промышленности.

**ООО «НПО «Химические технологии»**

**125371, Москва, Волоколамское ш., д. 112, к. 1, стр. 3, оф. 305**

**Тел.: +7(495)215-09-56/57/58; факс: +7(495)491-38-01**

**<http://himtechnologii.ru>**

**E-mail: [info@himtechnologii.ru](mailto:info@himtechnologii.ru)**

их производство на асбестоцементных предприятиях. Все это даст возможность реального импортозамещения в части производства максимально дешевых окрашенных листовых хризотилцементных изделий и расширения областей его применения.

#### Список литературы

1. Казанцева С.И., Смелкова А.В., Корнеев Б.П. Асбестоцементное изделие с защитно-декоративными покрытиями на основе водоразбавляемых окрасочных композиций // *Строительные материалы*. 1992. № 8. С. 13–15.
2. Лобковский В.П., Аверкина А.И., Соболев Л.В., Калинин Ю.Н. Окрашенный шифер — кровельный материал с новыми возможностями // *Строительные материалы*. 1997. № 12. С. 20–21.
3. Лобковский В.П., Лукьяненко Н.А. Водно-дисперсионные краски для защиты стальных и железобетонных конструкций от коррозии // *Строительные материалы*. 2000. № 10. С. 14–15.
4. Луцкая Л.А. Краски для асбестоцементных строительных материалов. Современные решения // *Строительные материалы*. 2000. № 10. С. 34–35.
5. Патент РФ №2147594. Способ получения порошкообразной краски / Дугуев С.В., Иванова В.Б. Заявл. 25.11.1998. Оpubл. 20.04.2000.
6. Певзнер Я.Л. Надежный поставщик надежной продукции // *Строительные материалы*. 2001. № 5. С. 12–13.
7. Климанова Е.А., Боршевский Ю.А., Жилкин И.Я. Силикатные краски. М.: Стройиздат. 1968. 85 с.
8. Карасев К.И., Ябко Б.М. Силикатные и цементные краски в отделке зданий г. Москвы. М.: Стройиздат. 1966. 72 с.
9. Патент РФ №2538830. Способ и устройство для получения высокомодульного жидкого стекла, как связующего цинксиликатных составов / Лукин Е.Г. Заявл. 22.03.2013. Оpubл. 10.01.2015. Бюл. № 1.

#### References

1. Kazantseva S.I., Smelkova A.V., Korneev B.P. Asbestos-cement product with protective and decorative coverings on the basis of water deluting painting compositions. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 1992. No. 8, pp. 13–15. (In Russian).
2. Lobkovskiy V.P., Averkina A.I., Sobolev L.V., Kalinin Yu.N. The painted slate — roofing material with new opportunities. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 1997. No. 12, pp. 20–21. (In Russian).
3. Lobkovskiy V.P., Luk'yanenko N.A. Water dispersible paints for protection of steel and reinforced concrete structures against corrosion. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2000. No. 10, pp. 14–15. (In Russian).
4. Lutskaya L.A. Paints for asbestos-cement construction materials. Modern decisions. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2000. No. 10, pp. 34–35. (In Russian).
5. Patent RF 2147594. Sposob polucheniya poroshkoo-braznoi kraski [Way of receiving powdery paint]. Duguev S.V., Ivanova V.B. Declared 25.11.1998. Published 20.04.2000. (In Russian).
6. Pevzner Ya.L. Reliable supplier of reliable production. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2001. No. 5, pp. 12–13. (In Russian).
7. Klimanova E.A., Borshchevskii Yu.A., Zhilkin I.Ya. Silikatnye kraski [Silicate paints]. Moscow: Stroyizdat. 1968. 85 p.
8. Karasev K.I., Yabko B.M. Silikatnye i tsementnye kraski v otdelke zdaniy g. Moskvy [Silicate and cement paints in finishing of buildings of Moscow]. Moscow: Stroyizdat. 1966. 72 p.
9. Patent RF 2538830. Sposob i ustroystvo dlya polucheniya vysokomodul'nogo zhidkogo stekla, kak svyazuyushchego tsinksilikatnykh sostavov [Way and the device for receiving high-modular liquid glass, as binding the tsinksilikatnykh of structures]. Lukin E.G. Declared 22.03.2013. Published 10.01.2015. Bulletin No. 1. (In Russian).

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

АГЕНТСТВО «КВИНТЕТ»



**приглашают принять участие**

## В 16-й международной конференции **BALTIMIX-2016**

г. Калининград

Отель «Radisson Kaliningrad»

**16 – 18 августа 2016 года**



### ДЕЛОВАЯ ПРОГРАММА:

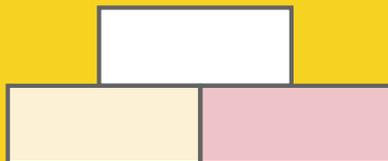
- Рынок ССС РФ: итоги полугодия и краткосрочные перспективы.
- Передовые технологии фасовки, паллетирования и упаковки сухих смесей.
- Техника и решения для механизации отделочных работ.
- Конкурентная ситуация на российском рынке ССС.
- Рынок наружных систем теплоизоляции.
- Внедрение высокотехнологичных решений на производствах ССС.
- Состояние российского рынка цемента, извести и микрокальцита.
- Использование специальных химических добавок для оптимизации рецептур ССС.
- Сухие строительные смеси специального назначения.
- ССС для реставрации, ремонта и санирования зданий.
- Эффективные транспортные решения для производства ССС.

По всем вопросам, связанным с участием в конференции, обращайтесь:  
Мария Суслова (прием заявок на участие в конференции, реклама), [msuslova@baltimix.ru](mailto:msuslova@baltimix.ru)  
Евгений Беляев (прием на рассмотрение докладов), [ebelyaev@baltimix.ru](mailto:ebelyaev@baltimix.ru)  
Тел./факс: +7 (812) 703-10-19, 350-54-11  
[www.baltimix.ru](http://www.baltimix.ru)

Организатор конференции –  
журнал

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ  
МАТЕРИАЛЫ®**

**СИЛИКАТЭКС**



## X Международная конференция «Развитие производства силикатного кирпича»

**19–20 октября 2016**

**г. Липецк, отель «Меркьюр Липецк центр»**



### **В программе конференции:**

- пленарное заседание
- посещение ОАО «Липецкий силикатный завод»



**Генеральный спонсор:**

**LASCO UMFORMTECHNIK  
WERKZEUGMASCHINENFABRIK**



**Спонсоры конференции:**



### **Оргкомитет:**

**Руководитель проекта – Юмашев Алексей Борисович Менеджер проекта – Горегляд Светлана Юрьевна**

**Телефон/факс: (499) 976-22-08, 976-20-36, (916) 123-98-29**

**silikatex@bk.ru mail@rifsm.ru www.silikatex.ru www.rifsm.ru**

**Адрес для корреспонденции: 127434, Москва, Дмитровское ш., д. 9, стр. 3,  
редакция журнала «Строительные материалы»®**



**7-9  
сентября  
2016 г.**

**Республика Адыгея  
г. Майкоп**

**Оргкомитет:  
140050, Московская обл.,  
п. Красково,  
ул. К. Маркса, д. 117,  
РГА**

**Телефон:  
+7 8-916-501-36-56**

**E-mail: rga-service@mail.ru  
www.rosgips.ru**

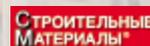
**Российская гипсовая ассоциация  
Московский государственный строительный университет  
Научно-исследовательский институт строительной физики**

**Восьмая Международная конференция  
«Повышение эффективности производства  
и применения гипсовых материалов и изделий»**

Тематика конференции:

- технический прогресс в области гипсовых материалов и изделий (исследования, производство и применение)
- ангидритовые вяжущие
- гипсовые материалы в малоэтажном строительстве
- привлекательность и механизмы инноваций в гипсовой отрасли
- современное оборудование для производства гипсовых вяжущих, материалов и изделий на их основе
- лаборатории, менеджмент качества, экологический менеджмент и их роль в обеспечении качества и долговечности гипсовых материалов
- нормативно-техническая документация в соответствии с современными требованиями
- обучение и переподготовка специалистов в области производства и применения гипсовых материалов и изделий

Генеральный информационный спонсор: журнал



**Петербургский государственный университет  
путей сообщения Императора Александра I**

**Министерство транспорта РФ**

**Федеральное агентство железнодорожного транспорта**



**22-25 ноября 2016 г.**

**г. Санкт-Петербург**

Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию д.т.н. проф. О.В. Кунцевича

**«Строительные материалы, конструкции и сооружения XXI века»**

**Основные направления работы конференции**

- Секция 1.** Актуальные проблемы материаловедения  
**Секция 2.** Современные строительные конструкции и сооружения: проблемы и перспективы  
**Секция 3.** Стандартизация и метрологическое обеспечение на транспорте и в строительстве  
**Секция 4.** Контроль качества строительных материалов, изделий, конструкций и сооружений

**Ключевые даты:**

- 01.07.16** прием заявок на участие и аннотаций докладов  
**22.09.16** прием полных версий статей  
**30.07.16** ранняя оплата организационного взноса со скидкой 30%  
**30.10.16** оплата полной стоимости организационного взноса

Рабочие языки конференции – русский и английский  
Более подробная информация на сайте

<http://www.pgups.ru/events>

Информационный партнер конференции – журнал



Тел.: +7 (812) 310-99-44; Тел/факс +7 (812) 457-86-86; Тел. 8 (921) 774-00-60 E-mail: [buildconf2016.pgups@gmail.com](mailto:buildconf2016.pgups@gmail.com)

Председатель орг. комитета Сорвачева Юлия Андреевна

# СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО

## СКБ СТРОЙПРИБОР

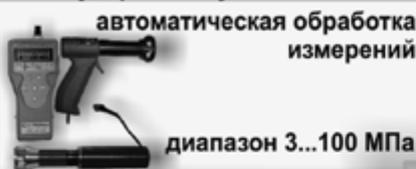
### ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ



тел/факс в Челябинске:  
(351) 790-16-13, 790-16-85, 796-64-14  
в Москве: (495) 964-95-63, 220-38-58  
e-mail: stroypribor@chel.surnet.ru  
www. stroypribor.ru

#### ИЗМЕРИТЕЛИ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА, КИРПИЧА

ИПС-МГ4.01 / ИПС-МГ4.03  
ударно-импульсный



УКС-МГ4 / УКС-МГ4 С  
ультразвуковой



ПОС-50МГ4 / ПОС-50МГ4 Д /  
ПОС-50МГ4 "Скол"



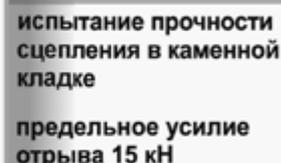
ПОС-2МГ4 П



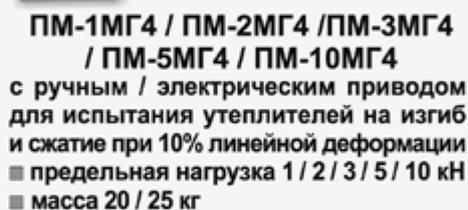
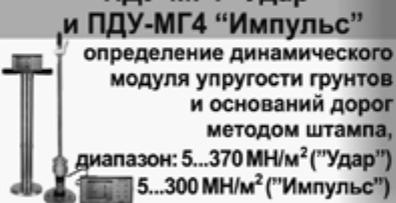
Прессы испытательные малогабаритные



ПСО-10МГ4 КЛ

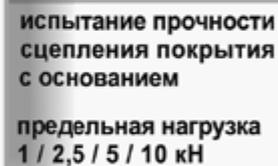


ПЛОТНОМЕРЫ ГРУНТОВ ДИНАМИЧЕСКИЕ ПДУ-МГ4 "Удар"



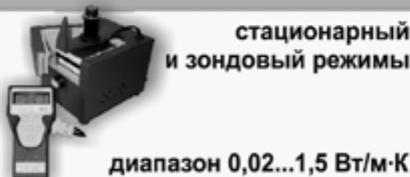
АДГЕЗИМЕТРЫ

ПСО-МГ4



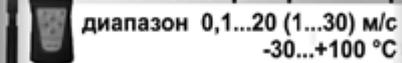
ИЗМЕРИТЕЛИ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ

ИТП-МГ4 "100" / "250" / "Зонд"

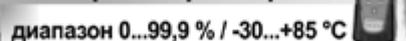


АНЕМОМЕТРЫ, ГИГРОМЕТРЫ

ИСП-МГ4 / ИСП-МГ4.01  
анемометр-термометр



ТГЦ-МГ4 / ТГЦ-МГ4.01  
термогигрометр



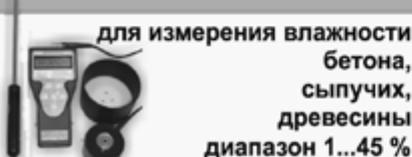
ИЗМЕРИТЕЛИ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И ТЕМПЕРАТУРЫ

ИТП-МГ4.03 "Поток"



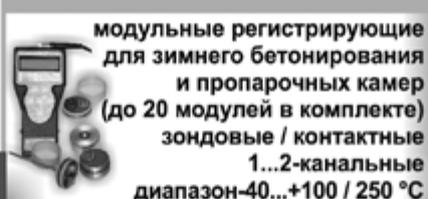
ИЗМЕРИТЕЛИ ВЛАЖНОСТИ

ВЛАГОМЕР-МГ4



ТЕРМОМЕТРЫ

ТМР-МГ4 / ТЦЗ-МГ4 / ТЦЗ-МГ4.01



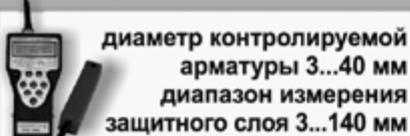
ИЗМЕРИТЕЛИ СИЛЫ НАТЯЖЕНИЯ АРМАТУРЫ

ДО-40 / 60 / 80МГ4



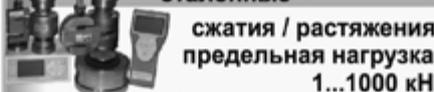
ИЗМЕРИТЕЛИ ТОЛЩИНЫ ЗАЩИТНОГО СЛОЯ БЕТОНА

ИПА-МГ4



ДИНАМОМЕТРЫ

ДМС-МГ4 / ДМР-МГ4  
эталонные



ИЗМЕРИТЕЛИ НАПРЯЖЕНИЙ В АРМАТУРЕ

ЗИН-МГ4



ПРОИЗВОДИМ: ИЗМЕРИТЕЛИ ВИБРАЦИИ, МОРОЗОСТОЙКОСТИ, ТОЛЩИНОМЕРЫ, ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ВЕСЫ И ДР.

А.И. ЕЩЕНКО<sup>1</sup>, канд. техн. наук, Б.Г. ПЕЧЕНЬИ<sup>1</sup>, д-р техн. наук (bpavtor@yandex.ru),  
В.Л. КУРБАТОВ<sup>1</sup>, д-р экон. наук, Б.С. АСЕЛЬДЕРОВ<sup>1</sup>, инженер; А. ШИМАН<sup>2</sup>, канд. хим. наук

<sup>1</sup> Северо-Кавказский филиал Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова (357202, г. Минеральные Воды, ул. Железнодорожная, 24)

<sup>2</sup> Корпорация «CORASFALTOS» (843761 Km.2. Via al Refugio Sede Uis Cuatiguara Piedecuesta-Santander. Bucaramanga, Colombia)

## Термопластики для разметки асфальтобетонных и цементобетонных покрытий

Срок службы термопластичных материалов для дорожной разметки весьма ограничен, что отрицательно сказывается на безопасности движения и пропускной способности проезжей части автомобильных дорог, особенно с цементобетонными покрытиями. Установлены более высокие показатели трещиностойкости термопластиков, содержащих прерывистый состав наполнителей. Введение ПАВ в термопластик обеспечивает повышение показателей трещиностойкости покрытий, нанесенных на бетонную поверхность. На основе результатов исследований дилатометрических характеристик и трещиностойкости разработаны составы цветных термопластов для дорожной разметки, у которых технологические, физико-механические показатели и долговечность гораздо выше, чем у известных термопластов, в том числе и зарубежных.

**Ключевые слова:** дорожная разметка, термопластики, составы, свойства.

A.I. ESHCHENKO<sup>1</sup>, Candidate of Sciences (Engineering), B.G. PECHENYI<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering) (bpavtor@yandex.ru),  
V.L. KURBATOV<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Economics), B.S. ASELDEROV<sup>1</sup>, Engineer; A. SHIMAN<sup>2</sup>, Candidate of Sciences (Chemistry)

<sup>1</sup> North-Caucasian Branch of Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov (24, Zheleznodorozhnaya Street, Mineralnye Vody, 357202, Russian Federation)

<sup>2</sup> Corporation «CORASFALTOS» (843761 Km.2. Via al Refugio Sede Uis Cuatiguara Piedecuesta-Santander. Bucaramanga, Colombia)

### Thermoplastics for Asphalt and Cement Concrete Roads Marking

The service life of thermoplastic road marking materials is very limited. This affects the highway traffic safety and capacity of road ways, with cement concrete pavement especially. Higher crack resistance rates of thermoplastics containing the gap composition of aggregates were established. Surfactants, added into the thermoplastic, provide increased crack resistance indicators of coatings applied to the concrete surface. Dilatometer characteristics and crack resistance research gave an opportunity to develop colored thermoplastic compositions for road marking. These compositions have much higher characteristics (technological, physical, mechanical and durability) than the known thermoplastics, including foreign ones.

**Keywords:** road markings, thermoplastics, compositions, properties.

О возможности применения литых цветных термопластиков (пластракторов и пластбетонов) для цветных покрытий и дорожной разметки сообщалось уже в 60–70-е гг. прошлого столетия в работах Г.К. Сюньи, В.Д. Ставицкого, С.Е. Багдасарова, Р.Б. Гуна и др. В этих работах в качестве вяжущего использовались нефтеполимерные или инден-кумароновые смолы, пластифицированные нефтяными экстрактами, диметилтерефталатом, кубовыми остатками регенерации этиленгликоля или трансформаторным маслом. Такие литые цветные пластбетоны отличались температурной чувствительностью, низкой тепло-, трещино-, водостойкостью. Современные цветные термопластики для дорожной разметки состоят в основном из пластифицированных нефтеполимерных, акриловых, полиэфирных смол [1] или модифицированной канифоли [2, 3] с введением наполнителей, пигментов, модифицирующих добавок, микростеклошариков и др.

По российским нормативам термопластики используют для маркировки только асфальтобетонных покрытий. За рубежом термопластики применяют также и для разметки цементобетонных дорожных покрытий [2, 3]. Правда, срок службы разметки из термопластиков на цементобетонных покрытиях несколько ниже, чем на асфальтобетонных. По нормативам России маркировку цементобетонных дорожных покрытий допускается проводить лакокрасочными материалами или холодным пластиком [4].

Цветные термопластики для дорожной разметки содержат 20–28% термопластичного вяжущего и 72–80% наполнителя совместно с пигментом. Избыток вяжущего в любых композиционных материалах, будь то ас-

фальтобетоны, термопластбетоны или термопластрас-творы, приводит к снижению показателей прочности, тепло-, трещиностойкости и устойчивости к истиранию. Показатели водостойкости из-за снижения пористости композита возрастают [1], тем более что режим испытания на водостойкость термопластиков менее жесткий (испытания проводят после выдерживания образцов в воде в течение 2 сут), чем при испытании асфальтобетонов по ГОСТ 12801–98.

Дорожную разметку из термопластиков устраивают по российским нормам в большинстве случаев толщиной до 5 мм, по зарубежным нормативам — от 3,2 до 4,8 мм.

Качество дорожной разметки далеко не соответствует современным требованиям к долговечности, устойчивости к износу и разрушению, что отражено в соответствующих стандартах. Согласно ГОСТ Р 51256–99 разметка, выполненная термопластиками или другими подобными материалами, должна обладать функциональной долговечностью не менее одного года, а лакокрасочными материалами — не менее 6 мес. Функциональная долговечность разметки определяется периодом, в течение которого она отвечает стандартным требованиям. Частый ремонт или восстановление дорожной разметки сильно ограничивает интенсивность дорожного движения, сопровождается снижением его безопасности, и требует значительных материальных затрат.

Важное значение в любых композитах имеет гранулометрический состав наполнителя, который колеблется в значительных пределах. Если наполнитель содержит только мелкую фракцию, то при его смешивании со смолой вязкость композиции существенно нарастает, что обусловлено высокой удельной поверхностью по-

Таблица 1

Показатели	Значения	Нормы по ГОСТ 22245
Глубина проникания иглы, 0,1 мм, при 25°C то же при 0°C	71 26	61-90 >20
Температура размягчения по КиШ, °C	48	≥47
Растяжимость, см, при 25°C то же при 0°C	87 1,5	≥55 ≥3,5
Температура хрупкости, °C	-14	≤-15
Температура вспышки, °C	231	≥230
Изменение температуры размягчения после прогрева, °C	5	≤5
Индекс пенетрации	-0,9	-1 ÷ +1
Содержание водорастворимых соединений, мас. %	0,1	≤0,3
Сцепление с кварцевым песком то же с мрамором то же с бетоном	№ 1 № 1 № 1	Испытания по ГОСТ 11508-08

рошка. Вследствие повышенной вязкости становится невозможным приготовить композицию с высоким содержанием наполнителя, а избыток смолы приводит не только к удорожанию, но и ухудшает качество продукции. Если наполнитель содержит крупные фракции, то при меньшем расходе вяжущего увеличивается пористость и снижаются показатели водо- и морозостойкости композиции.

Для установления оптимального гранулометрического состава наполнителей в композициях предлагаются различные варианты «идеальных» кривых просеивания. Смеси с «идеальной» непрерывной кривой гранулометрического состава наполнителя имеют минимальную

(около 15%) пористость, менее склонны к расслоению при минимальном расходе связующего.

Один из вариантов «идеальной» непрерывной кривой просеивания наполнителя, предложенным Фуллером, описывается уравнением:

$$A = 100 \sqrt{d/D},$$

где  $A$  – проход через сито с отверстием  $d$ , мм, выраженный в мас. %;  $D$  – наибольший размер зерна в смеси, мм.

При исключении фракций промежуточных размеров получают прерывистый состав, обеспечивающий меньшую пустотность смеси. Однако подвижность мелких зерен, зашлепанных между крупными частицами, ограничена, и для обеспечения определенной текучести смеси толщина пленок вяжущего должна быть большей, чем в смесях с непрерывным зерновым составом наполнителя. Смеси с прерывистым зерновым составом наполнителя склонны к расслаиванию. Однако трещиностойкость композиций с прерывистой гранулометрией наполнителя, например асфальтобетонных, намного выше, чем у композиций с непрерывной гранулометрией наполнителя [5]. В работах [6–8] показано влияние гранулометрического состава наполнителей на определенные свойства термопластиков.

Авторами изучалось влияние гранулометрического состава наполнителей и вяжущего с ПАВ на свойства термопластиков с целью их применения для маркировки цементобетонных и асфальтобетонных покрытий и проведен анализ гранулометрических составов наполнителей и качества отечественных и зарубежных образцов термопластиков для дорожной разметки.

В исследованиях использовали вяжущее, состоящее из нефтеполимерной смолы с температурой размягчения по КиШ 109°C, трансформаторного масла и полиэтиленового воска при их массовом соотношении 86:12:2 и 1,2% поверхностно-активной добавки двойного действия БП-3М. Следует отметить высокие значе-

Таблица 2

Заполнитель	Содержание фракций размером, мм, мас. %						
	1,25–0,63	0,63–0,315	0,315–0,14	0,14–0,071	0,071–0,035	0,035–0,001	0,001–0
Песок Спасского карьера	–	1,3	89,8	6,3	2,6	–	–
Песок Краснодарского карьера	89,4	9,2	1,4	–	–	–	–
Мел	–	–	–	3,1	40,9	51,3	4,7
Микростеклошарики	18,9	66,4	10,1	3,5	1,1	–	–
Минеральный порошок	–	–	–	–	38,8	44,5	16,7
Двуокись титана	–	–	–	–	–	73,9	26,1

Таблица 3

Термопластик	Содержание фракций размером, мм, мас. %						
	1,25–0,63	0,63–0,315	0,315–0,14	0,14–0,071	0,071–0,035	0,035–0,001	0,001–0
Наполнитель непрерывной гранулометрии по Фуллеру $d_{\max}=1,25$ мм	29	20,8	16,7	9,8	7	13,9	2,8
Состав I (непрер. гран.)	29,3	23,9	14,2	7,6	7,7	13,9	3,4
Состав II (прерыв. гран.)	41,5	23,6	3,6	1	7,3	13	10
«Кратер» (отечественный)	10	14,9	49,6	11,2	11,2	2,1	1
Наполнитель непрерывной гранулометрии по Фуллеру $d_{\max}=0,85$ мм	13,9	25,2	20,3	11,9	8,4	16,9	3,4
АКР-16в (германский стандартный)	11,5	27,9	38,7	4	5,4	9,7	2,8
TGn-11C (колумбийский стандартный)	6,8	27,3	10,2	2,8	26,8	20	6,1

ния показателей сцепления вяжущего с кварцевым песком, мрамором и бетоном.

Свойства вяжущего для цветных термопластиков приведены в табл. 1.

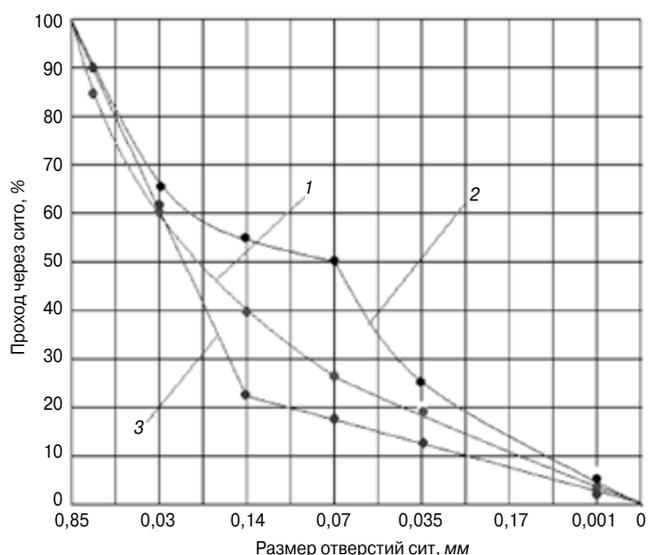
В качестве наполнителей были взяты: кварцевый песок Спасского и Краснодарского карьеров, мел, микростеклошарики фракции 180–850 мкм и белый пигмент – двуокись титана, гранулометрические составы которых представлены в табл. 2.

Был подобран состав непрерывной и прерывистой гранулометрии наполнителей для термопластиков по «идеальной» кривой рассеивания Фуллера. В табл. 3 и на рис. 1 и 2 представлены зерновые составы наполнителей с непрерывной и прерывистой гранулометрией наполнителей (составы I и II), а также в образце отечественного термопластика «Кратер», в колумбийском образце TGn-11C [3] и в германском термопластике АКР-16в [7].

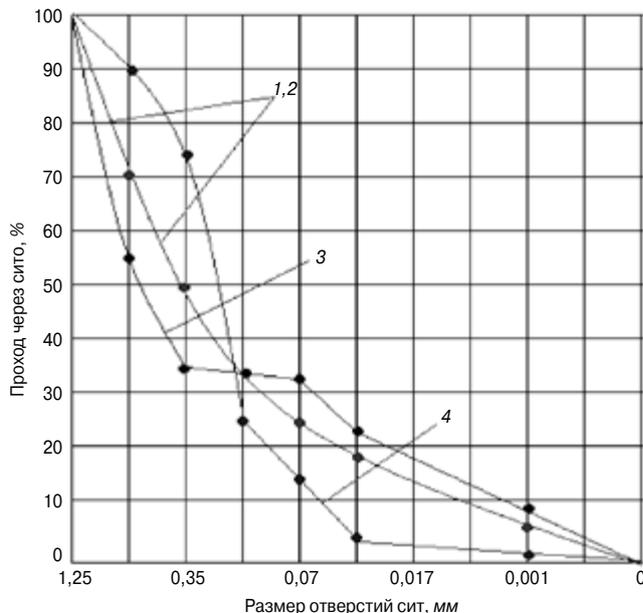
Как видно, прерывистость наблюдается в зерновых составах термопластика «Кратер» и в колумбийском образце TGn-11C. Причем в зерновом составе наполнителя в термопластике «Кратер» прерывистость наблюдается во фракциях мельче 0,035 мм. Некоторое отклонение от «идеальной» кривой Фуллера наблюдается в составе с непрерывной гранулометрией наполнителя германского образца термопластика АКР-16в. Подобранный состав I с непрерывной гранулометрией наполнителя практически совпадает с «идеальной» кривой Фуллера (табл. 3, рис. 1).

Оптимальное содержание термопластичного вяжущего в горячих пластбетонах или в асфальтобетонах определяют по максимуму прочностных показателей их зависимости от содержания вяжущего. Обычно содержание органического вяжущего в таких композициях находится в пределах примерно 6–9%. В термопластиках содержание связующего в 2–3 раза выше, что обусловлено необходимостью выполнения требований по текучести расплавов и обеспечения прилипания к поверхности, на которую их наносят.

Содержание вяжущего в смесях определяли по достижению текучести расплава, равной 5 г/с, при истечении расплава термопластика из сосуда с отверстием в дне 10 мм по методике, представленной в [1]. Как следует из табл. 4, содержание вяжущего в термопластиках с непрерывной гранулометрией наполнителя (состав I) несколько ниже, чем в термопластике с прерывистой гранулометрией наполнителя (состав II), при этом со-



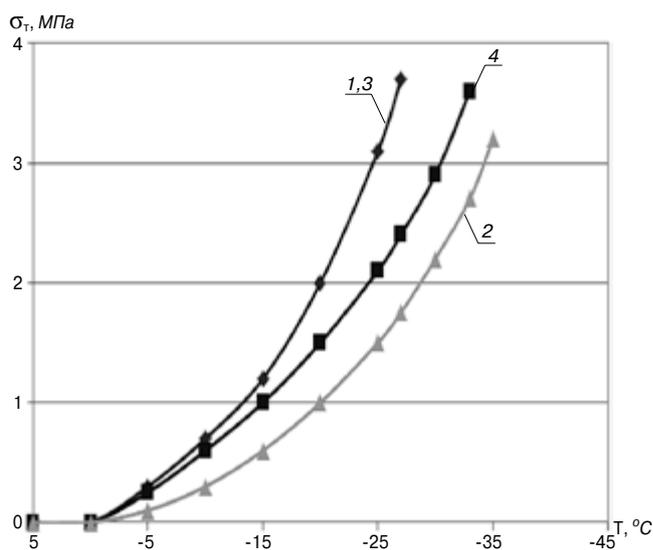
**Рис. 2.** Гранулометрические составы наполнителей мельче 0,85 мм в термопластиках: 1 – «идеальный» состав наполнителя с непрерывной гранулометрией по Фуллеру; 2 – наполнитель в колумбийском термопластике TGn-11C; 3 – наполнитель в германском термопластике АКР-16в



**Рис. 1.** Гранулометрические составы наполнителей мельче 1,25 мм в термопластиках: 1, 2 – «идеальный» состав непрерывной гранулометрии по Фуллеру и подобранный состав I непрерывной гранулометрии; 3 – подобранный состав II прерывистой гранулометрии; 4 – состав наполнителя в термопластике «Кратер»

держание вяжущего в термопластиках с наполнителями составов I, II и «Кратер» примерно на 13% ниже, чем в зарубежных образцах АКР-16в и TGn-11C.

Как упоминалось ранее, термопластики для маркировки цементобетонных покрытий в России применять не рекомендуется, что вызвано недостаточной их трещиностойкостью и невысокой адгезией с бетонным основанием. В связи с этим были проведены сравнительные испытания механических свойств и показателей трещино-, водостойкости термопластиков, а также показателей их растрескивания на поверхности асфальтобетона и цементобетона. Трещиностойкость термопластиков характеризовали по dilatометрическим характеристикам, а также по температуре растрескивания образцов, определяемому на установке УОНДА 14-20 [9]. Кроме того, определяли температуру растрескивания слоя термопла-



**Рис. 3.** Температурные напряжения  $\sigma_T$  в термопластиках с непрерывным гранулометрическим составом наполнителя I (1), с прерывистым гранулометрическим составом наполнителя II (2), в термопластике «Кратер» (3) и в колумбийском термопластике TGn-11C (4)

Таблица 4

Термопластик	Содержание компонентов, мас. %						Соотношение В/МН
	мш	Песок	Наполнитель МН*			Вязущее В**	
			Мел	TiO <sub>2</sub>	Мин. порошок		
Состав I (непрер. гран.)	32	26 Спасск + 15 Краснодар	17	10	–	22,7	0,84
Состав II (прерыв. гран.)	30	40 Краснодар	–	12	18	23,1	0
«Кратер»(отечественный)	24,9	24,9 мр. + 24,7 кварц.	–	3,2	22,3	23,3	0,91
АКР-16в (германский)	31,2	31,3	27,5	10	–	25	0,67
TGn-11C (колумбийский)	44,8	–	–	13,2	42	26,4	0,48

\* Мелкий наполнитель МН.  
\*\* Содержание вязущего В сверх 100% наполнителя.

Таблица 5

Показатели	Термопластики				Метод испытания
	С наполнителем		«Кратер»	«TGn-11C	
	I	II			
Прочность при сжатии, МПа, при 50°С 20°С 0°С	0,3 3 12,4	0,4 3,4 10,9	0,3 1,8 9,4	0,5 3,3 11,3	ГОСТ 12801 --/-- --/--
Водонасыщение, %	1,3	1,1	1,2	0,9	--/--
Водопоглощение, %	0,7	1,1	0,4	0,3	ГОСТ 21513
Коэффициент водостойкости	0,98	0,98	0,97	0,99	ГОСТ 12801
Коэффициент длительной водостойкости	0,91	0,94	0,9	0,97	--/--
Температура стеклования T <sub>с</sub> , °С	-29	-35	-28	-33	[14]
Коэффициент линейного теплового расширения >T <sub>с</sub> , °С <sup>-1</sup> то же <T <sub>с</sub> , °С <sup>-1</sup>	4,7·10 <sup>-5</sup> 2,5·10 <sup>-5</sup>	4,6·10 <sup>-5</sup> 2,5·10 <sup>-5</sup>	4,8·10 <sup>-5</sup> 2,7·10 <sup>-5</sup>	5,3·10 <sup>-5</sup> 2,8·10 <sup>-5</sup>	--/-- --/--
Температура растрескивания термопластика T <sub>р</sub> , °С то же на асфальтобетонном блоке T <sub>ра</sub> , °С то же на бетонном блоке T <sub>рб</sub> , °С	-26 Ниже -60 -43	-35 Ниже -60 -52	-26 Ниже -60 -49	-33 Ниже -60 -42	--/-- AASHTO: M 249-12 --/--
Плотность при 20°С, кг/м <sup>3</sup>	2210	2206	2060		ГОСТ 12801
Время отверждения (охлаждения), мин	13	13	18	15	ГОСТ 19007
Долговечность, лет, не менее	5	5	2	4	–

стика толщиной 4 мм, нанесенного на бетонный или асфальтобетонный блок, при охлаждении по методике, представленной в [2].

Физико-механические показатели свойств, а также dilatометрические характеристики и показатели трещиностойкости термопластиков для дорожной разметки с наполнителем непрерывной гранулометрии (состав I) и прерывистой гранулометрии (состав II) представлены в табл. 5 и на рис. 3. Здесь же приведены результаты испытаний известного термопластика «Кратер» [7] и зарубежного образца термопластика TGn-11C, представленного колумбийской корпорацией «CORASFALTOS».

Как следует из табл. 5, коэффициенты линейного теплового расширения образцов термопластиков с наполнителями состава I и II несколько меньше, чем у термопластика «Кратер», и гораздо меньше, чем у колумбийского образца TGn-11C, что обусловлено более низким содержанием органического вязущего в составах I и II. Температура стеклования T<sub>с</sub> в составах термопластиков I и II соответственно равна -29 и -35°С, а в термопластиках «Кратер» и TGn-11C T<sub>с</sub> равна соответственно -28 и -33°С. Отличие в значениях T<sub>с</sub> на 7°С

свидетельствует о более высокой трещиностойкости термопластиков, имеющих прерывистый состав наполнителя. Этот вывод подтверждается результатами непосредственных определений температурных напряжений σ<sub>т</sub> и показателей температуры растрескивания T<sub>р</sub> образцов термопластиков. Как следует из рис. 3, температура растрескивания T<sub>р</sub> в образцах термопластиков, имеющих непрерывный состав гранулометрии наполнителя (состав I) и частично прерывистый состав в мелкой фракции (термопластик «Кратер»), равна -26°С, а в термопластиках с прерывистым составом гранулометрии наполнителя (состав II и термопластик G<sub>n</sub>-11C) T<sub>р</sub> равна -35 и -33°С.

Температура растрескивания покрытий всех испытуемых образцов термопластиков, нанесенных на асфальтобетонный блок, ниже -60°С, что обусловлено близкими значениями коэффициентов теплового расширения у асфальтобетонов и термопластиков (табл. 5).

Температура растрескивания покрытий термопластиков, нанесенных на бетонные блоки, наиболее низкая у термопластика с прерывистой гранулометрией наполнителя (состав II). Более высокие значения и меньшая разница между температурой растрескивания у

образцов термопластиков с составом непрерывной гранулометрии наполнителя (состав I), «Кратер» и Gn-11C, нанесенных на бетонные блоки, возможно, обусловлена отсутствием адгезионных добавок в составе образцов термопластика «Кратер» и TGn-11C и малым сцеплением из-за этого с поверхностью бетона. Тем не менее термопластик Gn-11C выдерживает требование стандарта [3], согласно которому «термопластик, нанесенный на бетонный блок толщиной 4 мм, при охлаждении до минус  $9,4 \pm 1,7^\circ\text{C}$  не должен иметь отрывов или трещин».

#### Выводы.

1. Срок службы термопластичных материалов для дорожной разметки весьма ограничен, что отрицательно сказывается на безопасности движения и пропускной способности проезжей части автомобильных дорог, особенно с цементобетонными покрытиями. Причиной низкой долговечности термопластиков для дорожной разметки является недостаточная изученность напряженного состояния тонкослойной разметки на асфальтобетонных и цементобетонных покрытиях.

2. Установлены более высокие показатели трещиностойкости у термопластиков, содержащих прерывистый состав гранулометрии наполнителей. Введение ПАВ в термопластик обеспечивает повышение показателей трещиностойкости покрытий, нанесенных на бетонную поверхность.

3. На основе результатов исследований дилатометрических характеристик и трещиностойкости разработаны составы цветных термопластиков для дорожной разметки по технологическим, физико-механическим показателям и долговечности гораздо выше, чем у известных термопластиков, в том числе и зарубежных.

#### Список литературы

1. Костова М.З., Юмашев В.М. Разметка автомобильных дорог в России // Дорожная информация. Автомобильные дороги и мосты. М.: ФГУП «Информационный центр по автомобильным дорогам». 2005. Вып. 4. 26 с.
2. AASHTO: M 249-12. Standard Specification for White and Yellow Reflective Thermoplastic String Material (Solid Form). STANDARD by American Association of State and Highway Transportation Officials, 2012.
3. Norma Tecnica Colombiana NTC 5867. Materiales Para De-marcacio'n De Pavimentos Termoplastico Retro-reflectivo. Blanco y Amarillo (forma solida). (In Spain).
4. Методические рекомендации по нанесению дорожной разметки на цементобетонные покрытия. М.: Росавтодор, 2004. 12 с.

5. Данильян Е.А., Асельдеров Б.Ш., Печеный Б.Г. Оптимизация качества асфальтобетонов с прерывистой гранулометрией заполнителей // *Строительные материалы*. 2012. № 1. С. 54–57.
6. Шакуров М.И., Харисов И.И., Гарипов Р.И. Изучение влияния наполнителей на свойства термопластичной дорожной разметки // *Труды Казанского технологического университета*. 2010. № 9. С. 385–389.
7. Возный С.И., Евтеева С.М., Талалай В.В., Кочетков А.В. Применение наполнителей в материалах для дорожной разметки на полимерной основе // *Пластические массы*. 2014. № 5–6. С. 37–40.
8. Иванова И.С., Григорьева А.И. Влияние гранулометрического состава наполнителя на текучесть термопластика для дорожной разметки // *Достижения вузовской науки*. 2015. Вып. № 19. С. 131–136.
9. Печеный Б.Г. Методы оценки трещиностойкости // *Автомобильные дороги*. 2015. № 6. С. 70–73.

#### References

1. Kostova M.Z., Yumashev V.M. Marking of roads in Russia. Information on roads. Highways and bridges. Moscow: Federal State Unitary Enterprise «Information Center on the roads». 2005. Iss. 4. 26 p. (In Russian).
2. AASHTO: M 249-12. Standard Specification for White and Yellow Reflective Thermoplastic String Material (Solid Form). STANDARD by American Association of State and Highway Transportation Officials, 2012.
3. Norma Tecnica Colombiana NTC 5867. Materiales Para De-marcacio'n De Pavimentos Termoplastico Retro-reflectivo. Blanco y Amarillo (forma solida). (In Spain).
4. Metodicheskie rekomendatsii po naneseniyu dorozhnoy разметки na tsementobetonnye pokrytiya [Guidelines on the roads marking applying to cement concrete pavement]. Moscow: Rosavtodor. 2004. 12 p.
5. Danil'yan E.A., Aselderov B.Sh., Pecheny B.G. Optimization of quality of asphalt concrete with discontinuous granulometry of fillers. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 1, pp. 54–57. (In Russian).
6. Shakurov M.I., Harisov I.I., Garipov R.I. Study of aggregates affect on the properties of the thermoplastic road marking. *Trudy Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*. 2010. No. 9, pp. 385–389.
7. Vozny S.I., Yevteyeva S.M., Kochetkov B.V., Talalay A.V. Use of aggregates in road marking on polymer-based materials. *Plasticheskie massy*. 2014. No. 5–6, pp. 37–40. (In Russian).
8. Ivanova I.S., Grigorieva A.I. Aggregate gradation influence on the road marking thermoplastic fluidity. *Dostizheniya vuzovskoy nauki*. 2015. No. 19, pp. 131–136. (In Russian).
9. Pecheny B.G. Methods for evaluation of crack resistance. *Avtomobilnye dorogi*. 2015. No. 6, pp. 70–73. (In Russian).

Реклама



## СКФ БГТУ им. В.Г. Шухова

### ПРЕДЛАГАЕТ

составы и технологии производства водоэмульсионных цветных отделочных кровельных мастичных материалов, материалов для цветных покрытий дорог, площадей, тротуаров, спортивных и детских площадок, дорожной разметки и др. Долговечность и экологичность значительно превосходят аналоги, в том числе зарубежные.

Контактное лицо – **Печёный Борис Григорьевич**.

Ставропольский край, г. Минеральные воды, ул. Железноводская, 24

Тел./факс: (87922) 55-397; тел. (962) 445-1881 e-mail: kurbatov\_bgту@list.ru, bpavtor@yandex.ru

УДК 678.664:630.824.39

Л.Ю. МАТВЕЕВА<sup>1</sup>, д-р техн. наук (lar.ma2011@yandex.ru), А.Г. СИНАЙСКИЙ<sup>1</sup>, канд. техн. наук, Е.Е. АНДРЕЕВА<sup>1</sup>, инженер, А.В. РУМЯНЦЕВА<sup>1</sup>, инженер; П.Б. КУКСА<sup>2</sup>, канд. техн. наук

<sup>1</sup> Научно-исследовательский институт синтетического каучука (198035, Санкт-Петербург, ул. Гапсальская, 1)

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (190005, Санкт-Петербург, 2-я ул. Красноармейская, 4)

## Демпферные гидроизолирующие материалы серии «Гидрофор» на основе полиизоцианатуретана

Разработаны составы и определены основные характеристики перспективных материалов на основе эластомерных полиуретанов для гидроизоляции и устройства демпферных швов и покрытий в строительстве. Полиизоцианатуретановые герметики серии «Гидрофор» представляют собой композиции полиуретанового эластомера с химически привитыми изоцианатными функциональными группами, обеспечивающими хорошую адгезию к бетону и стали, с различными наполнителями. Благодаря сочетанию адгезионных, прочностных и демпфирующих свойств материалы рекомендуются для использования в виброустойчивых конструкциях.

**Ключевые слова:** полиуретаны, полиизоцианатуретан, свойства герметиков, адгезия, водопоглощение.

L.Yu. MATVEEVA<sup>1</sup>, Doctor of Sciences (Engineering) (lar.ma211@yandex.ru), A.G. SINAYSKIY<sup>1</sup> Candidate of Sciences, E.E. ANDREEVA<sup>1</sup>, Engineer, A.V. RUMYANTSEVA<sup>2</sup>, Engineer; P.B. KUKSA<sup>2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering)

<sup>1</sup> Institute of Synthetic Rubber (1, Gapsalskaya Stret, 198035, Saint-Petersburg, Russian Federation)

<sup>2</sup> Saint-Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (4, 2<sup>nd</sup> Krasnoarmeiskaya Street, 190005, Saint-Petersburg, Russian Federation)

### Damping Waterproofing Material of “Hydrofor” Series on the Basis of Polyisocyanateurethane

Compositions and main characteristics of promising materials on the basis of elastomeric polyurethanes for waterproofing and arrangement of damping seams and coverings in construction have been developed and determined. Polyisocyanateurethane sealants of “Hydrofor” series represent the compositions of a polyurethane elastomer with chemically grafted isocyanate functional groups, which ensure the good adhesion to concrete and steel, with various fillers. Thanks to the combination of adhesion, strength, and damping properties, these materials are recommended for using in vibration-resistant structures.

**Keywords:** polyurethanes, polyisocyanateurethane, properties of sealants, adhesion, water absorption.

В современном строительстве не обойтись без эффективных качественных полимерных материалов и композитов для склеивания, герметизации, гидроизоляции, защиты от коррозии и разрушения строительных изделий и конструкций. Полимерные материалы и композиты строительного назначения должны обладать высокими атмосферо- и влагостойкостью, стойкостью к агрессивным средам, морозостойкостью, не терять своих свойств при резких перепадах температуры, иметь хорошую адгезию к металлам, каменным материалам, керамике, бетону и железобетону, иметь достаточную прочность при изгибе и ударе, а также обладать надежностью в течение длительного срока эксплуатации. Они должны быть удобными при использовании и нанесении на конструкции, экологически безопасными и конкурентоспособными на рынке современных строительных материалов.

Среди существующих многочисленных материалов, используемых в качестве строительных герметиков и составов с демпферными свойствами, клеящих мастик и пленочных защитных покрытий комплексом вышеупомянутых свойств обладают полиуретаны и композиты на их основе [1, 2].

С химической точки зрения полиуретаны — гетероцепные полимеры, макромолекула которых содержит незамещенную и/или замещенную уретановую группу —N(R)—C(O)O—, где R — H, алкил, арил или ацил. В макромолекулах полиуретанов также могут содержаться простые и сложнэфирные функциональные группы, мочевиная, амидная группы и некоторые другие, определяющие комплекс свойств конкретных полимеров. Полиуретаны относятся к синтетическим эластомерам, часто используются в качестве заменителей резины при производстве изделий, работающих в агрессивных средах, в условиях больших знакопеременных нагрузок и перепадов температуры. Диапазон рабочей температуры

полиуретанов довольно широк и в среднем составляет -60 — +90°C. Полиуретаны отличаются не только высокой эластичностью, хорошими морозостойкостью, водо- и химстойкостью, стойкостью к УФ-излучению, но и хорошей адгезией к целому ряду строительных материалов. Полиуретановые герметики обладают наилучшим сочетанием показателей эластичности, прочности и безусадочности и сохраняют свои свойства в течение достаточно длительного срока эксплуатации [3–5].

Первые полиуретановые покрытия были разработаны еще 50 лет назад. Спустя некоторое время Отто Байер с сотрудниками [6] пришли к выводу, что технические свойства алкидных смол можно улучшить путем их модификации диизоцианатами. Недостатком получаемых материалов было то, что из-за ароматической природы исходного диизоцианата материалы имели тенденцию к пожелтению при воздействии дневного света и поэтому могли использоваться только внутри помещений или в качестве грунтовок под покрытия [7].

Область применения полиизоцианатных материалов расширилась сразу после появления продуктов, основанных на алифатических диизоцианатах. Полиизоцианатуретаны благодаря активной функциональной изоцианатной группе отличаются повышенной адгезией к целому ряду поверхностей. По этой причине их довольно быстро начали применять для получения гидроизолирующих и защитных покрытий в самых разных областях техники и строительства. Примерами могут быть окраска и пропитка древесины, защита металлических и других строительных конструкций от коррозии, устройство температурных швов в бетонных наливных площадках и полах и многие другие. В настоящее время процесс развития полиуретановых составов для покрытий, клеев, герметиков и т. п. не завершен, тенденция бурного развития химии полиуретанов и композитов на их основе наблюдается во многих странах [8–10].

Строительный рынок предлагает сегодня множество вариантов демпферных и герметизирующих покрытий по бетону и герметизации швов в бетонных конструкциях. Предлагаемые материалы отличаются не только функциональными возможностями, но и стоимостью. В такой ситуации проектировщики и строители все чаще сталкиваются с проблемой выбора вида продукции, максимально соответствующей назначению и требуемым свойствам. Наиболее надежными материалами, максимально отвечающими требованиям в сложных эксплуатационных условиях, являются модифицированные полиуретаны, т. е. полиуретаны, улучшенные функциональными группами.

Стратегия импортозамещения в сфере строительства так же актуальна и важна, как и во всех отраслях промышленности РФ, особенно в последнее время. В России в настоящее время собственного, независимого от импорта производства полиуретанов, к сожалению, не существует. Одна из немногих российских компаний – производителей полиуретана – «Корунд» (г. Дзержинск) в советское время синтезировала полиуретан на отечественном оборудовании. Теперь «Корунд» производит полиуретан на импортном изоцианате. Чтобы получить полиуретан, нужны две составляющие – полиэфир и изоцианаты. В настоящее время изоцианаты в России не производят, их ввозят из-за рубежа. Эта ситуация возникла из-за того, что после распада СССР производство полиуретана в России было приостановлено и долгое время не возобновлялось. По этой причине современных технологий получения изоцианата у нас нет, и никто этим не занимается. Есть надежда, что в связи с санкциями ЕС и известным постановлением Правительства РФ ситуация с химией полиуретанов изменится коренным образом.

В ФГУП «НИИСК» (Санкт-Петербург) еще в 1980–1990-х гг. были разработаны полиуретановые составы для гидроизолирующих покрытий марки «Гидрофор». Полиуретановые герметики марки «Гидрофор» представляют собой полиуретановый эластомер с химически привитыми изоцианатными функциональными группами с различными добавками и наполнителями. Материалы серии «Гидрофор» в настоящее время в ФГУП «НИИСК» продолжают развиваться и совершенствоваться. «Гидрофор» – это не один определенный и конкретный материал. «Гидрофор» благодаря возможности применения в составе композиций ряда различных наполнителей и добавок – это серия разных материалов, отличающихся свойствами, характеристиками и, следовательно, назначением. Они могут использоваться в качестве защитных антикоррозионных, гидроизолирующих пленочных покрытий, демпферных швов и прокладок и позволяют обеспечивать высокое качество защиты, эксплуатационную надежность, долговечность и другие свойства в различных ситуациях в зависимости от конкретного назначения. Управляя составом эластомерного связующего, видом и количеством наполнителей, можно получать материалы с заданными свойствами и оптимальным соотношением показателей качество–цена–срок службы.

Полиуретановые материалы серии «Гидрофор» в основе содержат двухкомпонентные системы класса реактопластов, отверждение основного олигомера осуществляется катализатором полимеризации (точнее – инициатором химической реакции сшивки изоцианатуретанового олигомера в трехмерную пространственную жестко-эластичную сетку). Именно протекание химических реакций при отверждении данной системы обеспечивает длительную устойчивость материала к агрессивным факторам среды. Работать с «Гидрофором» легко и удобно: материал приготавливают прямо на рабочей площадке небольшими порциями по мере по-

требности, смешивание компонентов осуществляется непосредственно перед применением состава (можно использовать обычную строительную мешалку).

В основной компонент – жидкий каучук при перемешивании вводят второй жидкий компонент – катализатор химической реакции, дозировку которого осуществляют по объему, используя мерную тару. Затем при необходимости (например, для увеличения вязкости и получения пастообразной консистенции) вводят минеральный или другой инертный наполнитель и окончательно перемешивают. Приготовленную массу в зависимости от степени ее наполнения можно наносить любым удобным способом на горизонтальную, наклонную или вертикальную поверхность. Полимерная матрица – уретанизоцианатный олигомерный продукт способна связать в однородный прочный эластичный композит много порошкообразного наполнителя (например, более 150 мас.% минеральной муки), количество которого зависит от его удельной поверхности и требуемой густоты и назначения состава).

Температура длительной эксплуатации материалов на основе полиизоцианатуретанов составляет +90 – -60°C. Они выдерживают и кратковременное нагревание до +120°C без потери основных свойств. Для придания композиции специальных свойств, таких как биостойкость, огнестойкость, теплопроводность, повышенная термостойкость и т. д., одновременно с наполнителями в композицию можно вводить биоциды, фунгициды, антипирены и другие добавки.

В качестве примера, иллюстрирующего свойства и характеристики образцов полиизоцианатуретанового герметика «Гидрофор» – гидроизолирующего демпферного состава для бетонных и железобетонных конструкций, авторы предлагают следующие варианты материалов – герметиков серии «Гидрофор», разработанных в ФГУП «НИИСК».

Образец № 1 – полиизоцианатуретановый каучук без наполнителей, может применяться для заливок в швы, трещины, для гидроизоляции площадок и элементов бетонных и металлических конструкций и т. п. Он включает два компонента: уретановый форполимер с концевыми изоцианатными группами (светло-желтая вязкотекучая жидкость) и катализатор полимеризации – третичный амин марки УП-606/2 (или другой аналогичный продукт) – прозрачная маловязкая жидкость. Добавляется в количестве 2–10 % от массы основного компонента. Функция второго компонента заключается в иницировании реакции тримеризации изоцианата, поэтому его точное количество не столь важно и зависит от функциональности соединения. На рынке химического сырья продукт УП-606/2 (ТУ У 6-00209817.035–96) известен также под торговой маркой Алкофен, представляет собой индивидуальное вещество общей формулы  $C_{15}H_{27}ON_3$  – 2,4,6-трис(диметиламино)метилфенол, либо  $\alpha, \alpha, \alpha'$ -трис(диметиламино)метизол.

Образец № 2 – то же, что и образец № 1, но дополнительно содержит наполнитель аэросил марки А-175 (ГОСТ 14 922–77) в количестве 2,5 мас.% по отношению к связующему. Образец наполнен с целью увеличения вязкости композиции, имеет более густую, пастообразную консистенцию.

В образце № 3 наполнитель аэросил заменен на молотый кварцевый песок – кварцевую муку. С учетом большей разницы дисперсности наполнителей в образцах 2 и 3 количество кварцевой муки было взято 50 мас. % При этом растекаемость (густота) состава была примерно такой же, как в образце № 2.

Образец № 4 – то же, что и №3, но количество кварцевой муки увеличено до 100 мас. %. Композиция имеет более густую консистенцию, может наноситься шпателем и предназначена для заделки и герметизации на-

Таблица 1

№ состава образца	Модуль при 100% растяжении, МПа	Прочность при разрыве, $\sigma_{\text{разр}}$ МПа	Относительное удлинение при разрыве, %	Остаточное удлинение при разрыве, %	Твердость по Шору(А)
1	1	2	240	2	48
2	1	1,4	190	2	49
3	1,6	1,6	100	0	56
4	3,2	2,1	104	1	68
5	5,3	2,7	102	0	82

Таблица 2

№ варианта образца	Вид соединения и характер отрыва	Адгезионная прочность, МПа
1.1	Бетон–герметик–сталь (отрыв по бетону)	1,0
1.2	Бетон–герметик–эпоксидный клей–сталь (отрыв по клеевому слою с частичным вырывом бетона до 25% поверхности образца)	0,9
2.1	Бетон–герметик–сталь (отрыв по бетону)	0,8
2.2	Бетон–герметик–эпоксидный клей–сталь (отрыв по клеевому слою с частичным вырывом бетона до 20% поверхности образца)	0,9
3.1	Бетон–герметик–сталь (отрыв по бетону с частичным вырывом бетона до 25% поверхности образца)	0,8
3.2	Бетон–герметик–эпоксидный клей–сталь (отрыв по клеевому слою с частичным вырывом бетона до 30% поверхности образца)	0,8
4	Бетон–герметик–эпоксидный клей–сталь (отрыв по клеевому слою с частичным вырывом бетона до 60% поверхности образца)	0,7
5	Бетон–герметик–эпоксидный клей–сталь (отрыв по клеевому слою с частичным вырывом бетона до 60% поверхности образца)	0,7

Таблица 3

Показатель	Номер состава герметика				
	1	2	3	4	5
Водопоглощение, %	0,55	0,36	0,54	0,28	0,37

клонных и вертикальных швов, при этом в отвержденном состоянии сохраняет эластичность.

Образец № 5 отличается от № 4 составом наполнителей: 50 мас.% талька – сыпучего порошка серовато-белого цвета марки ТРПВ, ГОСТ 19729–74) и 50% кварцевой муки.

Для изучения физико-механических свойств образцы герметиков №№ 1–5 в виде пластин толщиной 2 мм сформировали методом залива составов во фторопластовые формы. Отверждение происходило в течение суток при нормальных условиях. Физико-механические характеристики образцов определяли на разрывной машине с автоматической записью диаграммы растяжения и компьютерной обработкой результатов испытаний согласно ГОСТ Р 54553–2011 (метод А – образцы вырезаны в форме двусторонней лопатки). Результаты испытаний представлены в табл. 1.

Адгезионные характеристики образцов герметика «Гидрофор» по отношению к бетону и стали определяли на испытательной машине PROCEQ SA ZURICH SWITZERLAND Z 25 (Швейцария). Образцы для испытаний на адгезионную прочность представляли собой трех- и четырехслойные пластины размером 50×50 мм следующей структуры: 1) цементный бетон–герметик–сталь; 2) цементный бетон–отвержденный герметик–эпоксидный клей–сталь; подложка: бетон – герметик, затем, после отверждения герметика – эпоксидный клей – сталь. Испытания проводили в Испытательном центре СПбГАСУ. Данные адгезионных характеристик образцов представлены в табл. 2.

Исследование адгезионной прочности образцов герметика «Гидрофор» по отношению к бетону показало, что соединение с бетоном весьма прочное, отрыв всех образцов герметика произошел с вырывом частиц бетона в количестве 20–60% с поверхности образца. Прочность адгезии образцов герметика к бетону составила 0,7–1 МПа.

Соединение герметика «Гидрофор» со сталью оказалось более прочным, чем с бетоном. Количественно его оценить в этих опытах не удалось, так как отслоение образца произошло по бетону с вырывом частиц бетона. При нагружении образцов отслоений герметика от стальной пластины не было замечено, как и не было замечено нарушений целостности слоя самого герметика на стальной пластине. Это свидетельствует о том, что адгезия образцов герметика к стали превышает 1 МПа.

Испытания на водопоглощение проводили по ГОСТ 4650–80. Выдержка в дистиллированной воде составила 24 ч, температура испытаний 21±2°С. Данные по водопоглощению образцов №№ 1–5 приведены в табл. 3.

По результатам испытаний видно, что введение аэросила снижает водопоглощение герметика (0,36% по сравнению с 0,55%). Это связано, вероятнее всего, с формированием более плотной надмолекулярной упа-

ковки подвижных сегментов трехмерной полимерной сетки вследствие ее контактов с высокоразвитой удельной поверхностью частиц ультрадисперсного аэросила. В случае использования в качестве наполнителей кварцевой муки и талька в количестве 100 мас.% водопоглощение образцов по сравнению с ненаполненным материалом уменьшилось.

Благодаря комплексу уникальных свойств и с учетом того, что срок службы полиуретанов оценивается не менее 30 лет, полиуретаны становятся все более популярным материалом в строительстве. Приведенные выше примеры использования полиизоцианатуретанов в качестве эластомерного связующего в составе композиций «Гидрофор» демонстрируют характеристики, позволяющие уверенно рекомендовать их для гидроизоляции, обустройства демпферных швов и соединений строительных конструкций, герметизации и уплотнений стыков, а также в целях защиты от коррозии строящихся и действующих конструкций, узлов соединений сталь–бетон–железобетон и т. д.

Несомненно, полиуретанам и подобным материалам этого класса, например полиизоцианатуретанам, при-

надлежит будущее в строительстве. Благодаря уникальному сочетанию адгезионных, прочностных и демпфирующих свойств особенно значительной их роль будет в виброустойчивых конструкциях и в строительстве в сейсмически опасных регионах.

**Список литературы**

1. Михеев В.В. Неизоцианатные полиуретаны. Казань: КНИТУ (КГТУ), 2011. 292 с.
2. Овчинников И.Г., Макаров В.Н., Овсянников С.В. Антикоррозионная защита мостовых сооружений. Саратов: Центр «Наука», 2007. 192 с.
3. Болтон У. Конструкционные материалы: металлы, сплавы, полимеры, керамика, композиты: Карманный справочник. М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2004. 315 с.
4. Райт П., Камминг А. Полиуретановые эластомеры / Пер. с англ. под ред. Н.П. Апухтиной. Л.; М.: Химия, 1973. 304 с.
5. Липатов Ю.С., Керча Ю.Ю., Сергеева Л.М. Структура и свойства полиуретанов. Киев: Наукова думка, 1970. 280 с.
6. Bayer O. Das Di-Isocyanat-Polyadditionsverfahren (Polyurethane). Angewandte Chemie. 1947. Vol. 59. Is. 9, pp. 257–272.
7. Майер-Вестус У. Полиуретаны. Покрyтия, клеи и герметики / Пер. с англ. Л.Н. Машляковского, В.А. Бурмистрова. М.: Пейн-Медиа, 2009. 400 с.
8. Bock M., et al. Globalisierung der Fahrzeugindustrie – eine Herausforderung bei der Lackrohstoffentwicklung. Farbe und Lack, 1996. Vol. 102 (9), pp. 132–140.
9. Bock M., Meiss H.U. Meier-Westhues. Globalisierung aus Sicht eines Lackrohstoffproduzenten. DFO-Automobiltagung. September 1998. Weimar, Berichtsband.
10. The polyurethanes book. Ed. by Randall D., Lee S. Wiley. 2003. 477 p.

**References**

1. Mikheev V.V. Neizotsianatnye poliuretany [Non-Isocyanate polyurethanes.]. Kazan: KNITU (KGTU). 2011. 292 p.
2. Ovchinnikov I.G., Makarov V.N., Ovsyannikov S.V. Antikorrozionnaya zashchita mostovoykh sooruzhenii [Corrosion protection of bridge structures]. Saratov: «Nauka». 2007. 192 p.
3. Bolton U. Konstruksionnye materialy: metally, splavy, polimery, keramika, kompozity. Karmannyi spravochnik [Structural materials: metals, alloys, polymers, ceramics and composites. Pocket Guide]. Moscow: «Dodeka-XXI», 2004. 315 p.
4. Rait P., Kamming A. Poliuretanovye elastomery / Per. s angl. pod red. N.P. Apukhtinoi [Polyurethane elastomers / Trans. from English. ed. N.P. Apukhtina]. Leningrad-Moscow: Khimiya. 1973. 304 p.
5. Lipatov Yu.S., Kercha Yu.Yu., Sergeeva L.M. Struktura i svoystva poliuretanov [The structure and properties of polyurethanes]. Kiev: Naukova dumka. 1970. 280 p.
6. Bayer O. Das Di-Isocyanat-Polyadditionsverfahren (Polyurethane). Angewandte Chemie. 1947. Vol. 59. Is. 9, pp. 257–272.
7. Maier-Vestus U. Poliuretany. Pokrytiya, klei i germetiki / Per. s angl. L.N. Mashlyakovskogo, V.A. Burmistrova [Polyurethanes. Coatings, Adhesives & Sealants / Trans. from English L.N. Mashlyakovskiy, V.A. Burmistrov]. Moscow: Pein-Media. 2009. 400 p.
8. Bock M., et al. Globalisierung der Fahrzeugindustrie – eine Herausforderung bei der Lackrohstoffentwicklung. Farbe und Lack, 1996. Vol. 102 (9), pp. 132–140.
9. Bock M., Meiss H.U. Meier-Westhues. Globalisierung aus Sicht eines Lackrohstoffproduzenten. DFO-Automobiltagung. September 1998. Weimar, Berichtsband.
10. The polyurethanes book. Ed. by Randall D., Lee S. Wiley. 2003. 477p.



**Технология производства стеновых цементно-песчаных изделий**

**Ю.З. Балакшин, В.А. Терехов**

*Справочное пособие*  
 М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2012. 276 с.

Авторы многие годы отдали работе в промышленности строительных материалов и накопили значительный объем знаний и технических документов производстве стеновых материалов не только из опыта работы промышленности в СССР и России, но и многих предприятий Европы, Америки и Азии.

В книге описано производство и применение стеновых материалов методом вибропрессования из цементно-песчаных бетонов. Рассмотрена существующая и перспективная номенклатура изделий и их свойства. Описаны сырьевые материалы для производства цементнопесчаных изделий. Сформулированы специфические требования к сырьевым материалам, а также рекомендации по подбору состава бетонной смеси. Подробно представлена технология производства цементно-песчаных вибропрессованных стеновых изделий. Особое внимание уделено технологическому контролю на производстве и техническому контролю и обслуживанию оборудования.

Книга предназначена для организации производственно-технического обучения на предприятии, будет полезна инженерно-техническому персоналу.

**Тел./факс: (499) 976-22-08; 976-20-36**  
**www.rifsm.ru**



**В.И. Корнеев, П.В. Зозуля**

**СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ**  
**СОСТАВ, СВОЙСТВА**

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2010. – 320 с.

Изложены основы современных представлений о сухих строительных смесях и растворах.

Приведены основные определения и классификации сухих смесей. Охарактеризованы составляющие: вяжущие, заполнители, наполнители, функциональные добавки. Показана методика проектирования составов. Описаны основные группы ССС, их состав и свойства. В приложении даны основные применяемые термины и определения, наиболее употребляемые единицы измерения, перечень российских и зарубежных стандартов и др.

Допущено учебно-методическим объединением в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

**Стоимость одного экземпляра 900 р. без учета доставки**

**По вопросам приобретения книги обращаться по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36**  
**E-mail: mail@rifsm.ru**

УДК 674.815

А.А. КРЫЛОВ<sup>1</sup>, инженер; Т.Н. ВАХНИНА<sup>2</sup>, канд. техн. наук (t\_vachnina@mail.ru)<sup>1</sup> Акционерное Общество Костромской Судомеханический Завод (156002, Кострома, ул. Береговая, 45)<sup>2</sup> Костромской государственной технологической университет (156005, Кострома, ул. Дзержинского, 17)

## Разработка древесно-полимерного композита строительного назначения с добавкой вторичного полиэтилентерефталата

Рассмотрен вопрос разработки композиционных древесно-полимерных плитных материалов строительного назначения с добавкой бытовых отходов полимерной тары. На основе экспериментальных исследований обосновываются технологические рекомендации для производства композита из древесной составляющей, измельченных отходов полиэтилентерефталата и полимерного связующего.

**Ключевые слова:** древесная стружка, связующее, полиэтилентерефталат, прессование, прочность, разбухание, математическая модель.

A.A. KRYLOV<sup>1</sup>, Engineer; T.N. VAKHNINA<sup>2</sup>, Candidate of Sciences (Engineering) (t\_vachnina@mail.ru)<sup>1</sup> OJSC Kostroma Ship Mechanical Plant (45 Beregovaya Street, 156002, Kostroma, Russian Federation)<sup>2</sup> Kostroma State Technological University (17 Dzerzhinskogo Street, 156005, Kostroma, Russian Federation)

### Development of a Wood-Polymeric Composite of Construction Appointment with Addition of Secondary Polyethyleneterephthalate

The issue of development of composite wood-polymeric slabby materials of construction appointment with addition of household waste of polymeric container is considered. On the basis of experimental studies, technological recommendations for production of a composite from wood component, crushed waste of polyethyleneterephthalate and a polymeric binder are substantiated.

**Keywords:** wood shavings, binder, polyethyleneterephthalate, pressing, strength, swelling, mathematic model.

В настоящее время в домостроении не используются древесно-стружечные плиты по причине несоответствия их эксплуатационных показателей требованиям, предъявляемым к строительным материалам [1, 2]. Вступивший в действие ГОСТ 10632–2014, частично гармонизированный с европейскими стандартами EN 312, не содержит требований к плитам строительного назначения.

Основной причиной несоответствия отечественных плит требованиям к плитам строительного назначения является их низкая водостойкость, обусловленная используемым в производстве карбамидоформальдегидным связующим. Использование для производства древесно-полимерных композитов гидролитически устойчивых полимеров позволяет улучшить физико-механические показатели материала [3]. Еще более повышает водостойкость плит включение в композицию полимера, синтезируемого по реакции полимеризации, такого

как полиэтилентерефталат. Использование вторичного полимера не только удешевляет композицию, но и попутно решает вопрос использования полимерных отходов.

Проблема переработки отходов бытовой полимерной тары стала актуальной с начала использования полимеров для упаковки продуктов. В России перерабатывается лишь незначительная часть полимерных отходов, большей частью (70–80%) это отходы производства полимерных материалов [4]. Бытовые полимерные отходы, т. е. отходы потребления, утилизируются путем вывоза на свалку или сжигания. Переработка полимерных отходов путем захоронения или сжигания негативно

Таблица 1

Показатель	Значение	
Плотность, г/см <sup>3</sup> :	аморфный	1,335
	кристаллический	1,42
Температура стеклования, °С:	аморфный	67
	кристаллический	81
Температура плавления, °С	250–265	
Предел прочности при растяжении, МПа	172	

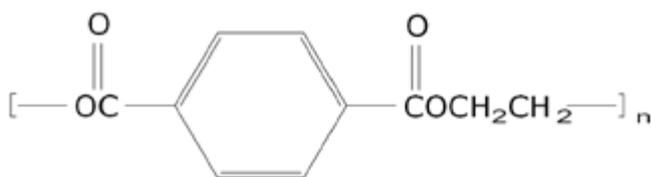


Рис. 1. Химическая формула полиэтилентерефталата

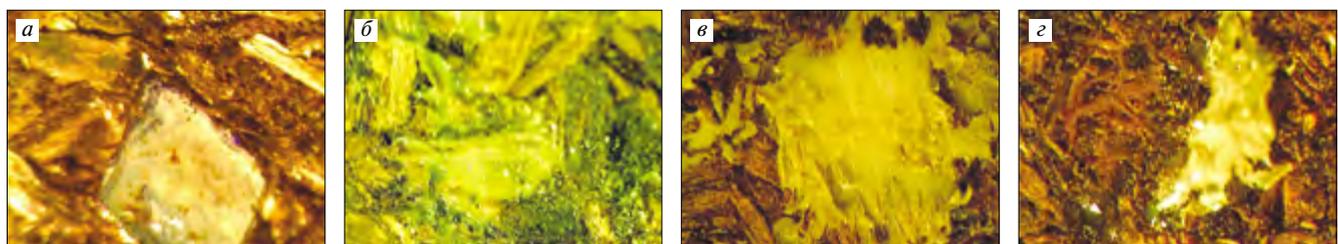


Рис. 2. Структура композита с добавкой измельченных полимерных отходов при температуре прессования: а – 200°C; б – 220°C; в – 240°C; з – 270°C

Таблица 2

Выходная величина	Значение показателя	Среднее арифметическое
Предел прочности при статическом изгибе, МПа	19,75; 16,55; 14,07; 17,56; 21,14; 15,83; 19,76; 18,13; 13,96; 17,65; 18,45; 19,13; 15,48; 17,13; 16,13; 19,87; 20,21; 21,13	17,89
Разбухание плит по толщине за 24 ч, %	7,03; 8,66; 11,24; 6,05; 10,03; 9,03; 7,09; 5,96 7,03; 5,75; 6,06; 11,01; 6,97; 7,51; 6,54; 8,32; 5,03; 6,87	7,56

влияет на экологию. Утилизация таких распространенных полимерных упаковок, как полиэтилентерефталат (ПЭТ), в захоронениях малоэффективна, так как разложение данных материалов происходит за период до ста лет. При сжигании полимерных отходов выделяется большое количество диоксинов. Химическая формула ПЭТ представлена на рис. 1.

Полиэтилентерефталат – кристаллизующийся полиэфир, может находиться в аморфном состоянии. Показатели ПЭТ приведены в табл. 1.

К числу перспективных технологий утилизации вторичных полимерных отходов относится производство композиционных материалов, в том числе древесно-полимерных. Одним из технически возможных вариантов утилизации вторичного полиэтилентерефталата является производство композитов, состоящих из древесных частиц с добавкой синтетического связующего и измельченных полимерных отходов.

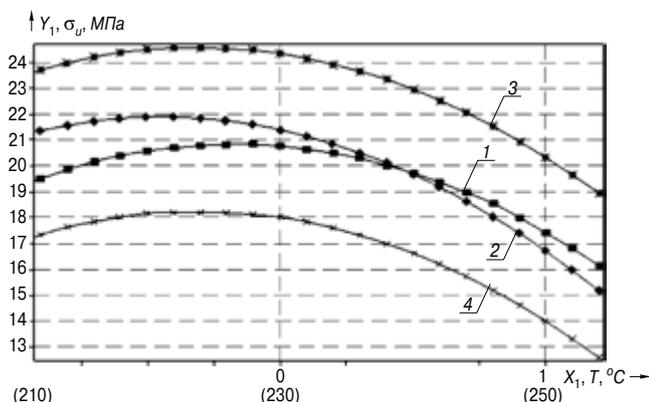


Рис. 3. Зависимость прочности композита при статическом изгибе от температуры прессования: 1 –  $X_2=+1, X_3=+1$ ; 2 –  $X_2=-1, X_3=-1$ ; 3 –  $X_2=+1, X_3=-1$ ; 4 –  $X_2=-1, X_3=+1$

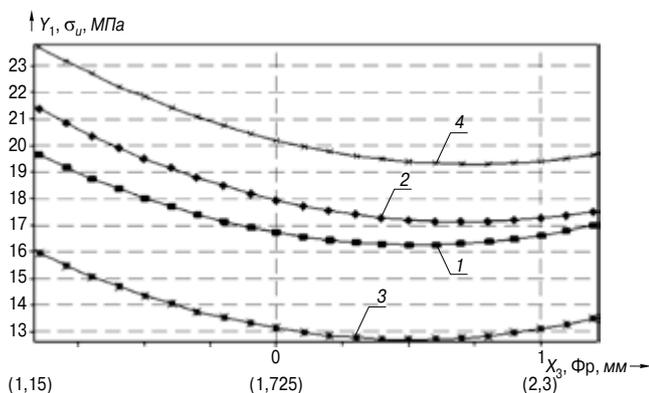


Рис. 5. Зависимость прочности композита при статическом изгибе от размера отходов полиэтилена: 1 –  $X_1=+1, X_2=+1$ ; 2 –  $X_1=-1, X_2=-1$ ; 3 –  $X_1=+1, X_2=-1$ ; 4 –  $X_1=-1, X_2=+1$

Любой композит является гетерогенной системой с межфазным взаимодействием на границе раздела компонентов-фаз [5]. К сложностям данного направления разработки древесно-полимерного композита с добавкой вторичного ПЭТ относятся трудности соединения в устойчивую структуру с высокими физико-механическими показателями природного полимера (древесины), поликонденсационного (синтетического связующего) и полимеризационного (ПЭТ).

Адгезия посредством химических связей между древесными частицами и частицами ПЭТ невозможна ввиду отсутствия у полимера, синтезируемого по реакции полимеризации, активных функциональных группировок [6, 7]. Однако существует возможность создания трехкомпонентного композита путем совместного использования химической и механической адгезии между компонентами.

На начальном этапе было выдвинуто предположение, что высокое давление прессования может компенсировать недостаточную текучесть ПЭТ-фракции, это позволило уменьшить температуру прессования и обусловленную высокой температурой термодеструкцию древесной составляющей композита. Были изготовлены пробные образцы плитного материала. В качестве синтетического связующего была использована фенолоформальдегидная смола (ФФС), прессование проводилось при температуре 190°C. Результаты определения физико-механических показателей изготовленных плит приведены в табл. 2.

Эксперимент показал, что существует значительный разброс показателей плит, обусловленный, по всей видимости, значительным количеством нерасплавленных частиц ПЭТ.

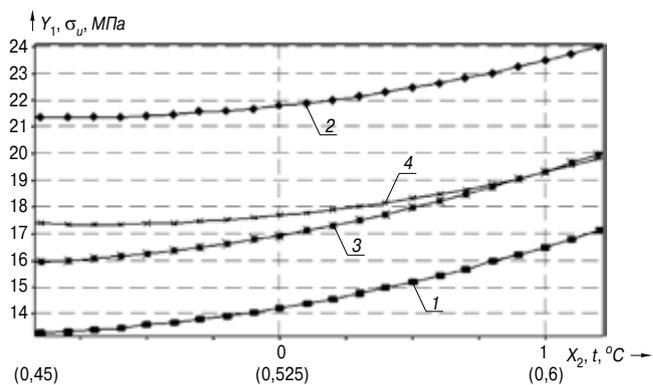


Рис. 4. Зависимость прочности композита при статическом изгибе от удельной продолжительности прессования: 1 –  $X_1=+1, X_3=+1$ ; 2 –  $X_1=-1, X_3=-1$ ; 3 –  $X_1=+1, X_3=-1$ ; 4 –  $X_1=-1, X_3=+1$

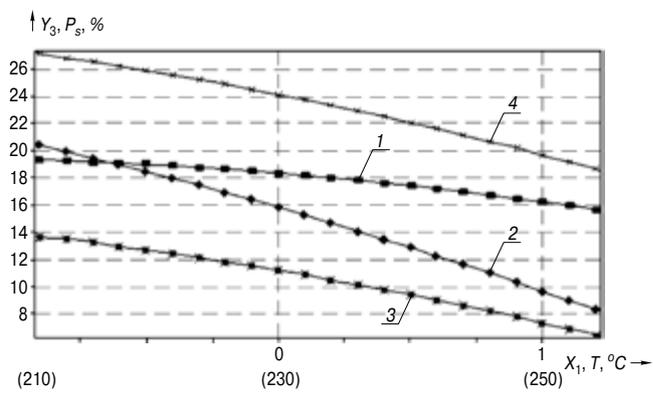
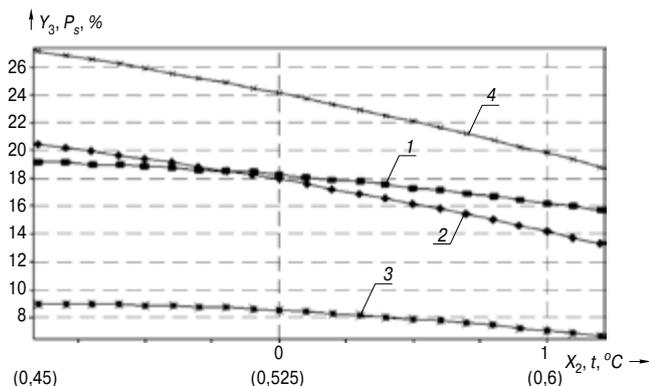


Рис. 6. Зависимость разбухания по толщине за 24 ч от температуры прессования: 1 –  $X_2=+1, X_3=+1$ ; 2 –  $X_2=-1, X_3=-1$ ; 3 –  $X_2=+1, X_3=-1$ ; 4 –  $X_2=-1, X_3=+1$



**Рис. 7.** Зависимость разбухания по толщине за 24 ч от удельной продолжительности прессования: 1 –  $X_1=+1$ ,  $X_3=+1$ ; 2 –  $X_1=-1$ ,  $X_3=-1$ ; 3 –  $X_1=+1$ ,  $X_3=-1$ ; 4 –  $X_1=-1$ ,  $X_3=+1$

Для обоснования интервала варьирования температуры прессования выполнены опыты по нагреву частиц ПЭТ. В исследовании температурного интервала прессования древесно-полимерного композита с добавкой ПЭТ верхним ограничением для производства плит является температура деструкции полимера. Термодеструкция ПЭТ происходит в диапазоне 290–310°C.

Исследование показало, что пластические свойства и текучесть ПЭТ начинают проявляться при нагреве до 210°C. Поэтому следующая серия опытных запрессовок композита были сделана при температуре от 200 до 270°C.

Структура образцов композита исследована на микроскопе МБС-10, фотографии представлены на рис. 2. Исследование показало, что температуры 200°C недостаточно для придания текучести добавке ПЭТ. В наружных слоях образцов, изготовленных при температуре 200°C, частицы ПЭТ находятся в том виде, в котором вводились в композицию (рис. 2, а).

При температуре наружных слоев 220°C частицы ПЭТ приобретают текучесть и проникают в поры композита между древесными стружками (рис. 2, б). При температуре прессования 240°C полиэтилентерефталат полностью расплавляется и обволакивает древесные частицы (рис. 2, в). При температуре прессования 270°C (рис. 2, г) начинается обугливание древесной составляющей.

По результатам этапа исследования принято решение в последующих опытах при прессовании композиционных плит варьировать температуру от 210 до 260°C.

Эксперимент по разработке регрессионных моделей показателей композита проводился по В-плану второго порядка. В качестве выходных величин были взяты:  $Y_1$  – прочность при статическом изгибе, МПа;  $Y_2$  – разбухание плит по толщине за 2 ч, %;  $Y_3$  – разбухание плит по толщине за 24 ч, %.

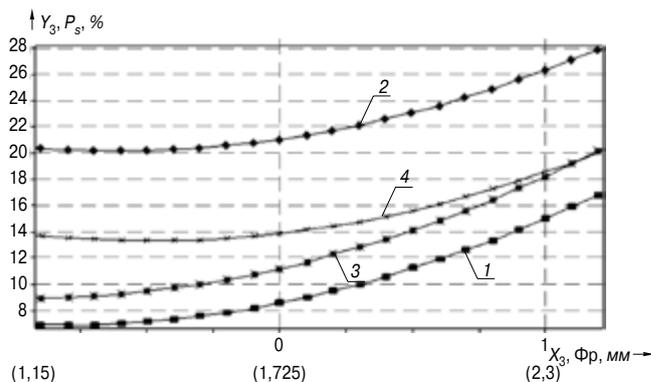
В эксперименте варьировались факторы:  $X_1$  – температура прессования, °C;  $X_2$  – удельная продолжительность прессования  $\tau$ , мин/мм;  $X_3$  – средний фракционный размер Фр измельченного ПЭТ, мм. При обработке результатов эксперимента были получены регрессионные математические модели:

– в кодированных обозначениях факторов:

$$Y_1 = 18,647 - 2,034X_1 + 1,466X_2 - 1,706X_3 - 2,491X_1^2 + 0,669X_2^2 + 1,629X_3^2 + 0,34X_1X_2 + 0,337X_1X_3 - 0,05X_2X_3;$$

$$Y_2 = 9,92 - 2,147X_1 - 1,384X_2 + 3,819X_3 - 0,967X_1^2 - 0,462X_2^2 + 1,843X_3^2 + 0,341X_1X_2 + 0,514X_1X_3 - 0,226X_2X_3;$$

$$Y_3 = 15,136 - 3,696X_1 - 2,473X_2 + 3,961X_3 - 0,571X_1^2 - 0,496X_2^2 + 2,364X_3^2 + 1,138X_1X_2 + 0,875X_1X_3 - 0,29X_2X_3;$$



**Рис. 8.** Зависимость разбухания по толщине за 24 ч от размера отходов полиэтилена: 1 –  $X_1=+1$ ,  $X_2=+1$ ; 2 –  $X_1=-1$ ,  $X_2=-1$ ; 3 –  $X_1=+1$ ,  $X_2=-1$ ; 4 –  $X_1=-1$ ,  $X_2=+1$

– в натуральных обозначениях факторов:

$$\sigma_u = 179,069 + 0,38595T - 194,629\tau - 26,031\Phi_p - 0,571T^2 + 118,93\tau^2 + 4,927\Phi_p^2 + 0,227T\tau + 0,029T\Phi_p - 1,16\tau\Phi_p;$$

$$P_{h24ч} = -442,41 + 0,9637T + 24,616\tau + 0,5127\Phi_p - 0,0024T^2 - 82,13\tau^2 + 5,574\Phi_p^2 + 0,227T\tau - 0,045T\Phi_p - 5,24\tau\Phi_p;$$

$$P_{h24ч} = 510,87 - 1,6346T + 396,721\tau - 218,8768\Phi_p - 0,0014T^2 - 0,496\tau^2 + 2,364\Phi_p^2 + 0,879T\tau + 0,076T\Phi_p - 6,725\tau\Phi_p.$$

Графики зависимости прочности композитов при статическом изгибе  $\sigma_u$ , МПа, и разбухания по толщине за 24 ч  $P_{h24ч}$ , %, от варьируемых факторов приведены на рис. 3–8.

При анализе графиков и моделей выходных величин выявлены следующие закономерности:

– прочность композитов изменяется с увеличением температуры прессования: вначале она незначительно растет, а затем наблюдается ее падение. В начале интервала варьирования температура достигает таких значений, когда измельченный полимер расплавляется и заполняет поры между древесными частицами, тем самым повышая прочность композита. Однако температурные интервалы плавления ПЭТ и деструкции древесины находятся в одной области, поэтому при дальнейшем увеличении температуры увеличивается деструкция древесной составляющей композита и прочностные показатели начинают снижаться;

– прочность древесно-полимерных композитов и их водостойкость растут с уменьшением фракционного размера измельченного полиэтилентерефталата. Это объясняется тем, что при меньших размерах гранул их суммарная площадь соприкосновения с древесными частицами значительно больше, чем для более крупных гранул, а это, в свою очередь, предоставляет возможность более высокого уровня проникновения расплавленного ПЭТ в поры композита.

Показателями композита можно управлять, используя разработанные регрессионные математические модели.

Исследование подтвердило возможность производства по технологии древесно-стружечных плит древесно-полимерного композиционного материала с добавкой измельченного вторичного полиэтилентерефталата. Показатели разрабатываемого композита отвечают требованиям, предъявляемым EN-312 к конструкционным влагостойким древесно-стружечным плитам марки P5.

**Список литературы**

1. Вахнина Т.Н. Формирование свойств древесных плитных материалов для использования в строительных конструкциях // *Жилищное строительство*. 2009. № 6. С. 10–12.
2. Титунин А.А., Вахнина Т.Н., Каравайков В.М. Проблемы использования древесных материалов в строительстве // *Жилищное строительство*. 2009. № 7. С. 10–12.
3. Говарикер Р.В., Висванатхан Н.В., Шридхар Дж. Полимеры. М.: Наука, 1990. 396 с.
4. Ла Мантия Ф. Вторичная переработка пластмасс. СПб.: Профессия, 2006. 400 с.
5. Берлин А.А., Вольфсон С.А., Ениколопов Н.С. Принципы создания полимерных композиционных материалов. М.: Химия, 1993. 240 с.
6. Маррел Дж., Кетл С., Теддер Дж. Химическая связь. М.: Мир, 1980. 384 с.
7. Кузнецов В.П., Баумгартен М.И., Невзоров Б.П., Фадеев Ю.А. Адгезия в композиционных материалах: термины и физическая сущность // *Вестник Кемеровского государственного университета*. 2014. № 2. С. 173–177.

**References**

1. Vahnina T.N. Formation of properties of wood slabby materials for use in construction designs. *Zhilishnoe stroitelstvo* [Housing construction], 2009, No. 6. pp. 10–12. (In Russian).
2. Titunin A. A., Vahnina T.N., Karavaykov V. M. Problems of use of wood materials in construction. *Zhilishnoe stroitelstvo* [Housing construction]. 2009. No. 7, pp. 10–12. (In Russian).
3. Govariker R.V., Visvanat Khan N.V., Shridkhar Dzh. Polymeryi [Polymers]. Moscow.: Nauka, 1990. 396 p. (In Russian).
4. La Mantia F., Vtorichnaya pererabotka plastmass [Secondary processing of plastic]. St. Petersburg.: Professiya, 2006. 400 p. (In Russian).
5. Berlin A.A., Wolfson S.A., Enikolopov N.S. Printsipyi sozdaniya polimernyih kompozitsionnyih materialov [Principles of creation of polymeric composite materials]. Moscow.: Khimiya, 1993. 240 p. (In Russian).
6. Marrel Dzh., Ketyl S., Tedder Dzh. Himicheskaya svyaz [Chemical bond]. Moscow.: Mir, 1980. 384 p. (In Russian).
7. Kyznetchov V.P., Baumgarten M. I., Nevzorov B.P., Fadeyev of Yu.A. Adgeziya in composite materials: terms and physical essence. *Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennoy universiteta*. 2014. No. 2, pp. 173–177. (In Russian).

# Крым Стройиндустрия Энергосбережение

МЕЖРЕГИОНАЛЬНАЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ВЫСТАВКА

- Современные строительные материалы и технологии.
- Краски, лаки.
- Строительные машины и механизмы.
- Окна, двери. ● Сантехника.
- Экология. Системы очистки воды.
- Системы отопления, вентиляции и кондиционирования.
- Электротехническое и осветительное оборудование.
- Энергосбережение и использование нетрадиционных экологически чистых источников энергии.
- Системы автоматизации. Программное обеспечение предприятий строительной, энергетической, электротехнической отраслей промышленности.

## 2016

### Осень

27-29 октября

г. Симферополь,  
ул. Киевская, 115,  
ДКП

Оргкомитет:  
Республика Крым,  
г. Симферополь,  
ул. Горького, 8, оф. 27,  
моб.: +7 978 78 178 83,  
тел./факс: +7(3652) 54-60-66,  
+7(3652) 54-67-46,  
E-mail:  
marketing@expoforum.biz,  
http://expoforum.biz/



УДК 674.816.3

В.Е. ЦВЕТКОВ, д-р техн. наук (natali-26.05@mail.ru), А.С. ПАСЬКО, инженер,  
А.А. ТЕСОВСКИЙ, инженер, О.П. МАЧНЕВА, канд. техн. наук, Ю.А. СЕМОЧКИН, канд. техн. наук  
Московский государственный университет леса (141005, Московская обл., г. Мытищи-5, ул. 1-я Институтская, 1)

## Особенности изготовления декоративных бумажно-слоистых пластиков на основе меламиноформальдегидных смол

В статье рассматриваются вопросы изготовления декоративных бумажно-слоистых пластиков на основе пропиточных меламиноформальдегидных смол марок СП-200, СП-300, синтезированных в лабораторных условиях с различной долей катализатора. Представлены технологические этапы получения пропиточных меламиноформальдегидных смол и декоративных бумажно-слоистых пластиков на их основе. Экспериментальным путем оценены свойства декоративных бумажно-слоистых пластиков, полученных из семнадцати слоев пропитанной крафт-бумаги и двух наружных слоев декоративной бумажно-смоляной пленки. Анализ полученных результатов показал, что декоративные бумажно-слоистые пластики на основе меламиноформальдегидных смол обладают повышенными физико-механическими характеристиками, их изготовление является экономически выгодным и более безопасным для окружающей среды. Полученный пластик по своим характеристикам соответствует нормативно-техническим требованиям, в настоящее время проводится работа по серийному освоению данной продукции.

**Ключевые слова:** декоративный бумажно-слоистый пластик, меламиноформальдегидная смола, катализатор, модифицирование, технология производства.

V.E. TSVETKOV, Doctor of Sciences (Engineering) (natali-26.05@mail.ru), A.S. PAS'KO, Engineer, A.A. TESOVSKY, Engineer, O.P. MACHNEVA, Candidate of Sciences (Engineering), Yu.A. SEMOCHKIN, Candidate of Sciences (Engineering)  
Moscow State Forest University (1, 1<sup>st</sup> Institutskaya street, 141005, Mytischki, Moscow region)

### Peculiarities of Producing Decorative Paper-Laminated Plastics on the Basis of Melamine-Formaldehyde Resins

The article considers the issues of producing decorative paper-laminated plastics on the basis of melamine-formaldehyde impregnating resins of SP-200, SP-300 brands, which are synthesized in the laboratory with different proportions of the catalyst. The technological stages of receiving melamine-formaldehyde impregnating resins and decorative paper-laminated plastics based on their basis are presented. Properties of the decorative paper-layered plastics derived from seventeen layers of impregnated Kraft paper and two outer layers of decorative paper-resin film have been experimentally evaluated. The analysis of results obtained shows that decorative paper-laminated plastics on the basis of melamine-formaldehyde resins have improved physical and mechanical properties, their manufacture is cost-effective and safer for the environment. Characteristics of the plastic produced correspond to normative and technical requirements; at present, the work on the serial development of this product is carried out.

**Keywords:** decorative paper-laminated plastic, melamine-formaldehyde resin, catalyst, modification, production technology.

Современные декоративные бумажно-слоистые пластики (ДБСП), являясь широко распространенным конструктивно-отделочным материалом, обладают высоким качеством поверхности, широкой гаммой расцветок и рисунков, износостойкостью и ударпрочностью, низкой сорбционной способностью. Они стойки к маслам, жирам, косметическим препаратам, пищевым продуктам, химическим реагентам, влагостойки и устойчивы к термическим воздействиям бытового характера [1, 2]. Однако применяемые в настоящее время ДБСП на основе фенольных смол имеют ряд недостатков, основным из которых является токсичность, большое время отверждения и окрашиваемость в черный цвет [3]. С целью устранения данных недостатков в работе были изучены возможности замены фенольных смол на меламиновые.

Для изготовления ДБСП в лабораторных условиях синтезировали модифицированную смолу, при этом часть меламина заменяли карбамидом. Модифицирование синтезированных олигомеров проводили на заключительной стадии добавкой модификатора.

Процесс получения меламиноформальдегидных смол осуществлялся по традиционной технологии [4, 5] и состоял из следующих этапов:

1. Загрузка формалина и воды для разбавления до 30%-й концентрации, загрузка присадок.
2. Установка уровня pH 7,8–8,5 добавлением раствора щелочи.
3. Загрузка меламина.
4. Подогрев реакционной смеси до 80–95°C, после чего начинается процесс гидроксиметилирования меламина.

5. Реакция поликонденсации меламина с различно метилированным меламином, которая дает линейную и слегка разветвленную меламиноформальдегидную смолу, конденсация завершается при водном числе 6–15.

6. Прерывание конденсации охлаждением, при этом смола содержит в основном ди- и тригидроксиметилмеламины, либо разветвленные, либо линейные, связанные метиленовыми или диметиленэфирными мостиками.

7. Точная установка определенных свойств смолы с модификаторами (присадками), установка конечного уровня pH и содержания сухих веществ.

В лабораторных условиях были синтезированы пропиточные смолы с различным содержанием меламина и катализатора марок СП-200, СП-300, физико-механические свойства которых представлены в табл. 1.

Технология производства слоистых пластиков предусматривает пропитку специальных видов пропиточных бумаг связующими, в качестве которых используют аминоформальдегидные и фенолоформальдегидные смолы. Пропитка производится в специальных пропиточных линиях, управляемых электронными компьютерными системами. В этих линиях предусмотрены сушка, нарезка бумаги на заданный размер или намотка в рулоны. В результате этих процессов получается пропитанная и высушенная бумага, пригодная для прессования.

Структура лицевой поверхности пластика может быть любой по желанию заказчика. Она образуется с помощью текстурированных лент или специальных текстурированных бумаг, имитирующих структуру различных пород древесины, натурального камня, матового или глянцевого блеска, кристалла, жемчуга и т. п.

**Таблица 1**  
**Основные свойства пропиточных смол**

Наименование	Значения показателей для смол марок	
	СП-200	СП-300
Плотность, г/мл	1,21	1,21
Вязкость по ВЗ-246 с диаметром сопла 4 мм, с	14	15
Пенетрация, с	3	3,5
pH	9,7	9,8
Водное число	1,8	2,04
Показатель преломления	1,459	1,456
Время желатинизации, с	64	65
Содержание сухого остатка, %	53	54
Содержание свободного формальдегида, %	0,36	0,21

Нелицевая сторона пластика может быть шероховатой или гладкой также в зависимости от требований заказчика. Тонкий слоистый пластик (ТСП) используют для горизонтальных и вертикальных поверхностей, для отделки фасадов, для рабочих поверхностей столешниц, подоконных досок, облицовки дверей, офисной мебели, строительной отделки помещений. Применение специальных покрывных бумаг позволяет изготавливать высокоустойчивые к истиранию слоистые пластики, которые применяют и для покрытия полов. Стойкость к истиранию может составлять более 15 тыс. оборотов.

Пропитка крафт-бумаги осуществлялась пропиточным составом, содержащим 100 мас. ч. смолы, 0,15 мас. ч. отвердителя (20%-го раствора хлористого аммония), 10 мас. ч. пластификатора. Скорость пропитки составляла 50 м/мин, температура сушки бумажно-смоляной пленки 110–140°C.

Анализ свойств бумажно-смоляной пленки показал, что содержание летучих веществ в ней составляет 5–6%, содержание смолы – 32–34%.

Набор пакета – весьма трудоемкий процесс, так как его производят вручную.

Пакеты-заготовки представляют собой комплекты уложенных в определенной последовательности листов пропитанной бумаги, нарезанной на формат. Количественный состав пакета зависит от необходимой толщины пластика и массы исходной бумаги.

Для получения образцов декоративного бумажно-слоистого пластика толщиной 4 мм набирался пакет из семнадцати слоев пропитанной крафт-бумаги плюс два наружных слоя декоративной бумажно-смоляной пленки.

При прессовании пропитанных бумаг под воздействием высокой температуры и давления смола расплавляется, растекается, заполняет поры между волокнами бумаги, склеивает листы бумаги между собой и отверждается, образуя монолитные листы. При этом аминоформальдегидная смола образует на поверхности листов прозрачную пленку.

Температура в процессе прессования – величина переменная. После загрузки материала в пресс происходит смыкание плит пресса, затем по достижении нужного давления их нагрев до температуры прессования, выдержка материала при этой температуре и охлаждение готового изделия. Температура, при которой происходит прессование, зависит прежде всего от типа связующего. Для меламиноформальдегидных смол она рекомендована в пределах 145–150°C [6, 7]. От температуры прессования зависят продолжительность выдержки и необходимое давление.

Прессование образцов осуществлялось при температуре 140°C, удельном давлении 8 МПа.

Физико-механические свойства полученных пластиков в сравнении с предъявляемыми требованиями

**Таблица 2**

**Свойства декоративного бумажно-слоистого пластика**

Наименование показателя	Норма показателя	Значения показателей для пластиков на основе смол СП-200/СП-300
Гидротермическая стойкость лицевой поверхности	Не должно быть трещин, вздутий, расслоения, потери блеска	нет/нет
Термическая стойкость лицевой поверхности при 180°C	Не должно быть изменений поверхности и цвета, за исключением незначительной потери блеска	нет/нет
Стойкость к загрязнению веществами бытового и хозяйственного назначения	Не должно быть изменения внешнего вида лицевой поверхности	нет/нет
Стойкость к кипячению в воде: – увеличение массы, % – увеличение толщины, % – изменение внешнего вида	Не более 6 Не более 6 Не должно быть вздутий, расслоений, заметных невооруженным глазом	1/1 0,2/0,2 микрорасслоения/микрорасслоений нет
Водопоглощение: – увеличение массы, % – увеличение толщины, % – изменение внешнего вида	Не более 6 Не более 5 Не должно быть вздутий, расслоений, заметных невооруженным глазом	3,1/0,7 0,1/0,6 нет/нет
Стабильность линейных размеров, %	Не более 0,4	около 0
Твердость декоративного покрытия, Н	Не менее 2	3,5/5
Стойкость к истиранию: – количество оборотов, необходимое для истирания декоративного слоя – скорость износа, мг/100 оборотов	Не менее 300 Не более 80	290/370 89,1/89,1
Ударная прочность поверхности	Не должно быть трещин и расслоения лицевой поверхности в местах падения шарика. Диаметр отпечатка не более 9 мм	Трещин и расслоения лицевой поверхности не наблюдается 7,3/7,3
Разрушающее усилие при изгибе, МПа	Не менее 117,6	129,2/137

(ГОСТ 9590–76 «Пластик бумажно-слоистый декоративный») представлены в табл. 2.

Анализ полученных результатов показал, что декоративные бумажно-слоистые пластики на основе меламиноформальдегидных смол обладают повышенными физико-механическими характеристиками, их изготовление является экономически выгодным и более безопасным для окружающей среды. Полученный пластик по своим характеристикам соответствует нормативно-техническим требованиям; в настоящее время проводится работа по серийному освоению данной продукции.

#### Список литературы

1. Бараш Л.И. Слоистые пластики, декоративные поверхности. СПб.: Химиздат, 2007. 256 с.
2. Бараш Л.И. Современное производство декоративных слоистых пластиков. СПб.: Химиздат, 2004. 200 с.
3. Ищенко Т.Л., Лавлинская О.В., Похиленко М.В. Изучение смачиваемости поверхности декоративного бумажно-слоистого пластика // *Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика*. 2014. Т. 2. № 2-1. С. 136–142.
4. Плоткин Л.Г. Технология и оборудование пропитки бумаги полимерами. М.: Лесная промышленность, 1975. 144 с.
5. Азаров В. И., Цветков В.Е. Технология связующих и полимерных материалов. М.: Лесная промышленность, 1985. 216 с.
6. Плоткин Л. Г., Шалун Г.Б. Декоративные бумажно-слоистые пластики. М.: Лесная промышленность, 1978. 328 с.

7. Цветков В.Е., Пасько Ю.В., Кремнев К.В., Мачнева О.П. Полимеры в производстве древесных материалов. М.: МГУЛ, 2007. 55 с.

#### References

1. Barash L.I. Sloistye plastiki, dekorativnye poverkhnosti [Laminates, decorative surfaces]. SPb.: Khimizdat, 2007. 256 p. (In Russian).
2. Barash L.I. Sovremennoe proizvodstvo dekorativnykh sloistyykh plastikov [Modern production of decorative laminated plastics]. SPb.: Khimizdat, 2004. 200 p. (In Russian).
3. Ishchenko T. L., Lublinskaya O. V., Pokhilenko V. M. Study of the wettability of the surface of the decorative laminate. *Aktual'nye napravleniya nauchnykh issledovaniy XXI veka: teoriya i praktika*. 2014. Vol. 2. No. 2-1. pp. 136–142. (In Russian).
4. Plotkin L.G. Tekhnologiya i oborudovanie propitki bumagi polimerami [Technology and equipment for impregnation of paper with polymers]. M.: Lesnaya promyshlennost', 1975. 144 p. (In Russian).
5. Azarov V.I., Tsvetkov V.E. Tekhnologiya svyazuyushchikh i polimernykh materialov [Technology binders and polymeric materials]. M.: Lesnaya promyshlennost'. 1985. 216 p. (In Russian).
6. Plotkin L.G., Shalun G.B. Dekorativnye bumazhno-sloistye plastiki [Decorative laminates]. M.: Lesnaya promyshlennost', 1978. 328 p. (In Russian).
7. Tsvetkov V.E., Pas'ko Yu.V., Kremnev K.V., Machneva O.P. Polimery v proizvodstve drevesnykh materialov [Polymers in the production of wood-based materials]. M.: MGUL, 2007. 55 p. (In Russian).

24–27 января 2017 | Красноярск



ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В  
XXV СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ВЫСТАВКЕ

## СТРОИТЕЛЬСТВО АРХИТЕКТУРА

ВЕДУЩАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ И ИНТЕРЬЕРНАЯ ВЫСТАВКА  
СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Одновременно пройдет выставка строительной и складской техники  
и оборудования «ТехСтройЭкспо. Дороги»

В ПРОГРАММЕ:

- VI Архитектурно-строительный форум Сибири
- Сибирский фестиваль архитектуры

Организаторы выставки:



Организаторы – в. Красноярский край:



МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19  
тел.: (391) 22-88-405, 22-88-611  
build@krasfair.ru, www.krasfair.ru

0+

## Древесно-стружечные плиты на основе модифицированных фенолформальдегидных связующих

Экспериментальным путем определены термодинамические свойства клеевых составов на основе фенолформальдегидной смолы с модификацией фурфурацетоновым мономером ФА на стадии смешивания компонентов. Представлены физико-механические свойства древесно-стружечных плит на основе модифицированного клеевого состава и технологические особенности производства. Установлено, что наилучшие физико-механические свойства древесно-стружечных плит достигаются при введении в фенолформальдегидную смолу 2–4 мас. ч. фурфурацетонового мономера ФА, при этом возрастает прочность, снижаются разбухание, водопоглощение, а также потеря массы плит при горении. Древесные плиты на основе модифицированной фенолформальдегидной смолы по физико-механическим характеристикам удовлетворяют требованиям ГОСТ 10632–2014 «Плиты древесно-стружечные. Технические условия», превосходят аналоги на основе фенолформальдегидных смол. При незначительных затратах на модификацию клеевого состава и незначительных изменениях технологического процесса повышается конкурентоспособность плит.

**Ключевые слова:** древесно-стружечная плита, физико-механические свойства, фенолформальдегидная смола, фурфурацетоновый мономер ФА, модификация.

S.A. UGRYUMOV, Doctor of Sciences (Engineering) (ugr-s@yandex.ru), A.V. OSETROV, Engineer  
Kostroma State Technological University (17, Dzerzhinskogo Street, 156005, Kostroma, Russian Federation)

### Wood Chipboards on the Basis of Modified Phenol-Formaldehyde Binders

Thermodynamic properties of adhesive compounds on the basis of phenol-formaldehyde resin modified with the furfural-acetone monomer FA at the stage of mixing of the components have been determined. Physical-mechanical properties of wood chipboards on the basis of the modified adhesive compound and technological features of production are presented. It is established that the best physical-mechanical properties of wood chipboards are achieved with the introduction of 2–4 weight fractions of furfural-acetone monomer FA into the phenol-formaldehyde resin with significant increase in strength, reduction in swelling, water absorption and the mass loss of plates during combustion. Physical-mechanical characteristics of wood boards on the basis of modified phenol-formaldehyde resin meet the requirements of GOST 10632–2014 "Wood Chipboards. Technical Specifications"; these boards surpass analogues on the basis of phenol-formaldehyde resins. At low expenditures for modification of the adhesive compound and insignificant changes in the technological process, the competitiveness of these boards improves.

**Keywords:** wood chipboard, physical and mechanical properties, phenol formaldehyde resin, furfural-acetone monomer FA, modification.

Деревянное домостроение в последнее время стало развиваться ускоренными темпами, что обусловлено повышенным интересом потребителей к комфортному и экологически чистому жилью с особым микроклиматом, достаточной и постоянно возобновляемой сырьевой базой, развитием технологий производства домов как из рубленого, оцилиндрованного или клееного бруса, так и каркасных и панельных домов с использованием древесных плитных материалов [1].

Крупноформатные древесно-стружечные плиты широко применяются как при формировании каркасов домов, так и при отделке больших площадей – обшивки стен и потолка, устройства обрешетки крыш, настилки полов, облицовки фасадов.

В настоящее время в отечественном производстве древесно-стружечных плит, применяемых в строительстве, наиболее широко применяются карбамидоформальдегидные (для плит, используемых внутри помещений) и фенолформальдегидные смолы (для плит, используемых внутри и снаружи помещений) [2]. Однако основная часть выпускаемых плит имеет недостаточные физико-механические свойства, и прежде всего недостаточную водостойкость, что ограничивает их применение в условиях с переменными температурно-влажностными условиями.

Одним из способов повышения водостойкости древесных плит является применение при их изготовлении модифицированных клеев, обладающих высокой адгезией, когезионной прочностью, стойкостью при воздействии агрессивных сред [3, 4], или применение альтернативных связующих с повышенными свойствами, например олигомеров фуранового ряда [5].

Известно, что для удешевления фурановых смол и повышения их водостойкости, а также для придания большей щелочестойкости фенолформальдегидным смолам возможно смешение или совмещение некоторых фенольных и фурановых смол [2, 6]. Основным представителем фурановых олигомеров, достаточно широко применяемых в промышленности, является фурфурацетоновый мономер ФА, получаемый при синтезе фурфуrolа и ацетона. В отвержденном состоянии он обладает повышенной водостойкостью и прочностью [7].

Представляет интерес модификация фенолформальдегидной смолы фурановой с целью повышения свойств древесных плит, изготовленных на ее основе. В табл. 1. представлены сводные результаты определения термодинамических свойств клеевых составов на основе фенолформальдегидного олигомера СФЖ-3014, модифицированного фурфурацетоновым мономером ФА путем совмещения.

При увеличении доли добавки фурфурацетонового мономера ФА в клеевом составе на основе фенолформальдегидной смолы поверхностное натяжение и краевой угол смачивания на поверхности березовых древесных частиц несколько снижаются, что способствует повышению равномерности распределения клея в процессе осмоления древесных частиц, хотя полного смачивания не происходит. Несмотря на снижение величины поверхностного натяжения, вязкость модифицированных клеевых составов возрастает за счет снижения величины рН и начальных процессов желатинизации в процессе взаимодействия ксилового фурфурацетонового мономера со щелочным фенолформальдегидным

Таблица 1

## Термодинамические свойства модифицированных клеевых составов

Доля добавки фурфуролацетонового мономера, мас. ч.	Поверхностное натяжение клеевого состава, мН/м	Косинус краевого угла смачивания, $\cos \theta$	Краевой угол смачивания $\theta$ , град	Вязкость, с	Кислотность, pH	Время желатинизации при 150°C, с
0	66	0,333	70°30'	91	8,06	70
2	57	0,342	70°00'	92	7,89	47
4	54	0,355	69°12'	108	7,84	35
6	53	0,438	64°00'	117	7,80	29
8	50	0,537	57°30'	127	7,77	24
10	49	0,567	56°06'	140	7,68	22

Таблица 2

## Физико-механические свойства плит на основе модифицированных клеевых составов

Доля добавки фурфуролацетонового мономера, мас. ч.	Прочность при статическом изгибе, МПа	Прочность при растяжении перпендикулярно к пласти плиты, МПа	Разбухание по толщине, %	Объемное разбухание, %	Водопоглощение, %	Потеря массы при горении, %
0	19,02	0,67	32,87	36,61	62,35	12,67
2	23,67	0,71	24,10	26,93	52,09	11,55
4	26,81	0,72	23,15	25,87	48,03	11,08
6	23,18	0,69	27,56	32,06	55,54	12,28
8	21,2	0,68	28,74	32,53	58,1	12,42
10	20,22	0,68	29,07	32,97	59,23	12,59

олигомером. С увеличением доли добавки фурфуролацетонового мономера время желатинизации модифицированного клеевого состава снижается, что позволяет снижать время пьезотермообработки при производстве древесных плит и повышать производительность работы прессового оборудования.

Для производства образцов однослойных древесностружечных плит толщиной 16 мм использовалась специальная резаная стружка лиственных пород древесины с отбором фракции 10/2 и клеевые композиции на основе фенолформальдегидной смолы СФЖ-3014 с добавкой в различном соотношении фурфуролацетонового мономера ФА. Физико-механические свойства плит представлены в табл. 2.

Анализ полученных результатов показал, что наилучшие физико-механические свойства древесностружечных плит достигаются при введении 2–4 мас. ч. фурфуролацетонового мономера ФА в фенолформальдегидный олигомер, при этом значимо возрастает прочность, значительно снижаются разбухание, водопоглощение, а также потеря массы плит при горении.

Повышение прочности и водостойкости плит связано с ускорением процесса отверждения в более кислой среде модифицированного клея с образованием более жестких структур сетчатого типа с фенольными компонентами лигниновой части древесины [8].

Отличие технологического процесса производства древесных плит на модифицированном фенолформальдегидном связующем от традиционного производства начинается на стадии приготовления связующего и осмоления древесного наполнителя.

На первой стадии необходимо приготовить модифицирующую добавку путем смешивания в смесителе с водяной рубашкой фурфуролацетонового мономера ФА и отвердителя до однородного состояния. Из смесителя подготовленная модифицирующая добавка подается в расходную емкость.

Исходные компоненты модифицированного клея смешивают в установках приготовления связующего непрерывного действия, например ДКС-1. Компоненты связующего (раствор фенолформальдегидной смолы и модифицирующая добавка на основе фурфуролацетонового мономера ФА) подаются отдельно насосами-дозаторами в лабиринтную мешалку, где происходит смешивание компонентов клея между собой и образование однородного клеевого состава. Из лабиринтной мешалки подготовленное связующее подается в смеситель на стадию осмоления древесного наполнителя.

На стадии смешивания древесной стружки со связующим рабочий раствор подготовленного модифицированного клеевого состава перистальтическим насосом подается в камеру смешивания высокоскоростного смесителя. Связующее через полый вал смесителя и форсунки подается в рабочую камеру смесителя, где при помощи лопаток, расположенных под определенным углом к оси вала, происходит перемешивание древесной стружки со связующим и перемещение смеси в сторону разгрузочного аппарата. Осмоленная стружечная масса транспортируется в формирующую машину для формирования стружечного ковра.

С целью придания пакету транспортабельности, обеспечения свободной загрузки его в горячий пресс, а также повышения качества плит производится холодная подпрессовка стружечного пакета в холодном прессе. Подпрессованные брикеты направляются в загрузочную этажерку и далее в горячий многостажный гидравлический пресс. Режимы прессования определяются особенностями технологии, рекомендуется температура плит пресса в пределах от 180 до 200°C, удельное давление прессования 2–2,5 МПа, время выдержки под давлением 0,5 мин/1 мм толщины плиты. Спрессованные плиты вместе одновременно выгружаются разгрузчиком в этажерку и поступают на стадию послепрессовой обработки.

**Основной вывод.**

Древесные плиты на основе модифицированной фенолформальдегидной смолы по физико-механическим характеристикам удовлетворяют требованиям ГОСТ 10632–2014, превосходят аналоги на основе фенолформальдегидных смол. При незначительных затратах на модификацию клеевого состава и незначительных изменениях технологического процесса значительно повышается конкурентоспособность плит.

**Список литературы**

1. Чемоданов А.Н., Матвеев Н.М. Малоэтажное деревянное домостроение // *Наука и Мир*. 2014. Т. 1. № 3 (7). С. 215–218.
2. Кондратьев В.П., Кондращенко В.И. Синтетические клеи для древесных материалов. М.: Мир, 2004. 520 с.
3. Малышева Г.В. Физическая химия адгезивных материалов // *Материаловедение*. 2005. № 6. С. 38–40.
4. Малышева Г.В. Прогнозирование ресурса клеевых соединений // *Клеи. Герметики. Технологии*. 2013. № 8. С. 31–34.
5. Маматов Ю.М. Полимерные материалы на основе фурановых смол и их применение. М.: Химия, 1975. 89 с.
6. Глухих В.В., Шкуро А.Е., Мухин Н.М., Останина Е.И., Григоров И.Г., Стоянов О.В. Свойства древесно-полимерных композитов с полимерной матрицей, содержащей сэвилены // *Клеи. Герметики. Технологии*. 2013. № 10. С. 22–26.
7. Глушенко А.И. Низкотоксичная фурановая смола для производства древесно-стружечных плит // *Деревообрабатывающая промышленность*. 2000. № 2. С. 15–16.

8. Муравицкая Т.П., Ивлев А.Г., Гурусова А.А. Теоретическое обоснование процессов структурирования смол на основе фурфуролацетонного мономера // *Вестник КГТУ*. 2010. № 1. С. 98–100.

**References**

1. Chemodanov A.N., Matveev N.M. Low-rise wooden housing construction. *Nauka i mir*. 2014. Vol. 1. No. 3 (7), pp. 215–218. (In Russian).
2. Kondrat'ev V.P., Kondrashchenko V.I. Sinteticheskie klei dlya drevesnykh materialov [Synthetic adhesives for wood materials]. Moscow: Mir. 2004. 520 p.
3. Malysheva G.V. Physical chemistry of adhesive materials. *Materialovedenie*. 2005. No. 6. pp. 38–40. (In Russian).
4. Malysheva G.V. Forecasting of a resource of the adhesive compounds. *Klei. Germetiki. Tekhnologii*. 2013. No. 8, pp. 31–34. (In Russian).
5. Mamatov J.M. Polimernye materialy na osnove furanovykh smol i ikh primeneniye [Polymeric materials based on furan resins and their application]. Moscow: Khimiya. 1975. 89 p.
6. Glukhikh V.V., Shkuro A.E., Mukhin N.M., Ostani-na E.I., Grigorov I.G., Stoyanov O.V. Properties of wood-plastic composites with a polymer matrix that contains and some kinds of rubbers. *Klei. Germetiki. Tekhnologii*. 2013. No. 10, p. 22–26. (In Russian).
7. Glushchenko A.I. low-toxic furan resin for the production of particle Board. *Derevoobrabatyvayushchaya promyshlennost'*. 2000. No. 2, pp. 15–16. (In Russian).
8. Muravitskaya T.P., Ivlev A.G., Gurusova A.A. Theoretical justification of the processes structuring resins on the basis of the furfural-acetone monomer. *Vestnik KGTU*. 2010. No. 1, pp. 98–100. (In Russian).

**IX Международная конференция****НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ  
НТС-2017**

17–21 марта 2017 г.

Шарм-эль-Шейх, Египет

**Организаторы конференции**

Национальный исследовательский центр жилья и строительства (NBRC)

Египетско-российский университет (ERU)

Ижевский государственный технический университет

им. М.Т. Калашникова

Египетский союз инженеров

**Тематика конференции**

- Нанокompозиты в строительных материалах
- Нанотехнологии в строительстве
- Защита от пожара с помощью наночастиц
- Нанотехнологии в кондиционировании воздуха
- Наноструктурирующие материалы в архитектуре
- Производство лакокрасочных материалов с нанодобавками
- Нанотехнологии стекол и керамики
- Нанотехнологии для энергоэффективности в зданиях
- Моделирование нанокompозитов
- Модификация минеральных вяжущих наносистемами

Информационная поддержка – журнал «Строительные материалы»®

Сайт конференции: [http://inter.istu.ru/russian/nano\\_r.html](http://inter.istu.ru/russian/nano_r.html)**Контактная информация в России**

Профессор Григорий Иванович Яковлев

ИжГТУ им. М.Т. Калашникова

426069 Ижевск, ул. Студенческая, 7

E-mail: gyakov@istu.ru

Тел.: 8-91285666688. Факс: +7(3412)59 25 55

**Контактная информация в Египте**

Профессор Шериф Солиман Хелми

Египетско-российский университет

Cairo High Road, Bard City-Suez

E-mail: president@eruegypt.com

Тел.: +20(02)28643349, (02)28643341. Факс: +20(02)28643332

# ГИПС – НАША ПРОФЕССИЯ

**ALPHAPLATRE - ВАШ НАДЕЖНЫЙ ПАРТНЕР - ЛИДЕР В ТОР СПИСКЕ ПОСТАВЩИКОВ**

**ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ГИПСОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
И МОДЕРНИЗАЦИИ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ЛИНИЙ**

## ВАШИ ПРЕИМУЩЕСТВА:

ПРОИЗВОДСТВО ГИПСОВЫХ ИЗДЕЛИЙ ВЫСОЧАЙШЕГО КАЧЕСТВА

ЭКОНОМИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

АДАПТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ К ОСОБЕННОСТЯМ ПРОИЗВОДСТВА



## АНЖЕ

15 rue du Moulin des Landes  
CS 50159 - Saint Sylvain d'Anjou  
49481 Verrières en Anjou Cedex  
**T : + 33 (0)2 41 21 19 40**  
F : + 33 (0)2 41 21 19 59

## ПАРИЖ Головной офис

11, boulevard Brune  
75682 PARIS CEDEX 14  
**T : + 33 (0)1 53 90 22 40**  
F : + 33 (0)1 53 90 22 24  
ФРАНЦИЯ

## МОСКВА

20, Daev pereulok  
Daev plaza - office 512  
**T : + 7 495 604 81 86**  
F : + 7 495 604 81 73  
РОССИЯ

## ЦИНДАО

N° 612, Qiganshi  
Economic development zone  
Rushan City 264500, Shandong  
**T : + 86 13 701 883 087**  
КИТАЙ

[marianna.d@alphaplatre-france.com](mailto:marianna.d@alphaplatre-france.com)

<http://www.alphaplatre-france.com>

# ВСЕЛУГ

## ЗАВОДЫ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СУХИХ СМЕСЕЙ

- фасовочные машины
- интенсивные смесители
- весовые дозаторы
- виброклассификаторы
- рукавные фильтры
- системы управления на базе PC и PLC

