

ISSN 2312-3028

**ПОЛИМЕРЫ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**
научный Интернет-журнал



**POLYMERS
IN CONSTRUCTION**
a scientific Internet-journal

Казанский
государственный
архитектурно-
строительный
университет

<http://polymer.kgasu.ru>

E-mail: polymer.kgasu@yandex.ru

№ 1 (7), 2019

Научно-техническая поддержка
Казанский государственный
архитектурно-строительный университет



Scientific and technical support
Kazan State University of
Architecture and Engineering

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Председатель редакционной коллегии

ХОЗИН Вадим Григорьевич – главный редактор сетевого издания «Полимеры в строительстве: научный Интернет-журнал», Заслуженный деятель науки Российской Федерации и Республики Татарстан, эксперт РОСНАНО, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии строительных материалов, изделий и конструкций Казанского государственного архитектурно-строительного университета



Члены редакционной коллегии

АБДРАХМАНОВА Ляйля Абдулловна – заместитель главного редактора сетевого издания «Полимеры в строительстве: научный Интернет-журнал», доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций Казанского государственного архитектурно-строительного университета



НИЗАМОВ Рашит Курбангалиевич – доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Республики Татарстан, ректор Казанского государственного архитектурно-строительного университета



EDITORIAL BOARD

Chairman of the editorial board

KHOZIN Vadim Grigorjevich – chief editor of an online edition "Polymers in construction: a scientific Internet-journal", honoured Scientist of the Russian Federation and the Republic of Tatarstan, RUSNANO's expert, Doctor of Engineering, Professor, head of technology of building materials, products and structures Kazan State University of Architecture and Engineering

Members of the editorial board

ABDRAKHMANOVA Lyailya Abdullovnna - deputy editor of the electronic scientific publications "Polymers in construction: a scientific Internet-journal ", Doctor of Engineering, Professor, Department of Technology of building materials, products and structures Kazan State University of Architecture and Engineering

NIZAMOV Rashit Kurbangalievich - Doctor of Engineering, Professor, Honored Scientist of the Republic of Tatarstan, Rector of Kazan State University of Architecture and Engineering

СУЛЕЙМАНОВ Альфред Мидхатович

– доктор технических наук, профессор, проректор по научно-исследовательской работе Казанского государственного архитектурно-строительного университета, член-корреспондент Академии наук Республики Татарстан

**SULEJMANOV Alfred**

Midhatovich - doctor of Engineering, Professor, vice-rector for research work of Kazan State University of Architecture and Engineering, a member of the Academy of Sciences of the Republic of Tatarstan

АМИРОВА Лилия Миниахмедовна

– доктор химических наук, начальник монтажно-технологического отдела проектного института «Союзхимпромпроект» Казанского национального исследовательского технического университета им.А.Н.Туполева, профессор кафедры неорганической химии химического института КФУ

**AMIROVA Liliya Miniahmedovna**

- Doctor of Chemical Sciences, Head of Assembly and Design Institute of Technology "Soyuzkhimpromproekt" Kazan National Research Technical University, Professor of department of Inorganic Chemistry, Chemical Institute KFU

АСКАДСКИЙ Андрей Александрович

– доктор химических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Российской Федерации, заведующий лабораторией полимерных материалов Института элементоорганических соединений им.А.Н.Несмеянова Российской академии наук

**ASKADSKII Andrei**

Aleksandrovich - Doctor of Chemical Sciences, Professor, Honored Scientist of the Russian Federation, head of laboratory polymeric materials A.N.Nesmeyanov Institute of Organoelement Compounds of Russian Academy of Sciences

ВОЛЬФСОН Светослав Исаакович

– доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Республики Татарстан, Лауреат государственной премии Республики Татарстан в области науки и техники, заведующий кафедрой химии и технологии переработки эластомеров Казанского национального исследовательского технологического университета

**VOLFSON Svetoslav Isaakovich**

- Doctor of Engineering, Professor, Honored Scientist of the Republic of Tatarstan, laureate of the State Prize of the Republic of Tatarstan in the field of science and technology, head of the department of chemistry and technology of processing of elastomers Kazan National Research Technological University

ГАЛИМОВ Энгель Рафикович – доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки Республики Татарстан, академик Российской экологической Академии, заведующий кафедрой материаловедения, сварки и производственной безопасности Казанского национального исследовательского технического университета им.А.Н.Туполева (КНИТУ-КАИ)



GALIMOV Engel Rafikovich - Doctor of Engineering, Professor, Honored Scientist of the Republic of Tatarstan, academician of the Russian Ecological Academy, Head of the Department of Materials Science, Welding and industrial safety Kazan National Research Technical University Tupolev (KNITU-KAI)

СЕЛЯЕВ Владимир Павлович - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительных конструкций Национального исследовательского Мордовского государственного университета им.Н.П.Огарева



SELJAEV Vladimir Pavlovich - Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of National Research constructions Mordovia State University im.N.P.Ogareva

СИМОНОВ-ЕМЕЛЬЯНОВ Игорь Дмитриевич - доктор технических наук, профессор кафедры химии и технологии переработки пластмасс и полимеров Московского государственного университета тонких химических технологий им.М.В.Ломоносова



SIMONOV-EMELJANOV Igor Dmitrievich - Doctor of Engineering, Professor of the Department of Chemistry and Technology of plastic and polymers, Moscow State University of Fine Chemical Technology named after MV Lomonosov

СТРОГАНОВ Виктор Федорович – доктор химических наук, профессор, заведующий кафедрой химии и инженерной экологии в строительстве Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Заслуженный деятель науки и техники РТ, Заслуженный деятель науки РФ



STROGANOV Victor Fedorovich - Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of Department of Chemistry and Environmental Engineering in the construction of the Kazan State University of Architecture and Engineering, Honoured Science and Technology the Republic of Tatarstan, Honored Scientist the Russian Federation

ПИЧУГИН Анатолий Петрович – доктор технических наук, профессор, академик Российской академии естественных наук, декан факультета государственного и муниципального управления Новосибирского государственного аграрного университета



PICHUGIN Anatolii Petrovich - doctor of Engineering, Professor, academician of the Russian Academy of Natural Sciences, Dean of the Faculty of Public Administration, Novosibirsk State Agrarian University

СТАРОВОЙТОВА Ирина Анатольевна – кандидат технических наук, помощник проректора по НИР, докторант, председатель Совета молодых учёных КГАСУ



STAROVOITOVA Irina Anatoljevna - Ph.D., assistant rector for research, doctoral candidate, chairman of Young Scientists KSUAE

СОДЕРЖАНИЕ	стр./р.	CONTENTS
Предисловие редактора	7	Preface
Галеев Р.Р., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. Поливинилхлоридные композиции со шлаками металлургических и химических производств	8-16	Galeev R.R., Nizamov R.K., Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G. Polyvinylchloride compositions with metal and chemical plants slags
Готлиб Е.М., Садыкова Д.Р., Нгуен Тхи Лан Ань, Кожжевников Р.В., Соколова А.Г. Производные растительных масел как модификаторы отделочных полимерных материалов	17-25	Gotlib E.M., Sadykova D.R., Nguyen Thi Lan Anh, Kozhevnikov R.V., Sokolova A.G. Derivatives of vegetable oils as modifiers of finishing polymer materials
Готлиб Е.М., Ха Тхи Нья Фыонг, Исламова Г.Г., Ямалеева Е.С., Лыгина Т.З. Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи	26-35	Gotlib E.M., Ha Thi Nha Phuong, Islamova G.G., Yamaleeva E.S., Lygina T.Z. Obtaining fillers of epoxy materials based on rice huskey
Кочуров И.Ф., Сеньков С.А., Субботин О.Ю., Челноков В.Е. К вопросу применения композитной арматуры в материалах на основе гипсовых вяжущих	36-41	Kochurov I.F., Senkov S.A., Subbotin O.U., Chelnokov B.E. To the question of the use of composite reinforcement in materials based on gypsum binders
Кочуров И.Ф., Южаков К.Н. Работа наружно армированных полипропиленовых труб алюминиевой фольгой в системах горячего водоснабжения. Диагностика технического состояния	42-47	Kochurov I.F., Yuzhakov K.N. Example of work of external reinforced polypropylene pipes with aluminum foil in hot water supply systems. Diagnosis of technical condition
Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А., Канаева Н.С. Фрактальный анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров при растяжении*	48-57	Nizina T.A., Selyaev V.P., Nizin D.R., Artamonov D.A.I., Kanaeva N.S. Fractal analysis of deformation curves of epoxy polymers under tension
Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г., Пичугин М.А. Особенности формирования структуры крупнопористых бетонов на комбинированных минеральных заполнителях с полимерными добавками	58-64	Pichugin A.P., Khritankov V.F., Pimenov E.G., Pichugin M.A. Features of formation of structure of large-porous concretes on combined mineral fillers with polymeric additives
Пичугин А.П., Батин М.О., Митина Л.А., Смирнова О.Е. Биостойкость и санитарно-гигиеническая оценка модифицированной древесины	65-72	Pichugin A.P., Batin M.O., Mitina L.A., Smirnova O.E. Biohazard and sanitary-hygienic assessment of modified wood
Стыценков А.А., Ахмедгораева А.Р., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н. Виды рулонных кровельных материалов, объем российского рынка и экологическое состояние	73-82	Stycenkov A.A., Ahmetgoraeva A.R. Galimzyanova R.Y., Khakimullin Yu.N. The types of roll roofing materials, the volume of the russian market and the environmental condition
Информация для рекламодателей	83	Information for advertisers
Условия представления статей и требования к ним	84-90	Terms submitting articles and their requirements

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-08-01050.

Предисловие редактора

Preface

Дорогие читатели!

Этот выпуск журнала планировался для публикации докладов на очередных Воскресенских чтениях «Полимеры в строительстве», которые должны были состояться 30-31 мая этого года, посвященные 105-летию со дня рождения Воскресенского В.А – основателя кафедры пластмасс в нашем вузе. Однако, по ряду объективных обстоятельств, оргкомитет конференции «Полимеры в строительстве» решил, что Пятые Воскресенские Чтения будут проходить в заочном формате. Поэтому кроме докладов-статей бывших учеников Владимира Александровича, прямых и опосредованных, в этом номере помещены материалы докладов и других авторов, специалистов предприятий, производящих полимерные материалы строительного назначения. Не берусь посчитать, какую объемную (не массовую) долю занимают полимеры среди других традиционных (минеральных, неорганических) материалов в строительстве, но убежден, что она растет, а по разнообразию и функциональной эффективности (например, пенопласты, герметики, гидроизоляционные материалы, волокнисто-армированные композиты) они доминируют в производстве и применении. Поэтому следующий (и не один) номер интернет-журнала «Полимеры в строительстве» мы намерены посвятить производству и применению полимерных композитов. Многое зависит от творческой активности вас – читателей, вашей профессиональной увлеченности этим замечательным классом материалов (и любви к ним!). Хочется узнать профессиональное мнение современных архитекторов о полимерах, ведь со времён выхода книги Артура Квормби «Полимеры в архитектуре» и Д.П.Айрапетова «Пластмассы в архитектуре» прошло почти сорок лет. А ведь с архитектурных идей и проектов начинаются новые сооружения с эффективным применением новых полимерных материалов.

До встречи на интернет-страницах нашего журнала.



Вадим Хозин, главный редактор,
д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки РФ и РТ,
заведующий кафедрой технологии
строительных материалов, изделий
и конструкций Казанского ГАСУ

УДК 678.743.

ГАЛЕЕВ Руслан Разинович*к.т.н., доцент, заведующий кафедрой
Набережно-Челнинского института
Казанского федерального университета,
Россия, г. Набережные Челны, Россия***GALEEV Ruslan R.***Naberezhnye Chelny Institute, Kazan
Federal University, Naberezhnye Chelny,
Russia***НИЗАМОВ Рашид Курбангалиевич***д.т.н., ректор, профессор Казанского
государственного архитектурно-
строительного университета, Казань, Россия***NIZAMOV Rashit K.***Doctor of Engineering, professor of
Kazan State University of Architecture
and Engineering, Kazan, Russia***АБДРАХМАНОВА Ляйля Абдулловна***д.т.н., профессор Казанского
государственного архитектурно-
строительного университета, Казань, Россия***ABDRAKHMANOVA Lyaiya A.***Doctor of Engineering, professor of
Kazan State University of Architecture
and Engineering, Kazan, Russia***ХОЗИН Вадим Григорьевич***д.т.н., заведующий кафедрой, профессор
Казанского государственного архитектурно-
строительного университета, Казань, Россия***KHOZIN Vadim G.***Doctor of technical sciences, professor of
Kazan State Architectural University,
Kazan, Russia***ПОЛИВИНИХЛОРИДНЫЕ
КОМПОЗИЦИИ СО ШЛАКАМИ
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ И
ХИМИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ****POLYVINYLCHLORIDE
COMPOSITIONS WITH
METAL AND CHEMICAL
PLANTS SLAGS**

*Изложены экспериментальные результаты
оценки эффективности в рецептурах
поливинилхлоридных композиций
тонкодисперсных наполнителей –
самораспадающихся шлаков – отходов
металлургических и химических комбинатов.
Изменение технологических и
эксплуатационных свойств ПВХ-композиций
объяснены с позиций химического и
минерального состава применяемых для
модификации отходов.
Библиография – 13 ссылок.*

*The experimental results of evaluating
the effectiveness in the recipes of
polyvinyl chloride compositions of finely
dispersed fillers - self-disintegrating
slags - wastes of metallurgical and
chemical plants are stated. Changes in
the technological and operational
properties of PVC compositions are
explained in terms of the chemical and
mineral composition used to modify
waste.
References – 13 ref.*

Ключевые слова: поливинилхлорид,
наполнение, шлаки, состав, структура.

Key words: polyvinyl chloride, filling,
slags, composition, structure.

*Галеев Р.Р., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г.
Поливинилхлоридные композиции со шлаками металлургических и химических производств*

Представленные в данной статье материалы являются продолжением исследований, проводимых на кафедре технологии строительных материалов, изделий и конструкций Казанского государственного архитектурно-строительного университета по разработке эффективных рецептур ПВХ-композиций строительного назначения, как жестких, так и пластифицированных. Одним из направлений в этом разрезе является использование в качестве дисперсных наполнителей отходов промышленности, как минеральной, так и органической природы [1-7].

Вступивший в действие в Российской Федерации Федеральный закон от 10.01.2002ш. № 7-ФЗ (в редакции от 29.12.2014 года) «Об охране окружающей среды» положил начало изменениям в государственном регулировании в природоохранной сфере, в части совершенствования нормирования в области охраны окружающей среды. Внедрение наилучших доступных технологий (НДТ) в различных отраслях промышленности происходит начинается с разработки отраслевых информационно-технических справочников НДТ, которые являются документами национальной системы стандартизации добровольного применения [8].

Многие виды промышленных отходов достаточно близки к традиционным природным или искусственным наполнителям полимеров и в силу этого могут быть их экономичными заменителями. Производство строительных материалов, в том числе и на основе полимеров материалоемкая технология в большинстве случаев, и поэтому есть реальные перспективы целенаправленного использования большого количества образующихся и не утилизируемых отходов. Строительные объекты служат многие десятки и сотни лет, что значительно удлиняет жизненный цикл материалов и изделий в конструкциях [9].

Для ПВХ-материалов определяющим среди всех требований, предъявляемых к наполнителям, определяющим является стабильный химический и минеральный состав отходов, чтобы не было отрицательного влияния на термостабильность полимера, а также не наблюдалось повышение вязкости расплавов в процессе переработке при высоких температурах (180-210 °С). Среди потенциальных наполнителей могут выступать шлаки различных металлургических и химических производств, в частности самораспадающиеся шлаки. Ранее [10] авторами была показана эффективность разных видов шлаков, отличающихся основностью, химическим и минеральным составом, в том числе, и самораспадающимся феррохромовым шлаком, который относится к ультраосновным шлакам с модулем основности $M_{осн}=1.93$.

В данной работе проведено сравнение эффективности двух самораспадающихся шлаков, которые в большей степени представлены аморфной фазой, а именно электрофосфорного шлака (ЭФС) и шлака активного

Галеев Р.Р., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г.
Поливинилхлоридные композиции со шлаками металлургических и химических производств

кремния (АК). Шлак самораспадающегося активного кремния АК представляет собой золу-унос из циклонов сбора воздуха цеха литья сталей Липецкого металлургического комбината «ШСК», а шлак ЭФШ – побочный продукт производства фосфора завода «Фосфор» г.Тольятти. Это тонкодисперсные порошки серого цвета с удельной поверхностью 12500 см²/г и 14000 см²/г, соответственно. При этом средний размер частиц составляет 15 мкм для АК и 10 мкм для ЭФШ. Химический состав их представлен в табл.1. Из сравнения представленных данных следует, что в отличие от электрофосфорного шлака в шлаке активного кремния присутствует значительное количество двуокси кремния, кроме того обнаружено наличие оксида натрия и оксида железа (Fe⁺³).

Таблица 1

Химический состав изученных в работе шлаков

Наименование отхода	Содержание в % на массу абсолютно сухой навески											
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MnO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	Cr ₂ O ₃
Электрофосфорный шлак (ЭФШ)	42,50	0,01	4,90	0,40	45,35	-	4,19	0,3	0,09	0,02	0,05	0,47
Шлак активного аморфного кремния (АК)	70,8	6,05	4,21	5,16	3,76	0,03	2,41	7,03	1,06	0,01	0,05	-

Из этих данных следует, что шлак ЭФШ относится к основным шлакам с $M_{осн}=1,05$, а АК имеет модуль 0,12. Шлак ЭФШ является практически нейтральным, проявляя в разных процессах, как основные, так и кислые свойства. АК имеют низкие значения основности, но, хотя содержание оксидов кальция и магния в них невелико, но присутствуют оксиды натрия, калия, железа, что обуславливает проявление основных свойств. Эти данные подтверждаются величинами рН их водных вытяжек, которые для обоих шлаков равны 7,8. Очевидно, можно ожидать повышения термостабильности ПВХ в присутствии ЭФШ и АК.

С учетом химического состава шлаков идентифицированы данные рентгенофазового анализа (РФА) шлаков. РФА проводился на рентгеновских дифрактометрах D8 ADVANCE (фирма Bruker, Германия), режимы съемки образцов: Cu K α -излучение, 30kV, 20 mA, шаг сканирования 0,05°, экспозиция 1 сек. Расшифровка полученных кривых проводилась по специальным справочникам [11]. РФА основан на использовании рентгеновского излучения, длина волн которого лежит в интервале от 0,1 до 100 ангстрем.

Дифрактограммы их представлены на рис.1.

Галеев Р.Р., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г.
 Поливинилхлоридные композиции со шлаками металлургических и химических производств

Активный кремний представляет собой также рентгеноаморфную фазу. В исходном состоянии выявлены следы (до 1%) кварца и свободного α -железа. После прокаливания до 1000 °С сохраняется примерно 60% аморфной фазы и появляются кристаллические вещества: диопсид, диопсид-геденберит, гематит, кварц, кристобалит в виде следов. ЭФШ состоит из аморфной фазы, включающей в себя также кристаллические образования преимущественно шпинели, рингвудита, форстерита. Таким образом, как в составе АК, так и ЭФШ преобладает стеклофаза, а различные кристаллические образования представлены в виде следов.

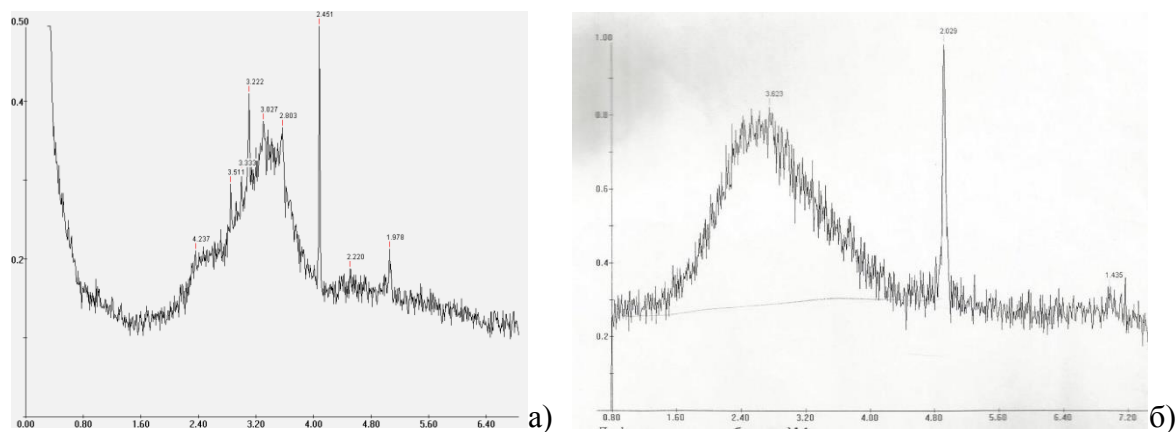


Рис.1. Дифрактограммы ЭФШ (а) и АК (б)

Основной характер ЭФШ, содержащего на поверхности частиц ионы Ca^{2+} и Mg^{2+} в составе силикатов и алюмосиликатов, может способствовать образованию плотных адсорбционных слоев полимера, а потому разрыхлению последующих межфазных слоев. Этот факт может привести к снижению прочности ПВХ-образцов, что, однако, может компенсироваться за счет высокой дисперсности наполнителей. В составе АК обнаружено наличие самородного железа, за которые ответственны пики при 2,029; 1,435 и 1,170 Å. Этот факт может привести к снижению электростатических свойств ПВХ-композиций, в силу наличия в их составе электромагнитных частиц. Кроме того, эти тонкодисперсные шлаки при малых концентрациях могут играть роль наполнителей-пигментов в композициях.

Образцы для испытаний получали в виде пленок на лабораторных вальцах ЛБ 200 100/100 Э при температуре валков 160-170 °С в течение 4-6 мин. Каждая серия образцов готовилась одновременно при одинаковом температурном режиме при одной и той же толщине зазора между валками. Компоненты предварительно перемешивались в течение 1-1,5 мин при комнатной температуре в лабораторном дисольвере ЛДУ-3 МПР в течение 5-7 мин при 500-700 об/мин.

*Галеев Р.Р., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г.
Поливинилхлоридные композиции со шлаками металлургических и химических производств*

Рассмотренные отходы неорганической природы в количестве 10 м.ч. были использованы в составе базовой композиции, содержащей 100 м.ч. ПВХ и 2 м.ч. стеарата кальция. Обычно в рецептурах ПВХ-композиций содержится еще ряд функциональных компонентов, в частности, модификаторы перерабатываемости и ударной прочности и более эффективные комплексные стабилизаторы [12]. Но в нашей работе выбран минимальный перечень компонентов, необходимый для получения пленочных образцов, для более четкого определения влияния наполнителей на основе свойства.

Для оценки эффективности использования наномодификаторов в ПВХ-композициях выбраны следующие показатели: прочность на растяжение, показатель текучести расплавов, время термостабильности. Перечень стандартных методов испытаний образцов наполненных ПВХ-композитов представлен в табл.2. Здесь же представлены условия оценки старения и определения долговечности ПВХ-образцов. Испытания ПВХ-композиций для материалов, предназначенных для эксплуатации в наружных условиях (а также в неотапливаемых помещениях) в климатических районах со среднемесячной температурой воздуха в январе -10°C , проводили в аппарате искусственной погоды с ксеноновым излучателем, по режиму:

- орошение соляным раствором – 0,4 ч;
- облучение УФ – 4 ч,
- орошение щелочным раствором – 0,3 ч;
- замораживание – 2,5 ч;
- орошение кислым раствором – 0,3 ч;
- нагрев до температуры 10°C – 15 ч.

В качестве характерных показателей старения при определении сопротивления климатическим воздействиям и оценки долговечности были выбраны прочность при растяжении и цветовые характеристики.

Таблица 2

Методы испытаний образцов

ГОСТ	Названия ГОСТ и основные определяемые характеристики
14236-81	Пленки полимерные. Метод испытания на растяжение.
11645-73	Пластмассы. Метод определения показателя текучести расплава термопластов.
14041-91	Пластмассы. Определение тенденции к выделению хлористого водорода и других кислотных продуктов при высокой температуре у композиций и продуктов на основе гомополимеров и сополимеров винилхлорида. Метод конго красный.
4650-2014	Пластмассы. Методы определения водопоглощения.
30973-2002	Профили поливинилхлоридные для оконных и дверных блоков. Метод определения сопротивления климатическим воздействиям и оценки долговечности

Галеев Р.Р., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г.
Поливинилхлоридные композиции со шлаками металлургических и химических производств

В табл.3 приведены данные технологических и основных технических свойств наполненных ПВХ, содержащих по 10 м.ч. наполнителей.

Таблица 3
Сравнительные характеристики наполненных ПВХ-композиций

Вид наполнителя	σ_p , МПа	τ , мин	ПТР(i), г/10 мин.	W, %
Без наполнителя	32	15	0,4	0,21
ЭФШ	38	66	3.1	0,14
АК	33	78	3,8	0,19

Характер структуры полимеров в граничных слоях непосредственно влияет на направление изменения тех или иных показателей композита. Калориметрическое определение толщины граничных слоев по величине скачка теплоемкости при температуре стеклования показало, что наполнение ПВХ рассматриваемыми наполнителями приводит к формированию разрыхленных граничных слоев различной толщины. Оказалось, что толщина граничных слоев в системе ПВХ – наполнитель имеет максимальное значение в присутствии ЭФШ (0,60 мкм). Введение шлака активного кремния приводит к образованию граничного слоя с толщиной, равной 0,41 мкм.

В случае введения в ПВХ ЭФШ, имеющего наибольшую толщину разрыхленных граничных слоев композите, выявлено некоторое повышение прочности ПВХ, что может быть связано с облегчением релаксации напряжений в граничных слоях, возникающих при деформации образцов [13]. Однако, вопреки ожиданиям электрофосфорный шлак в меньшей степени, чем АК ведет к росту термостабильности и снижению вязкости расплава (повышению показателя текучести расплавов). Чем больше величина рН, то есть степень щелочности среды, тем выше величина термостабильности ПВХ-композиции. ЭФШ и АК имеют одинаковое значение рН водной вытяжки. Но АК значительно более эффективен как термостабилизатор ПВХ.

Термостабилизирующая эффективность наполнителей обуславливает и эксплуатационную долговечность ПВХ-композиций. Данные изменения основных эксплуатационных характеристик композиций, содержащих модификаторы-наполнители, после ускоренного старения, соответствующего 20 условным годам эксплуатации, представлены в табл.4.

*Галеев Р.Р., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г.
Поливинилхлоридные композиции со шлаками металлургических и химических производств*

Таблица 4

Результаты ускоренного старения образцов

№	ПВХ-композиции	Изменение предела прочности при растяжении, %	Изменение цвета после облучения, порог серой шкалы, баллы
1	Без наполнителя	+12	1
2	ЭФШ	+9,4	4
3	АК	+11,0	4

В соответствии с разработанной методикой композиции, долговечность которых превышает 20 условных лет эксплуатации, должны после испытаний иметь отклонения прочности (σ_p) менее 40% и изменение цвета после облучения, определяемое по порогу серой шкалы, не менее 3 баллов. Составы, содержащие использованные наполнители, удовлетворяют этим требованиям. Выявлено практически полное сохранение первоначального цвета (порог серой шкалы равен 4 баллам).

Таким образом, рассмотренные наполнители могут быть использованы в составе рецептур жестких ПВХ-композиций взамен традиционных наполнителей. Перерабатываемость в присутствии ЭФШ и АК значительно облегчается, приближаясь к влиянию на перерабатываемость традиционного наполнителя – гидрофобизированного мела. Стабилизирующее действие обусловлено механизмом химической стабилизации, а изменения механических свойств определяются образованием межфазных слоев на границе полимер-наполнитель и особенностями их структуры.

Галеев Р.Р., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г.
 Поливинилхлоридные композиции со шлаками металлургических и химических производств

Библиографический список:**References:**

- | | |
|---|--|
| 1. Низамов Р.К., Галеев Р.Р., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Наумкина Н.И., Лыгина Т.З. Обоснование эффективности наполнения ПВХ-композиций тонкодисперсными отходами металлургических производств //Строительные материалы, 2005.-№7.- С.18-19. | Nizamov R.K., Galeev R.R., Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G., Naumkina N.I., Lygina T.Z. Justification of the efficiency of filling PVC compositions with fine wastes of metallurgical production // Construction materials, 2005.-№7.-С. 18-19. |
| 2. Низамов Р.К., Нагуманова Э.И., Галеев Р.Р., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. Модификация ПВХ-композиций отходами металлургических производств //Известия вузов. Строительство. 2006, вып.3-4, С.47-50. | Nizamov R.K., Nagumanova E.I., Galeev R.R., Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G. Modification of PVC compositions by metallurgical production wastes // Izvestiya VU-zov. Building. 2006, issue 3-4, p. 47-50. |
| 3. Галеев Р.Р., Якупов С.Н., Шафигуллин Р.И., Абдрахманова Л.А., Якупов Н.М. Влияние дисперсных наполнителей на механические характеристики поливинилхлоридных пленок // Сборник тезисов XI Всероссийской конференции «Структура и динамика молекулярных систем» Казань-Москва-Йошкар-Ола-Уфа, 2007.- С.65. | Galeev R.R., Yakupov S.N., Shafigullin R.I., Abdrakhmanova L.A., Yakupov N.M. Influence of disperse fillers on the mechanical characteristics of polyvinyl chloride films // Collection of Abstracts XI of the All-Russian Conference "Structure and Dynamics of Molecular Systems" Kazan-Moscow-Yoshkar-Ola-Ufa, 2007.- P.65. |
| 4. Галеев Р.Р. Колесникова И.В., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. Применение тонкодисперсных шлаков для производства поливинилхлоридных материалов //Строительные материалы, 2007. - № 7, С.82-83. | Galeev R.R. Kolesnikova I.V., Nizamov R.K., Abdrakhmanova L.A., Khozin V.G. The use of fine slag for the production of polyvinyl chloride materials. //Stroitel'nye materialy, 2007, No. 7, P.82-83. |
| 5. Галеев Р.Р., Колесникова И.В., Абдрахманова Л.А. Использование промышленных отходов неорганической природы в строительных материалах на основе органического сырья // Материалы научных трудов Четвертых Воскресенских чтений "Полимеры в строительстве". Казань, 2014. С.19-20. | Galeev R.R., Kolesnikova I.V., Abdrakhmanova L.A. Use of industrial wastes of inorganic nature in building materials based on organic raw materials // Materials of scientific papers of the Fourth Resurrection Readings "Poly-measures in construction". Kazan, 2014. P.19-20. |
| 6. Galeev R.R., Abdrachmanova L.A. PVC/ Polyfunctional Disperse Fillers Based on Technogenic Ram Materials // High-tech in chemical Engineering – 2014//Zwenigorod. 2014. P. 256. | Galeyev R.R., Abdrachmanova L.A. PVC/ Polyfunctional Disperse Fillers Based on Technogenic Ram Materials // High-tech in chemical Engineering – 2014//Zwenigorod. 2014. P. 256. |
| 7. Ruslan Galeev, Lyailya Abdrakhmanova, Rashid Nizamov"Nanomodified Organic-Inorganic Polymeric Binders for Polymer | Ruslan Galeev, Lyailya Abdrakhmanova, Rashid Nizamov"Nanomodified Organic-Inorganic Polymeric Binders for Polymer |

*Галеев Р.Р., Низамов Р.К., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г.
Поливинилхлоридные композиции со шлаками металлургических и химических производств*

	Building Materials" // Solid State Phenomena, 2018, Vol. 276, pp. 223-228.	Building Materials" // Solid State Phenomena, 2018, Vol. 276, pp. 223-228.
8.	Наилучшие доступные технологии. Применение в различных отраслях промышленности. Сборник статей 7. — М.: Издательство «Перо», 2017. — 176 с.	Best available technology. Application in various industries. Collection of articles 7. - M.: Perot Publishing House, 2017. - 176 p.
9.	Феофанов Г.Л. Учет экологического и энергетического фактора при обосновании стратегии развития промышленности строительных материалов на перспективу // Экспресс информация. Ресурсосберегающие технологии. 2009. №17.-С. 14-28.	Feofanov G.L. Accounting for environmental and energy factors in justifying the development strategy of the building materials industry for the future. Express information. Resource-saving technologies. 2009. №17.-С. 14-28.
10.	R.Galeev, Abdrakhmanova L. Architectural control of construction materials with application of man-made wastes/ AIP Conference Proceedings.- 2016. 1698, P. 070021.1-070021.8.	R.Galeev, Abdrakhmanova L. Architectural control of construction materials with application of man-made wastes/ AIP Conference Proceedings.- 2016. 1698, P. 070021.1-070021.8.
11.	Миркин Л.И. Рентгеноструктурный анализ: Справ. руководство. М: Наука 1976. 340 с.	Mirkin L.I. X-ray analysis: Ref. manual. M: Science 1976. 340 p.
12.	Гроссман Р.Ф. Руководство по разработке композиций на основе ПВХ. СПб.: Научные основы и технологии, 2009.- 608 с.	Grossman R.F. Guidance on the development of compositions based on PVC. SPb.: Scientific fundamentals and technologies, 2009.- 608 p.
13.	Малинский Ю.М., Эпельбаум И.В., Титова Н.М., Каргин В.А. Особенности структурообразования в тонких полимерных пленках //Высокомолекулярные соединения. 1968. А10. № 4. С. 786-789.	Malinsky Yu.M., Epelbaum I.V., Titova N.M., Kargin V.A. Features of structure formation in thin polymer films // Macromolecular compounds. 1968. A10. № 4. S. 786-789.

*Готлиб Е.М., Садыкова Д.Р., Нгуен Тхи Лан Ань, Кожевников Р.В., Соколова А.Г.
Производные растительных масел как модификаторы отделочных полимерных материалов*

УДК 678.743.

ГОТЛИБ Елена Михайловна

*доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры технологии
синтетического каучука, Казанский
национальный исследовательский
технологический университет (КНИТУ)*

GOTLIB Elena M.

*Doctor of Engineering, Professor,
Professor of the chair of artificial rubber
technology, Kazan National Research
Technological University (KNRTU)*

САДЫКОВА Д.Р.

*магистрант кафедры технологии
синтетического каучука, Казанский
национальный исследовательский
технологический университет (КНИТУ)*

SADYKOVA D.R.

*master's student of the Department of
synthetic rubber technology, Kazan
national research technological
University (KNITU)*

НГУЕН ТХИ ЛАН АНЬ

*аспирант кафедры технологии
синтетического каучука, Казанский
национальный исследовательский
технологический университет (КНИТУ)*

NGUYEN THI LAN ANH

*postgraduate student of the chair of
artificial rubber technology, Kazan
National Research Technological
University (KNRTU)*

КОЖЕВНИКОВ Р.В.

к.т.н., зам директора ОАО «Комитекс Лин»

KOZHEVNIKOV R.V.

*PhD in Engineering, Deputy Director of
JSC "Komitex Lin"*

СОКОЛОВА Алла Германовна

*кандидат технических наук, доцент, доцент
кафедры иностранных языков и
профессиональных языков, Национальный
исследовательский Московский
государственный строительный университет
(НИУ МГСУ)*

SOKOLOVA Alla G.

*PhD in Engineering, Associate
Professor, Associate Professor of the
chair of foreign languages and
professional communication, Moscow
State University of Civil Engineering
(National Research University) (MGSU)*

ПРОИЗВОДНЫЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ КАК МОДИФИКАТОРЫ ОТДЕЛОЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

*В настоящее время растительные масла
являются наиболее доступным и экологичным
возобновляемым сырьем, характеризующимся
биоразлагаемостью. С их применением
получают отделочные полимерные материалы
на основе ПВХ и эпоксидных полимеров. В
этом аспекте особый интерес представляет
побочный продукт производства*

DERIVATIVES OF VEGETABLE OILS AS MODIFIERS OF FINISHING POLYMER MATERIALS

*In the present time vegetable oils are the
most available and environmentally
friendly renewable raw materials
characterized by biodegradability. With
their use, finishing polymer materials
based on PVC and epoxy polymers are
obtained. In this aspect, of particular
interest is a by-product of the natural*

*Готлиб Е.М., Садыкова Д.Р., Нгуен Тхи Лан Ань, Кожевников Р.В., Соколова А.Г.
Производные растительных масел как модификаторы отделочных полимерных материалов*

натурального каучука - масло каучукового дерева (МКД). Применение его для модификации отвержденных аминами эпоксидных смол приводит к заметному росту износостойкости покрытий, обуславливают снижение степени их поперечного сшивания и оказывают пластифицирующее действие, а в случае ПВХ линолеума не снижает эксплуатационные свойства, при улучшении технологических и экологических показателей.

Ключевые слова: соевое масло, масло каучукового дерева, износостойкость, миграция. ПВХ, эпоксидная смола.

rubber production - rubber seed oil. Its use for modification of amine-cured epoxy resins leads to a increase in the wear resistance of coatings, cause a decrease in the degree of their cross-linking and have a plasticizing effect, and in the case of PVC linoleum does not reduce the performance properties, while improving technological and environmental characteristics.

Key words: soybean oil, rubber seed oil, wear resistance, migration, PVC, epoxy resin.

Введение.

В настоящее время наибольшее распространение в «зеленой» химии получило возобновляемое сырье на основе растительных масел (РМ), полисахаридов (главным образом целлюлозы и крахмала) и древесины [1].

На сегодняшний день растительные масла являются наиболее доступным и экологичным возобновляемым сырьем, характеризующимся биоразлагаемостью [2].

Так, в Германии, доля возобновляемых ресурсов в химической промышленности находится на уровне 10%, из которых третья часть приходится на растительные масла, с применением которых получают отделочные полимерные материалы на основе ПВХ и эпоксидных смол.

Хорошо известным примером является линолеум, который промышленно производился в 19 веке на основе льняного масла, и был экологичной альтернативой современным поливинилхлоридным напольным покрытиям [3].

Одновременно важной задачей экономического развития промышленно развитых стран становится рациональное использование природных ресурсов, в том числе эффективное применение в хозяйственной деятельности крупнотоннажных отходов, в том числе сельскохозяйственного производства.

В этом аспекте особый интерес представляет побочный продукт производства натурального каучука - масло каучукового дерева (МКД).

Здоровое дерево *Hevea brasiliensis* дает в среднем ежегодно около 500 г семян, содержащих 50-60% вес. масла. Поэтому квалифицированное использование этого отхода для стран Юго-Восточной Азии, Латинской Америки и Африки, где произрастает гевея, имеет важное практическое значение [4].

*Готлиб Е.М., Садыкова Д.Р., Нгуен Тхи Лан Ань, Кожевников Р.В., Соколова А.Г.
Производные растительных масел как модификаторы отделочных полимерных материалов*

Экспериментальная часть.

Для получения модифицированных эпоксидных композиций использовалась диановая смола ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), отверждаемая аминоалкилфенолом АФ-2 (ТУ 2494-052-00205423-2004).

Содержание отвердителя определялось эквимольным соотношением [эпоксигруппы]:[амин]. Отверждение ЭД-20 АФ-2 проводилось при комнатной температуре 24 часа.

Композиции для производства линолеума готовились на основе пастообразующей, эмульсионной смолы марки ПВХ-Е-6250-Ж (ГОСТ 14039-78), наполнителя микромрамора (ТУ 5716-001-99242323-2007) и пластификатора ЭДОС (ТУ 2493-003-13004749-93).

В качестве модификаторов эпоксидных и поливинилхлоридных материалов использовались жидкая часть Вьетнамского масла каучукового дерева (МКД) из провинции Вунгтау, полученная после центрифугирования и фильтрования [5], а также соевое масло производства Симплай из Вьетнама.

Испытания на износостойкость эпоксидных материалов проводились на вертикальном оптиметре ИЗВ-1 при следующем режиме: удельное давление контртела на испытываемую поверхность образца $P=1$ МПа, скорость скольжения $V_{ск}=1$ м/сек, без смазки.

Твердость определялась по методу Баркола (ГОСТ Р 56761-2015, ASTM B648-2000 и ASTM D-2583).

Химическая стойкость эпоксидных материалов определялась по ГОСТ Р 56818-2015 в 5% водных растворах щелочей, кислот, и солей.

Золь-гель анализ проводился в аппарате Сокслета в кипящем ацетоне – 6 часов. Жизнеспособность эпоксидных композиций определялась на приборе Вика при комнатной температуре.

Температуру стеклования эпоксидных материалов определяли термомеханическим методом на приборе ТМА 402 F1 фирмы «Netzsch» со скоростью 5 °С/мин., при постоянной нагрузке 2 Н.

Водопоглощение их определялось по ГОСТ 4650-2014 при выдержке образцов в дистиллированной воде одни сутки.

Изменение линейных размеров ПВХ линолеума оценивали по ГОСТу 7251-77.

Эксплуатационные характеристики образцов напольного покрытия были исследованы, согласно методам контроля поливинилхлоридных материалов для полов, по ГОСТу 11529-86.

Миграция пластификатора из ПВХ пасты для линолеума определялась в соответствии с Европейским стандартом EN 664 1994.

*Готлиб Е.М., Садыкова Д.Р., Нгуен Тхи Лан Ань, Кожевников Р.В., Соколова А.Г.
Производные растительных масел как модификаторы отделочных полимерных материалов*

Обсуждение результатов.

Растительные масла представляют собой эфиры триглицеридов ненасыщенных и насыщенных жирных кислот [6]. При этом наиболее важными параметрами, влияющими на их свойства, являются жирно-кислотный состав, который зависит от типа сельскохозяйственной культуры, сезона и климата, в котором она произрастает, а также от способа выделения и хранения масла [7].

Определенную роль играет содержание свободных жирных кислот, длина их углеродных цепей, стереохимия двойных связей их фрагментов, а также степень ненасыщенности.

МКД, с экологической точки зрения, более перспективное сырье для «зеленой» химии, чем, например, коммерчески доступное и распространенное соевое масло (СМ). В частности, это связано с тем, что в отличие от последнего, масло каучукового дерева не может употребляться человеком в пищу, а также использоваться в производстве кормов для животных [6]. Это обусловлено содержанием в масле каучукового дерева цианогенных гликозидов, которые под действием специфического фермента или в слабой кислоте превращаются в цианид [8].

Кроме того, соевое масло является целевым продуктом, а МКД – побочным. Важным фактором является также то, что маслосодержание зерен, так называемого, каучукового дерева больше, чем сои (порядка 20%).

Необходимо учитывать при этом и экономические факторы. Так МКД в Юго-Восточной Азии стоит порядка 0,4 евро/кг, а соевое масло – 1 евро/кг.

В тоже время МКД содержит большее количество свободных жирных кислот, чем другие растительные масла в частности СМ. Таким образом, среди промышленных растительных масел у МКД – одна из наиболее высоких степеней не насыщенности [7, 8]. Это необходимо учитывать при изучении возможностей его практического применения.

Известно [6], что производные растительных масел, в частности, наиболее распространенного соевого, являются достаточно эффективными модификаторами эпоксидных и поливинилхлоридных полимеров. Поэтому применение для этих целей МКД представляет, как научный, так и практический интерес.

Применение МКД для модификации отвержденных аминами эпоксидных смол показало, что введение его в количестве 10 мас.ч на 100 мас.ч ЭД-20 приводит (табл.1) к заметному росту износостойкости эпоксидных покрытий, а твердость их несколько снижается. Соевое масло оказывает примерно такое же влияние на износ эпоксидных покрытий, однако твердость их увеличивается, по сравнению с применением не модифицированного полимера (табл.1).

*Готлиб Е.М., Садыкова Д.Р., Нгуен Тхи Лан Ань, Кожевников Р.В., Соколова А.Г.
Производные растительных масел как модификаторы отделочных полимерных материалов*

Таблица 1

Твердость и величина износа эпоксидных покрытий

Композиция	Твердость, НВа	Износ, 10^{-6} м
ЭД-20 + АФ-2+ СМ	35	17
ЭД-20 + АФ-2+ МКД	26	18
ЭД-20 +АФ-2	31	22

Примечание. Содержание модификаторов 10 мас.ч на 100 мас.ч ЭД-20.

При анализе влияния модификации эпоксидных композиций РМ на водостойкость (табл.2) установлено, что МКД и соевое масло повышают их набухание в воде. Однако, водостойкость модифицированных эпоксидных покрытий остается достаточно высокой (их водопоглощение менее 1%).

При этом рост набухания эпоксидных композиций в воде при введении МКД больше по величине, чем при модификации соевым маслом. Это связано с присутствием ненасыщенных жирных кислот в этом модификаторе, что уменьшает устойчивость эпоксиполимеров в агрессивных средах [9].

Кроме того, известно [10], что набухание сетчатых полимеров в воде растет при возрастании их свободного объема и снижении густоты пространственной структуры. Это имеет место при модификации МКД, как и другими растительными маслами, например, пальмовым [11], поскольку РМ только частично встраиваются в эпоксидную сетку, а оставшаяся их часть образует ее дефекты типа «хвостов».

Разрыхление структуры при модификации СМ и МКД снижает водостойкость эпоксидных материалов, из-за увеличения количества поглощенной системой жидкой среды.

Исследованные растительные масла уменьшают содержание геля в композиции, то есть обуславливают снижение степени поперечного сшивания эпоксидных материалов. Это проявляется в большей степени при модификации маслом каучукового дерева.

Таблица 2

Водопоглощение и содержание гель-фракции, модифицированных эпоксидных композиций

Тип модификатора	Содержание гель-фракции, %	Водопоглощение, %
Соевое масло	93,5	0,87
МКД	89,1	0,98
Без модификатора	96.1	0,76

Примечание. Содержание модификаторов 10 мас.ч на 100 мас.ч ЭД-20

Готлиб Е.М., Садыкова Д.Р., Нгуен Тхи Лан Ань, Кожеевников Р.В., Соколова А.Г.
Производные растительных масел как модификаторы отделочных полимерных материалов

Как соевое масло, так и МКД влияют не только на степень, но и на скорость отверждения эпоксидных олигомеров амина фенольным отвердителем, что проявляется в росте времени гелеобразования в результате модификации, очевидно, за счет эффекта разбавления. В случае использования МКД жизнеспособность увеличивается в большей степени (табл.3).

Таблица 3

Жизнеспособность модифицированных эпоксидных композиций

Тип модификатора	Жизнеспособность, мин
Соевое масло	80
МКД	95
Без модификатора	60

Примечание. Содержание модификаторов 10 мас.ч на 100 мас.ч ЭД-20

Можно отметить, что наблюдается корреляция между содержанием геля – фракции, жизнеспособностью и водостойкостью модифицированных эпоксидных композиций. С уменьшением содержания геля (то есть снижением густоты пространственной сетки материалов) имеет место увеличение их водопоглощения.

Таблица 4

Температура стеклования эпоксидных композиций, определенная термомеханическим методом

Модификатор	Температура стеклования, °С
Не модифицированный	52
МКД-10 мас.ч.	48
СМ-10 мас.ч.	50

Как соевое, так и масло каучукового дерева оказывают пластифицирующее действие на эпоксидные композиции, снижая температуру их стеклования (табл.4). Этот эффект несколько выше при модификации МКД.

Применение МКД и СМ в качестве модификаторов, как свидетельствуют полученные нами экспериментальные данные, практически не влияет на прочность связи между слоями ПВХ линолеума (табл.5). Однако с увеличением содержания МКД в композиции несколько растет изменение линейных размеров, то есть увеличивается усадка линолеума.

Миграция легколетучих добавок из ПВХ пасты остается на уровне не модифицированного МКД напольного материала (табл.5). Это связано, очевидно, с тем, что МКД, также, как и компоненты пластификатора ЭДОС, мигрирует в процессе желирования ПВХ пасты, который продолжается в производственных условиях 5 минут при 130 °С.

Готлиб Е.М., Садыкова Д.Р., Нгуен Тхи Лан Ань, Кожевников Р.В., Соколова А.Г.
Производные растительных масел как модификаторы отделочных полимерных материалов

При применении в качестве модификатора соевого масла усадка ПВХ линолеума меньше, чем в случае использования МКД.

Таблица 5

**Влияние модификации МКД и СМ
на эксплуатационные характеристики ПВХ линолеума**

Компоненты	Содержание, мас.ч.	Прочность связи, кгс/см		Изменение линейных размеров, %	Миграция пластифи- катора, %
		Экспресс	8 ч		
ЭДОС	92	1,2	1,0	0,10	2,8
ПВХ	100				
Мел	196				
ЭДОС	89	1,2	1,0	0,11	2,7
МКД	3				
ПВХ	100				
Мел	196	1,1	0,9	0,12	2,8
ЭДОС	87				
МКД	5				
ПВХ	100				
Мел	196	1,2	1,0	0,10	2,6
ЭДОС	89				
СМ	3				
ПВХ	100				
Мел	196				

Таким образом, исходя из эксплуатационных характеристик ПВХ композиции для производства линолеума, рациональной является замена 3 мас.ч ЭДОСа на соевое масло или масло каучукового дерева. Это улучшает экологические и экономические характеристики линолеума, в странах произрастания *Hevea brasiliensis*, при сохранении эксплуатационных показателей и степени миграции летучих компонентов на уровне не модифицированного напольного покрытия.

Заключение.

Таким образом, масло каучукового дерева, исходя из экономических и экологических факторов, а также задачи охраны окружающей среды, путем рациональной утилизацией крупнотоннажных отходов, представляет интерес как модификатор эпоксидных и поливинилхлоридных материалов.

*Готлиб Е.М., Садыкова Д.Р., Нгуен Тхи Лан Ань, Кожевников Р.В., Соколова А.Г.
Производные растительных масел как модификаторы отделочных полимерных материалов*

Библиографический список:**References:**

- | | |
|--|--|
| <p>1. Дабаева М.Д. Эколого-безопасная утилизация отходов: монография / М.Д.Дабаева, И.И. Федоров, А.И. Куликов; Бурят. гос. с.-х. академия. - Улан-Удэ: Изд-во БГСХА, 2001. - 94 с.</p> | <p>Dabaeva M. D. Ecological-safe waste disposal: monograph / M. D. Dabaeva, I. I. Fedorov, A. I. Kulikov; Buryat. state Academy. - Ulan-Ude: publishing House of bgsha, 2001. 94 p.</p> |
| <p>2. Meier M.A.R. Plant oil renewable resources as green alternatives in polymer science / M.A.R. Meier, J.O. Metzger, U.S. Schubert // Chem. Soc. Rev. – 2007. – Vol. 36. – PP. 1788-1802.</p> | <p>Meier M.A.R. Plant oil renewable resources as green alternatives in polymer science / M.A.R. Meier, J.O. Metzger, U.S. Schubert // Chem. Soc. Rev. – 2007. – Vol. 36. – PP. 1788-1802.</p> |
| <p>3. ПВХ-линолеум: классификация, способы производства, анализ рынка, рецептуры, свойства: монография / Е.М. Готлиб, Р.В. Кожевников, Д.Ф. Садыкова; – Казань: Изд-во Каз. нац. иссл. технол. ун-та, 2015. – 135 с.</p> | <p>PVC linoleum: classification, methods of production, market analysis, recipes, properties: monograph / E. M. Gottlieb, R. V. Kozhevnikov, D. F. Sadykova; – Kazan : Publishing house KAZ. NAT. issl. technol. UN-TA, 2015. 135 p.</p> |
| <p>4. Iyayi A.F, Akpaka P.O, Ukpereyibo U, Balogun F.E, Momodu I.O. Rubber seed oil: An oil with great potentials. Chemtech, 2007, 3, 507-516.</p> | <p>Iyayi A.F, Akpaka P.O, Ukpereyibo U, Balogun F.E, Momodu I.O. Rubber seed oil: An oil with great potentials. Chemtech, 2007, 3, 507-516.</p> |
| <p>5. Ань Нгуен, Готлиб Е.М., Милославский Д. Г., Ахмедьянова Р.А. Модификация эпоксидных композиций маслом каучукового дерева. Вестник Казанского университета. 2017. Т.20. №23. С.10-13</p> | <p>An Nguyen, Gottlieb E. M., Miloslavsky D. G., Akhmedyanova R. A. Modification of epoxy compositions with rubber tree oil. Bulletin of Kazan University. 2017. Vol. 20. No. 23. C. 10-13.</p> |
| <p>6. Sharma V. Addition polymers from natural oils – A review / V. Sharma P.P. Kundu // Prog. Polym. Sci. – 2006. – Vol. 31. – Is. 11. – PP. 983-1008.</p> | <p>Sharma V. Addition polymers from natural oils – A review / V. Sharma P.P. Kundu // Prog. Polym. Sci. – 2006. – Vol. 31. – Is. 11. – PP. 983-1008.</p> |
| <p>7. Güner F.S. Polymers from triglyceride oils / F.S. Güner, Y. Yağcı, A.T. Erciyes // Prog. Polym. Sci. – 2006. – Vol. 31. – Is. 7. – PP. 633-670.</p> | <p>Güner F.S. Polymers from triglyceride oils / F.S. Güner, Y. Yağcı, A.T. Erciyes // Prog. Polym. Sci. – 2006. – Vol. 31. – Is. 7. – PP. 633-670.</p> |
| <p>8. Shaker, N.O.; Kandeel, E.M.; Badr, E.E.; El-Sawy, M.M. Syntheses and properties of renewable environment-friendly epoxy resins for surface coatings. J. Dispers. Sci. Technol.-2008, 29, 421–425.</p> | <p>Shaker, N.O.; Kandeel, E.M.; Badr, E.E.; El-Sawy, M.M. Syntheses and properties of renewable environment-friendly epoxy resins for surface coatings. J. Dispers. Sci. Technol.- 2008, 29, 421–425.</p> |
| <p>9. Aigbodion A.I, Pillai E Preparation, analysis and applications of rubber seed oil and its derivatives in surface coatings. Prog. Org. Coating, 2008. 38: 1187-1192.</p> | <p>Aigbodion A.I, Pillai E Preparation, analysis and applications of rubber seed oil and its derivatives in surface coatings. Prog. Org. Coating, 2008. 38: 1187-1192.</p> |
| <p>10. Ariyanti Sarwono • Zakaria Man • M. Azmi BustamJ Blending of Epoxidised Palm Oil with Epoxy Resin: The Effect on</p> | <p>Ariyanti Sarwono • Zakaria Man • M. Azmi BustamJ Blending of Epoxidised Palm Oil with Epoxy Resin: The Effect on</p> |

*Готлиб Е.М., Садыкова Д.Р., Нгуен Тхи Лан Ань, Кожевников Р.В., Соколова А.Г.
Производные растительных масел как модификаторы отделочных полимерных материалов*

Morphology, Thermal and Mechanical Properties, Polym Environ -2012, 20, p.540–549.	Morphology, Thermal and Mechanical Properties, Polym Environ -2012, 20, p.540–549.
11. Пыриков А.В., Лойко Д.П. Влияние воды на эксплуатационные свойства эпоксидных и эпоксикаучуковых полимеров. Вестник ТГЭУ. № 3. 2008, с.29-33.	Pyrikov A.V., Loiko D. P. the Effect of water on the performance properties of epoxy and epoxy-rubber polymers. Bulletin of tgeu. No. 3. 2008, p. 29-33

Готлиб Е.М., Ха Тхи Нья Фьонг, Исламова Г.Г., Ямалеева Е.С., Лыгина Т.З.
Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи

УДК 678.686.

ГОТЛИБ Елена Михайловна

доктор технических наук, профессор,
 профессор кафедры технологии
 синтетического каучука, Казанский
 национальный исследовательский
 технологический университет (КНИТУ)

GOTLIB Elena M.

Doctor of Engineering, Professor,
 Professor of the chair of artificial rubber
 technology, Kazan National Research
 Technological University (KNRTU)

ХА ТХИ НЬЯ ФЬОНГ

аспирант, каф. Технологии синтетического
 каучука КНИТУ

HA THI NHA PHUONG

postgraduate of the same department,
 KNRTU

ИСЛАМОВА Галия Газизовна

к.т.н., зав. лабораторией ЛК
 "НаноАналитика" ФГБОУ ВО "КНИТУ"

ISLAMOVA Galiya G.

Ph.D., Head. Laboratory of LC
 "NanoAnalytics", KNRTU

ЯМАЛЕЕВА Екатерина Сергеевна

к.т.н., доцент каф. Медицинской инженерии
 КНИТУ

YAMALEEVA Ekaterina S.

Ph.D., associate professor Medical
 Engineering, KNRTU

ЛЫГИНА Талия Зинуровна

д.г.м.н., профессор каф. ТНВиМ ФГБОУ ВО
 "КНИТУ»

LYGINA Taliya Z.

D.Sc., professor, department TNViM,
 KNRTU

ПОЛУЧЕНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ЭПОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

OBTAINING FILLERS OF EPOXY MATERIALS BASED ON RICE HUSKEY

Высокий инновационный ресурс для «зеленой химии» представляет получение наполнителей на основе многотоннажных сельскохозяйственных отходов, как дешевого, не токсичного, возобновляемого растительного сырья. В этом аспекте важное практическое значение приобретает использование рисовой шелухи, составляющей в среднем 20-25% от объема целевого продукта, и получение на ее основе синтетического волластонита. Исследования показали, что максимальное содержание волластонита А с игольчатой формой частиц обнаружено в образце наполнителя с молярным соотношением карбоната кальция к оксиду кремния, 1,2:1.

High innovative resource for "green chemistry" is the production of fillers based on heavy agricultural waste, as cheap, non-toxic, renewable plant materials. In this aspect, the use of rice husk, averaging 20–25% of the volume of the target product, and obtaining synthetic wollastonite on its basis are of practical importance. Studies have shown that the maximum content of wollastonite A with a needle-like particle shape is found in a sample of a filler with a molar ratio of calcium carbonate to silica, 1.2:1. The filler of this composition has the greatest modifying effect in epoxy materials.

Готлиб Е.М., Ха Тхи Нья Фыонг, Исламова Г.Г., Ямалеева Е.С., Лыгина Т.З.
Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи

Наполнитель этого состава оказывает наибольший модифицирующий эффект в эпоксидных материалах.

Ключевые слова: рисовая шелуха, волластонит, зола рисовой шелухи, износостойкость, маслостойкость, рентгенографический анализ.

Key words: rice husk, wollastonite, rice husk ash, wear resistance, oil absorption, X-ray analysis.

Введение.

В настоящее время, в связи с интенсивным развитием производства и ростом антропогенного воздействия человека на окружающую среду, серьезной проблемой, нарушающей гармоничное развитие биосферы, является образование большого числа различных отходов, складирование которых ведёт к загрязнению, а следовательно, нерациональному использованию земельных угодий, создаёт реальные угрозы значительных загрязнений атмосферы, приводит к росту транспортных расходов и безвозвратной потере ценных материалов и веществ [1].

В настоящее время вопросы защиты окружающей среды и экологической безопасности приобретают всё более важное значение. В этой связи особую актуальность приобретает разработка эффективных технологий переработки ежегодно возобновляемых отходов растительного происхождения, которые представляют высокий инновационный ресурс для получения разнообразной полезной продукции крупно- и малотоннажной «зеленой химии» [2].

Особое внимание исследователей уделяется получению наполнителей на основе многотоннажных сельскохозяйственных отходов, как дешевого, не токсичного, возобновляемого растительного сырья, отличающегося разнообразием ценных свойств.

В этом аспекте важное практическое значение приобретают вопросы использования в этих целях рисовой шелухи (РШ), так как в процессе переработки риса – сырца ее накапливается в среднем 20-25% от объема целевого продукта [3].

РШ, в зависимости от условий произрастания риса и типа почвы, содержит 34-45% целлюлозы, 19-46% лигнина, 2-8% протеина, и до 15-20% диоксида кремния [4]. Спектральным анализом установлено присутствие в этой шелухе оксидов Ca, Mg, Al, Cu, Mn, Fe, и др [4].

Благодаря доступности, не токсичности, низкой насыпной плотности (90-150 кг/м³), не высокой стоимости и вязкости, стойкости к атмосферным воздействиям и уникальному составу, рисовая шелуха представляет большой

Готлиб Е.М., Ха Тхи Нья Фьонг, Исламова Г.Г., Ямалеева Е.С., Лыгина Т.З.
Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи

интерес как наполнитель полимерных композиционных материалов, который, кроме того, способен ускорять их биоразлагаемость [5].

Так, рисовая шелуха может эффективно использоваться для наполнения эпоксидных композиций, полученных методом прессования [6]. Показано, что применение ее позволяет значительно снизить потери при абразивном износе эпоксидных материалов.

Авторами [6] установлено оптимальное содержание наполнителя в полимерной матрице – 10% масс. Увеличение его количества ведет к агломерации частиц и ухудшению трибологических свойств материала. Однако износостойкость остается выше, чем у не наполненного эпоксидного полимера.

В связи с этим, РШ и продукты на ее основе были исследованы нами в качестве наполнителей эпоксидных материалов.

Экспериментальная часть.

Для получения эпоксидных композиций использовалась диановая смола марки ЭД-20 (ГОСТ 10587-84), отверждаемая аминоалкилфенолом (АФ-2) (ТУ 2494-052-00205423-2004). Содержание отвердителя определялось эквимольным соотношением [эпоксигруппы]:[амин].

В качестве наполнителей применялись рисовая шелуха (РШ) с размером частиц $2,10^3$ мкм (табл.1), а также зола на ее основе, полученная при 350 и 800 °С. Она имеет размер частиц 7-15 мкм (табл.2).

Таблица 1

Состав рисовой шелухи

Компонент	Содержание, % (масс.)
Влага	3,75-4,08
Зола	1,78-11,86
Пентозаны	4,52-37,0
Целлюлоза	34,32-43,12
Лигнин	19,20-46,97
Протеин	1,21-8,75
Жиры	0,38-6,62

Кроме того, как наполнитель использовался синтетический волластонит, который был получен из золы рисовой шелухи (ЗРШ) и известняка при молярных отношениях $\text{CaCO}_3:\text{SiO}_2=1,2:1$ (образец 1); 1:1 (образец 2) и 1:1,2 (образец 3), соответственно, при температуре 1100 °С в течение 3 часов [7]. Для сравнения

Готлиб Е.М., Ха Тхи Нья Фыонг, Исламова Г.Г., Ямалеева Е.С., Лыгина Т.З.
Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи

исследовался природный волластонит марки Миволл 10-97 (ТУ 577-006-40705684-2003).

Таблица 2

Состав золы рисовой шелухи (ЗРШ)

Компонент	SiO ₂	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃
Содержание, %	78-86	2,5-3,5	3-6	1-2	1,5-2	1-1,5

Износостойкость образцов измерялась на вертикальном оптиметре ИЗВ-1 при удельном давлении контртела на испытываемую поверхность образца $P=1$ МПа, скорости скольжения $V_{ск}=1$ м/сек, без смазки.

Спектры образцов синтетического волластонита были сняты методом рентгенографического анализа при помощи многофункционального рентгеновского дифрактометра Rigaku Smart Lab. Параметры съемки: угловой диапазон сканирований 2θ 3° - 65° , шаг сканирования $0,02^\circ$, скорость сканирования $1^\circ/\text{мин}$.

Маслоемкость оценивалась по ГОСТу 21119.8-75.

Адсорбция эпоксидной смолы на поверхности исследованных наполнителей определялась, путем выдержки смеси ЭД-20 - наполнитель в ацетоне при комнатной температуре в течении 6 часов, с последующей фильтрацией раствора и определения массы твердого осадка.

Обсуждение результатов.

Фазовый состав полученных в работе [7] образцов синтетического волластонита представлен следующими компонентами:

1. Волластонит 1А – химический состав: Ca. 5.81 Mn.19 Si6 O18, с параметрами решетки $a=7.9258 \text{ \AA}$, $b=7.3202 \text{ \AA}$, $c=7.0653 \text{ \AA}$, $\alpha=90.055^\circ$, $\beta=95.217^\circ$, $\gamma=103.426^\circ$, состоящей из одного слоя элементарной ячейки, с триклинной сингонией, Spacegroup No=2 Hermann Mauguin=C-1 Lattice=Triclinic (database COD 0012176).

2. Волластонит 2m – химический состав: CaSiO₃, с параметрами решетки $a=16.3510 \text{ \AA}$, $b=7.3240 \text{ \AA}$, $c=15.4240 \text{ \AA}$, $\alpha=90^\circ$, $\beta=154.5060^\circ$, $\gamma=90^\circ$, состоящей из одного слоя элементарной ячейки, с моноклинной сингонией, Spacegroup No=14 Hermann Mauguin=P12₁/c1.

3. Псевдоволластонит – высокотемпературный диморф волластонита преимущественно искусственного происхождения. У него -сингония моноклинная, содержит в структуре изолированные кольца (Si₃O₉)⁶⁻.

Готлиб Е.М., Ха Тхи Нья Фьонг, Исламова Г.Г., Ямалеева Е.С., Лыгина Т.З.
Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи

4. Крестобалит – высокотемпературная полиморфная модификация кварца или низкотемпературная тетрагональная псевдокубичная модификация кремнезема координационного строения.

5. Ларнит – островной силикат кальция. Высокотемпературный моноклинный полиморфный аналог кальциооливина, который стабилен в диапазоне температур от 520 до 670 °С.

6. Гроссуляр – минерал, относящийся к группе гранатов, имеющий формулу $\text{Ca}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$. Встречаются в породах в виде изометричных зерен, зернистых агрегатов, иногда радиально-лучистого строения. Обычная форма кристаллов – ромбододекаэдры или тетрагонтриоктаэдры.

Таблица 3

Содержание компонентов в образцах синтезированного волластонита (масс. %)

Образец	1	2	3
Волластонит 2m	7	1	20
Ларнит	43	22	2
Крестобалит	0	0	4
Псевдоволластонит	38	77	70
Волластонит 1A	11	0	4

Таким образом, максимальное содержание целевого компонента обнаружено в образце синтетического волластонита с молярным соотношением $\text{CaCO}_3:\text{SiO}_2$, равным 1,2:1. Этот образец представляет наибольший интерес в качестве микроармирующего наполнителя композиционных полимерных материалов, так как содержит большее количество минерала с игольчатой структурой, наличие которой обеспечивает эффективность модифицирующего действия волластонита [8].

Одной из характеристик структуры наполнителя является маслосъемность, которая зависит от его гранулометрического состава, плотности упаковки и площади поверхности.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что маслосъемность всех образцов синтетического волластонита существенно ниже, чем природного. Это указывает, согласно литературным данным [9], на больший размер его частиц и меньшую степень их дисперсности. Однако, определенный вклад в значение этого показателя вносит и дефектность структуры наполнителя.

Можно предположить, что большая маслосъемность природного волластонита связана с анизодиаметричной формой его частиц, так как их неправильная форма (игольчатые, чешуйчатые) способствует

Готлиб Е.М., Ха Тхи Нья Фьонг, Исламова Г.Г., Ямалеева Е.С., Лыгина Т.З.
Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи

маслопоглощению. В то же время синтетический волластонит содержит меньшее количество, так называемого волластонита А, который имеет выраженную анизодиаметричную форму частиц (табл.3).

Таблица 4

Маслоемкость образцов рисовой шелухи, ее золы и синтезированного волластонита в сравнении с природным

Наименование образца	Маслоемкость, %
ЗРШ – 350 °С	146
ЗРШ – 800 °С	110
Рисовая шелуха	93
Синтетический волластонит $n_{CaCO_3}:n_{SiO_2}=1,2:1$	40
Синтетический волластонит $n_{CaCO_3}:n_{SiO_2}=1:1$	38
Синтетический волластонит $n_{CaCO_3}:n_{SiO_2}=1:1,2$	37
Природный волластонит Миволл 10 - 97	52

Полученные данные свидетельствуют о том, что существует корреляция между содержанием волластонита А в синтезированном наполнителе и его маслоемкостью (табл.3 и 4).

Зола рисовой шелухи, содержащая преимущественно аморфный кремнезем [10], имеет большое количество пор, и поэтому ее маслоемкость выше, чем у природного и синтетического волластонита.

Этот показатель еще увеличивается при получении золы РШ при более низких температурах, что связано, на наш взгляд, с меньшим содержанием в его составе оксида кремния и большего остаточного количества органической составляющей.

Маслоемкость рисовой шелухи существенно ниже, чем ее золы, полученной при различных температурах (табл.4).

Природный волластонит является достаточно эффективным наполнителем эпоксидных материалов, улучшающим целый комплекс их эксплуатационных характеристик [11]. Поэтому представляет интерес использование в этих

Готлиб Е.М., Ха Тхи Нья Фыонг, Исламова Г.Г., Ямалеева Е.С., Лыгина Т.З.
Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи

композициях рисовой шелухи, ее золы и синтетического волластонита на основе ЗРШ.

Проведенные методом экстракции исследования показали (табл.5), что адсорбция эпоксидно-диановой смолы ЭД-20 на поверхности наполнителя больше для синтетического волластонита, по сравнению с природным. Этот эффект имеет место для образцов волластонита на основе рисовой шелухи с разным молярным содержанием оксида кремния и карбоната кальция. Этот эффект обусловлен высокой активностью аморфного оксида кремния растительного происхождения [12].

Из-за пористости золы РШ, адсорбция на ней эпоксидного олигомера существенно выше, чем у образцов как природного, так и синтетического волластонита (табл.5). Причем, она уменьшается, как и маслосъемность, при увеличении температуры получения золы РШ.

Таблица 5

Степень адсорбции ЭД-20 на поверхности исследованных наполнителей

Тип наполнителя	Степень адсорбции, %
Зола рисовая шелуха – 350 °С	3,28
Зола рисовая шелуха – 800 °С	2,36
Рисовая шелуха	1,90
Синтетический волластонит $n_{CaCO_3}:n_{SiO_2} = 1,2:1$	1,60
Синтетический волластонит $n_{CaCO_3}:n_{SiO_2} = 1:1$	1,53
Синтетический волластонит $n_{CaCO_3}:n_{SiO_2} = 1:1,2$	1,68
Природный волластонит Миволл 10-97	1,42

Большее взаимодействие наполнителя и эпоксидного олигомера имеет место для синтетического волластонита, имеющего структуру, наиболее близкую к природному наполнителю. Этот образец, содержащий большее количество волластонита А, характеризуется и большей маслосъемностью (табл.4).

Полученные результаты можно объяснить тем, что оксид кремния, из рисовой шелухи, обычно является аморфным (порошкообразная форма), с размером частиц в несколько мкм и с пористостью их 0,0045 мкм, поэтому площадь контакта с полимерной матрицей очень большая, она достигает 321 м²/1 г [13].

Готлиб Е.М., Ха Тхи Нья Фыонг, Исламова Г.Г., Ямалеева Е.С., Лыгина Т.З.
Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи

Анализ полученных нами экспериментальных данных показал, что изнашивание эпоксидных композитов, при наполнении их как природным, так и синтетическим волластонитом, уменьшается (табл.6). Это связано с анизодиаметричной формой частиц этих коротковолокнистых наполнителей, оказывающих, согласно литературным данным [11], общее усиливающее действие, особенно влияющее на усталостные свойства материалов.

При этом, природный волластонит в большей степени снижает износ эпоксидных покрытий, по сравнению с синтезированным наполнителем.

Таблица 6

Износостойкость эпоксидных материалов

Тип наполнителя	Износ, $\times 10^{-6}$, м
Не наполненный полимер	19
Природный волластонит	12
Синтетический волластонит с молярным отношением CaCO_3 и SiO_2 – 1,2:1	12
Синтетический волластонит с молярным отношением CaCO_3 и SiO_2 – 1:1	14
Синтетический волластонит с молярным отношением CaCO_3 и SiO_2 – 1:1,2	13

Большой положительный эффект обеспечивает синтетический наполнитель с максимальным содержанием волластонита А (табл.3 и 6).

Заключение.

Наполнители, получаемые с использованием рисовой шелухи, представляют интерес для эпоксидных материалов. Наиболее эффективно применение синтетического волластонита с молярным соотношением карбоната кальция к оксиду кремния 1,2:1.

Готлиб Е.М., Ха Тхи Нья Фыонг, Исламова Г.Г., Ямалеева Е.С., Лыгина Т.З.
Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи

Библиографический список:**References:**

- | | |
|--|---|
| 1. Сергиенко В.И., Земнухова Л.А., Егоров А.Г. и др. Возобновляемые источники химического сырья: комплексная переработка отходов производства риса и гречихи//Рос.хим.ж., 2004, т. XLVIII, №3, с. 117-124. | Sergienko V. I., Zemnukhova L. A., Egorov A. G. and other Renewable sources of chemical raw materials: complex processing of rice and buckwheat production wastes//ROS.chem.well... 2004, vol. XLVIII, No. 3, pp. 117-124 |
| 2. Гулая Ю. В., Дворницин А. А., Лим Л. А. Перспективы применения отходов сельскохозяйственных культур в производстве полимерных композитов // Молодой ученый. — 2017. — №21 — С. 27-30. | Gula Yu. V., Dvornitsyn A. A., Lim L. A. prospects for the use of agricultural crop residues in the production of polymer composites // Young scientist. — 2017. — №21 — P. 27-30 |
| 3. Ефремова, С.В. Физико-химические основы и технология термической переработки рисовой шелухи: [монография] / С.В. Ефремова. – Алматы: [б. и.], – 2011. – 149 с. | Efremova, S. V. Physical and chemical bases and technology of thermal processing of rice husks: [monograph] / S. V. Efremova. – Almaty: [b. I.], – 2011. – 149 p. |
| 4. Zeynab Emdadi, Nilofar Asim, M. Ambar Yarmo and K. Sopian (2015) Effect of Chemical Treatment on Rice Husk (RH) Water Absorption Property, International Journal of Chemical Engineering and Applications, Vol. 6, No. 4. | Zeynab Emdadi, Nilofar Asim, M. Ambar Yarmo and K. Sopian (2015) Effect of Chemical Treatment on Rice Husk (RH) Water Absorption Property, International Journal of Chemical Engineering and Applications, Vol. 6, No. 4. |
| 5. Nwosu-Obieogu Kenechi, Chiemenem Linus, Adekunle Kayode, Utilization of Rice Husk as Reinforcement in Plastic Composites Fabrication- A Review, American Journal of Materials Synthesis and Processing. Vol. 1, No. 3, 2016, pp. 32-36. | Nwosu-Obieogu Kenechi, Chiemenem Linus, Adekunle Kayode, Utilization of Rice Husk as Reinforcement in Plastic Composites Fabrication- A Review, American Journal of Materials Synthesis and Processing. Vol. 1, No. 3, 2016, pp. 32-36. |
| 6. Shankar Prasad Shukla Investigation in to tribo potential of rice husk (RH) char reinforced epoxy composite, M. Tech Thesis, National Institute of Technology, Rourkela (Deemed University), India, 2011. | Shankar Prasad Shukla Investigation in to tribo potential of rice husk (RH) char reinforced epoxy composite, M. Tech Thesis, National Institute of Technology, Rourkela (Deemed University), India, 2011. |
| 7. Готлиб Е.М., Рахматуллина А.П., Ань Нгуен, Чан Х.Т, Фыонг Ха. Отходы сельскохозяйственного производства - перспективное сырье для химической промышленности Lambert Academic Publishing, 2019. - 209 p. | Gotlib, E. M., Rakhmatullina A. P., Anh Nguyen, H. T Tran, Phuong Ha. Agricultural waste is a promising raw material for the chemical industry Lambert Academic Publishing, 2019. 209 p. |
| 8. Тюльнин, В. А. Волластонит – уникальное минеральное сырье многоцелевого назначения /В. А. Тюльнин, В. Р. Ткач, В. | Tulenin, VA Wollastonite – unique minerals multi-purpose /VA, Tulkin, V. R. Tkach, I. V. eyrikh. – Moscow: Ore and metals, 2003. 144 p. |

*Готлиб Е.М., Ха Тхи Нья Фыонг, Исламова Г.Г., Ямалеева Е.С., Лыгина Т.З.
Получение наполнителей эпоксидных материалов на основе рисовой шелухи*

-
- И. Эйрих. – М.: Руда и металлы, 2003. – 144 с.
-
- | | |
|---|---|
| <p>9. Ефремова, С.В. Физико-химические основы и технология термической переработки рисовой шелухи: [монография] / С.В. Ефремова. – Алматы, – 2011. – 149 с.</p> | <p>Efremova, S. V. Physical and chemical bases and technology of thermal processing of rice husks: [monograph] / S. V. Efremova. – Almaty, – 2011. – 149 p</p> |
| <p>10. Сорока, П.И. Физико-химические основы процесса получения диоксида кремния из рисовой шелухи / П.И. Сорока и др. // Вестник нац. техн. ун-та “ХПИ”. — 2010. — № 10. — С. 124 — 134.</p> | <p>Soroka, P. I. Physical and chemical bases of the process of obtaining silicon dioxide from rice husks / P. I. Soroka et al. // Bulletin of the national center. Techn. UN-TA “KPI”. — 2010. — № 10. — P. 124 — 134.</p> |
| <p>11. Muslim N., Hamzah A., Al-kawaz A. Study of mechanical properties of wollastonite filled epoxy functionally graded composite //Int. Journal of Mech. Engin. and Technology. 2018, vol.9, issue 8, pp. 669-677.</p> | <p>Muslim N., Hamzah A., Al-kawaz A. Study of mechanical properties of wollastonite filled epoxy functionally graded composite //Int. Journal of Mech. Engin. and Technology. 2018, vol.9, issue 8, pp. 669-677.</p> |
| <p>12. Sarangi M. S, Bhattacharyya and Beher R. C. (2009). Effect of temperature on morphology and phase transformations of nanocrystalline silica obtained from rice husk. Phase Transitions: A Multinational Journal, 82: 5, 377—386.</p> | <p>Sarangi M. S, Bhattacharyya and Beher R. C. (2009). Effect of temperature on morphology and phase transformations of nanocrystalline silica obtained from rice husk. Phase Transitions: A Multinational Journal, 82: 5, 377—386.</p> |
| <p>13. Sudhakar M. Tribological behavior of modified rice husk filled epoxy composite / M. Sudhakar, S.P. Samantarai, S.K. Acharya // International Journal of Scientific & Engineering Research. - 2012. - Vol. 3(6). - P. 1-5.</p> | <p>Sudhakar M. Tribological behavior of modified rice husk filled epoxy composite / M. Sudhakar, S.P. Samantarai, S.K. Acharya // International Journal of Scientific & Engineering Research. - 2012. - Vol. 3(6). - P. 1-5.</p> |
-

*Кочуров И.Ф., Сеньков С.А., Субботин О.Ю., Челноков В.Е.
К вопросу применения композитной арматуры в материалах на основе гипсовых вяжущих*

УДК 691.328.44

КОЧУРОВ И.Ф.

*кандидат технических наук, доцент.
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет*

KOCHUROV I.F.

*candidate of technical sciences, associate
professor. Perm national research
polytechnical university*

СЕНЬКОВ С.А.

*кандидат технических наук, доцент.
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет*

SENKOV S.A.

*candidate of technical sciences, associate
professor. Perm national research
polytechnical university*

СУББОТИН О.Ю.

советник. Компания «Гипсополимер»

SUBBOTIN O.U.

adviser Company "Gypsum Polymer"

ЧЕЛНОКОВ В.Е.

главный технолог. Компания «Гипсополимер»

CHELNOKOV V.E.

*chief process engineer. Company
"Gypsum Polymer"*

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ В МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ ГИПСОВЫХ ВЯЖУЩИХ

TO THE QUESTION OF THE USE OF COMPOSITE REINFORCEMENT IN MATERIALS BASED ON GYPSUM BINDERS

Рост производства гипсовых вяжущих, появление на рынке строительных материалов композитной арматуры позволяют предполагать о возможности успешного армирования гипсобетонов стеклопластиковой арматурой. Армирование гипсобетонов стеклопластиковой арматурой должно учитывать: химическую природу материала стеклоровинга, вид силанового агента соответствующего полимерному связующего; свойства гипсобетона, в частности, ползучести; условий эксплуатации конструкций.

Ключевые слова: гипсовые вяжущие, гипсобетон, стеклопластиковая арматура, армированные элементы.

The growth of the production of gypsum binders, the emergence of composite reinforcement in the building materials market suggests that it is possible to successfully reinforce gypsum concrete with fiberglass reinforcement. The reinforcement of gypsum concrete fiberglass reinforcement should take into account: the chemical nature of the material of glass lining, the type of silane coupling agent of the corresponding polymeric binder; properties of gypsum concrete, in particular, creep; operating conditions of structures.

Key words: gypsum binders, gypsum concrete, fiberglass reinforcement, reinforced elements.

Кочуров И.Ф., Сеньков С.А., Субботин О.Ю., Челноков В.Е.

К вопросу применения композитной арматуры в материалах на основе гипсовых вяжущих

Строителей всегда интересовали материалы и изделия на основе гипсовых вяжущих имеющих в ряде регионов достаточно разнообразную сырьевую базу. Интерес к данным вяжущим закономерен и объясняется удачным сочетанием технологических свойств с достаточными механическими характеристиками, хорошими экологическими, эстетическими и другими качествами. В России значительный рост производства гипсовых материалов и изделий отмечается в последние 20-25 лет. Такие материалы в интерьерных работах с успехом заменили материалы и изделия на основе цементных, известковых вяжущих, керамики.

Использование гипсовых вяжущих для изготовления конструктивных элементов сдерживается не только по причине ряда свойств гипсового, гипсоцементнопуццоланового и др. камней на основе гипсовых вяжущих, но и в значительной степени из-за вопросов подбора армирующего материала работающего в среде $pH < 7$. На текущий момент наиболее часто применяется дисперсное армирование стекловолокном, полимерными волокнами, бумагой, элементами из древесины. Смелые решения в Советском Союзе по армированию крупных стеновых блоков оцинкованной стальной арматурой были приняты на гипсобетонном заводе в г. Красноуфимск Свердловской области. Крупные блоки, выпускаемые на данном предприятии из гипсобетона на гипсоизвестковошлаковом вяжущем, успешно использовались в малоэтажном жилищном, сельскохозяйственном строительстве. С «распадом» Советского Союза прекратило существование достаточно успешное гипсобетонное производство крупных блоков.

В связи с ростом производства гипсовых вяжущих встают на повестку дня и вопросы получения конструктивных элементов на их основе, в том числе и армированных. Для создания концепции получения, производства конструктивных элементов изучается опыт использования гипсовых изделий, элементов как неармированных, так и армированных, анализируется их работа в существующих зданиях. Отмечаются положительные отзывы населения, проживающего в крупноблочных домах из гипсобетона, а также хорошее техническое состояние жилых домов, хозяйственных построек, зданий гражданского назначения, в строительстве которых применён так называемый «гипсоблок» (рис.1).

Особое внимание авторы обращают на изделия и элементы, изготовленные из армированных гипсовых растворов и гипсобетонов. Примером являются армированные элементы лепнины, изготовленные ООО «Прикамская инвестиционная компания» использованные в наружной и внутренней отделке восстановленного Спасо-Преображенского собора в г.Невьянск Свердловской области (2002-2003гг.) (рис.2).

*Кочуров И.Ф., Сеньков С.А., Субботин О.Ю., Челноков В.Е.
К вопросу применения композитной арматуры в материалах на основе гипсовых вяжущих*

Для изготовления лепнины из гипсоцементнопуццоланового раствора использовалась стеклопластиковая арматура, производство которой незадолго до этого было освоено впервые в России при непосредственном курировании НИИЖБ. Арматура обеспечила увеличение длины элементов, что позволило не только повысить прочностные характеристики элементов, но и обеспечило удобство их монтажа. В ООО «Прикамская инвестиционная компания» в 2002г. были изготовлены и армированные стеклопластиковой арматурой балки из гипсобетона на основе гипсоцементнопуццоланового вяжущего длиной до 3м.

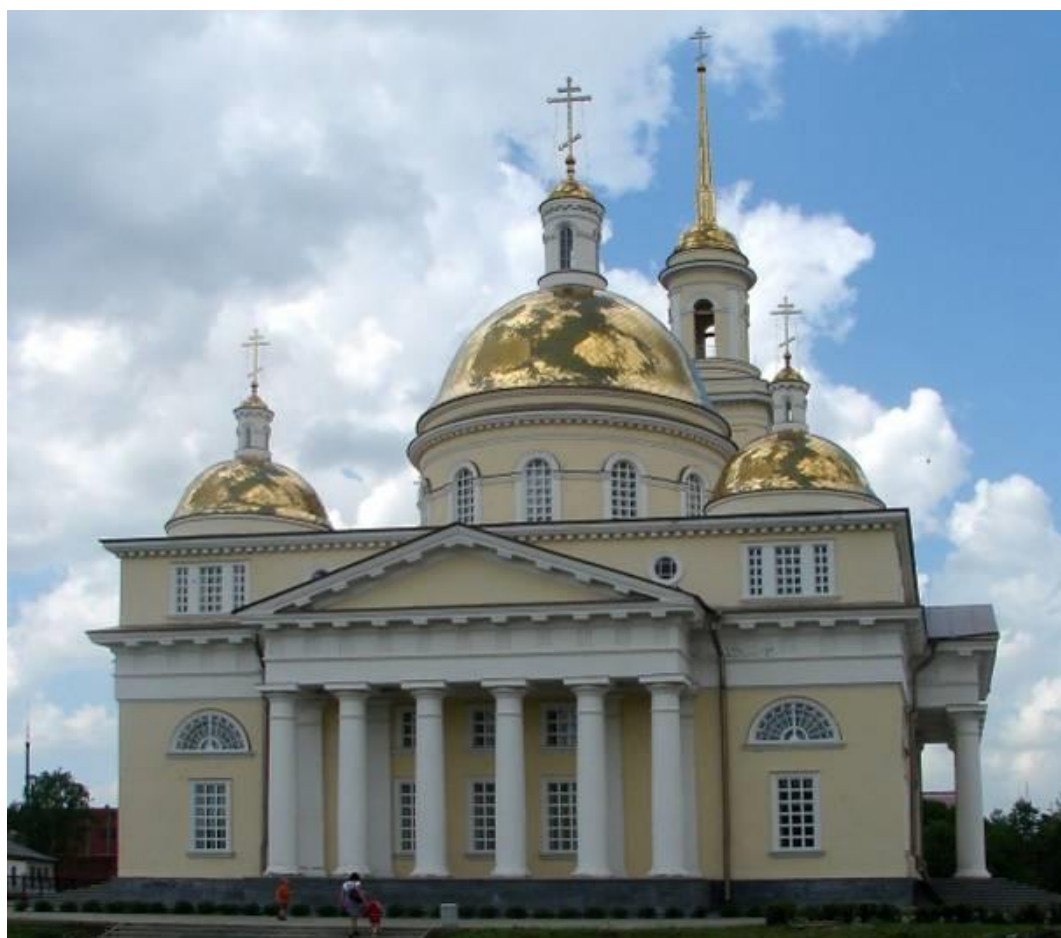


**Рис.1. Дворовой фасад лабораторного корпуса строительного факультета ПНИПУ
до ремонтных работ по устройству вентилируемого фасада.
Здание построено 60-65 лет назад**

*Кочуров И.Ф., Сеньков С.А., Субботин О.Ю., Челноков В.Е.
К вопросу применения композитной арматуры в материалах на основе гипсовых вяжущих*

Авторы статьи считают армирование композитных материалов на основе гипсовых вяжущих стеклопластиковой арматурой перспективным направлением. Одним из первых мнений по поводу целесообразности такого технического решения было высказано на семинаре в НИИСФ в 2002г. [1].

Вопросы армирования композитной арматурой бетонов, растворов, как рабочей, так и конструктивной арматурой на основе гипсовых вяжущих, должны решаться комплексно на основе совместимости: стекла ровинга с полимерным связующим, стекла ровинга со средой камня вяжущего [2]; ползучести камня вяжущего; рабочей среды конструктивных элементов, разработки рекомендаций по армированию, включая вопросы расчёта армопластгипсобетонных конструктивных элементов для каждого вида гипсобетона.



**Рис.2. Восстановленный Спасо-Преображенский собор в г.Невьянск.
Лепнина выполнена из армированных стеклопластиковой арматурой элементов
на основе гипсоцементнопуццолановых вяжущих**

Совместимость стеклоровинга со связующим необходимо рассматривать с позиции, какой органический радикал был использован при его аппретировании

*Кочуров И.Ф., Сеньков С.А., Субботин О.Ю., Челноков В.Е.
К вопросу применения композитной арматуры в материалах на основе гипсовых вяжущих*

[2]. Фактически на сегодняшний день производители композитной арматуры в г.Перми не обращают на это никакого внимания, да и нормативная документация, имеющаяся у них, не предполагает использовать для конкретного вида связующего конкретную марку стеклоровинга при производстве продукции.

О совместимости композитной арматуры со средой камня вяжущего можно иметь представление по химическому составу стекла ровинга [2]. Фактически, на текущий момент времени, когда почти вся композитная арматура используется для армирования цементных бетонов, ни производители, ни потребители не задумываются над тем, из какого наполнителя (ровинга) производить или произведена продукция.

При проектировании армированных элементов с конструктивной арматурой вопросы проектирования армопластгипсобетонных элементов решаются традиционно. Однако при проектировании элементов с рабочей арматурой для гипсобетонов необходим подход, учитывающий их ползучесть и условия эксплуатации конструкций.

Армирование гипсовых материалов композитной арматурой при выполнении условий совместимости данных компонентов позволяющей успешно работать армирующим элементам является реальным перспективным направлением разработки и производства конструктивных элементов, дополняющих традиционные гипсовые изделия, особенно в малоэтажном строительстве.

*Кочуров И.Ф., Сеньков С.А., Субботин О.Ю., Челноков В.Е.
К вопросу применения композитной арматуры в материалах на основе гипсовых вяжущих*

Библиографический список:**References:**

- | | |
|---|---|
| <p>1. Кочуров И.Ф., Субботин О.Ю., Челноков В.Е., Карабатов С.Н. К вопросу разработки армированных гипсобетонных конструкций. // Повышение эффективности производства и применения гипсовых материалов и изделий. Материалы семинара посвященного 10-летию создания РААСН. М. 2002. – С. 219-220.</p> | <p>Kochurov I.F., Subbotin O.Yu., Chelnokov V.E., Karabatov S.N. On the development of reinforced gypsum-concrete structures. // Improving the efficiency of production and use of gypsum materials and products. Proceedings of the seminar dedicated to the 10th anniversary of the creation of the RAACS. M. 2002. - p. 219-220.</p> |
| <p>2. Композиционные материалы. Том 6 Поверхности раздела в полимерных композитах. Под ред. Э. Плюдемана. М.; Мир, 1978, 296 с.</p> | <p>Composite materials. Volume 6 Interfaces in polymer composites. Ed. E. Pleudemana. M.; Mir, 1978, 296 p.</p> |

Кочуров И.Ф., Южаков К.Н.

Работа наружно армированных полипропиленовых труб алюминиевой фольгой в системах горячего водоснабжения. Диагностика технического состояния

УДК 691.175.3; 696.11.

КОЧУРОВ И.Ф.*кандидат технических наук, доцент.
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет***KOCHUROV I.F.***candidate of technical sciences, associate
professor. Perm national research
polytechnical university***ЮЖАКОВ К.Н.***кандидат педагогических наук, доцент.
Пермский национальный исследовательский
политехнический университет***YUZHAKOV K.N.***candidate of pedagogics, associate
professor. Perm national research
polytechnical university***РАБОТА НАРУЖНО
АРМИРОВАННЫХ
ПОЛИПРОПИЛЕНОВЫХ ТРУБ
АЛЮМИНИЕВОЙ ФОЛЬГОЙ В
СИСТЕМАХ ГОРЯЧЕГО
ВОДОСНАБЖЕНИЯ.
ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКОГО
СОСТОЯНИЯ****EXAMPLE OF WORK OF
EXTERNAL REINFORCED
POLYPROPYLENE PIPES
WITH ALUMINUM FOIL IN
HOT WATER SUPPLY
SYSTEMS. DIAGNOSIS OF
TECHNICAL CONDITION**

Среди полимерных труб для систем внутреннего водоснабжения наибольшую популярность приобрели полипропиленовые трубы. В статье авторы рассматривают вопрос установления причины и механизма разрушения полипропиленовых труб с наружным армированием алюминиевой фольгой в системе горячего водоснабжения жилого дома. По истечении 13-14 лет работы в данных системах водоснабжения стали происходить аварийные ситуации с образованием в трубах продольных трещин. Для установления причины повреждения разрезы труб обрабатывались цветным газообразным продуктом, который заполнил образующиеся начальные трещины, что позволило охарактеризовать механизм их образования и дать рекомендации по оценке качества труб в системах при их эксплуатации.

Among the polymer pipes for internal water supply systems, polypropylene pipes have become the most popular. In article authors consider a question of establishment of the reason and the mechanism of destruction of polypropylene pipes with external reinforcing aluminum foil in system of hot water supply of a house. After 13-14 years of work in these water supply systems, emergency situations began to occur with the formation of longitudinal cracks in the pipes. To determine the cause of the damage, the pipe sections were treated with a colored gaseous product that filled the cracks, which made it possible to characterize the mechanism of their formation and give recommendations for assessing the quality of the pipes in the systems during their operation.

*Кочуров И.Ф., Южаков К.Н.**Работа наружно армированных полипропиленовых труб алюминиевой фольгой в системах горячего водоснабжения. Диагностика технического состояния*

Ключевые слова: полипропиленовые трубы, алюминиевая фольга, наружное армирование, цветной газообразный продукт.

Key words: polypropylene pipes, aluminum foil, external reinforcement, colored gaseous product.

Полимерные трубы основательно вошли в устройство систем водоснабжения и водоотведения, потеснив трубы из чёрных металлов.

Среди полимерных труб, используемых во внутренних системах водоснабжения среди производителей работ и эксплуатационников наибольшую популярность приобрели полипропиленовые трубы, как обычные, так и армированные. Разнообразие армирования полипропилена поражает как не специалиста, так и специалистов по переработке пластмасс, строителей. Тем не менее, каждый из этих видов труб находит свое применение. Армирование труб выполняется путём размещения в сечении трубы стеклопластикового стержня или алюминиевой фольги. Существенным преимуществом армированных полипропиленовых труб является снижение коэффициента температурного линейного расширения [1, 2]. Армирование труб алюминиевой фольгой выполняется внутренним и наружным, сплошной фольгой и перфорированной, сваренной фольгой встык и внахлест заходящих слоёв [1-3].

Публикации по работе полипропиленовых трубопроводов свидетельствуют о влиянии температуры транспортируемой воды и давления в транспортных системах как основных факторах долговечности данных изделий [4]. На срок службы труб влияет также их качество, зависящее от фирмы производителя [5, 6].

Авторами в статье рассматривается вопрос установления причины и механизма разрушения полипропиленовых труб с наружным армированием алюминиевой фольгой в системе горячего водоснабжения многоэтажного жилого дома.

Поведение полипропиленовых труб с наружным армированием алюминиевой фольгой от ряда производителей, используемых в системах горячего водоснабжения и отопления эксплуатационникам известно. В процессе начальной эксплуатации на поверхности труб возникают водяные пузыри, прокол которых острым предметом приводит к вытеканию воды из пузыря, его исчезновению и в дальнейшем нормальной работе трубы. Особенность такого поведения труб обусловлена технологией производства изделий, при которой в процессе стабилизации труб в воде с последующим её удалением после этапа экструзии внутреннего слоя, часть воды остаётся на поверхности полипропилена. После нанесения фольги, а за ней и наружного полипропиленового слоя вода остаётся под наружными слоями труб. При эксплуатации в процессе транспортирования горячей воды она собирается в

*Кочуров И.Ф., Южаков К.Н.**Работа наружно армированных полипропиленовых труб алюминиевой фольгой в системах горячего водоснабжения. Диагностика технического состояния*

местах, где наружный полимерный слой полипропилена имеет несколько меньшую толщину по сравнению с рядом расположенными участками, что и вызывает образование пузырей.

В Перми в 2018г. в многоэтажных жилых домах, с системами горячего водоснабжения обустроенных армированными полипропиленовыми трубами с наружным армированием алюминиевой фольгой через 13-14 лет эксплуатации начали происходить аварийные ситуации с образованием в трубах продольных трещин (рис.1).



Рис.1. Труба полипропиленовая армированная алюминиевой фольгой из стояка системы горячего водоснабжения жилого дома.

Разрез трубы выполнен по месту её повреждения

Для определения причины повреждения труб в системах горячего водоснабжения была предложена методика определения «дефектных» мест путём заполнения их цветным газом при наличии таковых, что позволило определить не только место, характер трещины, но и причину её образования и развития вплоть до разрушения. На рис.2 представлена труба, в сечении которой отмечается трещина, заполненная цветным газом.

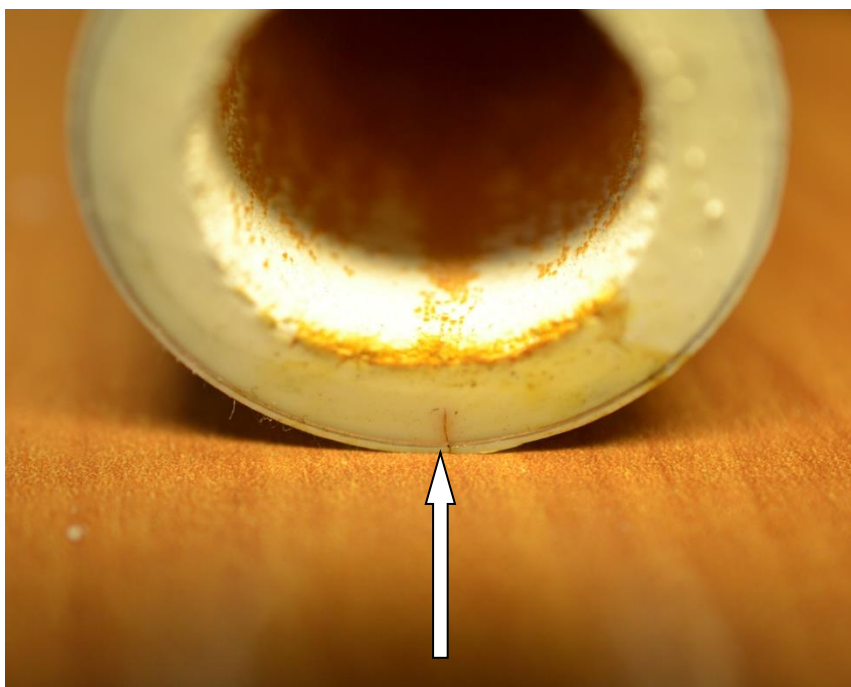
Кочуров И.Ф., Южаков К.Н.*Работа наружно армированных полипропиленовых труб алюминиевой фольгой в системах горячего водоснабжения. Диагностика технического состояния*

Рис.2. Труба полипропиленовая армированная алюминиевой фольгой из стояка системы горячего водоснабжения жилого дома. Разрез трубы выполнен по месту отсутствия повреждения. При обработке торца трубы цветным газообразным продуктом проявилась трещина по месту стыка алюминиевой фольги

Образование трещин в трубах при транспортировании горячей воды происходит в результате воздействия напряжений при повышении температуры материалов трубы на концентраторы напряжения во внутреннем полипропиленовом слое и в стыке торцов алюминиевой фольги. Концентратор напряжений во внутреннем слое трубы на границе раздела данного полипропиленового слоя – алюминиевая фольга, образуется в результате сварки торцевых краёв фольги перед нанесением наружного полипропиленового слоя. В процессе визуального осмотра труб систем горячего водоснабжения, в которых возникли аварийные ситуации отмечается граница стыка фольги вдоль образующей с разной высотой их расположения, что уже свидетельствует о наличии концентратора напряжений. Концентраторы напряжений в стыке фольги, а также в результате некачественной её сварки, при работе труб в результате температурных перепадов из-за разности коэффициентов температурного линейного расширения приводят к повреждению стыка фольги. Образовавшиеся повреждения в стыке фольги перестают удерживать наружные слои внутренней части полипропиленовой трубы при температурных деформациях, что приводит к началу образования трещин. А поскольку коэффициент концентрации у образовавшейся трещины внутреннего слоя выше,

Кочуров И.Ф., Южаков К.Н.*Работа наружно армированных полипропиленовых труб алюминиевой фольгой в системах горячего водоснабжения. Диагностика технического состояния*

чем он был до образования повреждения, то происходит ускорение образования сквозной трещины материала кристаллического полипропилена.

Особенностью начала повреждения наружно армированных алюминиевой фольгой полипропиленовых труб является возможное отсутствие трещин в наружном защитном полипропиленовом слое.

Авторы считают целесообразным использование метода заполнения цветным газообразным продуктом мест возможного начального повреждения полипропиленовых труб для оценки работы систем водоснабжения и отопления после окончания гарантийного срока с момента продажи труб потребителю, а также оценки качества металлопластиковых фитингов не только в процессе работы, но и перед их установкой.

Кочуров И.Ф., Южаков К.Н.

Работа наружно армированных полипропиленовых труб алюминиевой фольгой в системах горячего водоснабжения. Диагностика технического состояния

Библиографический список:**References:**

- | | |
|--|---|
| 1. Армированные алюминием трубы https://www.fdpplast.ru/polipropilenovye-truby/armirovannye-alyuminiem . (дата обращения 29.05.2019). | The reinforced aluminium tubes https://www.fdpplast.ru/polipropilenovye-truby/armirovannye-alyuminiem . (accessed 29.05.2019). |
| 2. Характеристика полипропиленовых труб (PPR-AL-PPR) для отопления. https://promresursy.com/materialy/polimery/polipropilen/trybu-armirovanye-aluminiem.html . (дата обращения 29.05.2019). | Characteristics of polypropylene pipes (PPR-AL-PPR) for heating. https://promresursy.com/materialy/polimery/polipropilen/trybu-armirovanye-aluminiem.html . (accessed 29.05.2019). |
| 3. Особенности армированных труб из полипропилена. https://trubadelo.ru/truby/armirovannye-trubi . (дата обращения 30.05.2019). | Features reinforced polypropylene pipes. https://trubadelo.ru/truby/armirovannye-trubi . (accessed 30.05.2019). |
| 4. Срок службы полипропиленовых труб: виды, технические характеристики, применение. http://fb.ru/article/469978/srok-slujbyi-polipropilenovyih-trub-vidyi-tehnicheskie-harakteristiki-primenenie . (дата обращения 30.05.2019). | Service life of polypropylene pipes: types, specifications, application. http://fb.ru/article/469978/srok-slujbyi-polipropilenovyih-trub-vidyi-tehnicheskie-harakteristiki-primenenie . (accessed 30.05.2019). |
| 5. Реальный срок эксплуатации пластиковых труб. http://www.ppr3.ru/articles/realnyj-srok-ekspluatatsii-plastikovyh-trub . (дата обращения 31.05.2019). | Real life of plastic pipes. http://www.ppr3.ru/articles/realnyj-srok-ekspluatatsii-plastikovyh-trub . (accessed 31.05.2019). |
| 6. Какой фирмы полипропиленовые трубы лучше выбрать. https://www.kanalizaciya-stroy.ru/kakoy-firmyi-polipropilenovyye-trubyi-luchshe-vyibrat.html . (дата обращения 31.05.2019). | What brand of polypropylene tubes is better to choose. https://www.kanalizaciya-stroy.ru/kakoy-firmyi-polipropilenovyye-trubyi-luchshe-vyibrat.html . (accessed 31.05.2019). |

*Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А., Канаева Н.С.
Фрактальный анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров при растяжении*

УДК 691:620.17

НИЗИНА Татьяна Анатольевна

д.т.н., профессор кафедры строительных конструкций Национального исследовательского Мордовского государственного университета им.Н.П.Огарёва, Саранск, Россия

NIZINA Tatyana A.

Doctor of Technical Sciences, professor of the Department of building constructions of National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

СЕЛЯЕВ Владимир Павлович

академик РААСН, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой строительных конструкций Национального исследовательского Мордовского государственного университета им.Н.П.Огарёва, Саранск, Россия

SELYAEV Vladimir P.

Academician of RAACS, Doctor of Technical Sciences, professor, Head of the Department of building constructions of National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

НИЗИН Дмитрий Рудольфович

к.т.н., инженер кафедры строительных конструкций Национального исследовательского Мордовского государственного университета им.Н.П.Огарёва, Саранск, Россия

NIZIN Dmitry R.

Ph.D., engineer of the Department of building constructions of National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

АРТАМОНОВ Денис Александрович

аспирант кафедры строительных конструкций Национального исследовательского Мордовского государственного университета им.Н.П.Огарёва, Саранск, Россия

ARTAMONOV Denis Al.

postgraduate student of the Department of building constructions of National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

КАНАЕВА Надежда Сергеевна

аспирант кафедры строительных конструкций Национального исследовательского Мордовского государственного университета им.Н.П.Огарёва, Саранск, Россия

KANAEVA Nadegda S.

postgraduate student of the Department of building constructions of National Research Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russia

**ФРАКТАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ
КРИВЫХ ДЕФОРМИРОВАНИЯ
ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ
ПРИ РАСТЯЖЕНИИ***

**FRACTAL ANALYSIS OF
DEFORMATION CURVES OF
EPOXY POLYMERS UNDER
TENSION**

В работе предложен подход для исследования механизма деформирования композиционных материалов при растяжении, основанный на

Approach for the study of tensile deformation mechanism of composite materials based on the use of a fractal

*Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А., Канаева Н.С.
Фрактальный анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров при растяжении*

использовании фрактальных методов анализа кривых « $\sigma - \varepsilon$ ». Приведена методика определения индекса фрактальности с помощью метода минимального покрытия, изменение которого в зависимости от длительности нагружения позволяет количественно определить уровни напряжений и деформаций, соответствующих моментам образования в исследуемых образцах микро- и макродефектов. На примере образцов эпоксидных композитов, получаемых на основе модифицированной смолы Этал-247, отверждаемой Этал-45М, подтверждена возможность количественного определения «критических» точек на кривых деформирования полимеров при растяжении.

Ключевые слова: эпоксидные полимеры, кривые деформирования, фрактальный анализ, временные ряды, метод минимальных покрытий.

analysis of the curves " $\sigma - \varepsilon$ " is proposed in the paper. The methods for calculating fractality index using the method of the minimum coverage, the changes of which depend on the load duration allows to quantitatively determine stress and strain levels corresponding to the moments of formation of micro and macro defects in samples. Samples of epoxy composites produced on the basis of the modified resin, Etal-247 cured with Etal-45M, were applied for confirmation of possibility to provide quantitative determination of the "critical" points on tensile deformation curves of the polymers.

Key words: epoxy polymers, deformation curves, fractal analysis, time series, minimal coverage method.

Введение.

Анализ механизмов деформирования и разрушения композиционных строительных материалов является важной задачей строительного материаловедения, актуальность решения которой в связи с разработкой новых видов композитов на основе как минеральных вяжущих, так и полимерных связующих растет год от года. Известно, что разрушение композиционных строительных материалов представляет собой процесс множественного зарождения, развития и агрегации различного рода дефектов и микротрещин вплоть до появления макротрещин [1]. Неоднородность структуры композиционных материалов приводит к формированию ослабленных зон, с которых впоследствии и начинается разрыхление и разрушение композитов. При этом разрушение имеет вероятностную природу, а сам процесс накопления повреждений самоподобен, что делает перспективным использование для его анализа методов фрактального анализа [2, 3].

В научной литературе приводятся различные способы определения фрактальной размерности структуры реальных композиционных материалов на основе цементных вяжущих и полимерных связующих [1, 4-11]. Выявлено, что использование фрактального анализа для количественной оценки структурной неоднородности полимерных материалов и поровой структуры цементных

Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А., Канаева Н.С.
Фрактальный анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров при растяжении

композитов позволяет найти компактный способ описания подобных объектов [7, 9].

В работе [12] авторским коллективом предложена методика определения фрактальной размерности кривых деформирования на основе метода минимального покрытия, позволяющая получать интегральную количественную оценку процесса разрушения строительных композитов при сжатии и определять положение параметрической точки кривой разрушения. Проведено сравнение предлагаемого метода с алгоритмами определения показателя Херста и фрактальной размерности методом покрытия квадратами. Показано преимущество методики, основанной на определении фрактальной размерности с помощью метода минимального покрытия.

Предлагаемая методика основана на использовании данных, получаемых с помощью современного испытательного оборудования, позволяющего фиксировать изменение напряжений и деформаций в процессе приложения к образцу механических нагрузок с высокой частотой. В данной работе разработанный подход был использован для фрактального анализа механизма деформирования и разрушения полимерных композиционных материалов под действием растягивающих нагрузок.

Используемое оборудование и применяемые материалы.

Для проведения механических испытаний составов полимерных композитов на растяжение использовалась разрывная машина серии AGS-X с программным обеспечением TRAPEZIUM X. Частота фиксации значений напряжений и деформаций составляла 0,01 сек. Испытания проводились в соответствии с ГОСТ 11262 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение» при температуре 23 ± 2 °C и относительной влажности воздуха $50 \pm 5\%$. Скорость раздвижения зажимов испытательной разрывной машины составляла 2 мм/мин. Параллельно испытывали не менее 6 образцов, имеющих форму «восьмерок» (тип 2 согласно ГОСТ 11262).

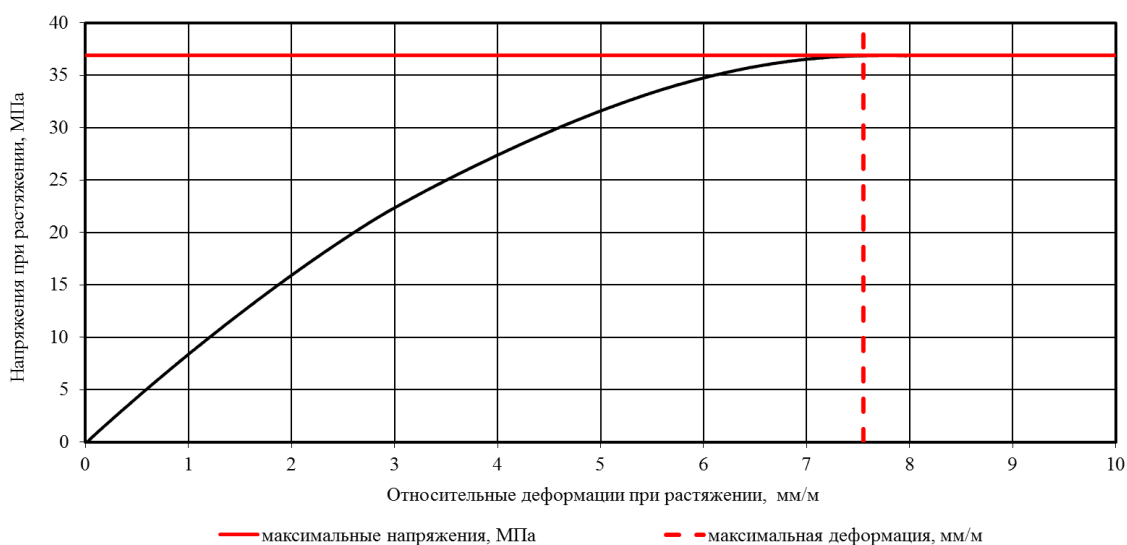
В качестве объекта исследования был выбран полимерные образцы, получаемые на основе модифицированной эпоксидной смолы Этал-247 (ТУ 2257-247-18826195-07), отверждаемой отвердителем Этал-45М (ТУ 2257-045-18826195-01), представляющим собой смесь ароматических и алифатических ди- или полиаминов, модифицированную салициловой кислотой. Технические характеристики смолы Этал-247: массовая доля эпоксидных групп – не менее 21,4-22,8%; вязкость по Брукфильду при 25 °C – 650-750 СПз.

Методика определения фрактальной размерности кривых деформирования полимерных композитов при растяжении.

*Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А., Канаева Н.С.
Фрактальный анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров при растяжении*

Анализ кривых деформирования эпоксидных композитов при растяжении показал, что процесс нагружения сопровождается дискретными актами повышения и падения напряжений (рис.1). Учитывая, что изменение деформаций и напряжений в полимерных образцах при проведении механических испытаний развивается во времени с определенным заданным шагом (0,01 сек.), для анализа кривых деформирования возможно применить теорию фрактального анализа временных рядов.

а)



б)

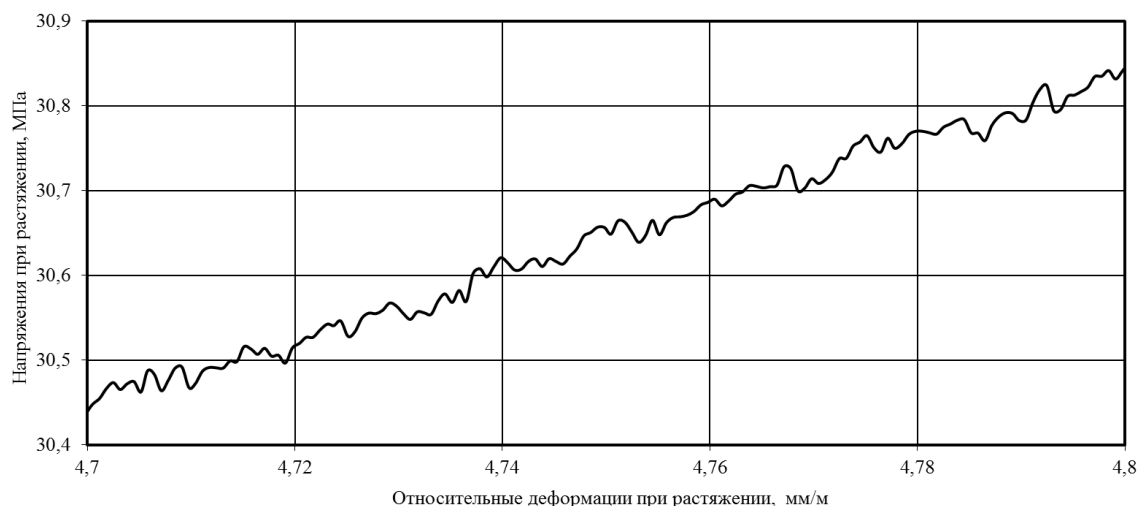


Рис.1. Общий вид (а) и фрагмент (б) кривой деформирования образцов полимерных композиционных материалов на основе эпоксидных связующих при растяжении (сплошной линией на рисунке «а» обозначен уровень максимальных напряжений, штриховой — максимальных деформаций)

Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А., Канаева Н.С.
 Фрактальный анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров при растяжении

Рассмотрим временной ряд $y(t)$, определенный на некотором участке $[a, b]$. Для вычисления фрактальной размерности используем более точный по сравнению с методом клеточной размерности метод минимального покрытия, основные положения которого изложены в работах [12–15]. Суть метода заключается в равномерном разбиении отрезка

$$\omega_m = [a = t_0 < t_1 < \dots < t_m = b]$$

на m частей и подсчете функции $y = f(t)$ в классе покрытий, состоящих из прямоугольников с основанием $\delta = \frac{b-a}{m}$ (рис.2 [13]). Тогда высота прямоугольника на отрезке $[t_{i-1}, t_i]$ будет равна разности между максимальным и минимальным значением функции $f(t)$ на этом отрезке – $K_i(\delta)$. Введя величину амплитудной вариации функции $f(t)$, соответствующей масштабу разбиения δ на отрезке $[a, b]$

$$V_f(\delta) = \sum_{i=1}^m K_i(\delta), \quad (1)$$

получим зависимость для определения полной площади покрытия:

$$S_\mu(\delta) = V_f(\delta) \times \delta. \quad (2)$$

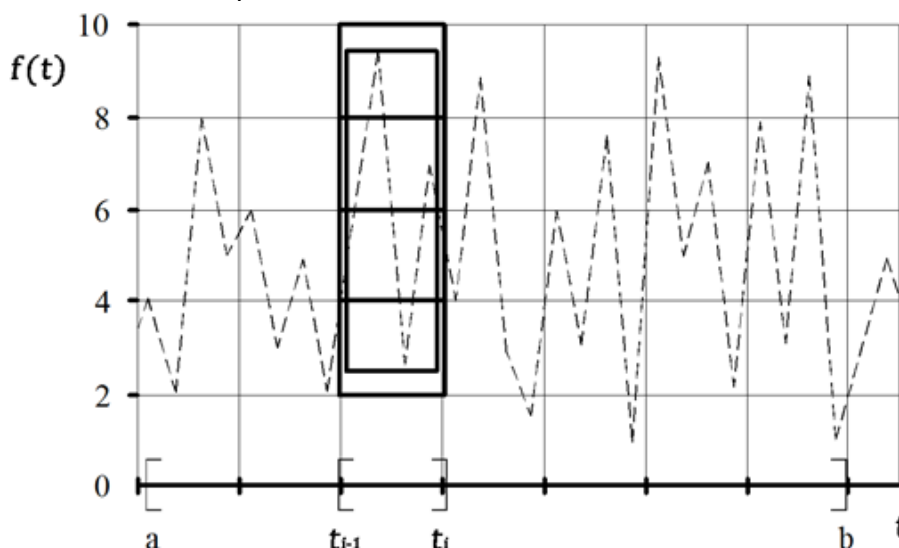


Рис.2. Фрагмент клеточного (квадраты) и минимального (прямоугольник) покрытий графика фрактальной функции на отрезке $[t_{i-1}, t_i]$

Тогда согласно [2, 13] индекс фрактальности μ можно определить из линеаризации зависимости

$$V_f(\delta) \sim \delta^{-\mu} \text{ при } \delta \rightarrow 0. \quad (3)$$

*Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А., Канаева Н.С.
Фрактальный анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров при растяжении*

При этом фрактальная размерность связана с индексом фрактальности, определяемым методом минимального покрытия, как

$$D_{\mu} = \mu + 1. \quad (4)$$

Фрактальный анализ кривых деформирования полимерных композиционных материалов при растяжении.

Для определения индекса фрактальности μ в данной работе использовалась последовательность m вложенных разбиений, где $m = 2^n$, где $n = 0, 1, 2, 3, 4$. Каждое разбиение состояло из 2^n интервалов, содержащих 2^{4-n} экспериментальных точек. Для каждого разбиения ω_m вычислялась амплитудная вариация $V_f(\delta)$ по формуле (1), где $K_i(\delta)$ определялась как разница между максимальным и минимальным приростом напряжения при растяжении на временном интервале $[t_{i-1}, t_i]$. По коэффициенту β уравнения регрессии $\log(V_f(\delta)) = \alpha_0 + \beta \times \log(\delta)$, определенному с помощью метода наименьших квадратов, определяли индекс фрактальности и размерность минимального покрытия:

$$\mu = -\beta; D_{\mu} = 1 + \mu.$$

Анализ данных, отражающих изменение индекса фрактальности в зависимости от длительности нагружения, определяемого со смещением анализируемого участка с шагом $2^4 = 16$ точек, показал (рис.3), что процесс разрушения характеризуется резким снижением данного показателя, варьирующегося в процессе нагружения в интервале от $0,36 \div 0,8$, до $0,2$. При этом из анализа временных рядов известно [12–13], что чем выше значение μ , тем стабильнее ряд. Если $\mu < 0,5$, то ряд интерпретируют как «тренд» (период резкого движения вверх или вниз, свидетельствующего, как правило, о возникновении «критического» состояния в исследуемой системе); если $\mu > 0,5$, то как «флэт» (период относительного спокойствия). При $\mu \approx 0,5$ говорят о соответствии происходящих изменений броуновскому движению.

Согласно рисунку 3, в процессе нагружения вплоть до разрушения, наступившего для данного образца через 113,16 секунд от начала испытания, наблюдается систематическое резкое снижение индекса фрактальности ниже уровня $\mu = 0,5$, что, на наш взгляд, связано с формированием в структуре полимерного композита микроповреждений под действием растягивающих нагрузок. При этом до достижения композитом состояния разрушения работоспособность образца обеспечивается, в основном, за счет передачи нагрузки на зоны без микродефектов, что выражается на графике как повышение значений μ выше уровня $0,5$. Следовательно, из анализа рисунка 3 можно

*Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А., Канаева Н.С.
Фрактальный анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров при растяжении*

выявить «критические» моменты нагружения, для которых индекс фрактальности будет принимать наименьшие значения.

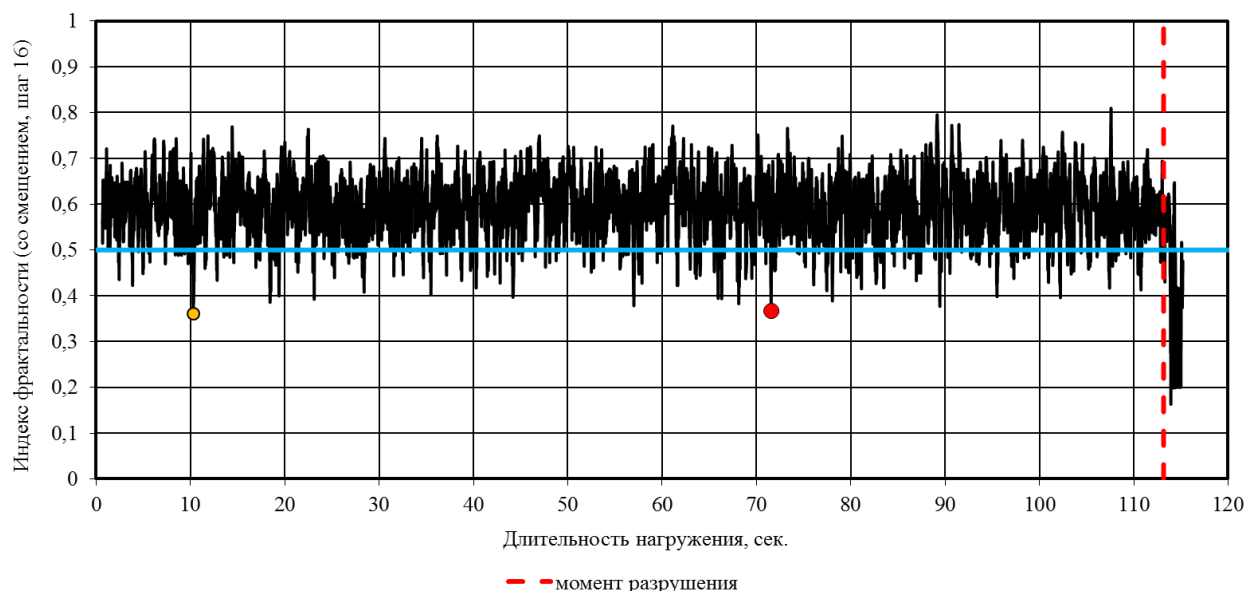


Рис.3. Изменение индекса фрактальности кривых деформирования эпоксидных композитов при растяжении в зависимости от длительности нагружения (смещение 16 точек)

В данном случае для анализируемого полимерного образца подобные временные координаты, соответствующие точкам бифуркации, наступали (при $\mu < 0,4$) через: 10,3; 18,44; 19,39; 23,12; 35,5; 44,18; 56,98; 65,93; 65,94; 68,12; 71,54; 78,05; 89,44; 95,47; 102,22 секунд от начала нагружения. Наименьшие значения индекса фрактальности, соответствующие $\mu \approx 0,36$, зафиксированы через 10,3 и 71,54 сек. (выделено точками на рис.3). При этом, как показал анализ изменения напряжений и деформаций для первого временного интервала (рис.4, а), наибольшее снижение индекса фрактальности связано со скачкообразным повышением, а для второго (рис.4, б) — интенсивным снижением уровня воспринимаемой нагрузки. Анализ всех остальных вышеперечисленных временных точек показал, что за исключением первой (10,3 сек.) все они также связаны со сбросом уровня возникающих в образце напряжений при равномерном увеличении деформирования и объясняются снижением уровня воспринимаемой нагрузки в связи с возникающими в структуре композита микродефектами.

Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А., Канаева Н.С.
Фрактальный анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров при растяжении

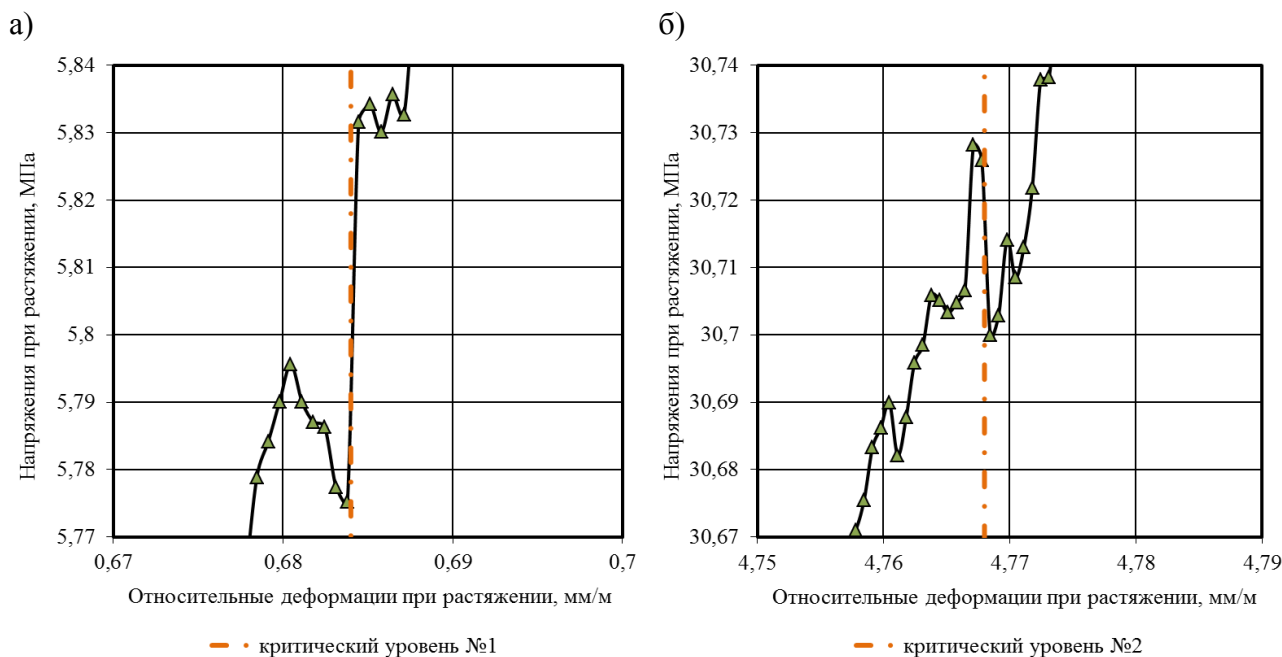


Рис.4. Фрагменты кривой деформирования эпоксидных композитов при растяжении для выделенных временных «критических» уровней (а – 10,3 сек.; б – 71,54 сек.), соответствующих минимальным значениям индекса фрактальности ($\mu \approx 0,36$)

Предложенный подход для исследования механизма деформирования композиционных материалов при растяжении, осуществляемый на основе метода фрактального анализа кривых деформирования, регистрируемых с помощью современного испытательного оборудования с высокой частотой, позволяет получить ценную информацию о процессе накопления в его структуре микро- и макродефектов, приводящих к разрушению композитов. На наш взгляд, проведение подобных исследований на образцах полимерных композитов различного состава, а также после старения в условиях воздействия разнообразных агрессивных факторов, в том числе климатических, позволит получить ценную информацию о процессах, протекающих в структуре композиционных материалов при приложении растягивающих нагрузок.

*** Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-08-01050.**

*Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А., Канаева Н.С.
Фрактальный анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров при растяжении*

Библиографический список:**References:**

- | | |
|---|---|
| 1. Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогоев А.А. Синергетика и фракталы в материаловедении. – М.: Наука, 1994. – 384 с. | Ivanova V.S., Balankin A.S., Bunin I.J., Oxogoev A.A. Synergetics and fractals in science of materials. – M.: Science, 1994. – 384 p. |
| 2. Федер Е. Фракталы: пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 254 с. | Feder E. Fractals: translation from English. – M.: World, 1991. – 254 p. |
| 3. Mandelbrot B. B. The fractal geometry of nature. – N.Y.: Freeman, 1983. – 480 p. | Mandelbrot B. B. The fractal geometry of nature. – N.Y.: Freeman, 1983. – 480 p. |
| 4. Низина Т.А. Защитно-декоративные покрытия на основе эпоксидных и акриловых связующих. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2007. – 258 с. | Nizina T.A. Protective-decorative coatings on the basis of epoxy and acrylic binder. – Saransk: Publ. Mordvinian State University, 2007. – 258 p. |
| 5. Nizina T. A., Selyaev V. P., Nizin D. R., Balykov A. S., Korovkin D. I., Kanaeva N. S. Application of fractal analysis methods in the study of mechanisms of deformation and fracture of composite building materials // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 456 (2018) 012058 | Nizina T. A., Selyaev V. P., Nizin D. R., Balykov A. S., Korovkin D. I., Kanaeva N. S. Application of fractal analysis methods in the study of mechanisms of deformation and fracture of composite building materials // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 456 (2018) 012058 |
| 6. Селяев В.П., Низина Т.А., Ланкина Ю.А. Фрактальный анализ структуры наполненных полимерных композитов // Известия ВУЗов. Строительство. – 2007. – №4. – С. 43-48. | Selyaev V.P., Nizina T.A., Lankina Y.A. Fractal analysis of the structure of filled polymer composites / Proceedings of the universities. Building. 2007. – №4. – P. 43-48. |
| 7. Хахардин А.Н., Ходыкин Е.И. Фрактальная размерность дисперсных и пористых материалов // Строительные материалы. – 2007. – № 8. – С. 62-63. | Khahardin A.N., Khodykin E.I. Fractal dimension of dispersed and porous materials / Building materials. – 2007. – №8. – P. 62-63. |
| 8. Селяев В.П., Низина Т.А., Ланкина Ю.А., Цыганов В.В. Определение фрактальной размерности как структурного параметра при анализе полимерных композитов // Достижения, проблемы и перспективные направления развития теории и практики строительного материаловедения: Десятые Академические чтения РААСН. – Казань: Изд-во КГАСУ, 2006. – С. 73-76. | Selyaev V.P., Nizina T.A., Lankina Y.A., Tsyganov V.V. Determination of fractal dimension as a structural parameter in the analysis of polymer composites // Achievements, problems and perspective directions of development of the theory and practice of building materials: X Academic readings of Russian Academy of Architecture and Construction Sciences. – Kazan: Publishing house of KSUAE, 2006. – P. 73-76. |
| 9. Перцев В.Т., Козодаев С.П., Леденев А.А., Бобрышев А.Н. Топологическая оптимизация процессов формирования микроstructures цементного камня и бетона // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: | Pertsev V.T., Kozodaev S.P., Ledenev A.A., Bobryshev A.N. Topological optimization of processes of cement stone and concrete microstructure formation // Scientific bulletin of Voronezh State University of architecture and construction. Series: Physical and chemical issues and modern |

*Низина Т.А., Селяев В.П., Низин Д.Р., Артамонов Д.А., Канаева Н.С.
Фрактальный анализ кривых деформирования эпоксидных полимеров при растяжении*

- | | |
|---|--|
| Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. – 2015. – № 1. – С. 21-28. | technologies of building material science. – 2015. – №1. – Pp. 21–28. |
| 10. Хамидулина Д.Д., Шишкин И.В. Применение теории фрактальной геометрии в строительном материаловедении // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. – 2015. – Т. 2. – С. 5-8. | Khamidulina D.D., Shishkin I.V. Application of the fractal geometry theory in building material science // Topical issues of the modern science, technology and education. – 2015. – V. 2. – Pp. 5–8. |
| 11. Банников М.В., Федорова А.Ю., Терехина А.И., Плехов О.А. Экспериментальное исследование фрактальных закономерностей роста усталостной трещины и диссипации энергии в ее вершине // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2013. – №2. – С. 21-36. | Bannikov M.V., Fedorova A.Yu., Terekhina A.I., Plekhov O.A. Experimental study of the fractal regularities of fatigue crack growth and energy dissipation at its top // Bulletin of PNRPU. Mechanics. – 2013. – V. 2. – Pp. 21–36. |
| 12. Селяев В.П., Низина Т.А., Балыков А.С., Низин Д.Р., Блабалин А.В. Фрактальный анализ кривых деформирования дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов при сжатии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. – 2016. – №1. – С. 129-46. | Selyaev V.P., Nizina T.A., Balykov A.S., Nizin D.R., Balbalin A.V. Fractal analysis of the deformation curves of disperse and reinforced fine-grained concrete at compression // Bulletin of Perm national research polytechnic university. Mechanics. – 2016. V. 1. – Pp. 129–46. |
| 13. Старченко Н.В. Индекс фрактальности и локальный анализ хаотических временных рядов: Дис. ... к-та физ.-мат. наук: 01.01.03. – Москва, 2005. – 122 с. | Starchenko N.V. Index of fractality and local analysis of chaotic time series: Dissertation on competition of a scientific degree of candidate of physical and mathematical sciences: 01.01.03. – Moscow, 2005. – 122 p. |
| 14. Dubovikov M.M., Starchenko N.S. Variation index and its applications to analysis of fractal structures // Sci. Almanac Gordon. – 2003. – №1. – Pp. 1-30. | Dubovikov M.M., Starchenko N.S. Variation index and its applications to analysis of fractal structures // Sci. Almanac Gordon. – 2003. – №1. – Pp. 1-30. |
| 15. Dubovikov M.M., Starchenko N.S., Dubovikov M.S. Dimension of the minimal cover and fractal analysis of time series // Physica A. – 2004. – №339. – Pp. 591-608. | Dubovikov M.M., Starchenko N.S., Dubovikov M.S. Dimension of the minimal cover and fractal analysis of time series // Physica A. – 2004. – №339. – Pp. 591-608. |

*Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г., Пичугин М.А.
Особенности формирования структуры крупнопористых бетонов
на комбинированных минеральных заполнителях с полимерными добавками*

УДК 691.327:666.973

ПИЧУГИН Анатолий Петрович

*д.т.н., проф., зав.кафедрой Теоретической и
прикладной физики Новосибирского
государственного аграрного университета*

Pichugin Anatoly P.

*Doctor of Technical Sciences, prof.,
head. Department of Theoretical and
applied physics of Novosibirsk state
agrarian University*

ХРИТАНКОВ Владимир Федорович

*д.т.н., проф., профессор кафедры
Теоретической и прикладной физики
Новосибирского государственного аграрного
университета*

Khritankov Vladimir F.

*Doctor of Technical Sciences, prof.,
Department of Theoretical and applied
physics, Novosibirsk state agrarian
University*

ПИМЕНОВ Евгений Геннадьевич

*аспирант кафедры Теоретической и
прикладной физики Новосибирского
государственного аграрного университета*

Pimenov Evgeny G.

*engineer of the Department of
Theoretical and applied physics of
Novosibirsk state agrarian University*

ПИЧУГИН Михаил Анатольевич

*аспирант кафедры Теоретической и
прикладной физики Новосибирского
государственного аграрного университета*

Pichugin Mikhail A.

*engineer of the Department of
Theoretical and applied physics of
Novosibirsk state agrarian University*

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ КРУПНОПОРИСТЫХ БЕТОНОВ НА КОМБИНИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ ЗАПОЛНИТЕЛЯХ С ПОЛИМЕРНЫМИ ДОБАВКАМИ

FEATURES OF FORMATION OF STRUCTURE OF LARGE- POROUS CONCRETES ON COMBINED MINERAL FILLERS WITH POLYMERIC ADDITIVES

Приведены результаты изучения контактных зон цементного камня с полимерсиликатной композицией и отходами хризотилцемента. Установленные термоэффекты на кривых ДТА свидетельствуют о физико-химическом взаимодействии усиливающего плана, т.к. они имеют тенденцию к смещению в зону более высоких температур и большей степени химической связанности. При обработке шлакового заполнителя отходами хризотилцемента и полимерсиликатной композицией происходит упрочнение структуры, что свидетельствует о термостабильности и положительном влиянии совмещаемых компонентов.

The results of the study of the contact zones of cement with polymer-silicate composition are given. The established thermoeffects on the DTA curves indicate the physicochemical interaction of the reinforcing plan, since they tend to shift to higher temperatures and a high degree of chemical bonding is shown. When treating slag aggregate with chrysotile cement waste and polymer-silicate composition, the structure is hardened, which is recorded on thermograms, which indicates thermal stability and the positive effect of the combined components. It is also possible that the

*Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г., Пичугин М.А.
Особенности формирования структуры крупнопористых бетонов
на комбинированных минеральных заполнителях с полимерными добавками*

Возможно также предположение о том, что отмеченные смещения пиков могут быть отнесены к процессам улучшения структуры композиционного материала за счет консервации полимерсиликатной пленкой. Данные эффекты обнаруживаются и на гравиметрической кривой для полимерцементных систем и полимерцементных систем с добавкой отходов хризотилцементного производства, где отмечены меньшие потери веса по сравнению с кривыми чистого цементного камня.

Ключевые слова: цементный камень, полимерсиликатная композиция, отходы хризотилцемента, дифференциальный термический анализ, рентгенофазовый анализ, микроструктурные исследования.

noted peak displacements can be attributed to the processes of improving the structure of the composite material due to the preservation of the polymer-silicate film. These effects are also detected on the gravimetric curve for polymer-cement systems and polymer-cement systems with the addition of chrysotile-cement production waste, where lower weight losses are noted compared to the curves of pure cement stone.

Key words: cement stone, polymer-silicate composition, chrysotile cement waste, differential thermal analysis, X-ray phase analysis, microstructural studies.

Для объяснения установленных закономерностей был проведен комплекс физико-химических исследований: дифференциальный термический анализ, рентгенофазовый анализ и микроструктурные исследования. Изучение микрофотографий структуры образцов цементного камня на границе с заполнителем показали, что происходит интенсивное протекание процессов гидратации, способствующее уменьшению пористости. Это, на наш взгляд, вызвано тем, что строение порового пространства цементного камня осуществляется при положительном воздействии от новообразований компонентов отходов хризотилцементного производства и шлака на механизм заполнения капиллярного пространства продуктами гидратации цемента.

Анализ кривых РФА (рис.1) выявил более полную и глубокую кристаллизацию новообразований, предположительно за счет подложки из отходов хризотилцементного производства. Отмечены новообразования структуры цементного камня с наличием гипсового компонента, что фиксируется на рентгенограммах по дифракционным максимумам с d/n 0,756; 0,435; 0,307; 0,289; 0,269; 0,207 нм и гидроалюминатов кальция с d/n 0,374; 0,325; 0,265; 0,217; 0,180; 0,162 нм; присутствуют также гидросиликаты кальция с d/n 0,318; 3,03; 0,282; 0,261; 0,250; 0,180 нм. Выявленный в ходе испытаний кальцит свидетельствует о частичной карбонизации образцов. Отмечено также увеличение пика гидроалюмината кальция (C3A). Несколько уменьшились пики оксида кальция за счет связывания его с составляющими добавки ОХЦП и заполнителя. В жидкой фазе, заполняющей поры цементного камня,

*Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г., Пичугин М.А.
Особенности формирования структуры крупнопористых бетонов
на комбинированных минеральных заполнителях с полимерными добавками*

гидроалюминат кристаллизуется из раствора. Уменьшение гидроксида кальция вызвано частичным поглощением его добавкой хризотилцемента, что приводит к снижению возможности образования многоосновных гидроалюминатов кальция.

При изучении бинарных составов цементного камня с полимерсиликатной композицией на кривой ДТА отмечено несколько термоэффектов и отличий по сравнению с кривой для чистого цемента. Так, выравнивается и смещается в зону более высоких температур первый эндотермический эффект, соответствующий удалению адсорбированной воды (152,1 °С против 144,4 °С), что свидетельствует о большей степени ее химической связанности (рис.2).

На кривых ДТА отмечен переход температур эндо- и экзотермических реакций в зоны повышенных значений, что может свидетельствовать о влиянии отходов хризотилцементного производства на процесс гидратации цементного камня (рис.2).

При обработке шлакового заполнителя отходами хризотилцемента и полимерсиликатной композицией происходит упрочнение структуры, что зафиксировано на термограммах в виде смещения пиков экзо- и эндотермических эффектов в сторону более высоких температур. Так, экзотермический эффект при 450,3 °С и эндотермический эффект при 505,6 °С, отличаются перемещением пиков на 13–27 °С в зону повышенных температур, что свидетельствует о термостабильности и положительном влиянии совмещаемых компонентов. Возможно также предположение о том, что отмеченные смещения пиков могут быть отнесены к процессам улучшения структуры композиционного материала за счет консервации полимерсиликатной пленкой. Данные эффекты обнаруживаются и на гравиметрической кривой для полимерцементных систем и полимерцементных систем с добавкой отходов хризотилцементного производства, где отмечены меньшие потери веса по сравнению с кривыми чистого цементного камня.



Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г., Пичугин М.А.
Особенности формирования структуры крупнопористых бетонов
на комбинированных минеральных заполнителях с полимерными добавками

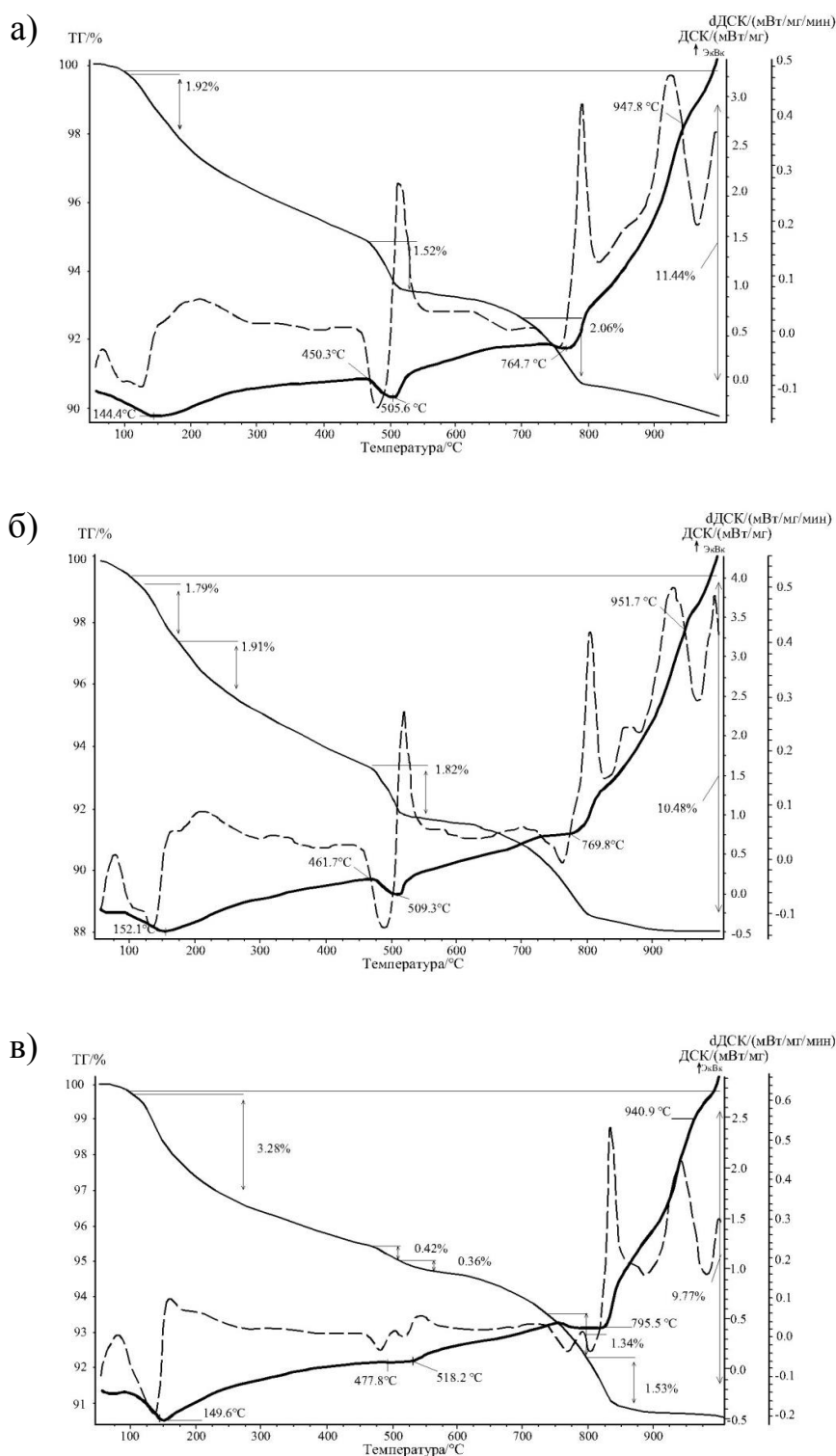


Рис.2. ДТА контактных зон цементного камня на границе с крупным шлаковым заполнителем: а – цементный камень в возрасте 28 суток; б – цементный камень + полимерсиликатное покрытие; в – то же, с добавкой отходов хризотилцемента

*Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г., Пичугин М.А.
Особенности формирования структуры крупнопористых бетонов
на комбинированных минеральных заполнителях с полимерными добавками*

Рентгенофазовый и термографический анализы образцов из чистых компонентов и различных сочетаний цементного теста с заполнителями позволили обнаружить фазовые превращения в цементном камне, содержащем частицы шлака, отходы хризотилцемента и полимерсиликатного защитного покрытия. Анализ кривых ДТА цементного камня показывает, что основные эффекты соответствуют разложению Ca(OH)_2 – 505,6–518,2 °С и вторичного карбоната кальция в интервале температур 764,7–795,5 °С.

*Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г., Пичугин М.А.
Особенности формирования структуры крупнопористых бетонов
на комбинированных минеральных заполнителях с полимерными добавками*

Библиографический список:**References:**

- | | |
|--|--|
| <p>1. Пименов Е.Г. Физико-химические исследования процессов снижения открытой пористости крупного заполнителя бетонов / Пименов Е.Г., Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Денисов А.С. // Известия вузов. Строительство. - 2016. - № 10-11. - С.22-31.</p> | <p>Pimenov E. G. Physical and chemical studies of the processes of reducing the open porosity of a large aggregate of concrete / Pimenov E. G., Pichugin A. P., Khritankov V. F., Denisov A. S. // proceedings of universities. Construction. - 2016. - № 10-11. - P. 22-31.</p> |
| <p>2. Пичугин А.П. Роль микроармирования в обеспечении эксплуатационных характеристик крупнопористого легкого бетона /Пичугин А.П., Денисов А.С., Хританков В.Ф., Пименов Е.Г. Известия вузов. Строительство. - 2016. - № 12. - С.5-15.</p> | <p>Pichugin, A. P. the Role of macroamylasemia in ensuring the operational characteristics of large-pore lightweight concrete /Pichugin A. P., Denisov A. S., Khritankov VF, Pimenov E. G. Izv. Construction. - 2016. - № 12. - P. 5-15.</p> |
| <p>3. Пичугин А.П. Технологические возможности использования отходов теплоэнергетики в сельском строительстве/ А.П.Пичугин, В.Ф.Хританков, А.Ю.Кудряшов, Е.Г.Пименов// Инновации и продовольственная безопасность. – 2017.- №4. – С.45-53.</p> | <p>Pichugin A. P. Technological possibilities of heat power waste use in rural construction/ A. P. Pichugin, V. F. Khritankov, A. Yu. Kudryashov, E. G. Pimenov// Innovations and food safety. – 2017.- №4. – P. 45-53.</p> |
| <p>4. Патент № 2661168 Российской Федерации. С04В 18/141; С04В 20/10; С04В 20/1085; С04В 20/12 Способ подготовки шлакового заполнителя для легкого бетона/ Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Кудряшов А.Ю., Пименов Е.Г. Опубл. 12.07.2018 Бюл.№20.</p> | <p>Patent No. 2661168 Of The Russian Federation. From 04 To 18/141; From 04 To 20/10; From 04 To 20/1085; From 04 To 20/12 Method of preparation of slag aggregate for lightweight concrete/ Pichugin AP, Khritankov V. F., Kudryashov A. Yu., Pimenov E. G. Publ. 12.07.2018 Byul.No. 20.</p> |

УДК 691.11:674.048.5

ПИЧУГИН Анатолий Петрович

*д.т.н., проф., зав.кафедрой Теоретической и
 прикладной физики Новосибирского
 государственного аграрного университета*

Pichugin Anatoly P.

*Doctor of Technical Sciences, prof.,
 head. Department of Theoretical and
 applied physics of Novosibirsk state
 agrarian University*

БАТИН Максим Олегович

*к.т.н., доц., доцент кафедры Теоретической и
 прикладной физики Новосибирского
 государственного аграрного университета*

Batin Maxim O.

*Ph.D., associate Professor, Department
 of Theoretical and applied physics,
 Novosibirsk state agrarian University.*

МИТИНА Лилия Анатольевна

*к. с.-х.н., доц., доцент кафедры Теоретической
 и прикладной физики Новосибирского
 государственного аграрного университета*

Mitina Lily A.

*Candidate of Agricultural Sciences,
 associate Professor, Department of
 Theoretical and applied physics,
 Novosibirsk state agrarian University*

СМИРНОВА Ольга Евгеньевна

*к.т.н., доц., зав.кафедрой Строительных
 материалов и спецтехнологий Новосибирского
 государственного архитектурно-
 строительного университета*

Smirnova Olga E.

*Ph.D., Assoc.m head. Department of
 Building materials and special
 technologies of Novosibirsk state
 University of architecture and
 construction*

БИОСТОЙКОСТЬ И САНИТАРНО- ГИГИЕНИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ

BIOHAZARD AND SANITARY-HYGIENIC ASSESSMENT OF MODIFIED WOOD

*Приведены результаты исследований по
 биологическим действиям модифицированной
 фенольными композициями древесины с
 учетом существующих и действующих
 методик по определению аллергенной
 активности. Сделан прогноз действия водных
 вытяжек из модифицированной древесины на
 присутствие аллергенов и определено
 содержание вредных веществ в летучих
 продуктах. Установлено, что после
 термической обработки и отвержения
 полимера в массиве древесины фенол
 практически не выделяется, а количество
 свободного формальдегида значительно ниже
 предельно допустимых концентраций при*

*The results of studies on the biological
 effects of wood modified with phenolic
 compositions are presented, taking into
 account existing and existing methods for
 determining allergenic activity. The
 effect of water extracts from modified
 wood on the presence of allergens was
 predicted and the content of harmful
 substances in volatile products was
 determined. It was established that after
 heat treatment and hardening of the
 polymer in the wood mass, phenol is
 practically not released, and the amount
 of free formaldehyde is significantly
 lower than the maximum permissible*

*Пичугин А.П., Батин М.О., Митина Л.А., Смирнова О.Е.
Биостойкость и санитарно-гигиеническая оценка модифицированной древесины*

различных кратностях воздухообмена и максимально возможной степени насыщенности объема испытываемым материалом.

Анализ полученных результатов показывает, что глубина проникновения грибов, судя по накоплению свободных аминокислот и белков, неодинакова в натуральной и модифицированной древесине. У образцов, пропитанных фенолоспиртом, обнаружены лишь следы аминокислот на поверхности древесины, в то время как в натуральной древесине гифы грибов проникали до 10 мм. Аналогичная картина с модифицированной древесиной берёзы при пропитке композицией из фенолоспирта и водных дисперсий кремнезоля и УНТ.

Ключевые слова: *модифицированная древесина, фенольные композиции, аллергенная активность, свободные фенол и формальдегид, биостойкость древесины.*

concentrations at various air exchange rates and the maximum possible degree of saturation of the volume with the test material.

Analysis of the results shows that the depth of penetration of fungi, judging by the accumulation of free amino acids and proteins, is not the same in natural and modified wood. In samples impregnated with phenol-alcohol, only traces of amino acids were found on the surface of wood, while in natural wood the hyphae of fungi penetrated up to 10 mm. A similar picture with modified birch wood when impregnated with a composition of phenol alcohol and aqueous silica sand dispersions and CNT.

Key words: *modified wood, phenolic compositions, allergenic activity, free phenol and formaldehyde, wood biostability.*

Использование древесины, модифицированной полимерными связующими сопряжено с двумя негативными моментами: воздействием фенола и формальдегида в период обработки древесины и возможным проявлением этих токсических веществ в организме животных, их крови, молоке и мясе. Поэтому одним из главных определяющих условий применения модифицированной древесины является выяснение санитарно-гигиенической безопасности использования данной технологии для устройства полов и содержания сельскохозяйственных животных на полах новой конструкции. С этой целью были выполнены исследования по определению летучих соединений из образцов модифицированной древесины в сравнении с обычной (не модифицированной полимерами).

Предварительно были определены технические характеристики пропитывающих составов и дано сравнение по соответствию указанным паспортным данным. Лабораторные испытания подтвердили соответствие полимерных смол действующим техническим условиям.

Все модификаторы для пропитки древесины изготавливались на Кемеровском ООО ПО «ТОКЕМ», имели соответствующие сертификаты качества и отвечали требованиям, предъявляемым к водорастворимым термореактивным полимерным композициям. Результаты санитарно-

*Пичугин А.П., Батин М.О., Митина Л.А., Смирнова О.Е.
Биостойкость и санитарно-гигиеническая оценка модифицированной древесины*

химических исследований, выполнены совместно с Институтом гигиены Минздрава РФ по определению летучих соединений на формальдегид – по реакции с солянокислым фенилгидразином (чувствительность 0,2 мкг/3 мл), фенол – по реакции с 2-6-дихлорхинонхлоримидом (чувствительность 0,2 мкг/5 мл), аммиак – с помощью реактива Несслера (чувствительность 2 мкг/5 мл). Результаты определения выделяемых вредных продуктов в виде свободных фенола и формальдегида приведены позволяют утверждать, что при модифицировании древесины березы фенолоспиртом с добавками наноразмерных дисперсий кремнезоля и УНТ их количество существенно снижается почти в два-три раза.

Биологические действия материала исследовали с учетом существующих и действующих методик по определению аллергенной активности и раздражающем действии фенолформальдегидных комплексов (порог раздражающего действия по формальдегиду 200 мг/л, фенолу 2000 мг/л), с целью прогноза этих аспектов действия анализировали водные вытяжки из модифицированной древесины на присутствие аллергенов. Соотношение площади образцов модифицированной древесины и объема экстрагента 1:1, экспозиция 24 часа. Результаты анализов вытяжек приведены в табл.1.

В вытяжке из контрольного образца древесины формальдегид не обнаружен, фенол содержится в количестве 0,3 мг/л. С вытяжками, полученными от экспозиции при температуре 50-37 °С, из модифицированной древесины, отвержденных при 100-120 °С, поставлены компрессионные (лоскутные) аллергодиагностические пробы на лабораторных крысах. Результаты всех кожных проб отрицательные.

Таблица 1

**Содержание фенола и формальдегида в водных вытяжках
из образцов модифицированной древесины, мг/л**

Ном ер экст ракц ии	Темпе ратура настаи вания, °С	Фенол			Формальдегид		
		ФС	ФС + кремнезоль	ФС + кремнезоль+ УНТ	ФС	ФС + кремнезоль	ФС + кремнезоль+ УНТ
1	50	100±0,17	21,0±0,14	10,0±0,1	36,1±0,05	7,3±0,21	3,6±0,22
2	37	30,0±0,03	6,1±0,11	3,2±0,03	24,0±0,04	5,6±0,11	2,5±0,1
3	20	21,0±0,09	6,3±0,07	1,0±0,04	23,4±0,01	3,0±0,06	0,8±0,03
4	15	14,0±0,12	2,3±0,13	1,4±0,11	7,3±0,06	1,7±0,12	0,65±0,05
5	10	9,5±0,07	2,0±0,08	1,1±0,02	7,0±0,08	1,5±0,07	0,65±0,01

*Пичугин А.П., Батин М.О., Митина Л.А., Смирнова О.Е.
Биостойкость и санитарно-гигиеническая оценка модифицированной древесины*

Кроме того, было определено содержание вредных веществ в летучих продуктах из модифицированной древесины. Как следует из проведенных исследований, после термической обработки и отвержения полимера в массиве древесины фенол практически не выделяется, а количество свободного формальдегида значительно ниже предельно допустимых концентраций при различных кратностях воздухообмена и максимально возможной степени насыщенности объема испытываемым материалом.

По результатам проведенных санитарно-гигиенических исследований можно сделать следующие выводы. С гигиенической точки зрения лучшими санитарно-химическими характеристиками обладает древесина, модифицированная фенолоспиртом с комплексными наноразмерными добавками водных дисперсий кремнезоля и УНТ. Независимо от режима отверждения (70-100-120 °С) выделение летучих соединений из нее на модели условий животноводческого помещения происходит в количествах, в среднем не превышающих предельно допустимую концентрацию для воздуха рабочей зоны (0,05 мг/м³ по формальдегиду).

Таблица 2

**Степень обработки древесины
и выброс токсических компонентов в воздух**

№ п/п	Показатель	ФС	ФС+КЗ	ФС+КЗ+УНТ
1.	Время термообработки пропитанной древесины, ч	1,5-2,5	1,5-2,5	1,5-2,5
2.	Степень пропитки древесины, %	70-75	70-75	70-75
3.	Содержание смолы в древесине по сухому остатку, %	24-30	24-30	24-30
4.	Содержание свободных токсичных компонентов, в т.ч. - фенола - формальдегида	0,12-0,19 0,08- 0,11	0,06-0,7 0,05-0,06	0,03-0,04 0,04-0,05
5.	Выброс токсичных компонентов в атмосферу, г/ч - фенола - формальдегида	0,032 0,064	0,026 0,045	0,018 0,021

Миграция мономеров в жидкость из образцов модифицированной древесины всех разновидностей происходит в концентрациях ниже порога раздражающего и аллергенного действия, что подтверждается и отрицательным результатом кожных проб. Кроме определения безопасности и санитарно-гигиенической приемлемости новых видов полов из модифицированной древесины для животноводческих помещений были выполнены расчеты выброса токсических компонентов (фенол, формальдегид) в атмосферу при непосредственном производстве модифицированной древесины (табл.2).

Пичугин А.П., Батин М.О., Митина Л.А., Смирнова О.Е.
Биостойкость и санитарно-гигиеническая оценка модифицированной древесины

Результаты этих расчетов показывают, что при модифицировании древесины березы фенолоспиртом с добавками наноразмерных дисперсий кремнезоля и УНТ выбросы токсических веществ минимальны и значительно ниже допустимых нормативных показателей.

В качестве субстрата были взяты опилки березы натуральной, осины натуральной, древесины березы, модифицированной фенолоспиртом с наноразмерными добавками направленного действия. В субстрат добавляли 5 мл среды Чапека с культурой гриба. В соответствии с поставленной задачей определяли активность развития культуры в зависимости от количества субстрата и температуры. Активность определяли по количеству CO_2 , выделяемого микроорганизмами, газохроматографическим методом на 2, 5, 11-й и 45-й день развития.

В результате проведенных исследований по интенсивности обрастания грибами натуральной и модифицированной древесины в динамике можно сделать следующее заключение. Для всех образцов из модифицированной древесины в течение 45 суток отмечена повышенная биостойкость. Особенно хорошо зарекомендовали себя образцы из древесины, пропитанной как чистым фенолоспиртом, так и с добавками наноразмерных компонентов. Независимо от степени пропитки эти образцы не обрастали сапрофитными грибами видов *Alternaria tenuis*, *Stemphium verruculosum* и имели слабое обрастание пленочным дереворазрушающим грибом *Coniophora cerebella* и др., используемыми при испытаниях сапрофитными грибами (табл.3). Более интенсивному обрастанию подвергались образцы древесины, модифицированные чистым фенолоспиртом, особенно при большом растворении и низком содержании сухого остатка. При разбавлении модифицирующей композиции до двух-двух с половиной раз содержание в модификаторе свободных летучих компонентов фенола и формальдегида достаточное и обеспечивает требуемые параметры биологической стойкости.

С учетом полученных данных можно предположить следующий механизм биодеструктивных изменений в древесине и роль при этом токсичных веществ, содержащихся у фенолформальдегидных полимеров. Споры грибов, попадая на поверхность древесины, начинают размножаться. Из спор образуются гифы, которые, ветвясь, дают грибницу, проникающую в древесину. Однако, если у натуральной древесины гидролиз клетчатки с образованием глюкозы протекает с нарастающей скоростью, то у модифицированной древесины он резко тормозится токсичными компонентами смол, которые оказывают фунгицидное действие на микроорганизмы. И чем больше процент содержания смол в древесине, тем менее активно проникают грибы вглубь материала. Это подтверждают результаты испытаний по определению глубины проникновения грибов в древесину.

Пичугин А.П., Батин М.О., Митина Л.А., Смирнова О.Е.
Биостойкость и санитарно-гигиеническая оценка модифицированной древесины

Анализ полученных результатов показывает, что глубина проникновения грибов, судя по накоплению свободных аминокислот и белков, неодинакова в натуральной и модифицированной древесине. У образцов, пропитанных фенолоспиртом, обнаружены лишь следы аминокислот на поверхности древесины, в то время как в натуральной древесине гифы грибов проникали до 10 мм. Аналогичная картина с модифицированной древесиной берёзы при пропитке композицией из фенолоспирта и водных дисперсий кремнезоля и УНТ. В ней в отдельных случаях обнаружено проникновение грибов на глубину до 1 мм, тогда как у образцов из натуральной древесины проникновение грибов сквозное.

Таблица 3

Интенсивность обрастания образцов грибами

Вид древесины	Модификатор	Содержание полимера в древесине, %	Обрастание поверхность и через 45 суток, %	Потеря массы, %	Показатель линейного истирания, %
<i>Coniophora cerebella</i>					
Натуральная древесина берёзы	-	-	99,8±0,2	30,1±0,13	80,6±0,14
Модифицированная древесина берёзы	Фенолоспирт	30	25,0±0,1	9,0±0,14	18,4±0,33
		10	45,0±0,12	17,1±0,23	25,1±1,1
Модифицированная древесина	Фенолоспирт + КЗ	30	37,3±0,15	13,7±0,3	14,7±1,2
		10	53,8±0,22	18,0±0,12	19,1±0,17
Модифицированная древесина	Фенолоспирт +КЗ+УНТ	25	21,8±0,78	13,3±0,36	7,8±0,27
<i>Stachybotrys alternans</i>					
Натуральная древесина берёзы	-	-	98,9±1,1	29,0±0,33	82,0±1,12
Модифицированная древесина берёзы	Фенолоспирт	30	25,4±1,18	13,2±0,65	20,1±1,66
		10	32,3±0,92	26,8±1,22	36,3±1,5
Модифицированная древесина	Фенолоспирт +КЗ+УНТ	30	11,2±0,43	9,4±1,1	12,0±0,56
		10	17,4±0,78	21,2±0,8	18,1±0,33
<i>Alternaria tenuis</i>					
Натуральная древесина берёзы	-	-	98,2±1,8	27,5±1,4	78,0±0,2
Модифицированная древесина берёзы	Фенолоспирт	30	-	5,6±1,5	8,8±0,9
		10	-	11,3±0,3	16,4±1,3
Модифицированная древесина	Фенолоспирт +КЗ+УНТ	30	17,4±0,66	7,2±1,3	3,8±0,43
		10	26,1±1,8	15,3±0,4	11,6±1,5

Для определения биостойкости древесины аппликационными методами образцы древесины пропитывали фенолоспиртом с добавками. Содержание отвержденного полимера в древесине регулировались от 15 до 30%. После пропитки термообработку образцов проводили при температуре 60, 100 и 120 °С.

*Пичугин А.П., Батин М.О., Митина Л.А., Смирнова О.Е.
Биостойкость и санитарно-гигиеническая оценка модифицированной древесины*

Часть образцов не подвергалась термообработке. Для испытания на биостойкость от каждой партии отбирали по два образца модифицированной древесины и помещали в колбу с двумя образцами из натуральной древесины. Через 45 дней проверили проникновение гифов грибов в древесину путем определения синтеза грибами свободных аминокислот или окраски их гиф (реакция на белки).

Результаты и этих исследований показали, что модифицированная древесина биостойкая. Грибы практически не проникали ни в один из исследуемых образцов.

*Пичугин А.П., Батин М.О., Митина Л.А., Смирнова О.Е.
Биостойкость и санитарно-гигиеническая оценка модифицированной древесины*

Библиографический список:**References:**

- | | |
|--|--|
| 1. Пичугин А.П., Денисов С.А. и др. способ получения модифицированной древесины. Патент РФ №2605752; приоритет 26.12.2014 г. | Pichugin A. P., Denisov S. A. and others. method for producing modified wood. RF patent №2605752; priority 26.12.2014 G. |
| 2. Пичугин А. П., Батин М. А., Кудряшов А. Ю. Митина Л. А. Деревянные полы повышенной стойкости для производственных сельскохозяйственных зданий: Монография. - Новосибирск, Новосибирский государственный аграрный университет, 2017. – 140 с. | Pichugin A. P., Batin, M. A., Kudryashov, A. Yu., Mitin L. A. Hardwood floors are more resilient to agricultural production buildings]. - Novosibirsk, Novosibirsk state agrarian University, 2017. – 140 p. |
| 3. Пичугин, А.П., Батин, М.О., В.В.Банул
Полы из модифицированных полимерными композициями материалов в сельском хозяйстве// Строительные материалы. - 2012. - № 8, С. 80-82. | Pichugin, A. P., Batin, M. O., V. V. Banul
Floors from the materials modified by polymeric compositions in agriculture// Building materials. - 2012. No. 8, p. 80-82. |
| 4. Хрулев В. М. Модифицированная древесина в строительстве. – М.: Стройиздат, 1986. – 112 с. | Khrulev VM Modified wood in construction. – Moscow: Stroyizdat, 1986. – 112 p. |
| 5. Кное А., Шейб В. Фенольные смолы и материалы на их основе./ Перевод с англ./ М.: Химия, 1983, - 280с. | Knoe A., Sheib V. Phenolic resins and materials based on them./ Translation from English./ M.: Chemistry, 1983, - 280s |
| 6. Батин М.О., Пичугин А.П. Биостойкость древесины в решетчатых полах животноводческих помещений// Мир науки, культуры, образования. – 2012. - № 1. - С. 318-320. | Batin M. O., Pichugin A. P., the biological stability of wood in slatted floors of livestock buildings// World of science, culture, education. – 2012. - № 1. - P. 318-320. |
| 7. Хрулев В. М. Прогнозирование прочности клеевых соединений деревянных конструкций./М.: Стройиздат, 1981, - 128с. | Khrulev V. M. Prediction of strength of adhesive joints of wooden structures./M.: Stroyizdat, 1981, - 128s. |
| 8. Пичугин А.П., Бареев В.И., Батин М.О. Технологические особенности получения модифицированной древесины и ее основные свойства// Материалы VI Международной научно-технической конференции "Надежность и долговечность строительных материалов, конструкций и фундаментов". – Волгоград, 2011, - С. 255-257. | Pichugin A. P., Bareev V. I., Batin M. O. Technological features of obtaining modified wood and its basic properties// Materials of the VI International scientific and technical conference "Reliability and durability of building materials, structures and foundations". Volgograd, 2011, Pp. 255-257. |

Стыценков А.А., Ахмедгораева А.Р., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н.
Виды рулонных кровельных материалов, объем российского рынка и экологическое состояние

УДК 678.073

СТЫЦЕНКОВ Алексей Александрович

*магистрант Казанского национального
исследовательского технологического
университета, генеральный директор
ООО «Биком»*

STYCENKOV Alexey A.

*master's student of Kazan national
research technological University,
General Director ООО «BIKOM»*

АХМЕДГОРАЕВА Алина Раисовна

*аспирант Казанского национального
исследовательского технологического
университета*

AHMETGORAEVA Alina R.

*post-graduate student of Kazan national
research technological University*

ГАЛИМЗЯНОВА Резеда Юсуповна

*к.т.н. доцент, Казанский национальный
исследовательский технологический
университет*

GALIMZYANOVA Rezeda Y.

*associate Professor, Kazan national
research technological University*

ХАКИМУЛЛИН Юрий Нуриевич

*д.т.н., проф., Казанский национальный
исследовательский технологический
университет*

KHAKIMULLIN Yurii N.

*doctor of technical Sciences, Prof.,
Kazan national research technological
University*

ВИДЫ РУЛОННЫХ КРОВЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ОБЪЕМ РОССИЙСКОГО РЫНКА И ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

THE TYPES OF ROLL ROOFING MATERIALS, THE VOLUME OF THE RUSSIAN MARKET AND THE ENVIRONMENTAL CONDITION

*В статье рассмотрены виды рулонных
кровельных материалов и тенденции развития
современного рынка. Приведен примерный
расчет объема российского рынка рулонных
кровельных материалов и расчет количества
отходов образующегося при капитальном
ремонте зданий, относящегося к сегменту
плоские крыши. Проанализированы затраты
на проведение ремонта при использовании
рулонных кровельных материалов второго и
третьего поколения.*

*The article describes the types of rolled
roofing materials and trends in the
development of the modern market. The
approximate calculation of the volume of
the Russian market of rolled roofing
materials calculation of the amount of
waste generated during the overhaul of
buildings belonging to the segment of flat
roofs. The cost of repair using rolled
roofing materials of the second and third
generation is analyzed.*

Ключевые слова: рулонные кровельные
материалы, кровля, ремонт, рынок,
производители, битум, полимер, плоская
кровля.

Key words: rolled roofing materials,
roofing, repair, market, manufacturers,
bitumen, polymer, flat roof.

*Стыценов А.А., Ахмедгараева А.Р., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н.
Виды рулонных кровельных материалов, объем российского рынка и экологическое состояние*

Кровля является одним из важных и ответственных конструктивных элементов здания, выполняет защитные функции и одновременно обеспечивает определенный тепловой режим и комфортность помещения, участвует в создании архитектурного облика города. Столь многофункциональное назначение кровли может быть выполнено лишь при условии использования высококачественных, долговечных материалов и современных технологий гидроизоляционных работ.

Исторически сложилось, что наибольшее хождение в России имеют рулонные кровельные материалы на основе битумных вяжущих [1]. Они отличаются простотой изготовления, дешевы, независимо от условий производства и состояния изолируемой поверхности создают слой с гарантированной толщиной.

Первыми рулонными кровельными материалами на основе битумных вяжущих являлись рубероид, пергамин и их аналоги (табл.1). Однако такие материалы обладали существенным недостатком – низкой долговечностью (от 1 до 5-7 лет). Причина снижения эксплуатационных характеристик во времени – малая прочность и низкая водостойкость кровельного картона, старение и повышение хрупкости битумов, отсутствие стабильности реологических свойств структурного покрытия в целом [2]. 1998 год стал переломным моментом в истории рубероида – именно тогда было принято решение о запрете устройства гидроизоляции крыши с его помощью. Проектные и строительные организации РФ перестали его использовать [3].

Вторым поколением рулонных кровельных материалов, широко используемых в настоящее время, являются материалы на основе битумо-полимерных и полимерных связующих. Содержание полимера в таких материалах составляет, как правило, 8-12% от массы битума. Это позволяет расширить интервал температур эксплуатации за счет снижения температуры хрупкости и повышения температуры размягчения, повысить адгезию к основе и улучшить сцепление слоев в конструкции многослойного ковра.

Распространенным полимером для модификации битума является атактический полипропилен (АПП) и синтетические каучуки, в частности стиролбутадиенстирольный (СБС). По сравнению с обычным окисленным битумом битумы, модифицированные АПП, характеризуются высокой теплостойкостью, хорошей гибкостью на холоде (до -20 °С) и высокой устойчивостью к атмосферным воздействиям. Битумы, модифицированные СБС, имеют еще более высокую гибкость на холоде (до -30 °С), более чувствительны к УФ-излучению. В регионах с теплым климатом предпочтение отдается битуму, модифицированному АПП, благодаря хорошей стойкостью к УФ-излучению.

*Стыценок А.А., Ахмедгараева А.Р., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н.
Виды рулонных кровельных материалов, объем российского рынка и экологическое состояние*

Композиции на основе битума и СБС обладают высокой эластичностью (до 2000%) и незаменимы в регионах с холодным климатом.

Таблица 1

Виды рулонных кровельных материалов

Поколение и тип материала	Основа	Дублировка, армировка	Монтаж	Некоторые торговые марки	Производитель	Срок службы
I поколение (битумные материалы)	Битум	Картон	Приклеивание битумными мастиками	Пергамин, рубероид	Техниколь	<5 лет
	Окисленный битум	Картон, стеклохолст, полиэстер, стеклоткань, сланцевая, базальтовая посыпка	Наплавление, приклеивание полимерно-битумными мастиками	Рубемаст, Бикрост, Стеклоизол	Техниколь	10-15 лет
				Рубемаст	Мягкая Кровля	
				Стекломаст	ЗАО МПК «КРЗ»	
				Линокрот, Бикроласт	Техниколь	
II поколение (битумно-полимерные материалы)	Битум, модифицированный полимером (АПП, СБС)	Стеклохолст, стеклоткань, полиэстер, сланцевая, базальтовая посыпка	Наплавление, приклеивание полимерно-битумными мастиками	Техноэласт, Унифлекс, Экофлекс	Техниколь	20-30 лет
				Гидростеклоизол, Стекломаст, Бирепласт	ТПК Строй	
				Изопласт, Изоэласт	Изофлекс-М	
				Филизол	Филикровля	
				Ультрамарин, Виллатекс, Икопал	ICOPAL	
III поколение (полимерные материалы)	Термоэластопласты, ЭПДМ, БК, ПИБ, ХСПЭ, ПВХ, ТПО	Полиэстер, Геотекстиль, ПЭТ-сетка, Стеклосетка.	Приклеивание, наплавление, механическое закрепление, сваривание, балласт	Лоджикруф	Техниколь	До 50 лет
				Декоплан	Стройпластполимер	
				Protan	Protan AS	
				Alkorplan	Renolit SE	
				Monarplan	ICOPAL	
				Ruvimat	«Ruvitex»	
				Sikaplan	«Sika»	
				Rhepanol	FlachdachTechnologie AG	
				Fireston	«FirestoneBuildingProducts»	
				Герметекс PRO	Герметекс	
				Carlisle	Carlislesyntessystems	

Битумо-полимерные кровельные материалы для повышения прочности армируют стеклянными или синтетическими волокнами в виде тканей холста и нетканого полотна, а также путем дисперсного армирования короткими отрезками волокон. Для защиты от солнечного излучения применяются бронирующие посыпки из специально приготовленной и окрашенной минеральной (сланцевой, керамической) или пластмассовой крошки. Например, материал, где связующей основой является СБС-битумная композиция, более подвержен старению под воздействием УФ излучения, поэтому наличие защиты (посыпки, фольги, либо покрытия с краской) является обязательным.

Последнее десятилетие полимерно-битумные материалы являются лидером среди кровельных и гидроизоляционных, занимая в мире около 45% [4]. Такая популярность обеспечивается их надежностью, подтвержденной многолетним опытом применения в различных конструкциях, относительно низкой ценой и отличными эксплуатационными свойствами, длительным сроком службы – 10-25 лет. Стремление повысить срок службы приводит все к большему повышению содержания полимера в битуме – в настоящее время все

*Стыценов А.А., Ахмедгараева А.Р., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н.
Виды рулонных кровельных материалов, объем российского рынка и экологическое состояние*

более широкое распространение получают композиционные вяжущие, где содержание полимера составляет до 50%.

Третьим поколением материалов, долговечность которых составляет 20-50 лет являются материалы на основе предельно насыщенных полимеров: хлорсульфированного полиэтилена (ХСПЭ), этиленпропиленового каучука (СКЭПТ). Отсутствие двойных связей в главной цепи полимеров обеспечивает высокую стойкость к воздействию УФ-излучения, стойкость к окислению и повышенную атмосферо- и озоностойкость. Сохраняют высокоэластичные свойства в диапазоне от -60 до +100 °С. Неполарность определяет высокую стойкость к действию неполярных сред, в том числе и к воде. Способны к высокому наполнению. Основные преимущества однослойных ковров из эластомерных материалов перед многослойными состоят в том, что они позволяют выполнять кровельные работы всесезонно, снижать трудозатраты при устройстве кровли на 200-300%, уменьшить массу кровли и транспортные расходы более чем в 10-20 раз; исключить горячие процессы при устройстве кровель. Для приклеивания рулонных кровель третьего поколения, возможно, использование неотверждаемых герметиков на основе эластомеров, например, бутилкаучука и этиленпропиленового каучука. Такие мастики обладают совместимостью с материалом кровли и хорошей адгезией к различным субстратам [5-10].

Как следует из вышесказанного, рынок рулонных кровельных материалов на настоящий период времени направлен на повышение срока службы кровли. Нужно отметить, что повышение срока службы приводит, в том числе к снижению отходов при проведении капитального ремонта. Ужесточение экологических требований к кровельным материалам является по данным Национальной кровельной ассоциации Америки (NRCA – National Roofing Contractors Association of America) одним из трендов развития отрасли кровельных материалов. Также актуальным является стремление к энергосбережению (например, окрашивание крыш в белый цвет), установка на крышах солнечных батарей, рост объемов строительства озелененных крыш (муниципальные здания должны иметь «зеленые» крыши).

Для российского рынка кровельных материалов, как и европейского, в настоящее время наблюдается склонность к расширению – ежегодный прирост к общему объёму кровельных материалов составляет 2,5%.

Целевые сегменты конечных потребителей кровельных материалов в России можно сгруппировать в 3 укрупненные подгруппы: многоэтажные жилые здания, частные малоэтажные жилые здания, коммерческая недвижимость всех типов.

По данным Росстата, в Российской Федерации по состоянию на 2016 год зарегистрировано более 1,2 млн. жилых многоквартирных домов. Этот

*Стыценов А.А., Ахмедгараева А.Р., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н.
Виды рулонных кровельных материалов, объем российского рынка и экологическое состояние*

показатель сопоставим с количеством многоквартирных домов во всех странах ближнего зарубежья. Большая часть зданий в данном сегменте имеют плоский тип кровли. Эти данные также подтверждает и официальная статистика министерства ЖКХ РФ – 50% многоквартирных домов или около 735 тыс. требуют капитального ремонта, что в первую очередь касается ремонта кровли и фундамента дома.

Таким образом, если учитывать все здания, требующие ремонта кровли в настоящий момент (около 735 тыс.) и при приближении, что средняя площадь крыши плоского типа равна 500 кв.метрам, а цену за 1 кв.метр принимать 350 рублей, емкость рынка кровельных материалов составляет более 131 млрд.рублей.

Нужно отметить, что при ремонте крыш образуется огромное количество отходов «кровельного пирога», который демонтируется перед нанесением нового покрытия. Если учитывать, что толщина наплавленной рулонной кровли составляет от 1,7 до 3 мм, (возьмём для расчетов среднее значение 2 мм), а плотность данных материалов в зависимости от производителя – 1,4-1,7 кг/м.куб. (возьмём для расчетов среднее значение 1,55 кг/м.куб). Итого получается 3,1 кг с 1 м² кровельного пирога.

Как правило, капитальный ремонт проводится на покрытиях уже ранее ремонтируемых, поэтому количество слоев рулонной кровли может варьироваться от 4 до 8, соответственно, для расчетов можно взять 6 слоев. Итого с 1 м² плоской кровли в среднем снимается 18,6 кг отходов. А в течение 5 лет при капитальном ремонте, если принять среднюю площадь одной кровли 500 кв.м, получается количество отходов равное 6,84 млрд.кг. Только стоимость утилизируемого битума в данном случае составляет 341 млрд.руб.

Другим важнейшим сегментом является рынок российский индивидуальных жилых зданий, который по данным Росстата составляет 36 млн.человек в частных домах. В данном сегментесосредоточено 7 520 000 (5 человек на дом) частных домов. Данный сегмент примечателен тем, что оценочно можно прикинуть количество частных объектов с плоскими кровлями (частные гаражи, погреба и т.д.). В целом, если суммировать количество многоквартирных и частных домов получается 8,7 млн.домов. Количество отходов при капитальном ремонте в ближайшее 5 лет, составляет 120 тыс.тонн отходов

По данным экспертов рынок кровельных материалов для гидроизоляции верхним слоем и подложки между верхним слоем и основанием крыши в сегменте частных жилых зданий в России оценивается в 105 млрд.рублей (30% от общего рынка кровельных материалов, куда входит черепица и другие важнейшие позиции), что сопоставимо с рынком многоквартирных жилых

*Стыценов А.А., Ахмедгараева А.Р., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н.
Виды рулонных кровельных материалов, объем российского рынка и экологическое состояние*

зданий России. Но важно отметить, что рынок частных жилых зданий в отличие от многоквартирных зданий обладает высокими темпами роста – более 4% в год.

К третьему сегменту – сегменту коммерческой и государственной недвижимости можно отнести промышленные (производственные здания), офисы, университеты, школы, больницы, поликлиники и другие малоэтажные здания. Для указанных типов недвижимости характерна кровля плоского типа с высокой степенью изнашиваемости.

По оценке проведенного Freedonia Group исследования доступный рынок в данных нишах может составлять 70 млрд.руб. Количество отходов, в данном случае, составляет соответственно, 50% от многоквартирных домов, в течение 5 лет, то есть 3,42 млрд. кг.



Рис.1. Емкость рынка кровельных материалов составляет

Таким образом, емкость рынка кровельных материалов в сегменте плоские крыши составляет 306 млрд. и 10,4 млрд.кг отходов кровельного пирога при капитальном ремонте в течение ближайших 5 лет или 519 млрд.рублей, если пересчитать данный объем на стоимость битума.

В настоящий момент российский рынок гидроизоляционных материалов для ремонта и покрытия кровли переживает сложное время – традиционные битумсодержащие материалы прописаны в основных документах, регулирующих отрасль, а вопросы экономического эффекта, экологии и целесообразности отодвинуты на второстепенные места.

Рынок России в данном сегменте отстает от показателей развития отрасли в США и странах Западной Европы, где альтернативные технологии уже

*Стыценов А.А., Ахмедгараева А.Р., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н.
Виды рулонных кровельных материалов, объем российского рынка и экологическое состояние*

несколько лет лидируют по объемам поставок благодаря революционному подходу к монтажу и улучшению физико-технических качеств материала.

Подобные изменения коснутся и России при предъявлении соответствующего огромного спросу предложения со стороны российских производителей.

В дополнение к факту, описанному в предыдущем пункте и являющемся одним из ключевых факторов роста, стоит отметить ряд других рычагов роста рынка кровельных материалов подобного типа в России и в странах ближнего зарубежья:

1. Износ жилых зданий в многоквартирном секторе.

Основным рычагом роста рынка является текущее состояние жилищного фонда: более 50% многоквартирных зданий России нуждаются в капитальном ремонте кровли и фундамента. Существующий спрос подкреплен созданием фондов капитального ремонта и поэтому можно говорить об экономически подкреплённом спросе на ремонт и гидроизоляцию кровли в данном сегменте.

2. Повышение энергоэффективности зданий.

В связи с повышением стоимости услуг ЖКХ для всех сегментов потребителей наблюдается увеличение спроса на применение энергоэффективных технологий и материалов для сокращения потребления энергоресурсов (тепловой и электрической энергии).

Подкрепляет это предположение и переход России к использованию международных стандартов сертификации для подтверждения энергоэффективности зданий жилого и коммерческого секторов. К наиболее популярным и эффективным системам сертификации, которым будет соответствовать разработанный нашей компанией материал, можно отнести следующие системы: EnergyStar, LEED, CoolRoofing, BuildingCodes, Regulatory&Environmental Considerations.

3. Ужесточение экологических норм и правил утилизации.

Дополнительным рычагом роста и изменения рынка кровельных материалов и технологий является ужесточение экологических норм и правил утилизации (особенно строительного мусора). Затраты на данные статьи в смете должны становиться все более существеннее, для мотивации всей цепочки (собственник-заказчик-исполнитель) оптимизировать данные процессы.

Ниже приведен, сравнительный анализ двух технологий на примере капитального ремонта без вскрытия и восстановления стяжки, монтаж кровли (плоской) 1000 м.кв. (2 вентиляционные шахты, 4 воронки).

В целом, при использовании технологии «Герметекс» экономия составляет 30%. Также нужно учитывать, то, что в технологии «Герметекс» демонтаж старого покрытия не обязателен, что так же составляет существенную стоимость в смете и серьезно влияет на экологическую обстановку, на данном примере

Стыценов А.А., Ахмедгараева А.Р., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н.
Виды рулонных кровельных материалов, объем российского рынка и экологическое состояние

(оценочно 19 тонн отходов кровельного пирога) Достаточно технического аудита поверхности, вскрытия и просушка проблемных участков. Во-вторых, при технологии классической, как правило, данная операция обязательна, к тому же предполагается после удаления старого покрытия подготовка цементной стяжки и утилизация старого покрытия, что также заложено в смете.

Таблица 2

Сравнительный анализ двух технологий.

Характеристики	Ремонт кровли традиционными материалами (типа Унифлекс)			Ремонт кровли материалами «Герметекс» в один слой		
	Материал	Цена за кв.м., руб.	Цена, руб.	Материал	Цена за кв.м., руб.	Цена, руб.
Материалы	ИМ ЛМ.С.Ф. Герметекс (нахлест 15%)	1150 м.кв. х 350 руб.	402500,0	Унифлекс ХПП (нижний слой) на хлест 15%	112,7	112700,0
				Унифлекс ХКП (верхний слой) на хлест 15%	128,8	128800,0
	Праймер битумный (на основе растворителя)	300 кг х 70руб	21000,0	Праймер битумный	300кг х 70руб.	21000,0
				Рейка прижимная	500м. пог. х 70 руб.	28000,0
				Дюбель гвоздь 6х60	2000 шт.х1.3 руб.	2600,0
				Газ	700х20 руб.	14000
Работа	Грунтование	1000х30руб	30000,0	Грунтование	1000х30руб.	30000
	Укладка ИМ ЛМ. С.Ф. Герметекс (с учетом примыканий)	1000 м. кв. х 80руб	80000,0	Укладка нижний слой	1000х100руб	100000
				Укладка верхний слой	100руб.	100000
	Устройство воронок	4шт 2000	8000,0	Устройство примыканий		75000
	Устройство вентиляционных шахт	2шт х500	1000,0	Устройство воронок		12000
Инструменты	Перчатки, прокаточный валик, ножницы, нож, валик (для праймера)		1000,0	Устройство вентиляционных шахт		10000,0
	Садовый пылесос		10000,0	Перчатки, нож, валик для праймера		500,0
ИТОГО			553500,0	Газовые горелки, баллоны		70000,0
						704600,0

Таким образом, кровля является одним из важных и ответственных конструктивных элементов здания, выполняет защитные функции и одновременно обеспечивает определенный тепловой режим и комфортность помещения. Столь многофункциональное назначение кровли может быть выполнено лишь при условии использования высококачественных, долговечных материалов и современных технологий гидроизоляционных работ с учетом жизненного цикла зданий/сооружений 50-100 лет. С учетом этого, очевидно, что будущее за рулонными кровельными материалами на основе термоэластопластов и каучуков.

Стыценов А.А., Ахмедгараева А.Р., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н.
Виды рулонных кровельных материалов, объем российского рынка и экологическое состояние

Библиографический список:**References:**

- | | |
|--|--|
| 1. Горелов Ю.А. Рулонная кровля. Оценка качества и свойства битумных и полимерно-битумных рулонных материалов // Строительный эксперт. 1999. №9. | Gorelov, Yu. a., Roll roofing. Quality assessment and properties of bitumen and polymer-bitumen roll materials // Construction expert. 1999. No. 9. |
| 2. Коренькова С.Ф., Веревкин О.А., Лукоянчева Т.П. Рулонные кровельные и гидроизоляционные материалы // Технологии материалы конструкции в строительстве. Самара. 1999. 126 с. | Koren'kova S. F., Verevkin, O. A., T. P. Lukoyanov Roll roofing and waterproofing materials // Technology materials in construction. Samara. 1999. 126 p. |
| 3. Эволюция мягкой кровли – от рубероида до полимерных мембран / [Электронный ресурс] URL: http://okrovle.com/krovelnye-materialy/ot-ruberoida-do-polimernyh-membran.html (дата обращения: 29.05.2019). | Evolution of soft roof – from roofing material to polymer membranes/ [Electronic resource] URL: http://okrovle.com/krovelnye-materialy/ot-ruberoida-do-polimernyh-membran.html (date accessed: 29.05.2019) |
| 4. Global Roofing Market Sees Lucrative Opportunities in Asia Pacific [Электронный ресурс] URL: https://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/global-roofing-market.htm , (дата обращения: 29.05.2019) | Global Roofing Market Sees Lucrative Opportunities in Asia Pacific [Electronic record] URL: https://www.transparencymarketresearch.com/pressrelease/global-roofing-market.htm (data basenya: 29.05.2019) |
| 5. Муртазина Л.И. Влияние технологических добавок на свойства неотверждаемых герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука // Известия КГАСУ. 2015. Т. 31, № 1. Р. 134–140. | Murtazina L. I. et al. Influence of technological additives on the properties of unapproved sealants based on ethylene propylene diene rubber // Izvestiya kgasu. 2015. Vol. 31, No. 1. P. 134-140. |
| 6. Муртазина Л.И. Неотверждаемые герметики высокого наполнения на основе этиленпропилендиенового каучука // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т.16, № 24. Р. 71–73. | Murtazina L. I. et al. Unapproved sealants of high filling on the basis of ethylene propylene-diene rubber // Bulletin of Kazan technological University. 2013. Vol. 16, № 24. P. 71-73. |
| 7. Муртазина Л.И. Регулирование свойств неотверждаемых герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука пластификаторами // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, № 9. Р. 119–122. | Murtazina L. I. et al. Regulation of properties of unapproved sealants based on ethylene propylene diene rubber by plasticizers // Bulletin of Kazan technological University. 2014. Vol. 17, № 9. P. 119-122. |
| 8. Муртазина Л.И. Влияние пластификаторов на свойства неотверждаемых герметиков на основе этиленпропилендиенового каучука // Клеи. Герметики, Технологии. 2014. № 8. Р. 31–35. | Murtazina L. I. et al. Influence of plasticizers on the properties of unapproved sealants based on ethylene propylene diene rubber // Adhesives. Sealants, Technology. 2014. No. 8. P. 31-35. |
| 9. Галимзянова Р.Ю. Невысыхающие герметизирующие композиции на основе | Galimzyanova R. Y. et al. Low-drying sealing compositions based on butyl rubber |

*Стыценков А.А., Ахмедгораева А.Р., Галимзянова Р.Ю., Хакимуллин Ю.Н.
Виды рулонных кровельных материалов, объем российского рынка и экологическое состояние*

бутилкаучука // Вестник Казанского
технологического университета. 2009. № 6.
Р. 153–159.

// Bulletin of Kazan technological
University. 2009. No. 6. P. 153 to 159.

-
10. Галимзянова Р.Ю., Лисаневич М.С.,
Хакимуллин Ю.Н. Влияние карбоната
кальция на свойства неотверждаемых
герметиков на основе бутилкаучука и
термопластов // Журнал прикладной химии.
2013. Т. 86, № 8. Р. 1313–1316.

Galimzyanova R. Yu., Lisanevich M. S.,
Khakimullin Yu. N. Influence of calcium
carbonate on the properties of unapproved
sealants based on butyl rubber and
thermoplastics // Journal of applied
chemistry. 2013. Vol. 86, No. 8. P. 1313-
1316.

Информация для рекламодателей

Information for advertisers

Сетевое издание «Полимеры в строительстве: научный Интернет-журнал» доступно читателю в формате pdf.

Рекламный материал представляется в редакцию в электронном виде на электронный адрес: polymer.kgasu@yandex.ru в соответствии со следующими требованиями: оформление текста рекламы осуществляется в редакторе **Word** со вставлением в текст рисунков (фотографий, графиков, иллюстраций) из файлов формата **.jpeg**. Все рисунки и фотографии должны быть контрастными и иметь разрешение не менее 300 dpi. Иллюстративный материал желательно представлять в цветном варианте.

Стоимость размещения рекламы:

- 1/2 листа формата А4 – 3 000 рублей;
- лист формата А4 – 5 000 рублей.

Если вам потребуется дополнительная информация об условиях размещения рекламы в сетевом издании, пожалуйста, свяжитесь с нами по e-mail: polymer.kgasu@yandex.ru, khozin@kgasu.ru, laa@kgasu.ru.

Условия представления статей и требования к ним

Terms submitting articles and their requirements

1. Авторы представляют рукописи в редакцию в электронном виде (по электронной почте: polymer.kgasu@yandex.ru, khozin@kgasu.ru, laa@kgasu.ru) в соответствии с правилами оформления материалов, приведенными в приложении № 1 (текстовый и графический материал).

2. Представляемые статьи должны соответствовать структуре, приведенной в приложении № 2 (указание места работы всех авторов, их должностей, ученых степеней, ученых званий, название и аннотация статьи, ключевые слова, контактная информация для переписки).

3. Библиографический список приводится после текста статьи в формате, установленном сетевым изданием, из числа, предусмотренных действующим ГОСТом. Примеры оформления библиографических ссылок даны в приложении № 3.

4. Присланная статья будет рецензироваться редакционной коллегией сетевого издания. Редакция предоставляет рецензии по запросам авторам рукописей и экспертным советам в ВАК.

5. Опубликование статей в сетевом издании осуществляется на бесплатной основе.

6. После рассмотрения материалов редакция уведомляет авторов о своем решении электронным письмом. В случае отказа в публикации статьи редакция направляет автору мотивированный отказ.

7. Авторы опубликованных материалов несут ответственность за достоверность приведенных сведений и за использование данных, не подлежащих открытой публикации. Редакция оставляет за собой право внесения редакторской правки. Редакция может опубликовать материалы, не разделяя точку зрения автора (в порядке обсуждения).

8. Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах будут находиться в свободном доступе в Интернете на русском и английском языках: полнотекстовые версии статей – в свободном доступе или доступными только для подписчиков не позднее, чем через год после выхода сетевого издания.

9. Редакция не несет ответственность за содержание рекламы и объявлений.

10. Перепечатка материалов из журнала возможна лишь с письменного разрешения редакции.

Уважаемые авторы, в целях экономии времени следуйте правилам оформления статей в сетевом издании.

Приложение № 1

Правила оформления материалов

Статьи представляются по электронной почте: polymer.kgasu@yandex.ru, khozin@kgasu.ru, laa@kgasu.ru и оформляются следующим образом.

Оформление текста статьи:

- ✓ объем статьи – не менее 3 и не более 15 страниц формата А4;
- ✓ поля: по 2 см с каждой стороны;
- ✓ основной текст статьи набирается в редакторе Word (.doc, .docx) без переносов;
- ✓ шрифт основного текста – Times New Roman, размер – 14, межстрочный интервал – 1,0;
- ✓ отступ первой строки абзаца – 1,25 см;
- ✓ сложные формулы выполняются при помощи встроенного в WinWord редактора формул MS Equation 3.0;
- ✓ формулы располагаются по центру без отступа, их порядковый номер указывается в круглых скобках и размещается на странице справа. Единственная в статье формула не нумеруется. Сверху и снизу формулы не отделяются от текста дополнительным интервалом;
- ✓ для ссылок на формулы в тексте используются круглые скобки – (1), на литературные источники – квадратные скобки [1];
- ✓ библиографический список приводится шрифтом размером 12.

Оформление графического материала:

- ✓ иллюстрации, рисунки, графики и фотографии вставляются в текст после первого упоминания о них из файлов формата .jpeg;

- ✓ подрисуночные подписи даются под иллюстрациями по центру после слова *Рис.* с порядковым номером (шрифт – 12, полужирный). Единственный рисунок в тексте не нумеруется;
- ✓ между подписью к рисунку и последующим текстом – один междустрочный интервал;
- ✓ все рисунки и фотографии должны быть контрастными и иметь разрешение не менее 300 dpi. Иллюстративный материал желательно представлять в цветном варианте;
- ✓ графики нельзя выполнять тонкими линиями (толщина линий – не менее 0,2 мм);
- ✓ ксерокопированные, а также плохо отсканированные рисунки из книг и журналов не принимаются;
- ✓ слово *Таблица* с порядковым номером располагается справа. На следующей строке приводится заголовок к таблице по центру без отступа (шрифт – 12, полужирный). Между таблицей и текстом – один междустрочный интервал. Единственная таблица в статье не нумеруется.

Приложение № 2

Структура статьи

Автор(ы): фотография, обязательное указание мест работы всех авторов, их должностей, ученых степеней, ученых званий (на русском и английском языках).

Заглавие (на русском и английском языках).

Аннотация (на русском и английском языках).

Ключевые слова (на русском и английском языках).

Текст статьи (на русском языке).

Библиографический список в формате, установленном журналом, из числа предусмотренных действующим ГОСТом (на русском и английском языках).

Контактная информация для переписки (на русском и английском языках).

Приложение № 3

Примеры оформления библиографических ссылок

Библиографический список приводится после текста статьи на русском и английском языках. Все ссылки в списке последовательно нумеруются.

1. Описание книги одного автора.

Описание книги начинается с фамилии автора, если книга имеет не более трех авторов. Перед заглавием пишется только первый автор.

Гузеев В.В. Структура и свойства наполненного ПВХ. – СПб.: Научные основы и технологии, 2012, 284 с.

Гузеев В.В. и др. Структура и свойства наполненного ПВХ / В.В.Гузеев, В.В.Гузеев, В.В.Гузеев. СПб.: Научные основы и технологии, 2012, 284 с.

2. Описание книги четырех и более авторов.

Описание книги начинается с заглавия, если она написана четырьмя и более авторами. Все авторы пишутся только в сведениях об ответственности. При необходимости их количество сокращают. Также дается описание коллективных монографий, сборников статей.

Структура и свойства наполненного ПВХ / В.В.Гузеев, В.В.Гузеев, В.В.Гузеев и др. СПб.: Научные основы и технологии, 2012, 284 с.

3. Описание статьи из журнала

Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г., Майсурадзе Н.В. Разработка способа усиления эпоксидных полимерных материалов // Известия вузов, Строительство. 1993. № 5. С.115-118.

4. Описание нормативных актов

О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации: Федеральный закон от 31 мая 2001г. № 73-ФЗ // Ведомости Федерального собрания Российской Федерации. 2001. № 17. Ст.940. С.11-28.

5. Описание отчетов о НИР

Проведение испытания теплотехнических свойств камер КХС-12-В3 и КХС-2-12-3: Отчет о НИР (промежуточ.) / Всесоюзный заочный институт пищевой промышленности (ВЗИПП); Руководитель В.М.Шавра. ОЦО 102ТЗ; № ГР8005-7138; Инв.№ 5119699. М., 1981. 90 с.

6. Описание патентных документов

Патент на изобретение № 2450037. Древесно-полимерная композиция на основе жесткого поливинилхлорида. Бурнашев А.И., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Колесникова И.В., Хозин В.Г. по заявке № 20101513/05 опубликовано: 10.05.2012, бюлл.№ 13.

7. Описание электронных научных изданий

Иванов А.А. Синтетическая природа маски в актерском искусстве // Культура&общество: электронный журнал. М.: МГУКИ, 2004. № государственной регистрации 0420600016. URL: <http://www.e-culture.ru/Articles/2006/Ivanov.pdf> (дата обращения: 12.08.2006).

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор	доктор технических наук, профессор Хозин В.Г.
Заместитель главного редактора	доктор технических наук, профессор Абдрахманова Л.А.
Заместитель главного редактора по финансовым вопросам	Бобырева Н.И.
Помощник главного редактора	Синцова Л.В.
Технический администратор	Фалеев В.И.
Переводчик	Чутаев Б.Р.

Адрес редакции:

420043, Российская Федерация, Республика Татарстан,
г.Казань, ул.Зеленая, д.1, КГАСУ, кафедра ТСМИК

Интернет: <http://polymer.kgasu.ru>

E-mail: polymer.kgasu@yandex.ru

Регистрационный номер издания, как средства массовой информации

Эл № ФС77-56829 от 29.01.2014г.

Учредитель сетевого издания

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный
архитектурно-строительный университет»

Дата размещения на сайте:

10 июня 2019 года

Минимальные системные требования, необходимые для доступа к изданию:

- операционная система: Windows/Linux/Mac;
- частота процессора: от 100 MHz и выше;
- оперативная память: 64 Mb;
- память на жестком диске: 20 Mb;
- необходимые программы: Adobe Acrobat Reader 5.0 и выше;
- Internet-браузер, совместимый с вашей операционной системой.