

ISSN 2312-3028

**ПОЛИМЕРЫ
В СТРОИТЕЛЬСТВЕ**
научный Интернет-
журнал

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



<http://polymer.kgasu.ru>

№ 1 (12), 2024

E-mail: polymer.kgasu@yandex.ru

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



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

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



Members of the editorial board

ABDRAKHMANOVA Lyailya Abdullova - 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

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



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



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

производственной безопасности Казанского национального исследовательского технического университета им.А.Н.Туполева (КНИТУ-КАИ)

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



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

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	10-11	Editor's Preface
Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хозин В.Г. Эффективные способы модификации суспензионного поливинилхлорида	12-14	Abdrakhmanova L.A., Nizamov R.K., Khozin V.G. Effective methods for modifying suspension polyvinyl chloride
Зенитова Л.А. Полиуретаны в строительстве	15-17	Zenitova L.A. Polyurethanes in construction
Галимов Э.Р., Галимова Н.Я., Шарафутдинова Э.Э. Технология получения углеродных пен на основе фенолформальдегидных смол и микросфер	18-21	Galimov E.R., Galimova N.Y., Sharafutdinova E.E. Technology of production of carbon foams based on phenol-formaldehyde resins and microspheres
Галимов Э.Р., Галимова Н.Я., Шарафутдинова Э.Э. Интегрированная технология получения углеродных пен с регулируемыми теплофизическими свойствами	22-25	Galimov E.R., Galimova N.Y., Sharafutdinova E.E. Integrated technology for production of carbon foams with adjustable thermophysical properties
Сафин А.Г., Сафин Р.Р. Geolift. Применение полиуретанов для стабилизации грунтов и усиления оснований	26-29	Safin A.G., Safin R.R. Geolift. The use of polyurethanes to stabilize soils and strengthen bases
Хантимиров А.Г., Абдрахманова Л.А., Сучкова Е.А. Древесно-полимерные композиты на основе ПВХ с повышенной атмосферостойкостью	30-32	Khantimirov A.G., Abdrakhmanova L.A., Suchkova E.A. Pvc-based wood-polymer composites with increased weather resistance
Сулейманов А.М., Репина Е.А., Закревская Л.В., Гаврикова Т.А. Реставрационные составы на основе природных полимеров растительного происхождения	33-37	Suleymanov A.M., Repina E.A., Zakrevskaya L.V., Gavrikova T.A. Restoration compositions based on natural polymers of plant origin
Тимаков Е.А., Ермолаева Е.В., Панов Ю.Т., Ботвинова О.А., Романов С.В. Модификация полимочевинных покрытий для строительства	38-40	Timakov E.A., Ermolaeva E.V., Panov Y.T., Botvinova O.A., Romanov S.V. Modification of polyurea coatings for construction
Гаркави М.С., Артамонов А.В., Колодежная Е.В. Функциональные наполнители полимерных композиционных материалов	41-44	Garkavi M.S., Artamonov A.V., Kolodezhnaya E.V. Functional fillers for polymer composite materials
Кондращенко В.И., Адылходжаев А.И., Ван Чжуан, Исмагилова Л.И. Инновационные конструкции и технология изготовления композиционных шпал	45-48	Kondrashchenko V.I., Adilkhodzhaev A.I., Wang Chuang, Ismagilova L.I. Innovative design and production technology of composite sleepers
Кочуров И.Ф., Палкин В.Г., Сучкова Н.В. Клей для древесного шпона на основе полиэтилена	49-51	Kochurov I.F., Palkin V.G., Suchkova N.V. Polyethylene based wood veneer adhesive

Карапетян К.А. Деформации ползучести в стеклопластиковых элементах: Роль разориентации направления армирования	52-54	Karapetyan K.A. Creep deformations in fiberglass elements: The role of reinforcement direction misalignment
Низина Т.А., Низин Д.Р., Спирин И.П., Канаева Н.С. Релаксационные характеристики полимеров на основе эпоксидных связующих	55-57	Nizina T.A., Nizin D.R., Spirin I.P., Kanaeva N.S. Relaxation characteristics of polymers based on epoxy binders
Низин Д.Р., Низина Т.А., Селяев В.П., Спирин И.П. Необратимая потеря массы образцов эпоксидных полимеров в процессе натурального климатического старения	58-60	Nizin D.R., Nizina T.A., Selyaev V.P., Spirin I.P. Irreversible weight loss of epoxy polymer samples during natural climate aging
Пичугин А.П., Хританков В.Ф., Пчельников А.В., Смирнова О.Е. Повышение качества полимерсодержащих композитов за счет применения нанодобавок	61-63	Pichugin A.P., Hritankov V.F., Pchelnikov A.V., Smirnova O.E. Improving the quality of polymer- containing composites through the use of nano-additives
Садыкова Д.Ф., Валеева А.Р., Гимранова А.Р., Готлиб Е.М. Эпоксидные и поливинилхлоридные материалы для покрытия полов с синтетическим волластонитом на основе золы рисовой шелухи	64-66	Sadikova D.F., Valeeva A.R., Gimranova A.R., Gotlib E.M. Epoxy and polyvinyl chloride materials for flooring with synthetic wollastonite based on rice husk ash
Долгова А.В., Камалетдинова Р.Л., Валеева А.Р., Готлиб Е.М. Влияние дисперсности золы рисовой шелухи на свойства эпоксидных материалов	67-70	Dolgova A.V., Kamaletdinova R.L., Valeeva A.R., Gotlib E.M. Influence of dispersion of rice husk ash on the properties of epoxy materials
Неделькин А.В., Зачернюк Б.А., Садовский П.А., Гарин С.П. Токоотводящие эпоксидные напольные покрытия с объемной проводимостью на основе высокоэффективных отечественных токопроводящих добавок	71-73	Nedel'kin A.V., Zachernyuk B.A., Sadovsky P.A., Garin S.P. Current-sinking epoxy floorings with volumetric conductivity, based on domestic highly effective conducting additives
Тарасова О.И., Юркин Ю.В. Разработка вибропоглощающих композиционных материалов на основе бутилкаучука	74-76	Tarasova O.I., Yurkin Y.V. Development of vibration-absorbing composite materials based on butyl rubber
Волоцкой А.Н., Юркин Ю.В. Разработка вибропоглощающих материалов на основе этиленвинилацетат	77-80	Volotskoy A.N., Yurkin Y.V. Development of damping materials based on ethylene- vinyl acetate
Левицкая А.В., Анисимова С.В. Полимерцементные составы с использованием водных дисперсий акриловых сополимеров	81-82	Levitskaya A.V., Anisimova S.V. Polymercement compositions using water dispersions of acrylic copolymers
Портнягина В.В., Петрова Н.Н. Структура и свойства морозостойких эластомерных композитов на основе пропиленоксидного каучука и ультрадисперсного политетрафторэтилена	83-85	Portnyagina V.V., Petrova N.N. Structure and properties of frost- resistant elastomer composites based on propylene oxide rubber and ultrafine polytetrafluoroethylene

Рябова В.О., Рогов В.Е. Разработка композиционных полимерных пленочных материалов на основе поливинилового спирта и полигексаметиленгуанидин гидрохлорида с целью обеспечения длительного антимикробного эффекта и улучшения физических характеристик получающихся покрытий	86-88	Ryabova V.O., Rogov V.E. Development of composite polymeric film materials based on polyvinyl alcohol and polyhexamethylene guanidine hydrochloride to ensure long-term antimicrobial effect and improve the physical characteristics of the resulting coatings
Агнаев С.С., Урханова Л.А., Хаглеев А.Н., Дондуков С.Д., Демин К.А. Исследование прочностных свойств полимерных пленок, модифицированных в плазме скользящей дуги для создания рулонного гидроизоляционного материала	89-91	Agnaev S.S., Urkhanova L.A., Khagleev A.N., Dondukov S.D., Demin K.A. Reserch of the strength properties of polymer films modified in gliding arc plasma to create a rolled waterproofing material
Аюпов Д.А. Полимерные модификаторы битума: Виды, тенденции, перспективы	92-94	Ayupov D.A. Polymer bitumen modifiers: Types, trends, prospects
Беляева Е.С., Тонеев И.Р., Ибатуллин И.Д., Деморецкий Д.А. Разработка абразивных композиционных систем на основе полиэтиленгликоля и алмазов детонационного синтеза	95-96	Belyaeva E.S., Toneev I.R., Ibatullin I.D., Demoretsky D.A. Development of abrasive composite systems based on polyethylene glycol and detonation synthesis diamonds
Тарасов И.Ю., Христофорова И.А. Применение гидроизоляционной пвх-мембраны в строительстве	97-99	Tarasov I.Y., Khristoforova I.A. Application of waterproofing pvc-membrane in construction
Косарева А.В., Савицкая Ю.А., Харламова К.И. Оценка эффективности методов фракционирования дисперсных микрочастиц	100-103	Kosareva A.V., Savitskaya Y.A., Kharlamova K.I. Evaluation of the effectiveness of fractionation methods of dispersed microparticles
Антонова И.И., Аюпов Д.А. Битумполимерные эмульсии для напыляемой гидроизоляции	104-106	Antonova I.I., Ayupov D.A. Bitumen polymer emulsions for sprayed waterproofing
Баруздин А.А., Закревская Л.В., Кондратьева Л.Е. Композиционные материалы на основе органических заполнителей и неорганических вяжущих	107-111	Baruzdin A.A., Zakrevskaya L.V., Kondratieva L.E. Composite materials based on organic aggregates and inorganic binders
Богданова А.И., Закирова Л.Ю., Хакимуллин Ю.Н. Адгезионные свойства термоэластопластов на основе бутадиенстирольного каучука для гидроизоляции	112-114	Bogdanova A.I., Zakirova L.Y., Khakimullin Y.N. Adhesive properties of thermoplastics based on styrene butadiene rubber for waterproofing
Валиев А.И., Сулейманов А.М. Гибридные полимерные композиты конструкционного назначения	115-117	Valiev A.I., Suleymanov A.M. Hybrid polymer composites for structural applications

Валиева Д.М., Мурсалимова Д.Р., Хузиахметова К.Р.	118- 120	Valieva D.M., Mursalimova D.R., Khuziakhmetova K.R.
Реологические свойства композиций на основе поливинилхлорида		Rheological properties of polyvinyl chloride-based compositions
Варанкина Д.А., Рогожкин Р.С., Юркин Ю.В.	121- 124	Varankina D.A., Rogozhkin R.S., Yurkin Y.V.
Исследование влияния наполнителей на динамические-механические свойства композиционных материалов на основе термоэластопластов (тэп)		Investigation of the effect of fillers on the dynamic mechanical properties of composite materials based on thermoplastic elastomers (tpe)
Горбачев А.В., Файзуллин И.З., Вольфсон С.И.	125- 128	Gorbachev A.V., Fayzullin I.Z., Volfson S.I.
Разработка полимерных композитов на основе полипропилена и модифицированной рисовой лузги для строительной отрасли		Development of polymer composites based on polypropylene and modified rice husks for the construction industry
Зими́на А.С., Миронова Ю.Е., Хакимуллин Ю.Н., Войлошников В.М.	129- 130	Zimina A.S., Mironova Y.E., Khakimullin Y.N., Voyloshnikov V.M.
Пластификация силоксановых резин органосилоксанами		Plastification of siloxane rubbers with organosiloxanes
Ишканиева Д.Д., Богданов В.Н., Абдрахманова Л.А.	131- 134	Ishkineeva D.D., Bogdanov V.N., Abdrakhmanova L.A.
Разработка эпоксидных композиций с дисперсными и коротковолокнистыми наполнителями		Development of epoxy compositions with disperse and short fiber fillers
Казакулов Р.И., Аюпов Д.А.	135- 138	Kazakulov R.I., Ayupov D.A.
Водно-цеолитовые суспензии для битумных паст гидроизоляционного назначения		Water-zeolite suspensions for bitumen pastes for waterproofing purpose
Матвеев К.С., Хузиахметова К.Р., Низамов Р.К.	139- 142	Matveev K.S., Khuziakhmetova K.R., Nizamov R.K.
Наполнение пвх-композиций вспученным перлитовым песком		Expanded perlite sand as a filler in pvc compositions
Мифтахова Д.И., Абдрахманова Л.А.	143- 144	Miftakhova D.I., Abdrakhmanova L.A.
Сравнительный анализ производства и потребления дпк на основе поливинилхлорида и полиэтилена на отечественном рынке строительных материалов		Comparative analysis of production and consumption of wpc based on polyvinyl chloride and polyethylene in the domestic building materials market
Мурсалимова Д.Р., Хантимиров А.Г., Абдрахманова Л.А., Исламов А.М.	145- 147	Mursalimova D.R., Khantimirov A.G., Abdrakhmanova L.A., Islamov A.M.
Оценка влияния процесса дегазации при экструзии на свойства древеснонаполненных пвх-композитов		Assessment of the effect of the degassing process during extrusion on the properties of wood-filled pvc composites
Рогожкин Р.С., Варанкина Д.А., Юркин Ю.В.	148- 150	Rogozhkin R.S., Varankina D.A., Yurkin Y.V.
Изучение влияния фенолформальдегидной смолы на свойства вибропоглощающих материалов на основе бутилкаучука		Studying the influence of phenolformaldehyde resin on the properties of vibration-absorbing

		materials based on butyl rubber
Сучкова Е.А., Хантимиров А.Г., Абдрахманова Л.А.	151- 153	Suchkova E.A., Khantimirov A.G., Abdrakhmanova L.A.
Установление градуировочной зависимости при испытании на истирание древесно-полимерных композитов		Establishing a calibration dependence when abrasion testing wood-polymer composites
Хабидуллина В.С., Аюпов Д.А.	154- 156	Khabibullina V.S., Ayupov D.A.
Прогноз старения модифицированных битумов		The forecast of aging of modified bitumen
Хузиахметова К.Р., Матвеев К.С., Низамов Р.К.	157- 159	Khuziakhmetova K.R., Matveev K.S., Nizamov R.K.
Совмещение порошкообразных наполнителей со смесью полимеров		Combining powdered fillers with a mixture of polymers
Шакиров А.Р., Сулейманов А.М.	160- 163	Shakirov A.R., Sulejmanov A.M.
Прогнозирование ползучести адгезионного соединения элементов усиления железобетонных конструкций полимерными композитами		Prediction of creep of adhesive connection of reinforcement elements of reinforced concrete structures with polymer composites
Галимов Э.Р., Галимова Н.Я., Шарафутдинова Э.Э.	164- 167	Galimov E.R., Galimova N.Y., Sharafutdinova E.E.
Разработка составов и технологии получения световозвращающих материалов		Development of compositions and technology of light-reflecting materials production
Старовойтова И.А.	168- 171	Starovoitova I.A.
Исследование адгезионного взаимодействия в системе «эпоксидное связующее – базальтовое волокно»		Research of adhesive interaction in the system «epoxy binder – basalt fiber»
Дементьева А.Г., Коврига В.В.	172- 174	Dementeva A.G., Kovriga V.V.
Системы самозащиты полиэтиленовых газопроводов		Self-protection systems for polyethylene gas pipelines
Абдукадиров Ф.Б., Касимов И.У., Жуманова С.Г.	175- 180	Abdukadirov F.B., Kasimov I.U., Jumanova S.G.
Синтез и исследование механизма огнезащиты новых антипиренов для полимерных строительных материалов		Synthesis and study of the fire protection mechanism of new fire retardants for polymer building materials
Абдукадиров Ф.Б., Жуманова С.Г., Рахимбабаева М.Ш., Мухамедгалиев Б.А.	181- 191	Abdukadirov F.B., Jumanova S.G., Rakhimbabayeva M.Sh., Mukhamedgaliev B.A.
Исследование закономерностей спонтанной полимеризации и макромолекулярных характеристик фосфониевых полимеров		Investigation of the patterns of spontaneous polymerization and macromolecular characteristics of phosphonium polymers

Уважаемые читатели-коллеги!

Этот выпуск нашего электронного журнала «Полимеры в строительстве» содержит в разной степени «развернутые» тезисы докладов одноименной международной научно-практической конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора Воскресенского Владимира Александровича, основателя первой кафедры пластических масс среди строительных вузов Советского Союза. Ветеран Великой Отечественной войны, химик по образованию и духу, став ректором Казанского инженерно-строительного института, он создал целую полимерную школу из многих десятков аспирантов – выпускников различных вузов Казани: химиков, физиков, механиков и, конечно, строителей. Я отношусь к последним, которого он превратил из инженера-строителя-технолога, «бетонщика» в «полимерщика», «заразив» неугасаемой любовью к науке. Как и мой заместитель – проф. Абдрахманова Л.А. (она – великолепный организатор) считаем себя учениками В.А.Воскресенского, периодически (раз в пять лет) организуем конференции «Воскресенские чтения» на базе нашей кафедры. И вот сейчас, в день его рождения, мы начинаем эту большую конференцию, надеясь, что на ней будут показаны новые, высокоэффективные способы применения синтетических органических полимеров, материалов, изделий и конструкций на их основе в строительстве – самой материалоёмкой отрасли экономики страны. Полимеры удивительны и прекрасны не только неисчерпаемыми возможностями синтеза макромолекул, но и возможностью простым аддитивным способом рассчитать все основные физические свойства полимера по химической структуре его повторяющегося звена. Этой возможности – создавать материал с заранее заданными свойствами пока нет у материалов другой химической природы. Хотя в реальной технологии производства полимеров этот принцип пока не применяется, тем более что базовые («чистые») полимеры модифицируют многочисленными способами или применяют в составе композиционных материалов, в которых их специфические полимерные свойства играют определяющую роль. Так, в зоне адгезионного контакта полимера с твердой поверхностью подложки или наполнителя, армирующего волокна, благодаря энтропийному и энтальпийному факторам образуется достаточно протяженный граничный слой со

структурой и свойствами, отличными от таковых у «чистого» полимера. Вследствие этого свойства полимерного композиционного материала (ПКМ) существенно отличаются от аддитивных, что особенно эффективно проявляется в волокнисто-армированных материалах на основе реакционноспособных олигомеров (связующих в них), достигающих высочайших значений удельной прочности.

Анонсированная тематика нашей конференции была достаточно широка: от структуры и свойств полимеров до их наномодификации, от технологии производства полимерных строительных изделий и даже конструкций до проблемы их долговечности и огнестойкости, и, конечно, наномодификации. Безусловно острая проблема применения вторичных полимеров остается злободневной в научном и практическом плане и, особенно, экологическом, требующая решения в соответствии с Федеральным законом «Экономика замкнутого цикла», срок действия которого с 1 января 2022 г. до 31 декабря 2030 г.

Представленные тезисы в целом отражают тематику конференции, и я надеюсь, что устные доклады вызовут интерес у слушателей, и, в целом, подвигнут их на дальнейшие исследования у одних, и к попытке внедрения в практику – у других.

Безусловно, главная цель и ценность нашей конференции, как и подобных научных конференций – это личные контакты её участников друг с другом, дискуссии в поиске истины, общие интересы и рождение взаимных симпатий, договоренностей о сотрудничестве. Конференция – это аура научного общения. Я, как руководитель кафедры ТСМИК, на базе которой состоится эта научно-практическая конференция, надеюсь, что она будет проникнута духом науки, и мы достигнем желанной цели.



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

ЭФФЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ МОДИФИКАЦИИ СУСПЕНЗИОННОГО ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

АБДРАХМАНОВА Ляйля Абдулловна

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, laa@kgasu.ru

НИЗАМОВ Рашит Курбангалиевич

д.т.н., ректор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, nizamov@kgasu.ru

ХОЗИН Вадим Григорьевич

д.т.н., заведующий кафедрой Технологии строительных материалов, изделий и конструкций Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, khozin.vadim@yandex.ru

EFFECTIVE METHODS FOR MODIFYING SUSPENSION POLYVINYL CHLORIDE

ABDRAKHMANOVA Lyayla A.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, laa@kgasu.ru

NIZAMOV Rashit K.

Doctor of Engineering, rector, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, nizamov@kgasu.ru

KHOZIN Vadim G.

Doctor of Engineering, Head of the Department of Technology of Building Materials, Products and Structures of Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, khozin.vadim@yandex.ru

Поливинилхлорид (ПВХ) по своим объемам производства и потребления уступает только полиолефинам, как в мире, так и в России. Но, по объемам применения в строительстве, на его долю приходится более 40%, следом идут полиэтилен и полипропилен, 26 и 15%, соответственно. Сегодняшняя реальность такова, что пока нет другого полимера, который можно было бы подвергать такому разнообразию способов модифицирования, как ПВХ, и поэтому получению огромного числа материалов с широким диапазоном эксплуатационных свойств. Основное потребление ПВХ остается в производстве стройматериалов, например, в 2023 году на этот рынок ушло 86% всего ПВХ в России. На сегодняшний день на российском рынке по сравнению с другими странами преобладает потребление профильно-погонажных изделий. Но уже сейчас трубное полимерное производство становится также одним из самых успешных и в российской индустрии пластмасс.

Используемые нами способы модификации ПВХ разнообразны, однако преследуют одну цель - создать высокотехнологичные композиции (что непросто, учитывая специфику переработки этого полимера), обеспечивающие получение материала и изделия из него с заданным комплексом эксплуатационно-технических свойств.

Нами рассматриваются вопросы наполнения ПВХ с учетом специфики минеральных и органических наполнителей и формирования гетерогенных структур наполненных композитов, зависящих от условий взаимодействия на границе раздела фаз. Достаточно большой опыт в этом направлении модификации позволил расширить исследования путем наполнения смесей ПВХ с модификаторами ударной прочности и перерабатываемости на основе различных типов эластомеров. Изучались зависимости основных механических свойств композитов от толщины и характеристики границы перехода от матрицы к наполнителям межфазного слоя в системе ПВХ-модификатор-наполнитель.

В основе работ по наномодификации ПВХ лежит реализация механизма, состоящего в том, что наночастицы заполняют структурные дефекты межфазных границ композитов и, обладая при этом высокой адсорбционной и химической активностью, образуют физические или химические связи с окружающими элементами (полимерной матрицей или другими компонентами композиции), вызывая эффект усиления. В качестве наномодифицирующей добавки для ПВХ рассмотрены углеродные нанотрубки (однослойные и многослойные), при этом основной упор сделан на выбор наиболее рациональных способов совмещения малых доз нанодобавок с матрицей ПВХ.

Также получило развитие и признание одно из перспективнейших направлений в области полимерных композиционных материалов – это создание высоконаполненных древесно-полимерных композитов (ДПК) на основе ПВХ. Осуществлена разработка технологического решения получения поливинилхлоридного ДПК с улучшенными эксплуатационными показателями за счет использования эффективных связующих агентов и усиления композита введением коротковолокнистых минеральных наполнителей.

Результаты данных исследований изложены в работах наших аспирантов, магистров и бакалавров. Наиболее интересные и значительные данные представлены в следующих публикациях [1-6].

Библиографический список:

1. Низамов Р.К. Полифункциональные наполнители для поливинилхлоридных композиций строительного назначения // Строительные материалы. 2006. № 7. С. 68–70.

2. Бурнашев А.И., Ашрапов А.Х., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Структура и свойства модифицированного древесно-полимерного композита // Строительные материалы, 2014, №3, С.104-106.

3. Исламов А.М., Бурнашев А.И., Фахрутдинова В.Х., Низамов Р.К. Л.А. Абдрахманова Создание вспененных древесно-полимерных композитов на основе поливинилхлорида // Известия КГАСУ, 2015, №1 (31). С. 127-133.

4. Хантимиров А.Г., Абдрахманова Л.А., Хозин В.Г. Наполнение древесно-полимерных композитов базальтовыми волокнами // Известия вузов. Строительство. – 2022. – № 10. – С. 5-13.

5. Л.А. Абдрахманова, А.Г. Хантимиров, Р.К. Низамов, В.Г. Хозин Древесно-полимерные наномодифицированные поливинилхлоридные строительные композиты // Вестник МГСУ. – 2018. – № 4(13). – С. 426-434.

6. Хузиахметова К. Р., Исламов А. М., Абдрахманова Л. А., Низамов Р. К., Валиева Д. М. Изучение полимерных матриц на основе смесей поливинилхлорида и привитых сополимеров // Строительные материалы. – 2023. – № 12. – С. 70-75.

УДК 691.678

ПОЛИУРЕТАНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ЗЕНИТОВА Любовь Андреевна

Профессор Казанского научного исследовательского технологического университета, Казань, Россия, Liubov_zenitova@mail.ru

POLYURETHANES IN CONSTRUCTION

ZENITOVA Lyubov A.

Professor of Kazan Scientific Research Technological University, Kazan, Russia, Liubov_zenitova@mail.ru

Химические соединения уретановой группы отличаются уникальным свойствами: при необходимости из них без изменения химического состава можно получить большинство материалов, нужных для строительной сферы.

Так эластичный полиуретан отличается повышенной устойчивостью к механическим нагрузкам и абразивному воздействию, а также к УФ-лучам, маслам, жидкому топливу и органическим растворителям. Вспененные полиуретаны обладают высокими тепло- и звукоизоляционными свойствами, практически не подвержены старению, имеют небольшой вес. Полиуретан сохраняет заданные эксплуатационные характеристики даже при длительном воздействии различных комбинаций негативных факторов. Общее число стройматериалов, при производстве которых так или иначе используются полиуретановые соединения, доходит до 30%.

Сфера применения полиуретанов в строительстве и в отделке чрезвычайно широка.

- Полиуретановые (PUR) и полиизоциануратные (PIR) сэндвич-панели (предизолированные элементы ограждающих конструкций); теплоизоляционные плиты с мягкой облицовкой (теплоизоляция стен, кровли, "разуклонка" для кровли) – жесткий пенополиуретан (ППУ/PIR).

- SIP-панели с теплоизоляционным слоем из жесткого ППУ или полиизоцианурата.

- Трубная теплоизоляция (предизолированные трубы с ППУ- и пенополиуретанмочевинной ППМ-изоляцией, предизолированные трубы с теплоизоляцией из напыленного ППУ, "скорлупы") для различных отраслей промышленности и ЖКХ – жесткий ППУ.

- Теплоизоляционные элементы (плиты, "скорлупы", "разуклонка" и прочие изделия), получаемые резкой/контурной резкой блоков из жесткого ППУ или PIR.

- Вакуумированные теплоизоляционные плиты с мягкой газонепроницаемой облицовкой и наполнителем из открытопористого жесткого ППУ.

- Закрытопористый жесткий напыляемый ППУ и PIR для теплоизоляции объектов гражданского и промышленного строительства (стены, кровля) и других объектов (резервуары и т.п.) в различных отраслях промышленности.

- Открытопористый напыляемый ППУ для шумоизоляции строительных объектов.

- Одно- и двухкомпонентные полиуретановые краски, лаки и покрытия, полиуретановые и гибридные силан-полиуретановые (SPUR) клеи, полиуретановые связующие для резиновой крошки. Покрытия на основе полимочевины.

- Полиуретановые и гибридные силан-полиуретановые (SPUR) герметики,

- клеи-герметики, полиуретановые мастики, различные инъекционные и заливочные одно- и двухкомпонентные тампонажные составы.

- Монтажная однокомпонентная пена (OCF) в аэрозольной упаковке: бытовая, профессиональная/профессиональная зимняя – полужесткий ППУ.

- Заливочные двухкомпонентные системы в баллонах для применения по месту – жесткий ППУ.

- Изделия из ПУ-эластомеров или микроячеистого ППУ (компенсационные швы в бетонных конструкциях, опорные элементы, ролики, облицовка шкивов).

- Полиуретановое связующее для щебня и других видов камня (укрепление береговой линии, железнодорожной насыпи, ландшафтные работы).

- Предварительно сжатая уплотнительная лента (ПСУЛ) на основе эластичного блочного ППУ, пропитанного специальными акриловыми составами (заполнение монтажных швов при установке оконных блоков и т.п.).

- Полиуретановые составы для устройства наливных полов, материал для заполнения термошвов, полимербетон, шпаклевочные составы и цементы на основе уретанового связующего ("уретановые смолы").

- Декоративные и конструкционные элементы разной плотности (интерьерные стеновые панели "под камень", экстерьерные стеновые панели, облицованные клинкерным кирпичом/плиткой, молдинги, плинтусы, колонны, розетки, садовая скульптура и пр.).

- Фильтрующие элементы для специальных вентиляционных систем из ретикулированного ППУ и многое другое.

Это далеко неполный список применения полиуретановых материалов. В продолжение темы можно отметить два прогноза:

Первый (сформирован по результатам опроса участников рынка, организованного CREON Group) говорит о том, что вплоть до 2030 года следует ожидать прироста в сегменте ориентировочно стружечных плит (+4,2%) и в сфере производства теплоизоляции (+2%).

Второй (высказан спикерами московской XVI конференции «Полиуретаны 2023») свидетельствует об ожидаемом ежегодном росте

расходования полиуретана, употребляемого для изготовления лакокрасочных покрытий и выпуска сэндвич-панелей, на 5-10%.

Производство полиуретанов и материалов из них в России на текущий момент находится на этапе вынужденного перелома. Ситуация хотя и остаётся достаточно сложной, но решение здесь найдено. Более того, оно постепенно претворяется в жизнь. Отечественные разработчики и производители активно работают, а значит, открывают для себя новые возможности и перспективы.

Учитывая быстрый рост сферы строительства гражданского и промышленного, а также технологичность получения, производство полиуретанов и сферы его использования в строительстве будут только расти.

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ПЕН НА ОСНОВЕ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ И МИКРОСФЕР

ГАЛИМОВ ЭНГЕЛЬ РАФИКОВИЧ

д.т.н., профессор Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, Казань, Россия, kstu-material@mail.ru

ГАЛИМОВА НАЗИРЯ ЯХИЕВНА

к.т.н., доцент Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, Казань, Россия, 89196919598@mail.ru

ШАРАФУТДИНОВА ЭЛЬМИРА ЭНГЕЛЕВНА

к.псих.н., доцент Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, Казань, Россия, elechkaneo@yandex.ru

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF CARBON FOAMS BASED ON PHENOL-FORMALDEHYDE RESINS AND MICROSPHERES

GALIMOV ENGEL R.

Doctor of Technical Sciences, professor, Kazan national research technical university named after A N Tupolev, Kazan, Russia, kstu-material@mail.ru

GALIMOVA NASIRYA YA.

Candidate of Technical Sciences, Kazan national research technical university named after A N Tupolev, Kazan, Russia, 89196919598@mail.ru

SHARAFUTDINOVA ELMIRA E.

Candidate of Psychological Sciences, Kazan national research technical university named after A N Tupolev, Kazan, Russia, elechkaneo@yandex.ru

Среди большого разнообразия углеродных материалов различной структуры особое место по эффективности применения во многих отраслях промышленности занимают углеродные пены (УП), обладающие комплексом уникальных теплофизических и других свойств [1, 2]. Подобные материалы пенистой структуры получаются, как правило, с использованием полимерных связующих и разнообразных наполнителей при определенных их сочетаниях и соотношениях путем ступенчатой термической обработки.

Существует большое количество технологий получения теплопроводных и теплоизолирующих УП с использованием различных исходных компонентов. Особенностью пен является возможность придания им специальных свойств: регулируемый в широком диапазоне коэффициент теплопроводности, высокая тепло- и термостойкость, устойчивость к действию агрессивных сред и др.

Объекты исследования. Для получения пен в качестве связующего использовалась фенолформальдегидная смола (ФФС) новолачного типа марки СФ-012А. Наполнителем служили полые микросферы на основе ФФС с толщиной стенки 1-2 мкм. Средний наружный диаметр микросфер по данным лазерной дифракции составлял 34 мкм. Содержание наполнителя варьировалось в пределах 33-85 масс.%.

Технология получения образцов углеродных пен. Смешивание исходных компонентов проводилось жидкофазным способом в трехгорлом стеклянном реакторе с обратным холодильником. Наполнитель и связующее помещались в реактор, добавлялся растворитель (ацетон) из расчета 10 мл на 1 г смолы. Полученная смесь нагревалась при постоянном перемешивании до кипения, затем смесь кипятилась с обратным холодильником в течение 90 мин. Далее из этого состава удалялся растворитель путем отгонки под вакуумом. Реакционная смесь порциями по 200-400 мл переносилась в круглодонную колбу объемом 500-1000 мл и упаривалась на ротационном испарителе ИР-2М. Отгонка проводилась при остаточном давлении 36-39 кПа при температуре 40-45°C. Полученный сыпучий продукт высушивался под вакуумом на испарителе при остаточном давлении 1,3 кПа и температуре 110-120 °С до получения гранулированного пресс-порошка с размером частиц примерно 10 мм. Затем пресс-порошок измельчался до размера частиц менее 500 мкм и ротационном прессовался на гидравлическом прессе при комнатной температуре в течение оптимального времени при заданном давлении.

Методики исследования. Плотность образцов определяли по стандартной методике [2]. Исследования предела прочности при сжатии проводили с использованием призматических образцов с размерами 10×10×20 мм на универсальной испытательной машине «Shimadzu AG-50KNX».

Экспериментальные исследования показали, что максимум плотности заготовок проявляется при давлении прессования около 21 МПа, дальнейшее повышение давления приводит к растрескиванию образцов. С учетом этого прессование образцов проводилось при давлении 20,5-21,0 МПа, скорости набора и сброса давления 10 МПа/мин и выдержке при конечном давлении в течение 3 мин. Далее проводилось отверждение образца при температуре 150 °С в течение 180 мин в вакуум-сушильном шкафу. Карбонизация проводилась в лабораторной муфельной печи, при этом заготовки пен заворачивались в бумагу и помещались в стальной контейнер с графитовой засыпкой. Скорость подъема температуры составляла 2,5 град/мин, выдержка при конечной температуре 900 °С в течение 180 мин. На завершающей стадии карбонизованные заготовки подвергались пиролитическому уплотнению при температуре 1050 °С и давлении метана в диапазоне 1,1-1,4 кПа в печи пироуплотнения.

Характер изменения плотности образцов в процессе получения пен показан на рисунке 1. Видно, что после прессования заготовка обладает сравнительно высокой (около 1 г/см³) плотностью, а в процессе отверждения композиции происходит расширение заготовки и частичная потеря массы

связующего, что сопровождается снижением плотности материала. При последующей карбонизации потеря массы происходит за счет выделения низкомолекулярных летучих продуктов вследствие термической деструкции полимерного связующего. Дальнейшее пиролитическое уплотнение заготовки приводит к приросту ее массы за счет осаждающегося пиролитического углерода.

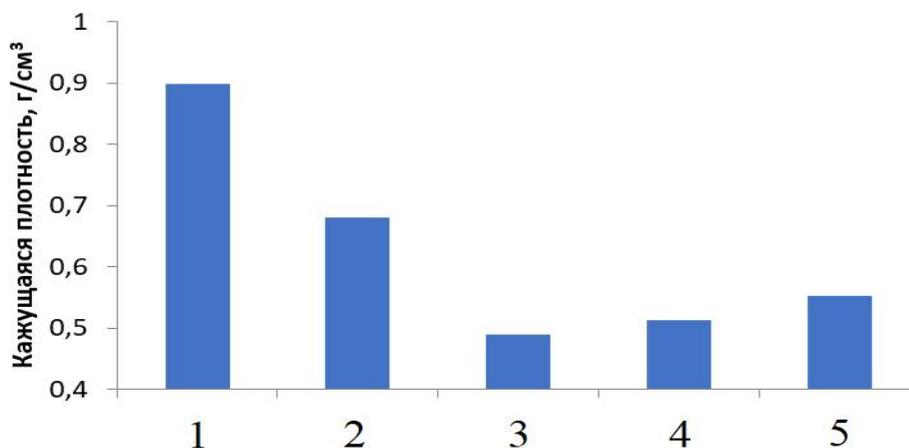


Рис.1. Изменение плотности образцов пен:

1 – прессование, 2 – термообработка (150 °С), 3 – карбонизация (900 °С), 4 – пироуплотнение (1050 °С, 20 час), 5 – пироуплотнение (1050 °С, 44 час)

На рисунке 2 представлены зависимости изменения физико-механических свойств пен от содержания ФФС в исходной смеси.

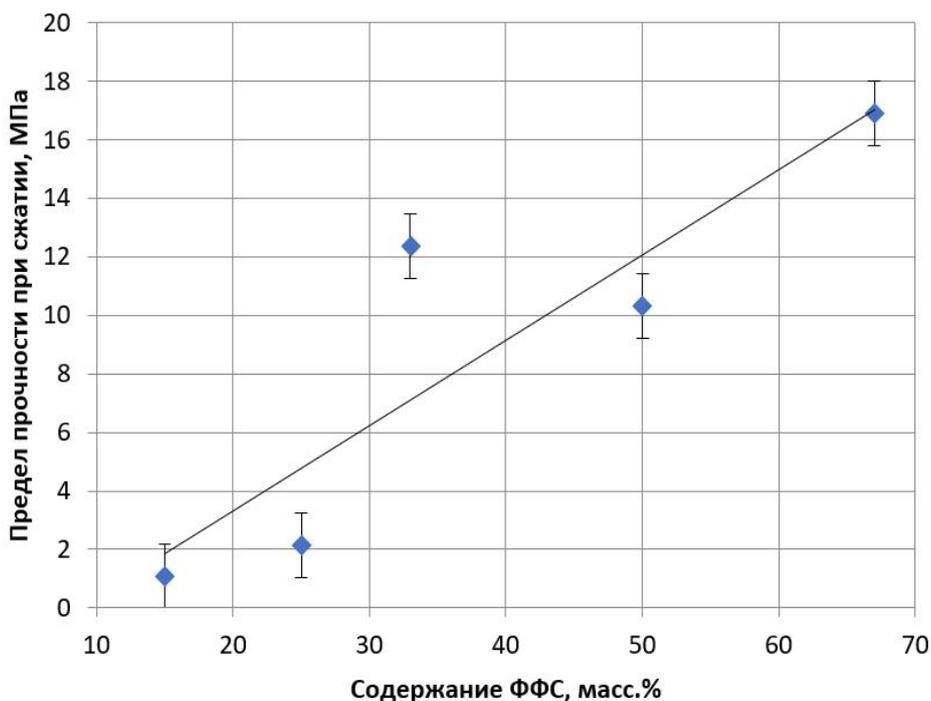


Рис.2. Изменение прочности при сжатии образцов от содержания связующего

Видно, что пределы прочности при сжатии для УП, содержащих более 33 масс.% связующего находятся на уровне выше 10 МПа. Достигнутый уровень прочностных свойств позволяет сделать заключение о возможности применения полученных пен в качестве не только конструкционных материалов.

Библиографический список:

1. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Изд-во Химия. 1975. С. 11-15.
2. Галимов Э.Р., Федяев В.Л., Галимова Н.Я. и др. Синтактические углеродные пены: получение, структура, свойства, применение. Казань: Изд-во АН РТ. 2022. 324 с.

ИНТЕГРИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНЫХ ПЕН С РЕГУЛИРУЕМЫМИ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИМИ СВОЙСТВАМИ

ГАЛИМОВ ЭНГЕЛЬ РАФИКОВИЧ

д.т.н., профессор Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н. Туполева, Казань, Россия, [kstu-
material@mail.ru](mailto:kstu-material@mail.ru)

ГАЛИМОВА НАЗИРЯ ЯХИЕВНА

к.т.н., доцент Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н. Туполева, Казань, Россия,
89196919598@mail.ru

ШАРАФУТДИНОВА ЭЛЬМИРА ЭНГЕЛЕВНА

к.псих.н., доцент Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н. Туполева, Казань, Россия,
elechkaneo@yandex.ru

INTEGRATED TECHNOLOGY FOR PRODUCTION OF CARBON FOAMS WITH ADJUSTABLE THERMOPHYSICAL PROPERTIES

GALIMOV ENGEL R.

Doctor of Technical Sciences, professor, Kazan national research technical
university named after A N Tupolev, Kazan, Russia, kstu-material@mail.ru

GALIMOVA NASIRYA YA.

Candidate of Technical Sciences, Kazan national research technical university
named after A N Tupolev, Kazan, Russia, 89196919598@mail.ru

SHARAFUTDINOVA ELMIRA E.

Candidate of Psychological Sciences, Kazan national research technical
university named after A N Tupolev, Kazan, Russia, elechkaneo@yandex.ru

Известно [1, 2], что углеродные материалы обладают уникальными свойствами, вследствие чего широко применяются во многих отраслях современной техники. В настоящее время большой интерес представляют высокопористые углеродные пены. Когда материал матрицы пены состоит из углерода и распределенных в нем полых микросфер, имеют место синтактические углеродные пены (СУП). Такие пены являются гетерогенными системами, состоящими из углерода, материала оболочки микросфер, газовой среды, находящейся в полости микросфер, и газообразной или парообразной среды, либо жидкости, пропитывающей СУП. Отличительная особенность этих материалов пенистой структуры состоит в том, что их свойства можно варьировать в весьма широком диапазоне за счет изменения пористости, обусловленной матрицей как таковой, соотношением между связующим

углеродным материалом и микросферами, их размеров, материала оболочки (углерод, керамика, металл и др.), состава газовой среды.

Углеродные материалы отличаются зависимостью теплофизических и других физико-химических свойств от параметров структуры, что делает возможным при варьировании сырьевой базы и технологических приемов их переработки получать теплоизолирующие или теплопроводные материалы с широким диапазоном коэффициента теплопроводности - от менее 0,1 Вт/м·К (для теплоизолирующих) до 180 Вт/м·К (для теплопроводных). В соответствии со сказанным, установление закономерностей поведения теплофизических свойств углеродных пен представляет большой интерес.

Учитывая разнообразие пригодных для использования исходных сырьевых материалов, на основании только литературных данных, невозможно однозначно определить технологический маршрут (выбрать технологическую схему), потенциально пригодную для создания конкурентоспособного производства изделий из углеродных пен с заданными свойствами. Аналитический обзор отечественной и зарубежной литературы позволяет сделать вывод, что, несмотря на то, что в основном уровень свойств СУП определяется набором и соотношением исходных компонентов, использование тех или иных технологических приемов (варьирование температур и скоростей термообработки, условий смешения и формования, поверхностной и объемной модификации) позволяет в широких интервалах варьировать различные, в том числе теплофизические свойства пен.

Следует также отметить, что единой теоретической модели прогнозирования свойств углеродных пен на данном этапе развития соответствующей области материаловедения не существует. Таким образом, для выбранного набора потенциально пригодных технологических схем и сырьевых материалов необходимы обстоятельные экспериментальные исследования процессов получения соответствующих пен и их свойств, после чего возможно будет полноценное моделирование связи технология – структура - свойства для исследуемых материалов.

Для ряда применений важным являются такие специфические параметры как распределение пор по размерам, количество пор на единицу длины образца, преобладающие размеры пор и др. Помимо исследования теплофизических и других свойств, что принципиально важно для применения изделий в экстремальных условиях эксплуатации, наиболее сложным является оценка перспективности применения углеродных, в том числе СУП, в медицине, что невозможно без дополнительных медико-биологических испытаний.

В связи с этим, целесообразным является проведение работ, направленных на получение экспериментальных образцов углеродных пен с использованием доступных видов сырьевых материалов и исследование их структурных особенностей (параметров кристаллической решетки, размеров кристаллитов, распределения пор по размерам) и эксплуатационных свойств (плотность, модели упругости, пределы прочности, коэффициент

теплопроводности, коэффициент термического расширения, удельная электропроводность).

Аналитическая оценка перспективности тех или иных технологических схем получения углеродных пен различной структуры, основанная, в первую очередь, на литературных данных, позволила перейти к экспериментальной реализации интегрированной технологии получения пен. В связи с этим основное внимание было уделено на выполнение работ, направленных на технологическое опробование различных лабораторных технологий получения теплоизолирующих и теплопроводящих углеродных пен, а также их систематизацию и обобщение.

С точки зрения технологичности получения СУП, целесообразна разработка интегрированной технологии получения материалов и изделий на их основе с соответствующими регулируемым теплофизическими свойствами (широким интервалом значений коэффициента теплопроводности) в рамках единого набора технологических приемов при варьировании сырьевых материалов и их соотношений. Кроме того, желательным является использование стандартного технологического оборудования, например, универсального оборудования для реализации технологии «наполнитель - связующее» (смешение – формование – карбонизация – высокотемпературная термообработка – поверхностная модификация), что значительно упрощает и удешевляет технологию получения углеродных пен с заданными свойствами с разработкой пилотных и промышленных установок.

В рамках предварительной сравнительной оценки различных вариантов технологических схем (технологических маршрутов) для получения изделий с высокой теплопроводностью (коэффициентом теплопроводности более 50 Вт/м·К) в качестве сырьевого материала используются каменноугольные или нефтяные пеки, а для теплоизолирующих – фенолформальдегидные смолы. Количество фенольных и мезофазных микросфер может варьироваться в широких пределах при проведении экспериментальных исследований.

Например, для получения теплоизолирующих пен предложено осуществлять технологию в следующем варианте:

- смешение компонентов - фенолформальдегидных смол и фенольных микросфер (предпочтительны в качестве наполнителя в силу снижения усадочных напряжений при карбонизации) в жидкой фазе (ацетоновом растворе) с параллельной отработкой смешения порошкообразных компонентов в стандартных Y-образных смесителях или вибросмесителях;

- формование полуфабрикатов в виде «зеленых» пен путем горячего прессования в глухую матрицу при температуре 150-250 °С;

- низкотемпературная карбонизация материала при температуре 800-1000 °С в муфельных печах в инертной атмосфере;

- при необходимости дополнительного регулирования свойств, термообработка до температуры свыше 2000°С в инертной атмосфере в печах графитации и поверхностная модификация в варианте пироуплотнения на

стандартном для данного типа процессов оборудовании (например, в трубчатых печах в токе метана при температуре 800 °С или более 2000 °С).

Библиографический список:

1. Тихомиров В.К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения. М.: Изд-во Химия. 1975. С. 11-15.

2. Галимов Э.Р., Федяев В.Л., Галимова Н.Я. и др. Синтактические углеродные пены: получение, структура, свойства, применение. Казань: Изд-во АН РТ. 2022. 324 с.

GEOLIFT. ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИУРЕТАНОВ ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ ГРУНТОВ И УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ.

САФИН Айдар Габдрахманович

Директор по развитию ООО «ПромСтройИзоляция»,
safin.aidar@geopolimer.pro.

САФИН Расул Равилевич

Студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, rasul.safin77@gmail.com.

GEOLIFT. THE USE OF POLYURETHANES TO STABILIZE SOILS AND STRENGTHEN BASES.

SAFIN Aidar Gabdrakhmanovich

Development Director of Promstroyizolyatsiya LLC,
safin.aidar@geopolimer.pro.

SAFIN Rasul Ravilevich

student of Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, rasul.safin77@gmail.com.

Работы по усилению основания и устранению просадки под плитой пола проводятся высокоэффективным методом инъектирования расширяющихся композитно-геополимерных составов «Геолифт 2020» под высоким давлением.

Преимущества композитно-геополимерной системы «Геолифт 2020»:

- Расширяется в грунте до 20 раз, заполняя все микротрещины и полости во всех направлениях
- Подъемная сила геополимера составляет до 100 т/м²
- Бережное и точное выравнивание конструкций
- Имеет малый вес, не увеличивает вес здания и давление на нижние слои грунта
- Выдавливает воду. Создает эффективный барьер от грунтовых вод и препятствует возникновению механической суффозии грунта
- Не разрушается под воздействием воды, растворов кислот и щелочей, нефтепродуктов
- Экологически безопасный материал. Не попадает в грунтовые воды
- Эластичен, при пучении грунтов компенсирует расширение
- Неразрушающий метод. Работы можно проводить даже в эксплуатируемых объектах, не останавливая и не закрывая площадку

Результатом ремонтно-восстановительных работ, согласно предложенного Метода, будет являться:

- повышение несущей способности грунта;
- устранение просадки/крена частей конструкции и приведение их в проектное положение.

При выполнении работ по закреплению и стабилизации грунта данным методом производится нагнетание расширяющейся грунтополимерной системы под высоким давлением, с заданной температурой. В процессе нагнетания происходит армирование грунтового массива жесткими телами затвердевшего геополимера и улучшение физико-механических характеристик грунта за счет его уплотнения под действием экспансивных сил (рис.1). Подъем конструкций и процесс устранения трещин контролируется во время выполнения работ с помощью лазерных уровней, тем самым достигая высочайшей точности выравнивания.



Рис.1. Образец грунта, извлеченного на месте проведения работ

Высокая избирательность уплотняющего материала позволяет усиливать наиболее слабые зоны грунтового массива, создавая тем самым однородное основание с высокой несущей способностью. В процессе нагнетания материала, подача происходит малыми порциями, что позволяет максимально эффективно произвести укрепление в основании фундамента и избежать перерасхода материала.

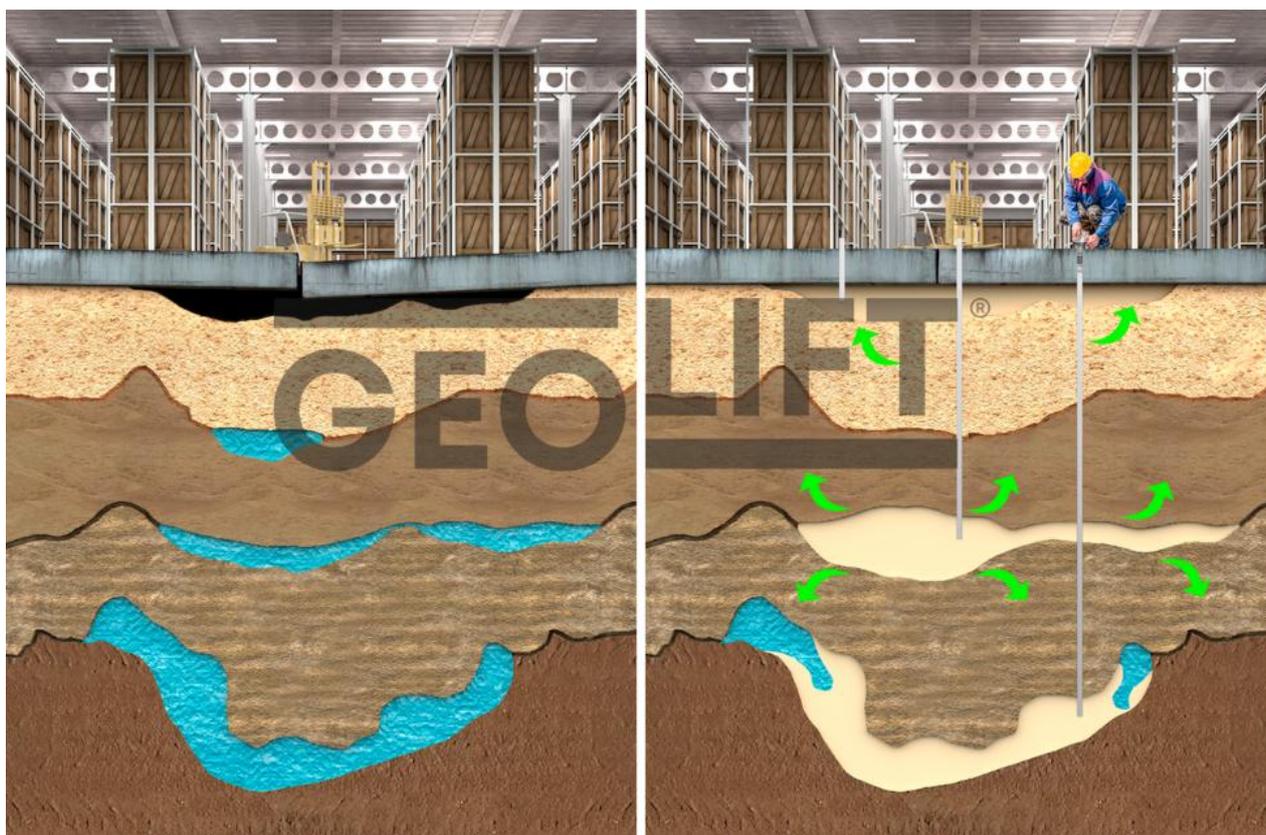


Рис.2.1. Результат выполнения работ (до и после)



Рис.2.2. Результат выполнения работ (до и после)

После выполнения предусмотренных техническим решением работ в основании фундаментов создаются армированные несущие массивы. Они

представляют собой природно-техногенный композит с высокой степенью жесткости, в котором в качестве матрицы выступает уплотненный грунт, а в качестве жестких включений — затвердевший геополимер «Геолифт 2020». Предусматривается использование неизвлекаемых металлических трубок-инъекторов диаметром 8-16 мм, устанавливаемых сквозь тело бетонного пола, которые выполняют роль дополнительных элементов вертикального армирования.

Библиографический список:

1. ГОСТ 19912-2012 «Методы полевых испытаний статическим и динамическим зондированием»;
2. СТО НОСТРОЙ 2.3.18-2011. Укрепление грунтов инъекционными методами в строительстве.

ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ НА ОСНОВЕ ПВХ С ПОВЫШЕННОЙ АТМОСФЕРОСТОЙКОСТЬЮ

ХАНТИМИРОВ Аяз Габдрашитович

к.т.н., ассистент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, khantimirov94@mail.ru

АБДРАХМАНОВА Ляйля Абдулловна

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, laa@kgasu.ru

СУЧКОВА Екатерина Андреевна

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, katasuckova2004@gmail.com

PVC-BASED WOOD-POLYMER COMPOSITES WITH INCREASED WEATHER RESISTANCE

KHANTIMIROV Ayaz G.

Candidate of Technical Sciences, assistant, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, khantimirov94@mail.ru

ABDRAKHMANOVA Laylya A.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, laa@kgasu.ru

SUCHKOVA Ekaterina A.

Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, katasuckova2004@gmail.com

Одним из главных свойств строительных материалов является их долговечность [1], особенно это касается изделий из ДПК, большая часть которых используется для наружного применения.

Под долговечностью, в первую очередь, подразумевается способность ДПК к минимальным изменениям прочности при изгибе после подвергания образцов климатическим воздействиям. Однако, для потребителей немаловажным фактором является и сохранение цвета с течением времени, то есть светостойкость изделий.

В работе были получены образцы ДПК на основе ПВХ (50 м.ч. ДМ на 100 м.ч. ПВХ) с модификаторами различной природы, а именно нефтяные механоактивированные коксы (1,34 мэкв/г для кокса 1 и 0,57 мэкв/г для кокса 2), функционализированные многослойные углеродные нанотрубки Таунит М_{функ}, стабилизирующий процессинговый комплекс СМ-1230 (с содержанием МУНТ 30% [3,5,6]. Кроме того, были использованы волокнистые наполнители: базальтовая фибра с длиной волокон 6,4 и 12,7 мм и асбест длиной 2 мм [2,4].

Для модифицированных композитов были проведены циклические испытания на ускоренное старение, условную светостойкость. Испытания проводились по ГОСТ Р 59555-2021, включали в себя облучение УФ-источником света в течение 500 ч и 20 циклов по режиму: выдержка в 3%-ном растворе соли – 1 ч, замораживание при -30°C – 5 ч, выдержка в воде при 22°C, нагрев до 60°C – 17 ч. Прогнозируемый срок службы композитов определялся по проценту потери прочности при изгибе. Изменение цвета определялось по порогу серой шкалы и по методу цветовых координат. Результаты испытаний приведены в таблице.

Таблица

Свойства ДПК после климатических воздействий

Модификатор	Содержание, % от массы ДМ или м.ч. на 100 м.ч. ПВХ	Потеря прочности при изгибе, %	Изменение цвета	
			по порогу серой шкалы, балл	По методу координат, ΔE
Базовая	-	4,8	3	11,9
Кокс 1	0,1%	2,9	3-4	9,2
Кокс 2	5%	2,3	4	9,0
Таунит М _{функ}	0,35%	2,0	4-5	8,4
СМ-1230	2,6 м.ч.	0,7	4-5	8,1
Баз.фибра 6,4мм	10 м.ч.	3,4	4	9,3
Баз.фибра 12,7мм	10 м.ч.	3,1	4	8,8
Асбест 2 мм	7,5 м.ч.	2,7	4	8,7

Во всех случаях потеря прочности при изгибе составляет до 5%, что соответствует прогнозируемому сроку службы изделий более 10 лет. Наименьшую потерю прочности показывают образцы с углеродными наномодификаторами. Благодаря черному цвету и нанометровому размеру нанотрубки эффективно поглощают и изменяют длину волны ультрафиолетового спектра. Кроме того, полости внутри самих трубок способны адсорбировать молекулы кислорода, предотвращая окисление углеродной цепи ПВХ [198; 199]. Наличие в гранулах комплекса СМ-1230 антиоксидантов усиливает действие нанотрубок, что приводит к минимальной потере прочности при изгибе 0,7%. Наибольший процент потерь прочности имеют исходная композиция и состав с добавкой мезопористых силикатов, что связано с меньшей структурной активностью МСМ-41 вследствие менее развитой активной поверхности в сравнении с УНТ.

Наименьшие потери цвета показывают образцы с углеродными модификаторами. Среди них механоактивированные коксы в большей степени

способствовали изменению цвета, так как в отличие от нанотрубок они имеют другую структуру и более крупные размеры частиц.

Библиографический список:

1. Хантимиров А. Г., Сулейманов А. М., Абдрахманова Л. А., Низамов Р.К., Хохряков О.В. Влияние модификации на долговечность поливинилхлоридных древесно-полимерных композитов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. № 3(65). С. 26-35.

2. Хантимиров А.Г., Абдрахманова Л. А., Хозин В. Г. Наполнение древесно-полимерных композитов базальтовыми волокнами // Известия вузов. Строительство. 2022. №10. С. 5–13.

3. Исламов А. М., Фахрутдинова В. Х., Абдрахманова Л. А., Закирова К. И. Поверхностная модификация поливинилхлорида водной коллоидной дисперсией графеновых нанопластинок // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. № 2(56). С. 13-21.

4. Хантимиров А.Г., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хозин В.Г. Древесно-полимерные композиты на основе поливинилхлорида, усиленные базальтовой фиброй // Известия КГАСУ. 2022. № 3 (61). С.75-81.

5. Хантимиров А.Г., Хабибуллина В.С., Сучкова Е.А., Абдрахманова Л.А. Влияние кремнезоль на свойства древесно-полимерных композитов с разной степенью наполнения // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: материалы XVII Международной научно-технической конференции молодых учёных, посвященной памяти профессора В.И. Калашникова. 2022. С. 134-139.

6. Исламов А.М., Закирова Г.В., Фахрутдинова В.Х., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Исследование градиентных материалов на основе ПВХ и диглицидилового эфира 1,4-бутандиола // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2018. № 3(45). С. 189-195.

РЕСТАВРАЦИОННЫЕ СОСТАВЫ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ

СУЛЕЙМАНОВ Альфред Мидхатович

Д.т.н., профессор Казанский государственный архитектурно-строительный университет, Казань, Россия, sulejmanov@kgasu.ru

РЕПИНА Елизавета Анатольевна

Студент Владимирского Государственного Университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия, elizavetarepina64@gmail.com

ЗАКРЕВСКАЯ Любовь Владимировна

К.т.н., доцент Владимирского Государственного Университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия, lvzak@mail.ru

ГАВРИКОВА Татьяна Александровна

К.т.н., доцент Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, Нижний Новгород, Россия, gavrikova.tatjana@gmail.com

RESTORATION COMPOSITIONS BASED ON NATURAL POLYMERS OF PLANT ORIGIN

SULEYMANOV Alfred Midhatovich

Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia, sulejmanov@kgasu.ru

REPINA Elizaveta Anatolyevna

Student of Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia, elizavetarepina64@gmail.com

ZAKREVSKAYA Lyubov Vladimirovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia, lvzak@mail.ru

GAVRIKOVA Tatyana Alexandrovna

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Nizhny Novgorod State University of Architecture and Civil Engineering, Nizhny Novgorod, Russia, gavrikova.tatjana@gmail.com

Работа посвящена исследованию композиционных материалов для реставрации белокаменной кладки памятников архитектуры XII-XIX веков. Подобраны составы и синтезированы композиционные материалы для реставрации белокаменной кладки Свято-Успенского Кафедрального собора г.Владимира. Исследована возможность получения реставрационных составов на основе гидравлической извести, армированной органическими фибрами природного происхождения.

На данный момент Успенский Кафедральный собор—это уникальный памятник древнерусской истории и искусства, включённый в Список Всемирного наследия ЮНЕСКО, редчайшее сочетание архитектуры, настенных росписей, иконописи, декоративно-прикладного искусства XII-XIX веков. Впервые подвергался научной реставрации в конце XIX века и с тех пор изучение и реставрация храма практически не прекращаются. Сейчас Успенский собор — это и музей, и действующий храм. В результате проделанной научно-исследовательской работы были изучены минерологический и химический состав образцов кладочного раствора, использованных при строительстве Успенского Кафедрального собора в XII веке, и можно сделать заключение о том, что раствор состоит из $\text{-CO}_3 \text{Mg}$ и Ca на 97%, что свидетельствует о использовании доломитизированной извести. При обследовании внутреннего помещения собора были отобраны образцы штукатурного слоя, которые при изучении показали, что это так называемая конопляная известь. Этот термин появился в XII-XIII веках.

Костра техническая конопля—это одревесневшая часть стеблей, состоящую на 80% из целлюлозы в отличие от других растительных заполнителей (солома, рожь, опилки, древесины, льна), которые имеют большую часть полисахаридов. По данным различных исследователей средний состав волокна конопля состоит на 87,3% целлюлозы, пентазан - 5,4%, лигнин - 8,2%. [1] Для анализа костры нами использована способность целлюлозы растворяться в растворе кадоксена, по результат исследования целлюлозы составило более 90%. Как известно целлюлоза биологически стойкая.

Это линейный полимер растительного происхождения, неразветвленный полисахарид, с формулой $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$. (рис1.) Целлюлозные волокна формируются благодаря фотосинтезу и содержат остатки моносахаридов Д-глюкозы, связанные β -1,4 гликозидной связью в характерной цепочки, свернутые в спираль. Сама по себе целлюлоза имеет волокнистую структуру и является биологически стойкой [2] Мономер - глюкоза, морфология - кристаллическая, структура – микропористая.

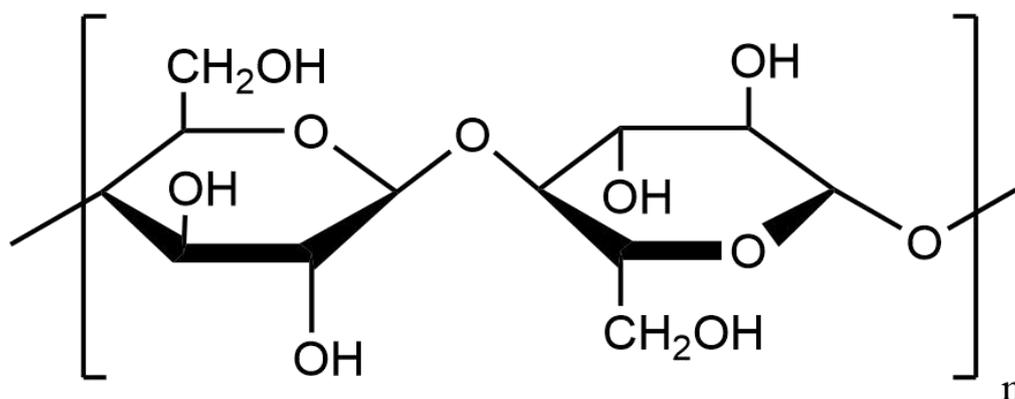


Рис.1. Пространственное строение целлюлозы

Волокна конопли известны своей прочностью и устойчивостью к различным воздействиям. Они имеют относительно низкую усадку при сушке, что дополнительно дает преимущество, как армирующего материала, понижающего усадку строительных композитов. Помимо этого, волокна конопли обладают высокой воздухо- и влагопроницаемостью. Как природный материал, конопля полностью биоразлагаема, что делает ее более экологически привлекательной по сравнению с другими полимерами.

Использование дисперсно-армированных композиций на основе гидравлических вяжущих позволяет получить облегченные строительные конструкционные материалы с повышенной прочностью. Конопляные волокна, включенные в матрицу, повышают её несущую способность. Нагрузка передается через матрицу к волокну. Различия в механических и геометрических характеристиках волокна и матрицы приводит к выдергиванию волокна из матрицы. Костра технической конопли представляет собой вытянутые в длину полые волокна, которые по внешнему виду и по прочностным характеристикам напоминает фибру, которую используют для армирования и увеличения прочности композитов, также при введении в состав костры технической конопли обеспечивает пористость близкую к пористости исследуемого материала, за счет поглощения избытка воды затвердения растительными волокнами. [3]

Для синтеза композита в качестве вяжущего использовалась гидравлическая известь и казеинат натрия, который положительно влияет не только на прочностные характеристики, но и на адгезию коллоидно-дисперсных частиц нового состава со структурными составляющими реставрируемой поверхности. Дополнительными химическими добавками является диоксид кремния БС-120 для развития пуццолановой реакции, а также пластификатор для улучшения адгезионной прочности и минимизации усадки.

Испытания были выполнены на базе кафедры СП ВлГУ имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, для определения физических и химических характеристики использовались стандартные методы, соответствующие ГОСТ Р 57921 – 2017. В проводимых экспериментах использовалось современное оборудование и приборы, такие как пресс П-50, камера тепла и холода испытательная СМ-60/150-80-ТХ (80 л от -60 °С), сканирующий электронный микроскоп SEM, измеритель влажности материалов ВИМС-2.12 и измеритель прочности строительных материалов ИПС-МГ4.03.

В таблице 1 представлены составы синтезированных композитов и их основные свойства.

Из таблицы 1 видно, что наличие в составе диоксида кремния повышает его прочностные характеристики, очевидно за счет более полного развития пуццолановой реакции между компонентами, с образованием прочной кристаллической структуры. Введение в состав костры технической конопли позволила создать более легкий композит с соответствующими прочностными характеристиками.

Составы синтезированных композитов и их основные свойства

Марка состава	Компоненты							Свойства			
	Гидравлическая известь	Мраморная крошка	Диоксид кремния БС-120	Костра технической конопли	Пластификатор П- 17	H ₂ O	Доломит	Плотность ρ , г/м ³	Прочность на сжатие $R_{сж}$, МПа	Прочность на изгиб $R_{изг}$, МПа	Адгезионная прочность $R_{адг}$, МПа
ГК1	28,00	6,00	0,80	8,50	0,43		14,20	0,85	6,5	2,0	0,7
ГК2	27,50	7,25	0,80	8,95	0,45		15,55	0,83	7,3	1,7	0,65
ГК3	26,00	8,50	0,80	9,40	0,45		16,85	0,78	6,7	2,3	0,7
ГК4	25,50	9,00	0,80	9,75	0,47		16,90	0,74	6,0	2,2	0,6
ГК5	25,00	9,75	0,80	9,90	0,55		17,50	0,65	5,2	2,2	0,6
ГК6	24,75	10,00	0,80	10,00	0,57		17,90	0,62	5,5	1,8	0,6

Большое значение имеет отношения модуля упругости костры (фибры) к модулю упругости матрицы облегчают передачу напряжения от матрицы к фибре. В нашем случае данный коэффициент равен 1,8 [4]

Коэффициент армирования композита Φ_v учитывает понижение значений механических свойств композита от следующих факторов: длина наполнителя, ориентация, дефекты структуры. Важно учитывать, что известковая матрица – это пористое тело, оказывающие влияние на свойства контактной зоны (волокну-матрица) и приводит к сокращению контактов между ними.

Для исследуемых композитов модуль упругости и прочность при растяжении определяется обычными формулами:

$$E_k = \Phi_v * E_v * V_v + E_m * V_m \quad (1)$$

$$\sigma_k = \Phi_v * \sigma_v * V_v + \sigma_m * V_m \quad (2)$$

V_v и V_m - объемное содержание волокон и матрицы

Φ_v - коэффициент армирования.

В идеале, если волокна конопли ориентированы параллельно направлению приложенного напряжения, то коэффициент армирования $\Phi_v = 1$.

$$\Phi_v = [1 - (1 - \alpha)l_c/l] \quad (3)$$

l - длина волокна

l_c - критическая длина волокна [4].

Критическое объемное содержание волокон - это минимальное их содержание при котором они еще могут нести нагрузку при растрескивании

матрицы. В нашем случае это 0,75%. На рисунке 2 показана растровая электронная микроскопия отобранного образца штукатурного слоя (рис.2а) и синтезируемого композита (рис 2б). Можно сделать вывод, что материалы аналогичны по своей кристаллической структуре, обладают почти одинаковой пористостью, не имеют дефектов строения и обладают относительно плотным строением.

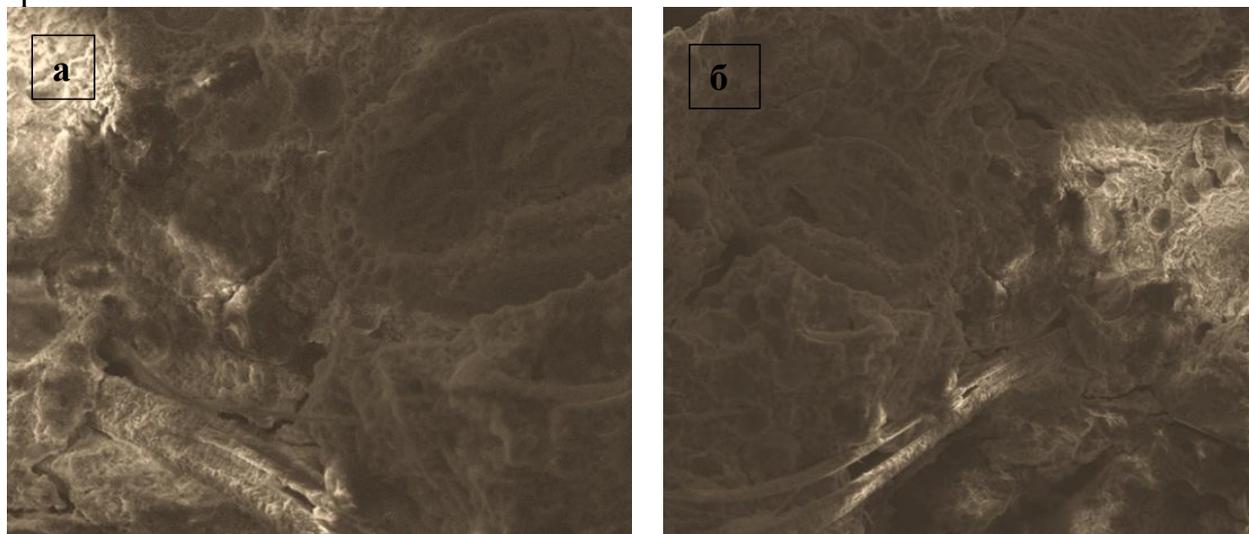


Рис.2. Растровая электронная микроскопия а-отобранный образец штукатурного слоя, б-синтезированный композит

Библиографический список:

1. Корчагина А.А., Гладышева Е.К., Будаева В.В., Скиба Е.А. Химический состав волокна и костры лубяных культур и продуктов их щелочной делигнификации // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2023. Т. 13. № 4. С. 621–630.
2. Бакатович А.А., Давыденко Н.В., Должонок А.В. Стеновые материалы на основе соломы и костры льна с высокими теплоизоляционными свойствами. // Вестник Полоцкого государственного университета. 2016. №8. С.28-32.
3. Сафин Р.Г., Степанов В.В., Хайруллина Э.Р., Гайнуллина А.А., Степанова Т.О. Современные строительные композиционные материалы на основе древесных отходов. // Вестник Казанского технологического университета. 2014. С.123-128.
4. Раманчандран В., Фельдман Р., Бодуен Дж. Наука о бетоне: Физико-химическое бетоноведение // Под ред. В.Б. Ратинова. 1986. С.126-131.

УДК 661.717.5

МОДИФИКАЦИЯ ПОЛИМОЧЕВИННЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

ТИМАКОВ Евгений Александрович

старший преподаватель Владимирского Государственного Университета имени А.Г. и Н.Г Столетовых, Владимир, Россия, okakie@yandex.ru.

ЕРМОЛАЕВА Елена Вадимовна

к.т.н., доцент Владимирского Государственного Университета имени А.Г. и Н.Г Столетовых, Владимир, Россия, tpp_vlsu@mail.ru

ПАНОВ Юрий Терентьевич

д.т.н., профессор Владимирского Государственного Университета имени А.Г. и Н.Г Столетовых, Владимир, Россия, tpp_vlsu@mail.ru.

БОТВИНОВА Ольга Андреевна

К.т.н., ведущий инженер ООО «Эласт ПУ», г. Владимир, Россия, ermolaeva_olya@inbox.ru

РОМАНОВ Сергей Викторович

К.т.н., директор ООО «Эласт ПУ» г. Владимир, Россия, ermolaeva_olya@inbox.ru

MODIFICATION OF POLYUREA COATINGS FOR CONSTRUCTION

TIMAKOV Evgeniy Alexandrovich

Senior lecturer at Vladimir State University named after A.G. and N.G Stoletovykh, Vladimir, Russia, okakie@yandex.ru.

ERMOLAEVA Elena Vadimovna

Ph.D., Associate Professor, Vladimir State University named after A.G. and N.G Stoletovykh, Vladimir, Russia, tpp_vlsu@mail.ru

PANOV Yuri Terentievich

Doctor of Technical Sciences, Professor of Vladimir State University named after A.G. and N.G Stoletovykh, Vladimir, Russia, tpp_vlsu@mail.ru.

BOTVINOVA Olga Andreevna

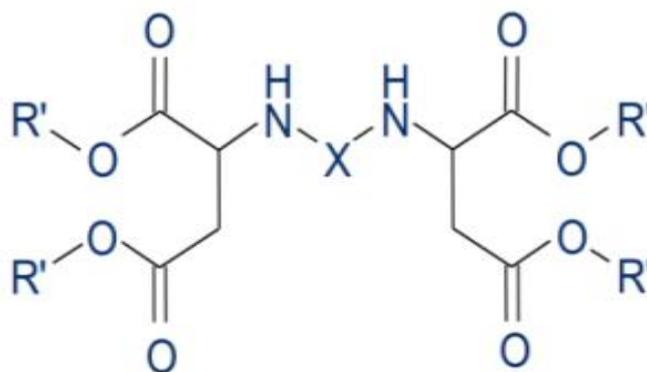
Ph.D., leading engineer of Elast PU LLC, Vladimir, Russia, ermolaeva_olya@inbox.ru

ROMANOV Sergey Viktorovich

Ph.D., Director of Elast PU LLC, Vladimir, Russia, ermolaeva_olya@inbox.ru

Жесткая конкуренция на рынке строительных и отделочных материалов привела к необходимости создания новых материалов, способных превзойти существующие решения. Одним из таких материалов является полимочевина (ПМ), пользующаяся все большим спросом в дизайне и строительстве. Являясь современным и технологически продвинутым покрытием, оно все чаще

используется для герметизации, гидроизоляции, защиты от солнца и т.д. Композиции на основе полимочевин, в зависимости от состава и способа производства, могут изменять свои свойства в широком диапазоне значений. Это позволяет им конкурировать с существующими аналогами (такими как полиуретан, эпоксида). ПМ обладает высокой износостойкостью, химической стойкостью и стойкостью к гидролизу. Для её применения разработано специальное оборудование, которым можно покрыть любую поверхность - установки высокого давления. Выбор рецептур в настоящее время в основном зависит от технических требований, связанных с использованием оборудования для нанесения таких покрытий. В частности, смешение двух компонентов (изоцианатного (компонент Б) и аминного (компонент А)), при давлении до 3000 атм. в течение доли секунды, предопределяет необходимость одинаковой вязкости обоих компонентов. Это ограничивает варьирование состава, и, как следствие, создает сложности с приданием заданных свойств готовых покрытий. Такая особенность технологии связана с высокой скоростью реакции изоцианатов и аминов в процессе производства ПМ, которая почти в 100 раз превышает скорость реакции между изоцианатами и гидроксильными группами [1]. В процессе эксплуатации таких покрытий, был выявлен еще один недостаток, связанный с экономической нецелесообразностью или даже невозможностью покрытия поверхностей небольших площадей, и ремонтом таких покрытий. Для этих целей нами предложены композиции, содержащие в качестве аминных компонентов аспартаты, общей формулой [2]:



где «X» - метилендициклогексан-4,1-диил

Рис.1. Общая структура аспартатного модификатора

Композиции с использованием аспартатов имеют жизнеспособность не менее 8 минут и их можно применять, используя метод ручной заливки. Полученный таким образом "ручной" состав можно использовать для локального ремонта объектов в широком диапазоне температур.

Разработанные композиции были произведены и протестированы на научной площадке ООО «Эласт-ПУ».

Свойства покрытий, на основе разработанных рецептов приведены в таблице 1.

Промежуточный анализ после 12 месяцев работы покрытия показал, что в структуре отсутствуют критические повреждения поверхности, а показатель эластичности снизился менее, чем на 5%, что говорит о том, разработанные составы позволяют вывести футеровочные и изоляционные свойства продуктов на новый уровень.

Таблица 1

Сравнительные характеристики модифицированной и стандартной рецептур полимочевины

Показатель	Полиуретан машинного нанесения	Полиуретан ручного нанесения
Соотношение компонентов	1/1 по объему	Может меняться в зависимости от заданных свойств
Жизнеспособность, с	7-15	Не менее 480
Твердость по Шор А, ед.	75	75
Прочность при разрыве, МПа, не менее	23	23
Относительное удлинение при разрыве, % не менее	550	600
Коэффициент светотеплового старения, %	71,1	94,3

Библиографический список:

1. Posey M.L., Hillman K.M., Klein H.P. New Secondary Amine Chain Extenders for Aliphatic Polyurea Materials // Materials Science. 2003
2. Романов С.В., Ботвинова О.А., Тимаков Е.А., Ращупкина Д.А., Панов Ю.Т. Медленные полиуретановые композиции с высокими эксплуатационными свойствами // Тонкие химические технологии. 2023. № 18 (6). С. 549-558.

Работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема FZUN-2024-0004, госзадание ВлГУ).

The research was carried out within the state assignment in the field of scientific activity of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme FZUN-2024-0004, state assignment of the VISU).

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ НАПОЛНИТЕЛИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

ГАРКАВИ Михаил Саулович

инженер-технолог, д.т.н., проф. ЗАО «Урал-Омега», Магнитогорск, Россия, mgarkavi@mail.ru

АРТАМОНОВ Андрей Владимирович

главный технолог, к.т.н., ЗАО «Урал-Омега», Магнитогорск, Россия, aav@uralomega.ru

КОЛОДЕЖНАЯ Екатерина Владимировна

ведущий научный сотрудник, к.т.н., Институт проблем комплексного освоения недр РАН, Москва, Россия, kev@uralomega.ru

FUNCTIONAL FILLERS FOR POLYMER COMPOSITE MATERIALS

GARKAVI Mikhail S.

engineer-technologist, Doctor of Engineering, prof. ZAO "Ural-Omega", Magnitogorsk, Russia, mgarkavi@mail.ru

ARTAMONOV Andrey V.

Chief Technologist, Ph.D., ZAO «Ural-Omega», Magnitogorsk, Russia, aav@uralomega.ru

KOLODEZHNYAYA Ekaterina V.

Leading Researcher, PhD, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, kev@uralomega.ru

В настоящее время при изготовлении полимерных композиционных материалов решение ряда технологических и технико-экономических задач достигается применением, так называемых функциональных наполнителей.

Получение таких минеральных наполнителей связано с изменением их поверхностных и реакционных свойств за счет механохимической активации - воздействия на материал энергией в различных формах. Следует иметь в виду, что в результате механохимической активации именно образование структурных дефектов, а не формирование свежей поверхности, является причиной повышения реакционной активности веществ. Для направленного изменения свойств минеральных наполнителей используется регулирование физико-химического состава их поверхности химическими модифицирующими добавками в совмещенном процессе измельчения и механоактивации.

Целенаправленное воздействие на свойства минеральных наполнителей полимерных материалов может быть достигнуто применением известного в химии твердых веществ метода молекулярного наслаивания [1]. Этот метод успешно реализован в центробежно-ударной мельнице, в которой совмещение операций помола и активации наполнителя позволяет наносить активирующий

состав в наиболее подходящий момент, когда химическая активность образованных поверхностей максимальна (рис.1).

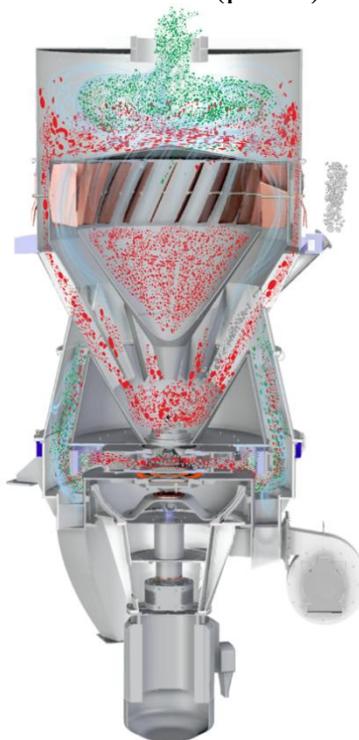


Рис.1. Схема центробежно-ударной мельницы

В высокоскоростном потоке воздуха в камере помола раствор жидкого модификатора превращается в аэрозоль. При этом за счет равномерного распределения модификатора на поверхности каждой частицы и высокой степени сопряжения компонентов достигается закрепление добавки на минеральном наполнителе и формирование на его поверхности наноструктур с точностью до одного мономолекулярного слоя. Их образование на поверхности твердых тел позволяет не только стабилизировать их состояние за счет, например, образования прочных химических связей с полимерной матрицей, но и придать необходимые функциональные свойства композиционному материалу.

Исходя из изложенных принципов поверхностной модификации, разработана энергосберегающая технология изготовления в центробежно-ударной мельнице функциональных химически модифицированных минеральных наполнителей различного назначения. Для химического модифицирования поверхности наполнителей специально синтезирован широкий ассортимент жидких модификаторов Geomin.

Одной из задач, которая достаточно успешно решается на основе химического модифицирования поверхности, является создание олеофобных и гидрофобных минеральных наполнителей.

При использовании модификатора на основе поликарбоксилата получены гидрофобные тонкодисперсные ($d_{50} = 2$ мкм) карбонатные минеральные наполнители, существенно превосходящие по степени

гидрофобности традиционные наполнители и позволяющие улучшить свойства ПВХ-композиций, изготовленных с их использованием (таблицы 1 и 2).

Таблица 1

Гидрофобные свойства карбонатных микронаполнителей

Наименование гидрофобизатора	Средняя величина энтальпии смачивания, Дж/г	Степень гидрофобности
Без гидрофобизатора	0,27	-
Стеариновая кислота	0,75	2,77
Geomin	2,03	7,52

Таблица 2

Физико-технические показатели ПВХ-композиций

Наименование гидрофобизатора	Массовая доля наполнителя, %	Разрушающее напряжение при растяжении, МПа	Водопоглощение %	Термостабильность, мин.	ПТР, г/10мин
Без гидрофобизатора	10	39,5	0,12	16	1,25
Стеариновая кислота	20	43	0,08	18,5	1,25
Geomin	30	42	0,05	18	1,5

Как следует из приведенных данных, при практически одинаковых характеристиках полученных ПВХ-композиций, применение химически модифицированного минерального наполнителя, изготовленного в центробежно-ударной мельнице, позволяет увеличить его долю в составе композиционного материала. Следует также отметить, что использование метода молекулярного наслаивания, реализуемого при получении минерального наполнителя в центробежно-ударной мельнице, позволяет существенно снизить расход жидкого модификатора: 0,5% от массы наполнителя против 1% при использовании стеариновой кислоты.

Рассматривая перспективы изготовления и применения функциональных наполнителей, следует обратить внимание на так называемые «бинарные наполнители». Они представляют собой механокомпозиты, которые формируются при механоактивации бинарной порошковой смеси путем «намазывания» одного из компонентов смеси на другой в местах их физического контакта [2]. В ходе механообработки происходит непрерывное измельчение таких слоистых образований и формирование из них новых частиц с более сложной внутренней структурой с большим количеством дефектов, в которых аккумулируется избыточная энергия. Примером такого механокомпозита является наполнитель, полученный совместным измельчением карбоната кальция и гидроксида алюминия. Этот механокомпозит, подвергнутый в процессе получения химическому

модифицированию, является полифункциональным наполнителем полимера, способствуя улучшению физико-механических характеристик и снижению горючести композиционного материала.

Центробежно-ударные мельницы являются основой измельчительных комплексов КИ различной производительности (рис.2), которые могут быть использованы в виде полнокомплектной линии по производству функциональных минеральных наполнителей полимерных композиционных материалов.



Рис.2. Измельчительный комплекс КИ
для изготовления минеральных наполнителей

Указанная полнокомплектная линия включает в себя не только измельчительный комплекс КИ, но и оборудование для предварительной подготовки исходного материала (сушка, дробление, классификация), а также системы аспирации, питатели и емкости для хранения используемых компонентов и готовой продукции.

Высокая степень автоматизации, принцип работы линии с постоянным контролем технологических режимных параметров с системой обратной связи позволяет создать современное производство функциональных минеральных наполнителей с гарантированными характеристиками.

Библиографический список

1. Малыгин А.А. Нанотехнология молекулярного наслаивания // Российские нанотехнологии. 2007. том 2, № 3-4. С. 87-100.
2. Механокомпозиты – прекурсоры для создания материалов с новыми свойствами. -Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2010. - 424 с.

УДК 625.1

ИННОВАЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ ШПАЛ

КОНДРАЩЕНКО Валерий Иванович

д.т.н., профессор Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия, kondrashchenko@mail.ru

АДЫЛХОДЖАЕВ Анвар Ишанович, Ташкентский государственный университет транспорта, Ташкент, Узбекистан, anvar_1950@mail.ru

ВАН Чжуан

аспирант Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия, chuangw@mail.ru

ИСМАГИЛОВА Луиза Ильгизовна

аспирант Российского университета транспорта (МИИТ), Москва, Россия, nirest96@mail.ru

INNOVATIVE DESIGN AND PRODUCTION TECHNOLOGY OF COMPOSITE SLEEPERS

KONDRASHCHENKO Valery I.

Doctor of Engineering, professor, Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia, kondrashchenko@mail.ru

ADILKHODZHAEV Anvar I.

Doctor of Engineering, professor, Tashkent State Transport University, Tashkent, Uzbekistan, anvar_1950@mail.ru

WANG Chuang

Graduate Student, Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia, chuangw@mail.ru

ISMAGILOVA Luiza I.

Graduate Student, Russian University of Transport (MIIT), Moscow, Russia, nirest96@mail.ru

Известные конструкции деревянных и железобетонных шпал, широко применяемые в мире, имеют ряд преимуществ и недостатков. Деревянные шпалы подвержены гниению, а также пропитываются опасными веществами, что неблагоприятно сказывается на экологии окружающей среды и создает проблемы при их последующей утилизации. Расчетный срок службы железобетонных шпал составляет 50 лет, однако из-за повышенной жесткости железнодорожного пути, приводящему к износу рельсов и креплений, их фактический срок службы сравним с деревянными шпалами, т.е. на участках с повышенной грузонапряженностью не превышает 15 лет, после чего производится их извлечение из пути в виде рельсошпальной решетки.

Альтернативой указанным шпалам служат композиционные (пластиковые) шпалы, свойства материала которых являются некоторым компромиссом между свойствами материала деревянных и железобетонных шпал [1]. В качестве древесного материала в таких шпалах, предназначенных для Юго-Восточной Азии, может быть использован бамбук, который отличает быстрый набор древесной массы при его произрастании и превосходные физико-механические свойства, вследствие чего он может служить хорошим заменителем древесины [2].

Композиционная шпала, состоящая из матрицы в виде композиционного материала на основе органического связующего, армированной группой из бамбуковых элементов, полости которых полностью или частично заполнены затвердевшим цементным раствором (рис. 1). Такая композиционная шпала может быть изготовлена по инъекционной или экструзионной технологии.

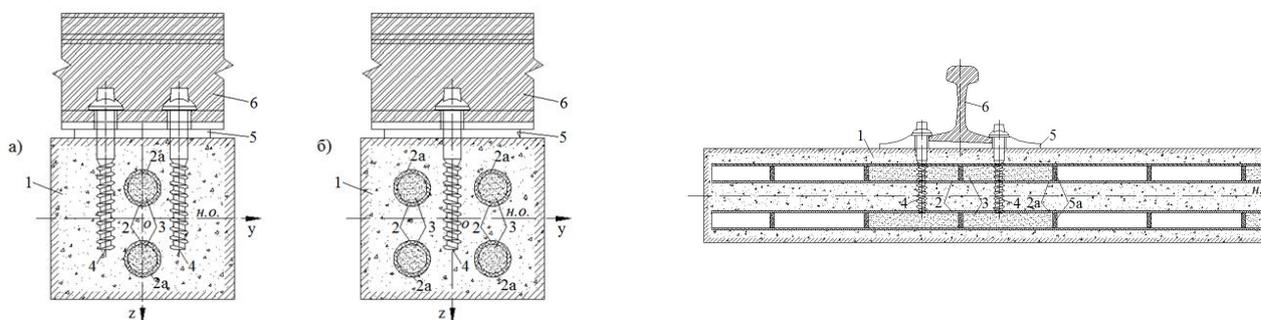


Рис.1. Композиционная шпала

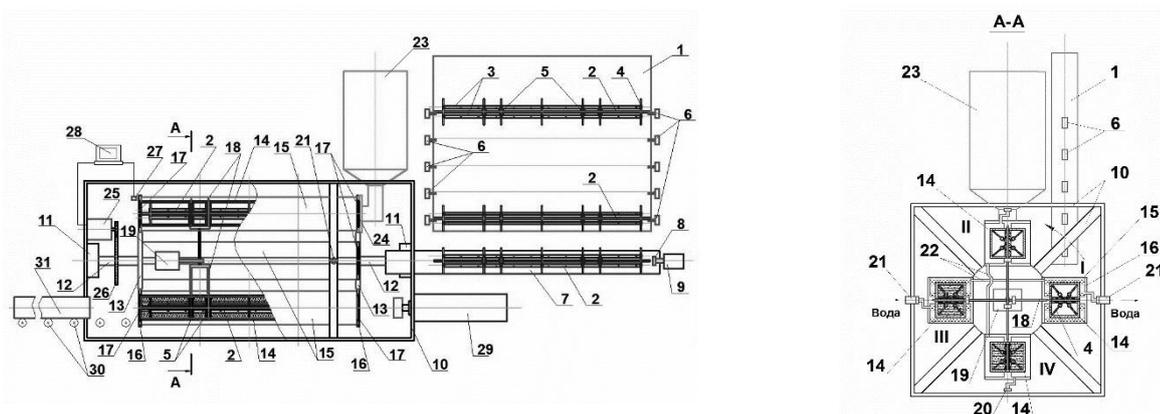


Рис.2. Инъекционная технология изготовления композиционных шпал

Инъекционная технология (рис.2). Устройство для изготовления композиционных армированных шпал, содержит пресс-форму, экструдер, фильеру экструдера и транспортер. Группа пресс-форм механически соединена между собой и закреплена на вращающихся дисках, а каждая пресс-форма

оснащена торцевыми шиберными заслонками и имеет теплообменник. Устройство содержит стержни-фиксаторы закладных элементов армирующих сборок, выполненные с возможностью их позиционирования синхронизированно с изменением положения пресс-форм, а транспортер предназначен для перемещения армирующих сборок в пресс-форму и выполнен в виде желоба-кондуктора с толкателем-загрузчиком, при этом фильера экструдера оснащена подвижным разъемом [3, 4].

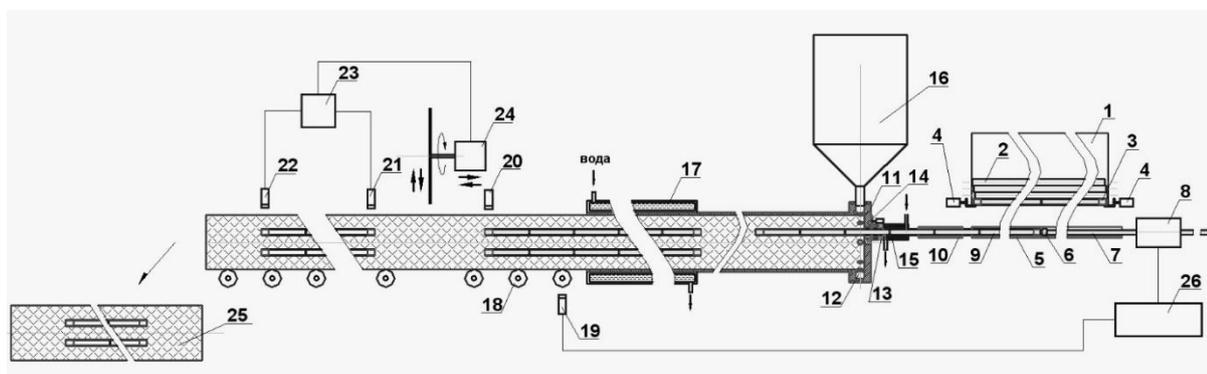


Рис.3. Экструзионная технология изготовления композиционных шпал

Экструзионная технология (рис.3). Устройство для экструзионного изготовления композиционных армированных шпал включает магазин-накопитель армирующих стержней, входной блок, содержащий ложемент для размещения и перемещения армирующих стержней посредством штока-толкателя, привода и микроконтроллера, и содержит электромеханическую заслонку-обтюратор, термоизолирующую проставку и запирающий блок для ввода армирующих стержней в полость формирующей оснастки, подающий расплав полимера коллектор, экструдер, рольганг, датчик скорости и датчики положения, блок управления и дисковую маятниковую пилу [5, 6].

Библиографический список:

1. Патент RU 2 707 435 С1. Композиционная шпала. Кондращенко В.И., Аскадский А.А., Аскадский А.А., Мороз П.А., Ван Ч., Цзин Г. по заявке № 2019105718, опубликовано 26.11.2019.

2. Патент CN 210684339 U. 2020.06.05. Составная шпала на основе бамбука и смолы. Лу В., Цзин Г., Чжан Ж., Цзи Я., Чжоу Ц., Ду Ю., Ван Ч., Кондращенко В.И., Цзун Л.

3. Патент RU 2 737 711 С1. Устройство для изготовления композиционных армированных шпал. Кондращенко В.И., Кесарийский А.Г., Ван Ч., Цзин Г., Алеа П. по заявке №2020117213, опубликовано 02.12.2020.

4. Патент CN 112238572 В. Оборудование для литья под давлением и способ использования шпал из композиционных материалов со вставками. Ван Ч., Цзин Г., Хуан С., Ван Х., Кондращенко В.И., Лянь Д., Кесарийский А.Г.,

Ван Ц., Хань С., Се Ц., Чен А. по заявке № ZL 2020 1 0878771.6, опубликовано 14.03.2023.

5. Патент RU 2 738 498 С1. Устройство для экструзионного изготовления композиционных армированных подрельсовых оснований. Кондращенко В.И., Кесарийский А.Г., Ван Ч., Ван Х., Цзин Г. по заявке №2020116831, опубликовано 14.12.2020.

6. Патент CN 112238587 В. Технология экструзионного изготовления гибридных брусьев из композитных материалов. Ван Ч., Хуан С., Лянь Д., Кондращенко В.И, Цзин Г., Чен К., Кесарийский А. Г., Ван Ц., Хань С., Се Ц., Чен А. по заявке № ZL 2020 1 0873544.4, опубликовано 14.03.2023.

КЛЕЙ ДЛЯ ДРЕВЕСНОГО ШПОНА НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНА

КОЧУРОВ Игорь Фёдорович

к.т.н., доцент Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Россия, kochurov.i.2011@mail.ru

ПАЛКИН Вячеслав Геннадьевич

аспирант Пермского национального исследовательского политехнического университета, Пермь, Россия, palkin.vyacheslav.78@mail.ru

СУЧКОВА Надежда Владимировна

директор по науке и развитию ООО «Форпласт Трейдинг», Пермь, Россия, rnd@ftchem.ru

POLYETHYLENE BASED WOOD VENEER ADHESIVE

KOCHUROV Igor F.

PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, kochurov.i.2011@mail.ru

PALKIN Vyacheslav G.

Graduate Student, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia, palkin.vyacheslav.78@mail.ru

SUCHKOVA Nadezhda V.

Director of Science and Development, Forplast Trading LLC, Perm, Russia, rnd@ftchem.ru

На сегодняшний день производство березовой фанеры в России соответствует ГОСТ 3916.1-2018 "Фанера общего назначения с наружными слоями из шпона лиственных пород" и изготавливается в основном на основе карбамидо-формальдегидных (марки ФК – водостойкая для применения внутри помещений) и феноло-формальдегидных (марки ФСФ – водостойкость повышенной степени для наружного и внутреннего применения) клеях.

Интерес к полиэтилену как к клею для древесины в производстве плитных материалов в виде фанеры проявляется уже не одно десятилетие. Специалисты кафедры строительного инжиниринга и материаловедения ПНИПУ, изучив результаты публикаций [1-3], пришли к выводу о целесообразности рассматривать природные высокомолекулярные соединения (ВМС) древесины: целлюлозу, гемицеллюлозу, лигнин в композициях с полиолефинами, в частности, с полиэтиленом.

Для совместной работы природных ВМС и полиэтилена применялись продукты (П 2003 и П 2004), обеспечивающие достаточно высокие адгезионные свойства между древесиной и полиэтиленом, а также не снижающие адгезионную прочность полимера к наполнителю при деформационных процессах в древесном шпоне.

Авторами проведен ряд исследований по использованию в качестве клея для древесного шпона следующих материалов: полиэтилена высокого давления, этиленовых олигомеров в виде полиэтиленового воска, а также сополимеров этилена с винилацетатом. В качестве модификатора использовался продукт (П 2004), улучшающий адгезионное взаимодействие полиолефинов к природным полимерам, в частности, к лигнину как к продукту, обладающему прочностью, жёсткостью [4].

В данной работе представлены результаты испытаний березовой фанеры, где в качестве клея использован пленочный полиэтилен высокого давления.

В исследовании применялись следующие материалы:

- лущеный березовый шпон толщиной 1,5 и 1,7 мм, влажность $6 \pm 2\%$;
- клей плёночный на основе ПЭВД марки 10803-020 (немодифицированный) в один слой толщиной 200 мкм (обозначение П 200), температура прессования 180 °С, давление 1,8 МПа;
- клей пленочный на основе ПЭВД марки 10803-020 (модифицированный продуктом П 2004) в три слоя, толщина каждого слоя 100 мкм (обозначение ППП 300), температура прессования 140-160 °С, давление 0,01 МПа;
- модификатор П 2004 в виде белого порошка растворялся в диметилкетоне и наносился на полиэтиленовую плёнку. Расход модификатора составлял 0,9% от массы полиэтилена.

Время прессования составляло 2,5 мин на 1 мм толщины образца.

Физико-механические испытания проводились в соответствии с ГОСТ 9624-2009 "Метод определения предела прочности при скалывании"; ГОСТ 9625-2013 "Методы определения предела прочности и модуля упругости при статическом изгибе"; ГОСТ 9621-72 "Методы определения физических свойств". В таблице 1 представлены физико-механические испытания образцов.

Таблица 1

Физико-механические испытания фанеры (аналогов ФК и ФСФ) толщиной 9 мм

Наименование	Температура прессования, °С	Скалывание после вымачивания 24 ч, МПа	Скалывание после кипячения в воде 1 час, МПа	Скалывание после *поперечного кипячения, МПа	Предел прочности при статическом изгибе вдоль волокон, МПа	Модуль упругости при статическом изгибе вдоль волокон, МПа	Влажность, %	Плотность, кг/м ³
ГОСТ 3916.1	-	1,0	1,0	-	25	7000	5-10	-
ФК (П 200)	180	1,45	-	-	107	10285	3,6	645
ФСФ (ППП 300)	160	-	1,22	1,17	112	11829	-	-
	150	-	1,33	0,96	108	11181	-	-
	140	-	2,02	1,09	90	11708	2,7	634

* Методика подготовки образцов перед испытанием путём переменного кипячения-высушивания [5] на некоторых Российских предприятиях проводится по ТУ 5512-001-12886368-2019, СТО 52654419-001-2018.

Испытания по определению класса эмиссии образцов фанеры проводились в соответствии с ГОСТ 32155-2013 "Определение выделения формальдегида методом газового анализа"; ГОСТ 27678-2014 "Перфораторный метод определения содержания формальдегида". В таблице 2 представлены испытания образцов по определению выделения и содержания формальдегида.

Таблица 2

Определение выделения и содержания формальдегида из фанеры (аналогов ФК и ФСФ) толщиной 9 мм от нормы класса эмиссии Е 0,5

Наименование	Температура прессования, °С	Выделение формальдегида (газоаналитический метод), мг/м ² ч, класс эмиссии Е 0,5	Содержание формальдегида (перфораторный метод), мг/100 г абс. сухой фанеры, мг, класс эмиссии Е 0,5
ГОСТ 3916.1	-	до 1,5	до 4,0
ФК (П 200)	180	0,15	-
ФСФ (ППП 300)	140	0,12	1,07

Библиографический список:

1. Кочуров И.Ф., Палкин В.Г. К вопросу применения термопластичных плёночных материалов для склеивания древесного шпона // Журнал Пермского национального исследовательского политехнического университета. Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2022. Т. 1, С. 69–73. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=49419761> (дата обращения 14.04.2024).

2. Патент 2482966 Рос. Федерация. Поддающееся последующему формованию изделие из фанеры и способ его изготовления / Кильюнен С., Вилен Р., Ниеминен Х., Хейккиля Т. – № 2010134494/04; заявл. 18.02.09; опубл. 27.05.13. Бюл. № 15. – 13 с. – Ссылка на патент Российской Федерации.

3. Lu Fang, Liang Chang, Wen-jing Guo, Yongping Chen, Zheng Wang. Influence of silane surface modification of veneer on interfacial adhesion of wood-plastic plywood // Applied Surface Science. 2014. Vol. 288, pp 682-689. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169433213019570> (дата обращения 14.04.2024).

4. Текст к Тексту: сайт. – URL: <https://texttotext.ru/> (дата обращения 14.04.2024). – <https://texttotext.ru/kursovie-proekti/lignin-stroenie-ximicheskiie-sostav-i-svoiestva-svyazi.html>

5. Стройфирмы.рф: сайт. – URL: <https://stroyfirm.ru> (дата обращения 14.04.2024). – <https://stroyfirm.ru/articles/woodglue25.html>

ДЕФОРМАЦИИ ПОЛЗУЧЕСТИ В СТЕКЛОПЛАСТИКОВЫХ ЭЛЕМЕНТАХ: РОЛЬ РАЗОРИЕНТАЦИИ НАПРАВЛЕНИЯ АРМИРОВАНИЯ

КАРАПЕТЯН Корюн Ашотович

д-р техн. наук, заведующий Лабораторией экспериментальных исследований Института Механики Национальной Академии Наук Армении, Ереван, Армения, koryun.a.karapetyan@gmail.com

CREEP DEFORMATIONS IN FIBERGLASS ELEMENTS: THE ROLE OF REINFORCEMENT DIRECTION MISALIGNMENT

KARAPETYAN Koryun A.

Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Experimental Research at the Institute of Mechanics of the National Academy of Sciences of the Republic of Armenia, Yerevan, Armenia, koryun.a.karapetyan@gmail.com

Исследовано влияние отклонения угла армирования от предусмотренного его значения на ползучесть при растяжении, а также на сопротивление разрушению и деформированию, при кратковременном нагружении, плоских и тонкостенных трубчатых образцов из слоистого стеклопластика.

Отклонение угла армирования от предусмотренного его значения (разориентация направления армирования от предусмотренного) было обнаружено при изготовлении трубчатых элементов из тканевого стеклопластика таким образом, чтобы направления основных нитей вязки армирующей материал стеклоткани и оси труб были параллельными (симметричное армирование-угол армирования $\varphi = 0^\circ$) [1]. Однако, у части изготовленных трубчатых образцов (примерно 8% от общего количества) было зарегистрировано отклонение угла армирования от предусмотренного, среднее значение которого колебалось в пределах $6-8^\circ$ (трубы с изначально нарушенной симметрией армирования относительно оси-угол армирования $\varphi = 6 - 8^\circ$).

Для выполнения экспериментальной части исследований были изготовлены по две партии стандартных плоских и тонкостенных трубчатых, с рекомендованными размерами, опытных образцов из стеклопластика на основе стеклоткани полотняного переплетения. У одной партии готовых опытных образцов упомянутых разновидностей величина угла между направлениями основных нитей вязки армирующей материал стеклоткани и их оси составляла $\varphi = 0^\circ$, а у другой - $\varphi = 6 - 8^\circ$. Коэффициент армирования стеклопластика составляет $\mu = 0,45$ ($\mu_{\text{основа}} = 0,29$, $\mu_{\text{уток}} = 0,16$).

В результате кратковременных испытаний было установлено, что разориентация направления армирования в пределах $6-8^\circ$ от предусмотренного практически не влияет на:

- прочность стеклопластика, установленная согласно ГОСТ 11262-2017,
- сопротивление разрушению стеклопластиковых трубчатых образцов, определенное согласно рекомендованному методу.

Величины упомянутых характеристик можно принимать равными 138,0 МПа и 146,0 МПа, соответственно.

Проведенные такие испытания показали также, что разориентация армирования в упомянутых выше пределах приводит к существенному уменьшению:

- модуля упругости стеклопластика E_{zz}^+ , установленного согласно ГОСТ 9550-81 (значение E_{zz}^+ , определенное с применением плоских образцов с $\varphi = 0^\circ$, составляет $16,2 \times 10^3$ МПа, а образцов с $\varphi = 6 - 8^\circ$ – $12,3 \times 10^3$ МПа),
- приведенного модуля упругости E_{zz}^{-+} , определенного из испытаний трубчатых образцов согласно рекомендованным методам (величина E_{zz}^{-+} , определенная из данных испытаний трубчатых образцов с $\varphi = 0^\circ$ составляет $17,65 \times 10^3$ МПа, а образцов с $\varphi = 6 - 8^\circ$ – $13,53 \times 10^3$ МПа).

При длительных испытаниях было выявлено, что сопротивляемость ползучести при растяжении стеклопластиковых образцов с $\varphi = 6 - 8^\circ$ более чувствительна к продолжительности действиям нагрузки, чем образцы с $\varphi = 0^\circ$, независимо от формы их поперечного сечения. При этом, отношение деформаций ползучести образцов с $\varphi = 6 - 8^\circ$ и с $\varphi = 0^\circ$, как плоских, так и трубчатых, зарегистрированных для одного и того же момента времени наблюдения, практически не зависит от длительности нахождения их под нагрузкой.

Таблица 1

Вид образца	Приложенное на образец напряжение, МПа	Угол армирования образца, φ^0	Относительное удлинение образцов $\times 10^3$ при t		Модуль ползучести при растяжении, МПа
			1 сут.	76 сут.	
плоский	82,8	0	1.36	1.97	420
		6-8	1.63	2.51	330
трубчатый	87,6	0	1.13	1.64	534
		6-8	1.36	2.10	418

Из сравнения данных табл.1, где представлены показатели некоторых характеристик ползучести при растяжении опытных образцов следует, что:

- модуль ползучести при растяжении как у плоских, так и у трубчатых опытных образцов с $\varphi = 0^\circ$, оказывается существенно больше, чем у одноименных образцов с $\varphi = 6 - 8^\circ$,

- при одном и том же угле армирования значение модуля ползучести при растяжении стеклопластиковых трубчатых образцов существенным образом превышает величину этой же характеристики, установленную для плоских образцов.

Из обобщения изложенного выше, следует, что изначальная разориентация направления армирования в пределах $6 - 8^\circ$ от предусмотренного, практически не влияя на несущую способность при растяжении плоских и тонкостенных трубчатых элементов из слоистого стеклопластика, может отрицательно сказываться на их сопротивляемость деформированию как на этапе нагружения, так и на протяжении эксплуатации в условиях постоянно действующих растачивающих нагрузок. Вследствие этого, истинное напряженно-деформированное состояние упомянутых конструктивных элементов с изначальной разориентацией армирования может существенным образом отличаться от рассчитанного на основе так называемой “Идеализированной модели” [2], с применением которой обычно проводят соответствующие расчеты.

Предполагается, что оптимальному проектированию конструктивных элементов в виде пластин и тонкостенных труб из армированных пластиков, на деформации которых наложены ограничения, в некоторых случаях довольно успешно может способствовать применение метода конструктивного решения задачи [3]. Суть этого метода заключается в том, что, на этапе проектирования, предусмотреть на поверхности элементов симметрично расположенных ребер жесткости, ориентированных таким образом, чтобы создавалось максимальное сопротивление деформированию элементов в том или ином направлении. Нынешние технологические особенности изготовления обеспечивают достаточную точность ориентации таких ребер.

Библиографический список:

1. Карапетян К.А. О прочности и деформативных свойствах стеклопластиковых труб при повторно-статических нагружениях в зависимости от отклонений ориентации армирования // Изв. НАН Армении. Механика. 2001. Т.54. №2. С.70-79.

2. Тарнопольский Ю.М., Розе А.В. Особенности расчета деталей из армированных пластиков. Рига: Зинатне. 1969. 276с.

3. Карапетян К.А., Валесян С.Ш., Мурадян Н.С. Влияние технологической разориентации армирования на деформационное поведение и сопротивление разрушению стеклопластиковых труб при осевом растяжении и внутреннем гидростатическом давлении // Изв. НАН Армении. Механика. 2018. Т.71. №3. С.36-43

РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СВЯЗУЮЩИХ

НИЗИНА ТАТЬЯНА АНАТОЛЬЕВНА

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

НИЗИН Дмитрий Рудольфович

к.т.н., доцент кафедры строительных конструкций Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия, nizindi@yandex.ru

СПИРИН ИЛЬЯ ПЕТРОВИЧ

магистрант Института архитектуры и строительства Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва Саранск, Россия, spirinil2000@yandex.ru

КАНАЕВА НАДЕЖДА СЕРГЕЕВНА

Инженер научно-исследовательской лаборатории эколого-метеорологического мониторинга, строительных технологий и экспертиз Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва Саранск, Россия, aniknadya@yandex.ru

RELAXATION CHARACTERISTICS OF POLYMERS BASED ON EPOXY BINDERS

NIZINA TATYANA A.

Doctor of Technical Sciences, professor, National Research Mordovia State University, Saransk, Russia, nizinata@yandex.ru

NIZIN Dmitry R.

Candidate of Technical Sciences, associate Professor, National Research Mordovia State University, Saransk, Russia, nizindi@yandex.ru

SPIRIN ILYA P.

Master's student, National Research Mordovia State University, Saransk, Russia, spirinil2000@yandex.ru

KANAEVA NADEZHDA S.

Engineer, National Research Mordovia State University, Saransk, Russia, aniknadya@yandex.ru

Из научной литературы известно [1-3], что объективно судить о механической работоспособности материала только по предельным прочностными и деформационными характеристикам не представляется возможным. В процессе эксплуатации изделия и покрытия на полимерной основе работают при нагрузках и деформациях, существенно меньше

пределных, что сопровождается развитием релаксационных процессов (снижение напряжений при постоянных деформациях или рост деформаций со временем при постоянных напряжениях). Именно эти процессы и определяют истинную механическую работоспособность материала.

В данном исследовании для изучения процесса релаксации напряжений образцы полимеров на основе эпоксидной смолы Этал-247, отверждаемой различными отвердителями (Этал-45М, Этал-1472, Этал-45TZ₂), подвергались деформациям до уровня растягивающих напряжений 40, 60 и 80% от разрушающего, после чего уровень деформаций стабилизировался и фиксировалось снижение напряжения во времени. Для возможности последующего сравнения данных, фиксируемых после натурального климатического воздействия различной длительности, уровень растягивающих нагрузений округлялся до величины, кратной 2, 5 или 10 МПа (в зависимости от упруго-прочностных показателей после натурального климатического воздействия и влажностного состояния серий образцов). Оценка влияния влажностного состояния полимеров на скорость протекания релаксационных процессов осуществлялась для образцов трех различных серий «без кондиционирования», «высушенные» и «влагонасыщенные». Пример графических зависимостей, формируемых по итогам проведенных исследований, представлен для образцов до климатического воздействия на рисунке 1 (соответственно, серии «без кондиционирования» и «высушенные» при уровнях растягивающих напряжений 20 и 30 МПа).

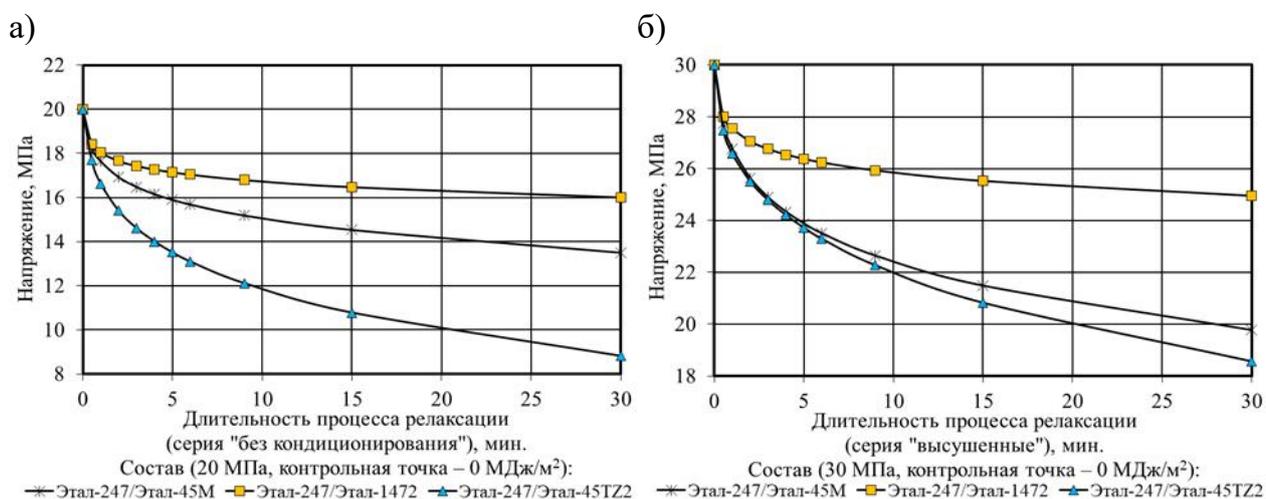


Рис. 1. Кривые релаксации напряжения эпоксидных полимеров зависимости от уровня прикладываемого напряжения и исследуемой серии: а – 20 МПа, «без кондиционирования»; б – 30 МПа, «высушенные»

Установлено, что наименее устойчивыми релаксационными характеристиками обладает полимер состава Этал-247/Этал-45TZ₂ – падение релаксирующего напряжения через 30 минут составляет 56 и 40%, соответственно, для уровней 20 (серия «без кондиционирования») и 30 МПа (серия «высушенные»). Релаксационные характеристики полимера, отверждаемого Этал-45М, показали относительно стабильные результаты –

падение релаксирующего напряжения составило около 35% в обоих случаях. Наибольшую релаксационную устойчивость продемонстрировали образцы полимера Этал-247/Этал-1472 – для представленных случаев падение релаксирующего напряжения составило 17÷20%.

По результатам экспериментальных исследований проведен расчет релаксирующего модуля, а также аппроксимация релаксационных процессов с помощью уравнения Кольрауша и ядер релаксации уравнения Больцмана-Вольтерры [4, 5]. Определены коэффициенты полиномиальных уравнений, описывающих изменение параметров уравнения Кольрауша и равновесного напряжения σ_{∞} ядер релаксации $T_1(t)$ и $T_2(t)$ Больцмана-Вольтерры в зависимости от уровня релаксационных напряжений, влагосодержания серий образцов и уровня накопленной солнечной радиации.

Проведен анализ влияния уровня релаксирующего напряжения и суммарной солнечной радиации на изменение параметров уравнения Кольрауша для полимеров исследуемых составов в граничных влажностных состояниях (серии «высушенные» и «влагонасыщенные»). Установлено, что наибольший вклад в изменение параметра θ уравнения Кольрауша оказывает концентрация влагосодержания образцов и уровень прикладываемого напряжения.

Выявлены различия в изменении характера распределения равновесного напряжения σ_{∞} ядер релаксации $T_1(t)$ и $T_2(t)$ уравнения Больцмана-Вольтерры в зависимости от влагосодержания серий образцов и суммарной солнечной радиации при повышении уровня релаксирующего напряжения. Установлено, что при использовании ядра $T_1(t)$ достоверность аппроксимации ($R^2 = 0,990 \div 0,999$) выше, чем при использовании ядра $T_2(t)$ для всех исследуемых составов ($R^2 = 0,906 \div 0,999$). Следовательно, лимитирующей стадией процесса релаксации напряжения для всех исследованных эпоксидных полимеров является взаимодействие релаксаторов и переход их нерелаксирующий материал, а не скорость диффузии кинетических единиц.

Библиографический список:

1. Ефимов В.А. Шведкова А.К., Коренькова Т.Г., Кириллов В.Н. Исследование полимерных конструкционных материалов при воздействии климатических факторов и нагрузок в лабораторных и натуральных условиях // Труды ВИАМ. 2013. №1.
2. Аскадский А.А. Влияние химического строения на релаксационные свойства теплостойких ароматических полимеров // Успехи химии. 1996. Т. 65. В. 8. С. 733–764.
3. Гуль В.Е. Структура и прочность полимеров. М.: Химия, 1978. 328 с.
4. Низин Д.Р., Низина Т.А., Канаева Н.С. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022666240 «Расчет параметров уравнений Больцмана-Вольтерры для описания процессов релаксации полимерных материалов» от 26.08.2022 (заявка № 2022664918 от 11.08.2022 г.).
5. Канаева Н.С., Низин Д.Р., Низина Т.А. Релаксационные свойства полимерных материалов на основе эпоксидных связующих // Эксперт: теория и практика. 2022. №3. С. 42-46.

НЕОБРАТИМАЯ ПОТЕРЯ МАССЫ ОБРАЗЦОВ ЭПОКСИДНЫХ ПОЛИМЕРОВ В ПРОЦЕССЕ НАТУРНОГО КЛИМАТИЧЕСКОГО СТАРЕНИЯ

НИЗИН ДМИТРИЙ РУДОЛЬФОВИЧ

к.т.н., доцент кафедры строительных конструкций Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия, nizindi@yandex.ru

НИЗИНА ТАТЬЯНА АНАТОЛЬЕВНА

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

СЕЛЯЕВ ВЛАДИМИР ПАВЛОВИЧ

академик РААСН, д.т.н., зав. кафедры строительных конструкций Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва, Саранск, Россия, ntorm80@mail.ru

СПИРИН ИЛЬЯ ПЕТРОВИЧ

магистрант Института архитектуры и строительства Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва Саранск, Россия, spirinil2000@yandex.ru

IRREVERSIBLE WEIGHT LOSS OF EPOXY POLYMER SAMPLES DURING NATURAL CLIMATE AGING

NIZIN DMITRY R.

Candidate of Technical Sciences, associate Professor, National Research Mordovia State University, Saransk, Russia, nizindi@yandex.ru

NIZINA TATYANA A.

Doctor of Technical Sciences, professor, National Research Mordovia State University, Saransk, Russia, nizinata@yandex.ru

SELYAEV VLADIMIR P.

Academic of RAACS, doctor of Technical Sciences, National Research Mordovia State University, Saransk, Russia, ntorm80@mail.ru

SPIRIN ILYA P.

Master's student, National Research Mordovia State University, Saransk, Russia, spirinil2000@yandex.ru

Известно [1–3], что процесс натурального климатического старения полимерных материалов и композитов сопровождается как обратимым, так и необратимым изменением их свойств. К первым, как правило, относят изменения, обусловленные варьированием влагосодержания полимерного материала в ходе процессов сорбции и десорбции атмосферной влаги. Различие

механических свойств в предельных влажностных состояниях при этом может достигать порядка 30% для композиционных материалов и 50 и более % для ненаполненных эпоксидных полимеров [1, 3–4]. Необратимые изменения физико-химических, механических и других эксплуатационных свойств полимерных материалов связывают с процессами устранения исходной структурной неравновесности [2]. Очевидно, что повысить точность прогнозирования изменения свойств полимерных материалов и композитов в процессе натурального климатического старения возможно за счёт учета их влажностного состояния. При этом, как отмечалось ранее [5], при контроле влажностного состояния эпоксидных полимеров необходимо учитывать необратимую потерю массы образцов.

В работе представлены результаты исследования ранних этапов натурального климатического старения ненаполненных эпоксидных полимеров в условиях умеренно-континентального климата (г.Саранск) с точки зрения показателя необратимого изменения массы. Последний определяется как разница между массой образцов в состоянии преимущественно свободном от влаги (серия «высушенные») в контрольном состоянии и после натурального климатического старения. В качестве объектов исследования выступали образцы типа 2 (ГОСТ 11262-2017) на основе эпоксидной смолы марки Этал-247 и отвердителей Этал-1460, Этал-1472, Этал-45М и Этал-45TZ2 (все – производства АО «ЭНПЦ Эпитал»).

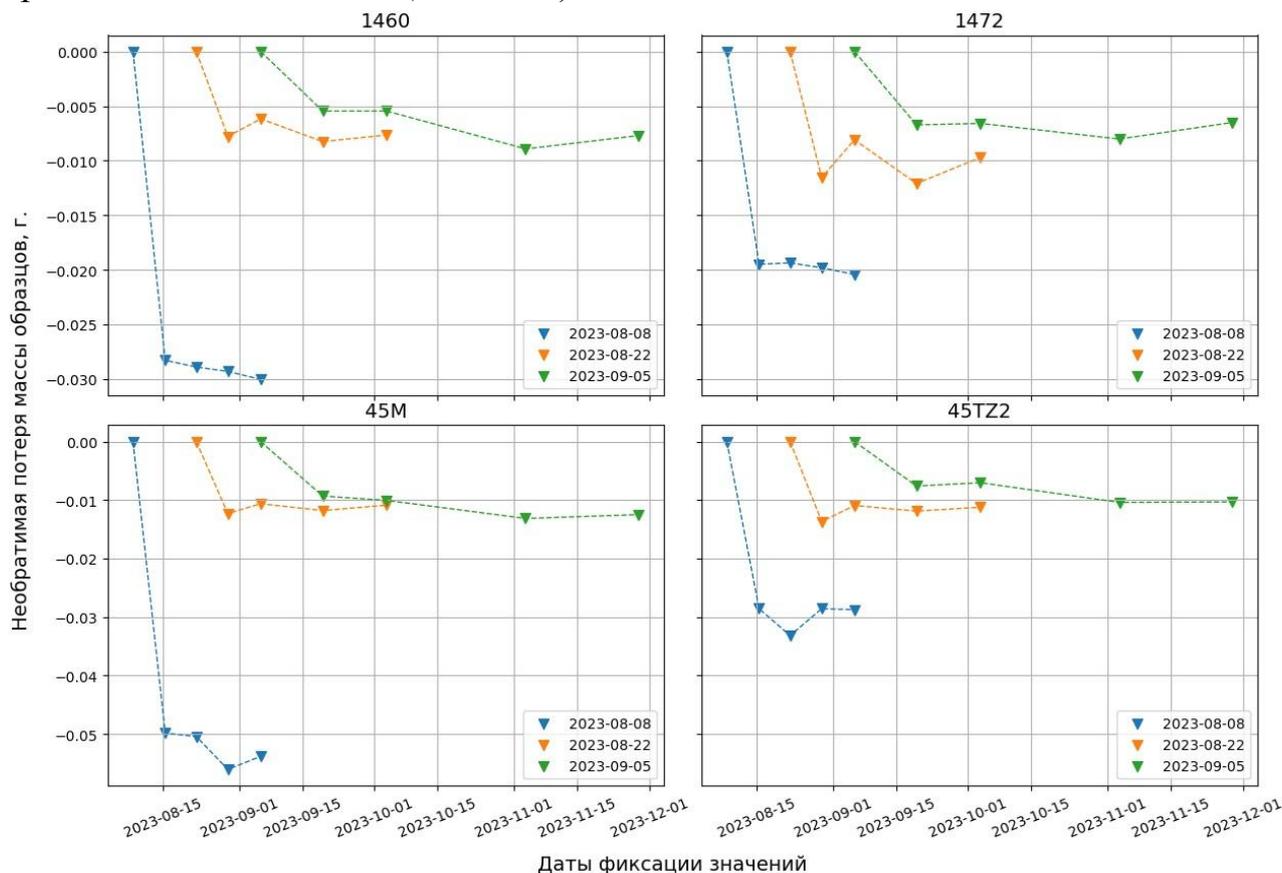


Рис.1. Изменение осредненных значений необратимой потери массы образцов эпоксидных полимеров в зависимости от состава и сроков натурального экспонирования (умеренно-континентальный климат, г.Саранск)

Кривые изменения осредненных значений необратимой потери массы образцов для различных временных участков экспонирования представлены на рис. 1. Наибольшее необратимое изменение массы образцов отмечается уже после одной недели натурального климатического старения в условиях умеренно-континентального климата. Выявлено отсутствие прямой взаимосвязи между количественными уровнями действующих факторов окружающей среды и значениями необратимой потери массы образцов эпоксидных полимеров. Выдвинута гипотеза, что количественная оценка необратимой потери массы образцов эпоксидных полимеров в процессе натурального климатического старения может быть осуществлена посредством показателя, описывающего совокупность процессов сорбции и десорбции атмосферной влаги за весь период экспонирования образцов, а также включающего этап сушки после снятия образцов с испытательной площадки.

* Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда №22-79-00206, <https://rscf.ru/project/22-79-00206/>

Библиографический список:

1. Кабилов Е.Н., Старцев О.В., Кротов А.С., Кириллов В.Н. Климатическое старение композиционных материалов авиационного назначения. I. Механизмы старения // Деформация и разрушение материалов. Москва, 2010. № 11. С. 19–27.

2. Кабилов Е.Н., Старцев О.В., Кротов А.С., Кириллов В.Н. Климатическое старение композиционных материалов авиационного назначения. II. Релаксация исходной структурной неравновесности и градиент свойств по толщине // Деформация и разрушение материалов. Москва, 2010. № 12. С. 40–46.

3. Кабилов Е.Н., Старцев О.В., Кротов А.С., Кириллов В.Н. Климатическое старение композиционных материалов авиационного назначения. III. Значимые факторы старения // Деформация и разрушение материалов. Москва, 2011. № 1. С. 34–40.

4. Низин Д.Р. Моделирование влияния влагосодержания на эксплуатационные свойства эпоксидных полимеров с учетом натурального климатического старения / Д.Р. Низин, Т.А. Низина, В.П. Селяев, И.П. Спирин // Полимерные композиционные материалы и производственные технологии нового поколения: VII Всероссийская научно-техн. конф. Москва, 24.11.2023 г. НИЦ «Курчатовский институт» – ВИАМ, 2023. – С. 171-194. <https://conf.viam.ru/conf/382>

5. Изменение влагосодержания образцов эпоксидных полимеров в условиях натурального климатического старения / Д.Р. Низин, Т.А. Низина, В.П. Селяев, Д.А. Климентьева, Н.С. Канаева // Климат–2021: современные подходы к оценке воздействия внешних факторов на материалы и сложные технические системы: материалы VI Всероссийской научно-технической конференции (г.Геленджик, 20-21 мая 2021г.). ФГУП «ВИАМ». – М.: ВИАМ, 2021. С.41-52.

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИТОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ НАНОДОБАВОК

ПИЧУГИН Анатолий Петрович

д.т.н., профессор Новосибирского государственного аграрного университета, Новосибирск, Россия

ХРИТАНКОВ Владимир Фёдорович

д.т.н., профессор Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета, Новосибирск, Россия

ПЧЕЛЬНИКОВ Александр Владимирович

к.т.н., доцент Новосибирского государственного аграрного университета, Новосибирск, Россия

СМИРНОВА Ольга Евгеньевна

к.т.н., доцент Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета, Новосибирск, Россия

IMPROVING THE QUALITY OF POLYMER-CONTAINING COMPOSITES THROUGH THE USE OF NANO-ADDITIVES

PICHUGIN Anatoly P.

Doctor of Engineering, professor, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

HRITANKOV Vladimir F.

Doctor of Engineering, professor, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk, Russia

PCHELNIKOV Alexander V.

Ph.D., Associate Professor, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia

SMIRNOVA Olga E.

Ph.D., Associate Professor, Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering, Novosibirsk, Russia

Большинство эксплуатируемых строительных материалов, изделий и конструкций подвержены влиянию климатических факторов, механическим и химическим воздействиям, что приводит к преждевременному выходу из строя. В некоторых случаях, особенно в животноводческих помещениях, материалы испытывают технологические воздействия (удары, истирание, царапание и др.) при уборке, дезинфекции, переработке сельскохозяйственной продукции и др. Всё это приводит к значительным экономическим потерям и снижает эффективность производства. Выходом из сложившейся ситуации может быть проведение мероприятий по усилению материалов и конструкций, повышению их водо-, морозо- и коррозионной стойкости, что может быть реализовано за

счет использования полимерных строительных материалов, имеющих лучшие показатели сопротивляемости климатическим и эксплуатационным факторам. Однако в некоторых случаях требуются повышенные характеристики получаемых строительных композитов, поэтому на помощь могут прийти наноразмерные добавки, способные увеличить эксплуатационные характеристики и обеспечить длительную сохранность и пригодность частей зданий и сооружений.

С использованием нанодобавок и нанотехнологий могут быть решены различные проблемы.

В качестве наноразмерных добавок в исследованиях были использованы следующие оксиды металлов и другие тонкодисперсные частицы.

По запасам растительного сырья Россия – одна из самых богатых стран в мире, так как обладает обширной территорией с лесами, камышовыми зарослями, лугами и посевными угодьями. Используя растительное сырье, можно обеспечить высокие теплотехнические показатели стеновых изделий, решить проблему утилизации отходов, создать возможность получения экологически чистых строительных материалов. В таблице 1 приводится химический состав растительного сырья.

Таблица 1

Химический состав сырья растительного происхождения

Материал	Целлюлоза	Лигнин	Гемицеллюлоза		Вещества, растворимые в горячей воде	Вещества, растворимые в эфире	Зольность
			Гексозаны	Пентозаны			
Древесная кора	12–19	12–38	6–17	5–13	15–48	4–39	1,5–5,3
Торф	20–25	5–20	7,1–17,4		1–5	2–8	2,0–15,1
Лузга	27–35	15–27	3,7–22,4	17–34	2–6	–	1,3–18,0
Солома	23–41	24–29	–	20–26	18–23	12–39	4,1–6,2
Щепа	25–46	19–38	3–16	7–25	20–27	40–61	0,1–0,8
Древесная мука	42–51	20–38	7–16	5–33	4–12	32–57	0,2–1,7
Камыш	40–91	22–27	–	14–23	8–21	14–18	1,5–2,6
Костра	48–97	15–23	15–19	21–26	12–19	4–8	0,5–2,0
Хлопчатник	91–98	3–7	–	18–21	1–3	2–5	4,2–6,5

Для защиты бетонных и железобетонных сооружений были проведены исследования по разработке полимерсиликатных составов, обладающих повышенной адгезионной прочностью с обычными цементными бетонами, представляющие смесь отходов хризотилцементного производства с дегидролом. Как показали проведенные испытания таких составов, разрушения целостности контактного слоя не происходит. Наблюдается неполное смачивание обычного бетона в зоне контакта, однако разрушение испытываемых образцов, как правило, происходит в зоне обычного бетона. Прочность в контактной зоне при испытании на сдвиг колеблется в пределах от 5,0 до 12,5 МПа, а при испытании на отрыв – от 0,8 до 4,5 МПа. Следует

отметить, что адгезионная прочность зависит от прочности цементного бетона и качества поверхности бетонного основания, его чистоты и влажности.

Защитно-пропиточная композиция для бетонных объектов предусматривала в качестве наполнителей использование молотых отходов хризотилцементного производства и алюмосиликатных микросфер, совместно с добавкой дегидрола. В таблице 2 представлены результаты испытания адгезионной способности различных составов к бетонному основанию причальных сооружений. Как следует из приведенных данных, полимерсиликатные композиции обладают высокими защитными свойствами по отношению к бетону. Введение в эти составы минеральных порошков снизило усадочные деформации и способствовало улучшению прочностных и деформативных свойств защитных композиций.

Таблица 2

Адгезионная способность защитно-пропиточных композиций с различными минеральными наполнителями и добавками

Вид наполнителя или добавки	ПВА + жидкое стекло + вода			
	Без добавок	30% раствор кремнезема, 10%	3% раствор углеродных нанотрубок, 0,05%	30% раствор кремнезема + 3% раствор углеродных нанотрубок
Без наполнителя	1,9	2,3-2,9	3,8-4,5	4,1-4,8
Дегидрол 5%	3,1	3,9-4,5	4,5-4,9	4,7-5,6
Дегидрол 10%	4,2	5,9-6,8	7,0-8,9	6,4-9,3
Алюмосиликатные микросферы, 1%	3,1	3,7-5,2	4,4-6,1	5,6-6,7
Отходы хризотилцементного производства	3,4	3,8-4,6	5,1-6,5	6,5-7,8

Определена водостойкость и морозостойкость полимерсиликатных наполненных защитных композиций на основе дисперсии ПВА и жидкого натриевого стекла с комплексными добавками. Прочность материала покрытия при попеременном увлажнении и высушивании, так же, как и при постоянном нахождении в воде практически не изменяется; при замораживании и оттаивании она снижается всего на 5-8% за триста циклов, что свидетельствует о достаточной сопротивляемости защитно-пропиточной композиции при незначительных потерях массы, не превышающих 5-10%. Наилучшей стойкостью обладают составы с большей степенью наполнения добавкой дегидрола.

Защитные полимерсиликатные композиции при соотношении дегидрол : отходы ХЦП в пределах от 1:1 до 1:2 являются водостойким и морозостойким материалом, вполне приемлемым для устройства покрытий бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений и инженерных объектов сельскохозяйственного назначения. Кроме того, данные составы обладают повышенной прочностью к ударным и истирающим нагрузкам.

ЭПОКСИДНЫЕ И ПОЛИВИНИЛХЛОРИДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПОКРЫТИЯ ПОЛОВ С СИНТЕТИЧЕСКИМ ВОЛЛАСТОНИТОМ НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ

САДЫКОВА Диляра Фанисовна

Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., Саратов, Россия, dilyras@mail.ru

ВАЛЕЕВА Алина Равилевна

канд. техн. наук, доцент Казанского национального исследовательского технического университета, Казань, Россия, alina.valeevaa@yandex.ru

ГИМРАНОВА Альмира Рамазановна

канд. техн. наук, доцент Казанского национального исследовательского технического университета, Казань, Россия, miracle543543@mail.ru

ГОТЛИБ Елена Михайловна

д-р. техн. наук, профессор, профессор Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Россия, egotlib@yandex.ru

EPOXY AND POLYVINYL CHLORIDE MATERIALS FOR FLOORING WITH SYNTHETIC WOLLASTONITE BASED ON RICE HUSK ASH

SADIKOVA Dilyara F. Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, Russia, dilyras@mail.ru

VALEEVA Alina R.

Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technical University, Kazan, Russia, alina.valeevaa@yandex.ru

GIMRANOVA Almira R.

Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technical University, Kazan, Russia, miracle543543@mail.ru

GOTLIB Elena M.

Doctor of Engineering, professor, professor of Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, egotlib@yandex.ru

Введение. Монолитные эпоксидные покрытия полов и ПВХ линолеум являются распространенными полимерными материалами, используемыми в гражданском и промышленном строительстве [1]. В их рецептуре традиционно применяются наполнители, среди которых особый интерес, из-за игольчатой формы частиц, представляет волластонит [2].

Однако, в связи со сложностью разработки отечественных месторождений этого силиката кальция, рационально синтезировать волластонит из доступного, дешевого сырья, в качестве которого рационально

применять золу рисовой шелухи, как источник аморфного диоксида кремния [3].

Экспериментальная часть.

Исследовались композиции на основе: эмульсионного поливинилхлорида ПВХ-Е-6250-Ж (ГОСТ 14039-78), наполненного микрорамором (ТУ 5716-001-99242323-2007) и пластифицированного ЭДОС (ТУ 2493-003-13004749-93) и эпоксидно-диановой смолы (ЭД-20), (ГОСТ 10587-84), отвержденной аминоалкилфенолом (АФ-2), (ТУ 2494-052-00205423-2004), в течение 7 суток при комнатной температуре.

Для модификации применялся синтетический волластонит (СВ), полученный методом твердофазного синтеза на основе золы рисовой шелухи и оксида кальция из известняка при температуре 900 °С в течении 3 часов [4].

Миграция пластификатора из ПВХ композиций определялась по изменению веса образцов, по Европейскому стандарту EN 664:1994.

Изменение линейных размеров линолеума оценивали по ГОСТ 11529-86, прочность связи между его слоями по ГОСТ 7251-77.

Определение твердости эпоксидных материалов проводилось на переносном твердомере по методу Шора (ГОСТ 24621-91, ISO 7619), а износостойкости - на вертикальном оптиметре ИЗВ-1.

Определение адгезии методом отрыва от стали эпоксидных покрытий производилось по ГОСТ 32299-2013 на приборе Shimadzu AG-50 kNX.

Обсуждение результатов.

Исследования показали (табл. 1), что оптимальной является 5 мас. % замена микрорамора на СВ, поскольку при этом достигаются наибольшее уменьшение (примерно на 42 %) миграции пластификатора из ПВХ пасты и максимальный рост (на 25 %) прочности связи между слоями линолеума, а также наибольшее снижение его усадки, на что указывает уменьшение (почти в 2 раза), изменения линейных размеров.

Таблица 1

Физико-механические свойства ПВХ-линолеума, модифицированного СВ

Содержание СВ в ПВХ пасте, мас. %	Миграция пластификатора из пасты, %	Прочность связи, между слоями линолеума, Н/см	Изменение линейных размеров, %
0	1,39	0,8/0,6	0,21
2,5	1,13	1,1/1,0	0,15
5,0	1,11	1,2/1,1	0,12
7,5	1,10	1,2/1,1	0,11
10,0	1,10	1,2/1,1	0,11

Примечание: В знаменателе представлена прочность связи между слоями линолеума после вылежки его в течение 2 часов

В большей степени (до 45%) прочность между слоями линолеума растет после его вылежки. Это связано со снижением миграции ЭДОС, которое

обусловлено адсорбцией его легколетучих компонентов (диоксановых спиртов) на поверхности волластонита [5], а также задерживанием их в порах СВ.

На это указывает уменьшение объема пор СВ при обработке его поверхности пластификатором, путем пропитки [5], так как размер молекул ЭДОС, рассчитанный в программе Gaussian 16, не более 1,7 нм, что меньше, чем средний диаметр пор волластонита (3,5 нм) [4].

Было установлено [6], что волластонит не приводит к изменению диффузионного механизма смещения ПВХ и пластификатора ЭДОС, а только снижает коэффициент взаимодиффузии компонентов с $10^{-6,1}$ до $10^{-6,3}$ (см²/сек).

СВ повышает твердость эпоксидных композиций (табл. 2), из-за относительно высокой твердости этого минерального наполнителя. Растет также износостойкость покрытий и их адгезия к стали (табл. 2).

Таблица 2

Эксплуатационные характеристик эпоксидных покрытий с СВ

Состав	Твердость, ус. ед.	Износ, 10 ⁻⁶ м	Адгезия, МПа
Базовый	46	17,8	3,1
10мас.% СВ	49	12,4	3,6

Таким образом наполнение синтетическим волластонитом эффективно для получения эпоксидных износостойких покрытий с высоким уровнем твердости и адгезионных характеристик, а также ПВХ композиций для производства линолеума, с более высоким сроком его эксплуатации, из-за снижения усадки наполного покрытия.

Библиографический список:

1. Gotlib, E., Sokolova A., Phoung H.T.N., Khasanova A. Fillers of polymeric materials based on rice husk: Study Guide - Kazan: Otechetvo. 2019. P. 92. based on rice husk: Study Guide - Kazan: Otechetvo. 2019. P. 92.
2. Fiocco L., Agnoli S., Bernardo E. Wollastonite-diopside-carbon composite foams from a silicone resin and inorganic fillers // Materials Science. 2018. №4. P.45-49.
3. Ismail H., Shamsudin R., Hamid M.A.A., Jalar A. Synthesis and Characterization of Nano-Wollastonite from Rice Husk Ash and Limestone // Materials Science Forum. 2013. Vol. 756. P. 43-47.
4. Готлиб Е.М., Галимов Э.Р., Валеева А.Р., Кормушин К.В. Эпоксидные композиционные материалы с наполнителями на основе золы рисовой и гречневой шелухи, и металлургических шлаков: Монография. – Казань: Изд-во АН РТ, 2023. 168 с.
5. Готлиб Е.М., Садыкова Д.Ф., Кожевников Р.В., Твердов И.Д., Мишагин К.А. Поливинилхлоридные композиции для линолеума с добавками наполнителей на основе рисовой шелухи // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2023. Т. 66. В. 2. С. 114-119.
6. Sadykova D.F., Budylin N.Y., Nikulova U.V., Shapagin A.V., Gotlib E. M. Influence of rice husk ash and wollastonite on plasticizer migration in polyvinyl chloride system // Journal of Applied Polymer Science. Vol. 141. Is. 1. P. 1-10.

УДК 66.017

ВЛИЯНИЕ ДИСПЕРСНОСТИ ЗОЛЫ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ НА СВОЙСТВА ЭПОКСИДНЫХ МАТЕРИАЛОВ

ДОЛГОВА Алина Викторовна

студент Казанского национального исследовательского технического университета, Казань, Россия, alinkadolgova@icloud.com

КАМАЛЕТДИНОВА Ралина Ленаровна

студент Казанского национального исследовательского технического университета, Казань, Россия

ВАЛЕЕВА Алина Равилевна

канд. техн. наук, доцент Казанского национального исследовательского технического университета, Казань, Россия, alina.valeevaa@yandex.ru

ГОТЛИБ Елена Михайловна

д-р. техн. наук, профессор, профессор Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Россия, egotlib@yandex.ru

INFLUENCE OF DISPERSION OF RICE HUSK ASH ON THE PROPERTIES OF EPOXY MATERIALS

DOLGOVA Alina V.

student of Kazan National Research Technical University, Kazan, Russia, alinkadolgova@icloud.com

KAMALETDINOVA Ralina L.

student at Kazan National Research Technical University, Kazan, Russia

VALEEVA Alina R.

Ph.D. tech. Sciences, Associate Professor, Kazan National Research Technical University, Kazan, Russia, alina.valeevaa@yandex.ru

GOTLIB Elena M.

Doctor of Engineering, professor, professor of Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, egotlib@yandex.ru

Введение. Среди полимерных материалов, особое место по способности к модификации и разнообразию получаемых эксплуатационных и технологических свойств занимают эпоксидные композиции, применяемые для изготовления изделий, клеев и нанесения покрытий различного функционального назначения [1]. Наполнение таких полимеров рисовой шелухой (РШ) и ее золой объясняет улучшение их механических, эксплуатационных свойств из-за высокого содержания диоксида кремния в составе природного наполнителя [2]. Однако гранулометрический размер наполнителя в значительной степени влияет на характер распределения его в полимерной матрице, эффективность взаимодействий на межфазной границе и свойства полимера [1, 3].

Экспериментальная часть. Проводились исследования композиций на основе эпоксидно-диановой смолы (ЭД-20), (ГОСТ 10587-84), отвержденной аминоалкилфенолом (АФ-2), (ТУ 2494-052-00205423-2004), в течение недели при комнатной температуре. Для модификации эпоксидных материалов применялась зола рисовой шелухи (ЗРШ), полученная при температуре 500 °С с дисперсностью частиц равной: 45 мкм, 64 мкм и 94 мкм [1].

Проводились следующие методы исследования:

- 1) определение дисперсности частиц наполнителя методом лазерной дифракции (ГОСТ Р 8.777-2011);
- 2) определение твердости эпоксидных материалов по методу Shore (ISO 7619);
- 3) определение износостойкости на машине Табера (ISO 3537);
- 4) определение адгезии методом отрыва от стали на приборе Shimadzu AG-50 kNX (ГОСТ 32299-2013).

Обсуждение результатов. Возможность контроля дисперсности частиц, позволяет гарантировать однородность их размеров и повышение механических свойств наполненных материалов. Кривая распределения по дисперсности частиц ЗРШ имеет унимодальный характер с одним максимумом (рис.1).

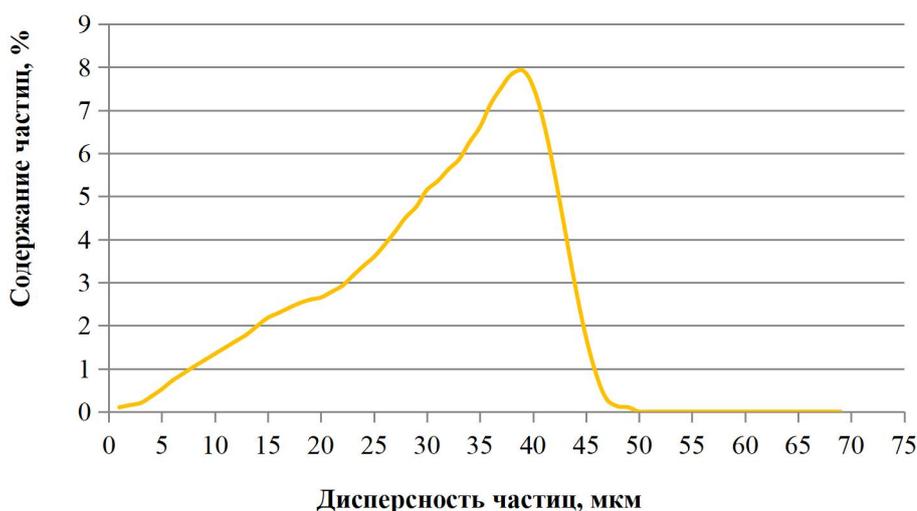


Рис.1. Распределение дисперсности частиц ЗРШ

Зола обладает большим количеством частиц с дисперсностью 37-42 мкм, средний размер частиц – 38 мкм. Изучение закономерностей влияния дисперсных наполнителей на физико-механические характеристики эпоксидных полимеров позволяет управлять эксплуатационными свойствами антифрикционных материалов. Одним из путей улучшения антифрикционных показателей, снижение коэффициента трения полимерных материалов, является применение наполнителей, влияющих на трение через формирование в полимерном связующем более износостойкой структуры [4]. Антифрикционные показатели повышают наполнители, содержащие оксиды металлов, способствующие образованию металлических мостиков,

обеспечивающих отвод тепла в процессе работы металлополимерных подшипниковых пар трения [5].

По полученным результатам установлено, что с ростом размера частиц золы износостойкость незначительно увеличивается, а твердость, проходит через максимум при размере частиц наполнителя от 35 до 64 мкм, а затем заметно снижается (табл. 1). Влияние размера частиц ЗРШ на износостойкость и твердость наполненных эпоксидных композиций обусловлено тем, что площадь поверхности ЗРШ определяет эффективность взаимодействия ее с полимерной матрицей [6].

Таблица 1

Свойства композиций, наполненных ЗРШ

№ п/п	Образец	Размер частиц, мкм	Износ, ·10 ⁻⁶ м	Твердость, HSD	Коэффициент трения	Прочность при отрыве, МПа
1	Базовый состав	–	19	46,01	0,39	3,02
2	Наполненный ЗРШ	до 35	12,1	43,44	0,13	3,48
3		от 35 до 64	11,2	50,16	0,12	3,74
4		от 64 до 94	11,5	39,77	0,12	3,33

Размер частиц ЗРШ незначительно влияет на антифрикционные свойства эпоксидных композиций. Существенный вклад вносит и количество наполнителя в композиции, оптимизация содержания которого позволяет обеспечить его максимальный модифицирующий эффект в эпоксидных антифрикционных материалах [1].

Таким образом, экспериментально установлено, что наполнение эпоксидных композиций ЗРШ обуславливает рост их твердости, износостойкости, адгезионных и прочностных свойств, а также снижение коэффициента трения. Выявлено, что в качестве наполнителя наиболее эффективно использовать ЗРШ с дисперсностью частиц от 35 до 64 мкм.

Библиографический список:

7. Готлиб Е.М., Галимов Э.Р., Валеева А.Р., Кормушин К.В. Эпоксидные композиционные материалы с наполнителями на основе золы рисовой и гречневой шелухи, и металлургических шлаков: Монография. – Казань: Изд-во АН РТ, 2023. 168 с.

8. Arjmandi R., Hassan A, Majeed K., Zakaria Z. Rice Husk Filled Polymer Composites / R. Arjmandi, // International Journal of Polymer Science. 2015. P. 32.

9. Галимова Н.Я. Композиционные материалы на основе поливинилхлорида, дисперсных наполнителей и синтетических каучуков / Н.Я. Галимова // Научные ведомости СПбГПУ. 2009. № 4-2 (89). С. 34-38.

10. Jon A., Gartzzen L., Maider A., Javier B., Martin O. Physical activation of rice husk pyrolysis char for the production of high surface area activated carbons // *Industrial and Engineering Chemistry Research*. 2015. Vol. 54. № 29. P. 7241.
11. Готлиб Е.М., Ямалеева Е.С., Валеева А.Р., Нцуму Р.Ш. Изучение влияния температуры получения золы гречневой шелухи на антифрикционные свойства и износостойкость эпоксидных покрытий // *Бутлеровские сообщения*. 2021. Т. 687, № 12. С. 70-76.
12. 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.

ТОКООТВОДЯЩИЕ ЭПОКСИДНЫЕ НАПОЛЬНЫЕ ПОКРЫТИЯ С ОБЪЕМНОЙ ПРОВОДИМОСТЬЮ НА ОСНОВЕ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ДОБАВОК

НЕДЕЛЬКИН Александр Владимирович

к.х.н., старший преподаватель Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия, nedelkin.a.v@muctr.ru

ЗАЧЕРНЮК Борис Александрович

к.х.н., доцент, Российский биотехнологический университет, Москва, Россия, zachern@mgupp.ru

САДОВСКИЙ Павел Андреевич

Директор ООО «Интоп ПРО», Иркутск, Россия, sadovsky@intop.pro

ГАРИН Степан Павлович

Студент Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия, garin.s@muctr.ru

CURRENT-SINKING EPOXY FLOORINGS WITH VOLUMETRIC CONDUCTIVITY, BASED ON DOMESTIC HIGHLY EFFECTIVE CONDUCTING ADDITIVES

NEDEL'KIN Alexander V.

Ph.D., Senior Lecturer, Mendeleev University of Chemical Technology, Moscow, Russia, nedelkin.a.v@muctr.ru

ZACHERNYUK Boris A.

Ph.D., Associate professor, Russian Biotechnological University, Moscow, Russia, zachern@mgupp.ru

SADOVSKY Pavel A.

Director, "Intop PRO" LLC, Irkutsk, Russia, sadovsky@intop.pro

GARIN Stepan P

Student, Mendeleev University of Chemical Technology, Moscow, Russia, garin.s@muctr.ru

Токоотводящие напольные покрытия (ТОНП), грамотно спроектированные и выполненные, с подключением к шине заземления, обеспечивают защиту последствия воздействия разрядов статического электричества [1], что обуславливает их востребованность во многих областях.

ТОНП, условно, подразделяют на токоотводящие (сопротивление 10^4 - 10^6 Ом) и антистатические (10^6 - 10^{11} Ом), которые отличаются не только по требованиям по сопротивлению, но и по методу приемочных испытаний [2]. Нижняя граница сопротивления напольных покрытий (10^4 Ом) обуславливается требованиями безопасности и не может быть нарушена. Описанные далее

покрытия испытывались согласно ГОСТ Р 53734.4.1-2010 [2] и СТО-009-02495342-2010 [3]. Проводимость покрытия измеряется между произвольной точкой поверхности и шиной заземления. Стоит отметить, что ТОНП должны рассматриваться не отдельно, а как часть комплекса мер [1, 2].

Проблематика создания высококачественных ТОНП обуславливается используемыми добавками, обеспечивающими токопроводящие свойства. Долгое время доминирующим решением было применение углеродных волокон. Минусами такого рода решения являются: зарубежное происхождение токопроводящего компонента и анизотропия проводимости. Длина волокон накладывала жесткие рамки по толщине (2мм): при превышении толщины выше расчетной, что могло происходить по причине появления каверн в бетонном основании при снятии цементного молочка, длины углеродных волокон не хватало для обеспечения электропроводности покрытия.

Данные ТОНП как правило производились на основе рубленого углеродного волокна (donacarbon, Япония), что накладывало ограничения как на логистическую составляющую, так и на ряд технических характеристик. Данные составляющие можно разделить на 2 фактора: технический и коммерческий. С коммерческой точки зрения минимизация логистики и независимость от санкций являются критически важными. С технической стороны жесткое ограничение по толщине ТОНП также важно. Для решения данной проблематики было рассмотрено несколько вариантов решений: А: отечественное и импортное углеродное волокно, Б: химическая оснастка («ионные жидкости», производства BASF, 'efka'), В: графеновые нанотрубки, Г: углеродный порошок (IRIOTEC).

Анализ результатов показал (исходя из целевого сопротивления 10^4 - 10^6 Ом, как наиболее строгого из встречающихся требований в промышленности) А: жесткие ограничения по толщине покрытия, принимая во внимание неидеальность реальных бетонных оснований, и, помимо этого, недоступность сырья в условиях санкций; Б: присущие данному решению проблемы с адгезией к низлежащему слою и полное отсутствие предложения на рынке РФ; В: хорошие электропроводные характеристики, но ощутимое ухудшение реологических свойств и появление тиксотропности; Г: слабая корреляция электропроводности с увеличением концентрации добавки и нестабильность сырья во времени.

На основании предварительных испытаний был сделан упор на вариант В – графеновые нанотрубки, как на наиболее близкое решение к современным требованиям промышленности. Ключевым фактором приняли возможность достижения объемной проводимости, в отличие от одноосной и отсутствие ограничений по максимальной толщине покрытия. Результаты данного решения дали возможность достигнуть сопротивления в пределах 10^4 - 10^6 Ом в условиях, не требующих жесткого соблюдения толщины покрытия ~2 мм.

Помимо снижения требований к плоскостности бетонного основания, что является немаловажным фактором, также открылась возможность локального ремонта покрытий без потери токопроводящих свойств. В случае применения

углеродных волокон локальный ремонт не гарантирует проводимость между восстановленным участком и остальной поверхностью покрытия, по причине направленности токопроводящих свойств волокон. Объемная изотропная проводимость позволяет избежать такое ограничение.

Помимо этого, объемная проводимость позволяет с большей уверенностью применять не токоснимающую «сетку» из медной ленты, а токоснимающие анкера, что исключает потерю токоотводящих свойств по причине возможных обрывов выводов медной ленты, обеспечивающей заземление покрытия. Данный набор факторов способен обеспечить востребованность на рынке подобного решения, причем без увеличения стоимости для конечного потребителя.

Эффективность данного решения была подтверждена применением материалов с объемной проводимостью на ряде объектов, таких как завод LG Electronics, Улан-Удэнское приборостроительное производственное объединение, Группа «Илим» и др.

Практически единственным недостатком данного решения является ощутимо выраженные тиксотропные свойства эпоксидной системы при ее модификации графеновыми нанотрубками. Поскольку композиции на основе эпоксидных вяжущих должны давать ровную, эстетически приемлемую поверхность, вопрос минимизации тиксотропных свойств актуален. Смачивающие и диспергирующие агенты на основе кремнийорганических сополимеров позволили решить данный вопрос, хотя и не полностью. Дальнейшее развитие подобных систем видится в области синергии функциональных добавок и эффективных наполнителей ТОНП. Также интерес представляет создание кварцenaполненных систем с объемной изотропной проводимостью, с целью снижения стоимости покрытия и, одновременно, повышения износостойкости, с сохранением токоотводящих свойств покрытий.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект FSSM-2023-0003, соглашение о предоставлении гранта № 075-03-2024-160).

Библиографический список:

1. ГОСТ Р 53734.5.6-2021 Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений.; ГОСТ IEC TR 61340-5-2-2021 Электростатика. Защита электронных устройств от электростатических явлений. Руководство по применению. ГОСТ 31610,32-1-2015 Взрывоопасные среды. Часть 32-1. Электростатика.

2. ГОСТ IEC 61340-4-9-2021. Электростатика. Методы испытаний для прикладных задач.

3. СТО-009-02495342-2010 Полы. Метод оценки электростатических характеристик электрорассеивающих покрытий полов; также СТО-006-02495342-2009 Полы. Метод оценки антистатичности покрытия пола.; ASTM F 150-98.

УДК 691.175

РАЗРАБОТКА ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БУТИЛКАУЧУКА

ТАРАСОВА Ольга Ивановна

старший преподаватель Вятского государственного университета, Киров, Россия, tarasovaolga63@yandex.ru

ЮРКИН Юрий Викторович

к.т.н., доцент, зав. кафедрой «Строительных конструкций и машин» Вятского государственного университета, Киров, Россия, yurkin@vyatsu.ru

DEVELOPMENT OF VIBRATION-ABSORBING COMPOSITE MATERIALS BASED ON BUTYL RUBBER

TARASOVA Olga Ivanovna

senior lecturer at Vyatka State University, Kirov, Russia, tarasovaolga63@yandex.ru

YURKIN Yuri Viktorovich

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of "Building structures and machines", Vyatka State University, Kirov, Russia, yurkin@vyatsu.ru

Аннотация: Композиционные материалы, наносимые на вибрирующие поверхности, используются для снижения шума и вибрации. Получены самоклеящиеся композиционные материалы на основе бутилкаучука, обладающие высокими диссипативными свойствами в широком температурно-частотном диапазоне, с хорошими прочностными характеристиками.

Ключевые слова: пластификаторы, наполнители, олигомеры-мягчители, смолы, бутилкаучук, композиционный вибропоглощающий самоклеящийся материал.

Введение. На современном этапе развития технологии строительства проблему повышения качества жизни можно решить, используя новые композиционные материалы на основе полимеров. Они наносятся на вибрирующие поверхности и лучше всего способны рассеивать виброэнергию при деформациях [1, 2, 3, 4]. Мерой поглощения вибрации является тангенс угла механических потерь ($tg\delta$). Многочисленные источники утверждают, что для снижения шума и вибрации минимальным является значение $tg\delta$ равное 0,3.

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что в строительной отрасли не проводилось систематических исследований по снижению шума и вибрации. Есть лишь ограниченное количество работ по определению характеристик связанного полимера с пластификаторами и наполнителями, причём исследования проводились при комнатной температуре.

Результаты исследований, их обсуждение.

В работе изучено влияние трёх пластификаторов на бутилкаучук. Установлено, что для улучшения перерабатываемости полимера и получения композиционного материала с высокими демпфирующими свойствами стоит использовать хлорпарафин и диоктилфталат, а для получения еще и самоклеящихся материалов — индустриальное масло. Оптимальное содержание индустриального масла — 40%.

Для оценки прочностных свойств и уменьшения стоимости композиционного материала в смесь вводились российские наполнители: технический углерод, каолин, мел, барит. Установлено, что при увеличении доли наполнения от 0% до 50% происходит снижение демпфирующих свойств, а температура стеклования (T_g) увеличивается: с техническим углеродом на 40° , с каолином - на 15° , с мелом - на 11° , с баритом на 5° . Для упрочнения композиций следует вводить наполнитель тех. углерод или смесь тех. углерода с мелом. В нашем случае прочностные характеристики не так важны, поэтому мы выбрали более дешёвый и лёгкий материал – мел.

Для улучшения адгезионной прочности и снижения стоимости композиции из бутилкаучука, пластифицированного индустриальным маслом, с содержанием наполнителя мела 50% по объёму, использовались добавки в виде олигомеров-мягчителей: строительный битум, топочный мазут и полиизобутилен. Выбор остался за строительным битумом как более дешёвой добавкой с высоким показателем модуля упругости и широким рабочим температурным диапазоном (от минус 50 до плюс 40°C). Установлено, что введение масла и битума позволяет контролировать положение пика демпфирования: масло смещает температуру стеклования в сторону уменьшения пика, а битум — в сторону увеличения.

Для увеличения липкости композиционного материала вводились смолы: Алкилфенолоформальдегидная смола (АФФС), Углеводородная смола «Пикар», Инден-кумароновая смола, канифоль с различными концентрациями. Лидируют АФФС и канифоль, так как они имеют больший сдвиг пика tg в сторону увеличения температуры. Оптимальное содержание смол — от 2% до 5% по массе от содержания полимера в композите.

С помощью ИК-спектроскопии, ДМА и испытаний на реометре установлено, что введение мела и смолы АФФС в пластифицированный индустриальным маслом БК бутилкаучук не приводит к образованию новых фаз и химическим изменениям в широком температурном диапазоне.

Разработан самоклеящийся композиционный материала на основе бутилкаучука с высокими демпфирующими свойствами, хорошими прочностными показателями, эффективный в широком частотном (от 1 Гц до 100 Гц) и эксплуатационном интервале температур - от минус 80°C до плюс 40°C . Характеристики материала представлены в таблице 1. Он используется в строительстве в качестве покрытий на металлические тонкостенные конструкции, подвергающиеся динамическим нагрузкам, легко клеится на неровные поверхности и не требует нагрева при установке.

Состав может быть использован при строительстве кожухов вентиляционных труб, дымососов, компрессоров, кондиционеров, магистралей выброса и перепуска воздуха, труб холодного водоснабжения и водоотведения. Также материал можно наклеить в нижнюю зону ванн и раковин, использовать при эксплуатации лифтовых шахт и прочих поверхностей в жилищно-гражданском и промышленном строительстве и в других областях. Толщина материала 2 мм обеспечивает высокие вибродемпфирующие свойства. Он может быть наклеен как внутри помещения, так и снаружи.

Результаты исследования были внедрены в устройство тонкостенной металлической поверхности воздуховода санатория-профилактория ВятГУ в Кирове. Это позволило снизить уровень шума на 15,7 дБ.

Таблица 1

Характеристики разработанной итоговой композиции и прототипа

Технические характеристики композиции	Итоговый (новый) разработанный материал	Noisblok звукоизоляция для стен, перегородок и перекрытий (производитель завод Стандартпласт)
Частотный диапазон, Гц	от 1 до 100	от 1 до 100
Рабочий температурный диапазон вибропоглощения	от минус 29 С до плюс 36 С	от минус 15 С до плюс 25
Температурный диапазон эксплуатации	от минус 80 С до плюс 40 С	от минус 15 С до плюс 25
Прочность связи с металлом, Н/см	10,43	-
Пенетрация, мм	5	-
Тангенс угла мех. потерь при 20 С	0,43	0,16
Модуль упругости при max значении tgδ, МПа	50	-
Уровень шумопоглощения, дБ	15,7	10,1
Стоимость 1 кг/руб	99,67	126,72

Библиографический список:

1. Ерофеев В.Т., Бобрышев А.Н., Козомазов В.Н. Полимерные композиционные материалы. Каз. нац. иссл. техн. унив. Казань. 2016. 481с
2. Соломатов В.И., Бобрышев А.Н., Химмлер К.Г. «Полимерные композиционные материалы в строительстве». -М: Стройиздат, 1988. 312с.
3. Черкасов В.Д.,Тюряхин А.С.,Теория двухсвязных моделей микромеханики композитов [Текст]: монография. Федеральное агентство по образованию, гос. образ. уч-е высш. проф. обр., Мордовский гос. ун-т им. Н.П. Огарева", Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2009. 106 с.
4. Zhang R., He X., Lai Z., Yang D. Effect of some inorganic particles on the softening dispersion of the dynamics of butyl rubber // J. Polym. Bull. 2017. № 74. pp 1031-1043.

УДК 691.175.2

РАЗРАБОТКА ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭТИЛЕНВИНИЛАЦЕТАТ

ВОЛОЦКОЙ Алексей Николаевич

Старший преподаватель Вятского государственного университета, Киров, Россия, alexeyqwerty@mail.ru

ЮРКИН Юрий Викторович

к.т.н., доцент, зав. кафедрой Строительных конструкций и машин Вятского государственного университета, Киров, Россия, yurkin@vyatsu.ru

DEVELOPMENT OF DAMPING MATERIALS BASED ON ETHYLENE- VINYL ACETATE

VOLOTSKOY Alexey N.

Senior lecturer, Vyatka State University, Kirov, Russia, alexeyqwerty@mail.ru

YURKIN Yuri V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Building Structures and Machinery, Vyatka State University, Kirov, Russia, yurkin@vyatsu.ru

Введение. Современное развитие техники и технологии негативно влияет на окружающую нас биосферу. Одним из негативных факторов является увеличение вибрационной нагрузки. В жилых и общественных зданиях элементами, находящимися под действием шума и вибрационной нагрузки, являются: климатическое оборудование, трубопроводы систем отопления и вентиляции, полы, лифтовые установки. Для снижения уровня воздействия шума и вибрации наиболее целесообразно применение современных полимерных композиционных материалов, эффективно работающих в широком интервале температур. Существующие вибропоглощающие полимерные материалы (ВПМ) имеют узкий температурный диапазон, в пределах которого наблюдается эффективное вибропоглощение, кроме того большинство из них проходят стадию вулканизации. На основании многочисленных публикаций мировым сообществом установлено, что ВПМ являются отличными, когда тангенс угла механических потерь ($\text{tg}\delta$) выше 0,3 [1-3]. В связи с этим весьма актуально создание термoplastичных вибропоглощающих полимерных композиционных материалов, имеющих $\text{tg}\delta$ выше 0,3 в температурном интервале от минус 40 °С до плюс 60 °С и обладающих относительной негорючестью и маслостойкостью.

Результаты исследования, их обсуждение. В работе изучено влияние пластификаторов разной полярности (хлорпарафин, диоктилфталат, индустриальное масло) на динамические свойства этиленвинилацетата (ЭВА). Установлено, что наиболее оптимальным пластификатором для

этиленвинилацетата является хлорпарафин содержанием 40% по объему, так как кроме положительного эффекта на демпфирующие характеристики полимера он еще и снижает его горючесть. Использование индустриального масла в качестве пластификатора приводит к его миграции на поверхности ЭВА.

Для повышения прочностных свойств, расширения температурного участка эффективного вибропоглощения и удешевления материала в полимерную смесь вводились технический углерод, мел, тальк. Установлено, что все наполнители закономерно увеличивают $\text{tg}\delta$ в области положительных температур и повышают динамический модуль упругости композита. С увеличением степени наполнения композита расширяется область эффективного вибропоглощения. Обнаружено, что мел действует как активный наполнитель при добавлении к полярному ЭВА. По результатам инфракрасной спектроскопии было выяснено, что химические связи между мелом и ЭВА не возникают, поэтому такое влияние мела на динамические характеристики ЭВА обусловлено возникновением большого числа физических связей между молекулами наполнителя и полярными ацетатными группами ЭВА. Наибольшее значение работы адгезии ЭВА/наполнитель наблюдается при использовании мела и составляет $87,1 \text{ мДж/м}^2$. Таким образом наиболее эффективным наполнителем для композитов на основе ЭВА является мел. Наибольший эффект от мела будет наблюдаться при его максимальном содержании в композите.

Для улучшения вибропоглощающих свойств композита применяли два модификатора: алкилфенолформальдегидную смолу (АФФС) и эфир канифоли глицериновый (ЭК). Установлено, что добавление любого модификатора содержание 10-30 мас.ч. приводит к росту пика $\text{tg}\delta$. Химических связей между модификатором и ЭВА согласно ИК-спектроскопии не выявлено. Выяснилось, что на малых концентрациях (до 10 мас.ч.) модификаторы ведут себя как пластификатор, изолируя полярные группы ЭВА. При температуре $-50 \text{ }^\circ\text{C}$ на поверхности композитов с содержанием модификатора 30 мас.ч. образуются трещины. Для разработки ВПМ с высокими демпфирующими свойствами целесообразно использовать АФФС или ЭК содержанием 20 мас.ч.

Для повышения прочностных характеристик ВМП на основе ЭВА к полимерной смеси добавлялись дополнительные полимеры: хлоропреновый каучук ХПК CR232, хлорбутилкаучук ХБК-139, бутадиен нитрильный каучук синтетический СКН-40 содержанием 10, 20 и 30% по объему. Дополнительным полимером заменяли часть этиленвинилацетата, при этом объемное содержание компонентов в композите не изменялось. Установлено, что добавление любого из дополнительных полимеров приводит к увеличению прочности при растяжении композита. При содержании дополнительного полимера 20% по объему прочность при растяжении полимерного композита имеет наибольшее значение. Для оценки динамики прочностных свойств ВМП на основе ЭВА с течением времени было проведено сравнение их характеристик по прошествии двух лет. Установлено, что изменение прочностных характеристик композитов при физическом старении зависит от степени

совместимости с полимерной основой материала. Наименьший процент снижения прочности с течением времени наблюдается у композитов с полимерной основой ЭВА/ХПК. Кроме того, наибольшее значение работы адгезии ЭВА/дополнительный полимер наблюдается при использовании ХПК и составляет 79,8 мДж/м². Для разработки ВПМ с высокими прочностными характеристиками целесообразно использовать хлоропреновый каучук в качестве дополнительного к основному полимеру.

Разработан вибропоглощающий материал на основе этиленвинилацетата с высоким уровнем динамических и механических свойств для снижения ударного шума в полах. Материал обладает следующими свойствами: максимум tgδ около 0,6; tgδ не менее 0,3 на температурном участке шириной от минус 40 °С до плюс 60 °С и выше; хладостойкость до минус 40 °С; условная прочность при растяжении не менее 50 кгс/см²; абсолютная остаточная деформация не превышает 0,3 мм; водопоглощение 0,5%; стойкость к воздействиям щелочей.

Для оценки эффективности разработанного ВПМ на основе этиленвинилацетата было проведено сравнение с существующим аналогом звуко-гидроизоляционным рулонным материалом «Шуманет-100Комби». Применение ВПМ на основе ЭВА позволило улучшить изоляцию ударного шума в помещении, которое находится непосредственно под перекрытием, разделяющем верхнее помещение (с источниками ударного шума) и нижнее помещение, на 8,5-14,5 дБ в зависимости от частоты. Кроме того, разработанный материал на основе ЭВА имеет улучшение изоляции ударного шума на 16-55% выше в зависимости от частоты по сравнению с существующим аналогом «Шуманет-100Комби» (таблица 1).

Таблица 1

**Частотная характеристика
снижения приведенного уровня ударного шума**

Вариант пола верхнего уровня	Улучшение изоляции ударного шума покрытиями полов ΔL, дБ		
	Частота, Гц		
	20	30	50
1 слой ВПМ на основе ЭВА толщиной 2 мм + войлок толщиной 3 мм	8,5	10,5	14,5
«Шуманет-100Комби» толщиной 5 мм	5,5	8	12,5

Библиографический список:

1. Wu, C.Y. Dynamic mechanical properties of acrylic rubber blended with phenolic resin / C.Y. Wu, C.Y. Wei, W.H. Guo, C.F. Wu // Journal of Applied Polymer Science. – 2008. – Vol. 109. – № 4. – PP. 2065–2070.

2. Su, C. Effects of Phenolic Oligomer on the Dynamic Mechanical Properties of Nitrile Butadiene Rubber / C. Su, P. He, L. Xu, C. Zhang // *Advanced Materials Research*. – 2011. – Vol. 335–336. – PP. 120–123.

3. He X.Z. Damping properties of ethylene-vinyl acetate rubber/polylactic acid blends / X.Z. He, M. Qu, X.Y. Shi // *Journal of Materials Science and Chemical Engineering*. – 2016. – Vol. 4. – № 3. PP. – 15–22.

ПОЛИМЕРЦЕМЕНТНЫЕ СОСТАВЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВОДНЫХ ДИСПЕРСИЙ АКРИЛОВЫХ СОПОЛИМЕРОВ

ЛЕВИЦКАЯ Александра Владимировна

инженер-исследователь научно-исследовательского центра ООО «Компания Хома», Дзержинск, Нижегородская область, Россия, levickaaya-a@homa.ru

АНИСИМОВА Светлана Викторовна

к.х.н., руководитель научно-исследовательского отдела ООО «Компания Хома», Дзержинск, Нижегородская область, Россия, anisimova-s@homa.ru

POLYMERCEMENT COMPOSITIONS USING WATER DISPERSIONS OF ACRYLIC COPOLYMERS

LEVITSKAYA Alexandra Vladimirovna

Research engineer at the research center of Homa Company, Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region, Russia, levickaaya-a@homa.ru

ANISIMOVA Svetlana Viktorovna

Candidat of Chemistry Sciencis, head of the research department of Homa Company, Dzerzhinsk, Nizhny Novgorod region, Russia, anisimova-s@homa.ru

Введение полимерных компонентов в составы на основе портландцемента рационально для придания специальных свойств получаемым материалам [1-2]. Использование водных дисперсий акриловых сополимеров для затворения цементосодержащих сухих смесей распространено при создании защитных и декоративных покрытий по бетонным основаниям, отличающихся высокой адгезией [3-4].

Основными требованиями к продуктам данного назначения являются

- коллоидная стабильность, обеспечивающая совместимость с цементом;
- вязкость, позволяющая произвести легкое вмешивание цементной части;
- отсутствие запаха при соединении с цементной частью;
- жизнеспособность полимерцементного раствора для выработки;
- быстрый набор эксплуатационных свойств покрытия.

Методом эмульсионной полимеризации синтезированы дисперсии сополимеров эфиров акриловой и метакриловой кислот со стиролом, отличающиеся мономерным составом, при использовании анионных и нионогенных эмульгаторов с введением различных аддитивов (пеногасители, пластификаторы, смачиватели). Массовая доля нелетучих веществ в дисперсиях 50-60%. Температуры стеклования (T_g) исследованных сополимеров находятся в диапазоне от +20 до -35 °С.

В качестве сухой части для большинства исследований использовалась смесь конкретного основного состава: портландцемент ЦЕМ I 42,5Н (30 масс.%)

и мелкозернистые заполнители (кварцевый песок фракций от 0,16 до 0,5 мм). Полимерцементные растворы готовились при введении сухой части в дисперсию при соотношении «дисперсия : сухая часть» = 1: 2,5...3,5.

Установлена зависимость жизнеспособности растворов от состава дисперсий и П/Ц соотношения. Контроль консистенции растворов произведен при оценке динамической вязкости с использованием вискозиметра Брукфильда. Доказано влияние состава сухой части и П/Ц соотношения на свойства полимерцементных растворов и покрытий. Дополнительное введение постдобавок в дисперсии позволяет регулировать их наполнение цементной частью с изменением прочности образующихся полимерцементов. Наличие полимера придает минеральной основе эластичность, выражающуюся в проявлении вязко-упругих свойств. В случае использования сополимеров с T_g ниже $-20\text{ }^\circ\text{C}$, сохранение эластичности полимерцементов доказано и в области отрицательных температур.

Для изучения физико-механических свойств отвержденных полимерцементов формировались образцы в виде свободных пленок толщиной до 2 мм. Сравнивая достигнутые значения показателей – водопоглощение, прочность на разрыв и относительное удлинение в разные периоды твердения (7 и 28 суток) зафиксировано основное укрепление структуры полимерцементных покрытий в возрасте 7 суток.

Дисперсии стирол-акриловых сополимеров с T_g от $-35\text{ }^\circ\text{C}$ до $-8\text{ }^\circ\text{C}$ рекомендованы для использования в полимерцементных гидроизоляционных покрытиях. Дисперсии акриловых и стирол-акриловых сополимеров с T_g от $0\text{ }^\circ\text{C}$ до $+5\text{ }^\circ\text{C}$ эффективны для использования в полимерцементных клеях. Стирол-акриловые дисперсии с T_g от $0\text{ }^\circ\text{C}$ до $+20\text{ }^\circ\text{C}$ входят в состав декоративных штукатурных покрытий малых архитектурных форм.

Выполнено свыше 1500 проектов с применением полимерцементных покрытий с использованием водных дисперсий акриловых сополимеров марок *поворол* и *homacryl*.

Библиографический список:

1. Хозин В.Г., Абдулхакова А.А., Старовойтова И.А., Зыкова Е.С. Цементные композиции, модифицированные водной эмульсией эпоксидного олигомера // Строительные материалы. 2017. № 5. С. 73–77.
2. Попов К.Н. Полимерные и полимерцементные бетоны, растворы и мастики. М.: Высшая школа, 1987. 72 с.
3. Попова, М.Н. Модификация цементных вяжущих поливинилацетатной дисперсией / М. Н. Попова, Г. Я. Мусафирова, Э. В. Мусафиров [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. - 2014. - № 5.-С. 59–61.
4. Анисимова С.В., Шурыгина Ю.Н., Павликова С.М., Коршунов А.Е. Полимерные водные дисперсии в технологиях применения сухих строительных смесей / Строительные материалы. 2018. № 3. С. 80-85.

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА МОРОЗОСТОЙКИХ ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПРОПИЛЕНОКСИДОВОГО КАУЧУКА И УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОЛИТЕТРАФТОРЭТИЛЕНА

ПОРТНЯГИНА Виктория Витальевна

к.т.н. доцент Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия, vick_i@mail.ru

ПЕТРОВА Наталия Николаевна

д.х.н., профессор-заведующий Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия, pnn2002@mail.ru

STRUCTURE AND PROPERTIES OF FROST-RESISTANT ELASTOMER COMPOSITES BASED ON PROPYLENE OXIDE RUBBER AND ULTRAFINE POLYTETRAFLUOROETHYLENE

PORTNYAGINA Victoria V.

Candidate of Engineering, docent, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russia, vick_i@mail.ru

PETROVA Nataliya N.

Doctor of Chemistry, head professor, North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov, Yakutsk, Russia, pnn2002@mail.ru

Перспективным эластомером для производства морозостойких резин уплотнительного назначения является пропиленоксидный каучук (СКПО), синтезированный в 1973г. во Всесоюзном научно-исследовательском институте синтетического каучука и в настоящее время выпускаемый в опытно-промышленном масштабе на Стерлитамакском заводе синтетического каучука согласно ТУ 2294-067-16810126-99 [1]. СКПО представляет собой сополимер пропиленоксида и аллилглицидилового эфира (2-5%). Вследствие низкой температуры стеклования ($T_c = -74$ °С), озоно- и термостойкости, а также полученных положительных результатов натуральных испытаний в условиях экспозиции в углеводородных средах и воздействия естественно низких температур в климатических условиях Республики Саха (Якутия) [2], его использование является наиболее эффективным. Для улучшения масло- и износостойкости пропиленоксидного эластомера резиновую смесь на основе СКПО совмещали с термопластичным полимером - политетрафторэтиленом (ПТФЭ), который достаточно широко используется для модификации полимеров различной химической природы.

В резиновую смесь на основе СКПО вводили как традиционный ПТФЭ (ГОСТ 10007-80), так и ультрадисперсный политетрафторэтилен (УПТФЭ, ТУ 2229-004-02698192-2002), полученный газофазной конденсацией продуктов разложения ПТФЭ [3]. Оба полимера обладают низким коэффициентом трения, работоспособностью в широком диапазоне температур (до 350 °С), высокой

химической стойкостью, не набухают в углеводородных средах. УПТФЭ (товарный знак «Форум»), синтезированный в Институте химии ДВО РАН, отличается от промышленных порошков ПТФЭ (фторопласт-4) малым размером и формой частиц, повышенными адгезионными свойствами к различным поверхностям, растворимостью в спирте и ацетоне.

Композиции на основе СКПО, содержали разное количество фторсодержащих полимеров. В первой партии экспериментов содержание ПТФЭ и УПТФЭ составляло от 0,5 до 20 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. Во второй серии экспериментов содержание УПТФЭ было решено увеличить от 20 до 50 мас.ч. на 100 мас.ч. каучука. В-третьих, для регулирования интенсивности межфазного взаимодействия в рассматриваемые резиновые смеси на основе СКПО и ПТФЭ/УПТФЭ в качестве добавки, влияющей на фазовую морфологию смесей полимеров, вводили цеолитовую пасту в количестве 15 мас.ч. Паста на основе природных цеолитов якутского месторождения Хонгуруу и пластификатора дибутоксидиэтиладипината была получена в мельнице-активаторе планетарного типа АГО-2 при соотношении компонентов 60:40.

Анализ полученных результатов позволил выделить некоторые общие закономерности в изменении свойств резин. По мере увеличения содержания фторсодержащего компонента снижается объемный износ материалов. При увеличении концентрации ПТФЭ/УПТФЭ в СКПО больше фторсодержащего компонента содержится в единице объема образца, что приводит к существенному повышению износостойкости композиций: для резин, содержащих ПТФЭ при введении 20 мас.ч она увеличивается на 52%, а при введении такого же количества УПТФЭ на 39% соответственно. Аналогичным образом изменяется маслостойкость резин на основе СКПО и фторполимеров. Для резин на основе СКПО и УПТФЭ было отмечено, что наиболее резкие изменения степени набухания в углеводородной среде наблюдаются при введении малых количеств (0,5÷2 мас.ч.) фторполимерной добавки (рис.1, а).

Проведенные исследования позволили заключить, что для повышения износо- и маслостойкости резин необходимо увеличивать содержание фторсодержащего компонента, при этом предпочтительнее использовать более высокодисперсные полимерные продукты, УПТФЭ по сравнению с традиционным ПТФЭ более эффективен. Содержание УПТФЭ в СКПО может составлять 50 мас.ч., при этом будет получен материал с более высокими триботехническими характеристиками при приемлемом уровне остальных эксплуатационных свойств. Если же износостойкость эластомерного материала менее важна для решения определенных технических задач (разработка уплотнений неподвижного типа), но необходимо обеспечить высокую морозостойкость и эластичность, то дозировка фторполимера должна быть уменьшена. Варьируя состав резин, размер частиц дисперсной фазы фторполимера, мы воздействуем на фазовую морфологию композиций и изменяем эксплуатационные показатели полученных материалов.

Влияние специально синтезированной пасты на основе природных цеолитов и пластификатора заключается в увеличении межфазного взаимодействия, добавка способствует перераспределению фторсодержащего компонента между поверхностью и объемом материала, что позволяет регулировать фазовую морфологию резин и уровень основных характеристик (рис.1, б). На разработанные материалы получены Патенты РФ [4].

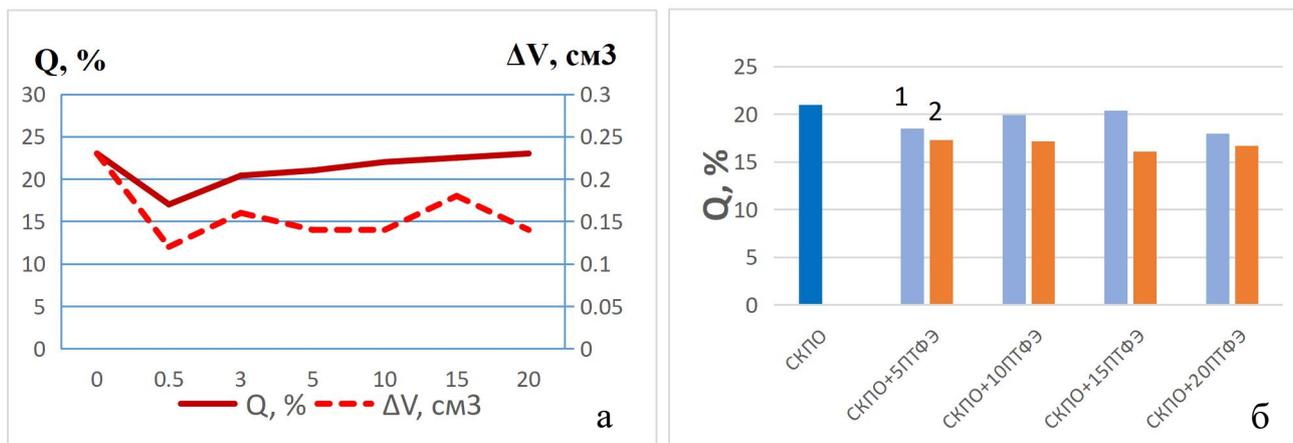


Рис.1. Влияние содержания УПТФЭ на степень набухания и объемный износ резин на основе СКПО (а) и ПТФЭ (1), ПТФЭ и цеолитовой пасты (2) на степень набухания резин на основе СКПО (б)

Библиографический список:

1. Большой справочник резинщика. В 2 ч. М.: «Техинформ». 2012. 1385 с.
2. Петрова Н.Н., Попова А.Ф., Федотова Е.С. Исследование влияния низких температур и углеводородных сред на свойства резин на основе пропиленоксидного и бутадиен-нитрильного каучуков // Каучук и резина. 2002. №3. С. 6-10.
3. Бузник В.М., Фомин В.М., Алхимов А.П. Металлополимерные нанокompозиты. Новосибирск: Издательство СО РАН. 2005. 260 с.
4. Патент РФ № 2502759. Износостойкая резина на основе пропиленоксидного каучука и ультрадисперсного политетрафторэтилена Петрова Н.Н., Портнягина В.В. по заявке №2012119320, опубликовано 27.12.2013.

Bibliographic list:

1. A large rubber band reference book. At 2 a.m.: Techinform. 2012. 1385 p.
2. Petrova N.N., Popova A.F., Fedotova E.S. Investigation of the influence of low temperatures and hydrocarbon media on the properties of rubbers based on propylene oxide and butadiene-nitrile rubbers // Rubber and rubber. 2002. No. 3. pp. 6-10.
3. Buznik V.M., Fomin V.M., Alkhimov A.P. Metallopolymer nanocomposites. Novosibirsk: Publishing House of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. 2005. 260 p.
4. Patent of the Russian Federation No.2502759. Wear-resistant rubber based on propylene oxide rubber and ultrafine polytetrafluoroethylene. Petrova N.N., Portnyagina V.V. according to application No.2012119320, published on 12/27/2013.

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛОВОГО СПИРТА И ПОЛИГЕКСАМЕТИЛЕНГУАНИДИН ГИДРОХЛОРИДА С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО АНТИМИКРОБНОГО ЭФФЕКТА И УЛУЧШЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛУЧАЮЩИХСЯ ПОКРЫТИЙ

РЯБОВА Валерия Олеговна

аспирант Байкальского института природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия, lera-okladnikova@mail.ru

РОГОВ Виталий Евдокимович

д.т.н., с.н.с. Байкальского института природопользования СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия, rogov54v@mail.ru

DEVELOPMENT OF COMPOSITE POLYMERIC FILM MATERIALS BASED ON POLYVINYL ALCOHOL AND POLYHEXAMETHYLENE GUANIDINE HYDROCHLORIDE TO ENSURE LONG-TERM ANTIMICROBIAL EFFECT AND IMPROVE THE PHYSICAL CHARACTERISTICS OF THE RESULTING COATINGS

RYABOVA Valeria O.

Postgraduate student, Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia, lera-okladnikova@mail.ru

ROGOV Vitaly E.

Dr. Sci. (in Russian), S.Sc., Baikal Institute of Nature Management SB RAS, Ulan-Ude, Russia, rogov54v@mail.ru

На сегодняшний день существует широкий выбор биоцидных антимикробных добавок. Растущий спрос на вещества с антибактериальными свойствами стимулирует разработку новых биоцидных добавок для различных типов покрытий, включая лакокрасочные материалы. Эти материалы обеспечат эффективную защиту всех окрашенных поверхностей от размножения различных микроорганизмов и образования на них плесени.

Существует обширный ассортимент материалов с антимикробными свойствами, которые широко используются как в России, так и за ее пределами в качестве эффективных дезинфицирующих средств. Необходимо отметить, что полигексаметиленгуанидин гидрохлорид относится к группе полимеров, содержащих гуанидин, которые обладают значительной антимикробной эффективностью и низкой токсичностью для человека. Эти вещества широко применяются в качестве активных компонентов дезинфицирующих средств [1].

Ранее в работе [2] были получены полимерные пленочные материалы из совместных устойчивых водных растворов поливинилового спирта (ПВС) и полигексаметиленгуанидин гидрохлорида (ПГМГГх) с 8, 10, 12, 15 масс. % содержанием второго. Использовали промышленный ПВС с молекулярной массой $M_v=87000$ (CAS 9002-89-5, ГОСТ 10779-78) производства компании «Промреагент» (г. Челябинск), промышленный ПГМГГх со средне вязкостной молекулярной массой $M_v=5000$ производства компании «Alterhim Pro» (г.Дзержинск).

Полученные материалы были исследованы на базе центра коллективного пользования БИП СО РАН на электромеханической разрывной машине Instron 3367 (США).

Краевой угол смачивания пленок определялся методом сидячей капли по ГОСТ 7934.2-74.

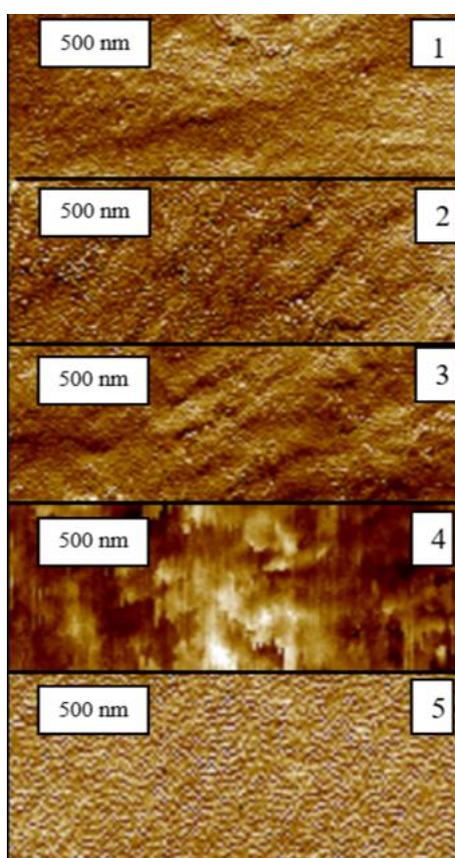


Рис.1. Микрофотографии чистого ПВС и пленочных материалов на основе ПВС и ПГМГГх:

- 1 – ПВС/ПГМГГх (92/8 масс. %);
- 2 – ПВС/ПГМГГх (90/10 масс. %);
- 3 – ПВС/ПГМГГх (88/12 масс. %);
- 4 – ПВС/ПГМГГх (85/15 масс. %);
- 5 – ПВС

Смесь, содержащая в себе от 5 до 10% ПГМГГх, обладает удовлетворительными механическими свойствами. Данные пленочные

материалы показали достаточно хорошую нагрузку на образец и прочность на разрыв которые достигают 39,30 МПа. Для оценки адгезионных свойств измерен краевой угол смачивания, который показал, что значения находится в пределах $15^\circ < \theta < 37^\circ$ это говорит о том, что материал является гидрофильным и предопределяет его хорошую адгезию к поверхностям. Учитывая образование стабильных совместных водных растворов, можно утверждать о хорошей термодинамической совместимости этих полимеров [3]. Так же были сделаны микрофотографии полученных пленочных материалов, которые указывают на однофазный материал (рис.1).

После полученную полимерную смесь добавляли к вододисперсионной интерьерной краске для стен и потолка марке «ТЕКС» производитель 625-ООО «Тиккурила» г. Санкт-Петербург. По мере нанесения раствора на поверхность часть жидкости впитывается, образуя тонкую пленку с пролонгированным антимикробным действием, а часть испаряется. За счет быстрого удаления влаги защитный слой образуется через небольшой промежуток времени. Окончательное высыхание зависит от материала поверхности и находится в пределах при $t (20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(65 \pm 5)\%$ - 1 час.

Работа выполнена в рамках госзадания БИП СО РАН № 0273-2021-0007

Библиографический список:

1. Воинцева, И.И. Полигуанидины – дезинфекционные средства и полифункциональные добавки в композиционные материалы / И.И. Воинцева, П.А. Гембицкий – Москва: ЛКМ-пресс, 2009. – 304 с.
2. V.O. Okladnikova, O.S. Ochirov, M.N. Grigor'Eva, S.A. Stelmakh, D.M. Mognonov Obtaining a copolymer of polyhexamethylene guanidine hydrochloride and polyvinyl alcohol // Journal of Physics: Conference Series. 2021. V. 1989, Issue 1. 012002. DOI: 10.1088/1742-6596/1989/1/012002.
3. Окладникова В. О., Очиров О. С., Григорьева М. Н., Стельмах С. А. Полимер-полимерная смесь поливинилового спирта и полигексаметиленгуанидин гидрохлорида для задач антимикробной защиты поверхностей // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2022. Т. 12.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК, МОДИФИЦИРОВАННЫХ В ПЛАЗМЕ СКОЛЬЗЯЩЕЙ ДУГИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ РУЛОННОГО ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

АГНАЕВ Степан Сергеевич

студент Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, Улан-Удэ, Россия, stephanagnaev02@gmail.com

УРХАНОВА Лариса Алексеевна

д.т.н., профессор Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета, urkhanova@mail.ru

ХАГЛЕЕВ Андрей Николаевич

к.т.н., научный сотрудник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, младший научный сотрудник Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ, Россия, khagleev@yandex.ru

ДОНДУКОВ Саян Дмитриевич

студент Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления, Улан-Удэ, Россия, dondukov.s@yandex.ru

ДЕМИН Кирилл Андреевич

аспирант, инженер Института физического материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ, Россия, kirill.demin.19992@gmail.com

RESERCH OF THE STRENGTH PROPERTIES OF POLYMER FILMS MODIFIED IN GLIDING ARC PLASMA TO CREATE A ROLLED WATERPROOFING MATERIAL

AGNAEV Stephan S.

Student, East Siberian state university of technology and management, Ulan-Ude, Russia, stephanagnaev02@gmail.com

URKHANOVA Larisa A.

Doctor of Engineering, professor, Moscow Automobile and Road Construction State Technical University, Moscow, Russia, urkhanova@mail.ru

KHAGLEEV Andrei N.

Candidate of technical sciences, science researcher, Institute of Physical Material Science of the Siberian Branch of the RAS, Ulan-Ude, Russia, khagleev@yandex.ru

DONDUKOV Sayan D.

Student, East Siberian state university of technology and management, Ulan-Ude, Russia, dondukov.s@yandex.ru

DEMIN Kirill A.

Graduate student, engineer, Institute of Physical Material Science of the Siberian Branch of the RAS, Ulan-Ude, Russia, kirill.demin.19992@gmail.com

Основной задачей гидроизоляционных покрытий является защита поверхности стальных магистральных трубопроводов от воздействий окружающей среды. Нормативный срок эксплуатации битумных и рулонных гидроизоляционных покрытий составляет 15-20 лет, однако фактический срок эксплуатации битумных покрытий составляет не более 12 лет [1]. Наиболее перспективным материалом для применения являются рулонные гидроизоляционные покрытия на основе полимерно-битумных материалов имеют срок эксплуатации более 30 лет. Однако, наиболее уязвимым местом рулонных покрытий является клеевой шов, прочность которого зависит от адгезии материала основы гидроизоляционного материала. Для увеличения адгезии материала основы, используется плазменная модификация, улучшающая адгезионные свойства за счет воздействия потоков заряженных частиц, свободных атомов, радикалов и возбужденных частиц, в результате таких взаимодействий на поверхности материала образуется слой из активных центров и функциональных групп.

Учитывая перспективность использования плазменной модификации в производстве гидроизоляционных материалов, было проведено исследование влияния плазмы скользящей дуги на поверхность полимерных материалов с целью увеличения адгезии. Модификацию проводили на разработанной установке, в течение 0-30 с [2]. В качестве материалов использовался полиэтилен (ПЭ) и стабилизированный полиэтилен (СтПЭ).

Таблица 1

Прочность клеевого шва модифицированных пленок ПЭ и СтПЭ

Время модификации, с.	Усилие отрыва в нахлесточном соединении, Н			
	ПЭ+клей+ПЭ		СтПЭ+клей+СтПЭ	
	БСК	ГА	БСК	ГА
-	28,1	21,1	4,2	3,2
5	29,6	25,5	48,5	43,3
10	33,2	30,6	58,3	53,3
15	30,7	28,5	59,4	54,1
30	31,4	26,3	56,8	51,1

Анализ полученных результатов показал, что модифицированные пленки ПЭ и СтПЭ в качестве материала основы рулонного гидроизоляционного материала являются перспективными. Исследование усилия отрыва смежных

витков при нанесении гидроизоляционного покрытия внахлест проводились на разрывной машине Instron 3367, выполненной по ГОСТ 28840-90 «Машины для испытаний материалов на растяжение, сжатие, изгиб» на образцах ПЭ и СтПЭ толщиной 100 и 200 мкм, площадью клеевого соединения – 400 мм². При исследовании использовался адгезив на основе бутадиен-стирольного каучука (БСК) производства ОАО «Воронежсинтезкаучук» и гидроизоляционный адгезив (ГА) на каучуково-смоляной основе производства АО «Кронос СПб» (табл.1).

Определено, что при модификации для пленок ПЭ – 10 с, достигается наибольшее значение усилия отрыва в нахлесточном соединении 33,2 Н, что на 19% больше, чем у полимерной изоляционной ленты «Полилен», применяемой в настоящее время на объектах ПАО «Газпром» [2]. Для пленок СтПЭ при 15-секундной модификации усилие отрыва в нахлесте – 51,4 Н. Однако при дальнейшей модификации – 30 с. на поверхности модифицированной пленки происходят процессы термической деструкции молекул цепи полимера с последующей карбонизацией и уменьшением адгезии, о чем свидетельствует уменьшение показателей прочности клеевого шва.

Библиографический список:

1. Кудряшова, Р. А., Истюкова А.Д. Особенности свойств и применения материалов для гидроизоляции труб // Вузовская наука в современных условиях: сборник материалов 55-й научно-технической конференции. В 3 ч. 2021. – С. 44-47.
2. Патент № 2781708 «Установка для модификации поверхности полимерных пленок в низкотемпературной плазме скользящего разряда атмосферного давления» / А. Н. Хаглеев, К. А. Демин, М. А. Мокеев.
3. Харисов Р.А. Совершенствование технологии изоляции трубопроводов полимерными ленточными покрытиями с двусторонним липким слоем: дис. канд. тех. наук: 25.00.19. - Уфа, 2011. - 246 с.

References:

1. Kudrjashova R.A.; Istyukova A.D. Features of properties and applications of materials for pipe waterproofing // University science in modern conditions. 2021. No. 1. pp. 44-47.
2. A. N. Khagleev, K. A. Demin, M. A. Mokeev. Installation for modification of the surface of polymer films in low-temperature plasma of a sliding discharge of atmospheric pressure. Patent RF, no. 2781708, 2022
3. Kharisov R.A. Improving the technology of pipeline insulation with polymer tape coatings with a double-sided sticky layer. Candidate's thesis. Ufa, 2011, 246 p. (in Russian)

ПОЛИМЕРНЫЕ МОДИФИКАТОРЫ БИТУМА: ВИДЫ, ТЕНДЕНЦИИ, ПЕРСПЕКТИВЫ

АЮПОВ Дамир Алиевич

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, ayupov_damir@rambler.ru

POLYMER BITUMEN MODIFIERS: TYPES, TRENDS, PROSPECTS

AYUPOV Damir A.

Candidate of Technical Sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, ayupov_damir@rambler.ru

Полимеры всё шире применяются для модификации нефтяных битумов. С 2010 года объемы производства полимербитумных вяжущих (ПБВ) в России увеличились с 28 до 1057 тыс т/год, т.е в 38 раз! При этом доля полимербитумных вяжущих в общем объеме производимых битумов увеличилась с 0,6 до 12,9%, т.е. в 21 раз! Таким образом, целесообразность модификации битумов полимерами не вызывает сомнений, и немодифицированные битумы вытесняются в строительстве полимербитумными композитами. Кроме того, производство битумных вяжущих в целом также интенсивно растёт: с 2010 года объёмы выросли на 78% с 4,6 до 8,2 млн т/год [1].

Целью модификации являются расширение температурного интервала эксплуатации – интервала пластичности, увеличение эластичности и улучшение долговечности вяжущих.

При введении в битум полимера он сольватируется масляной фракцией вяжущего, что показано на рисунке 1.

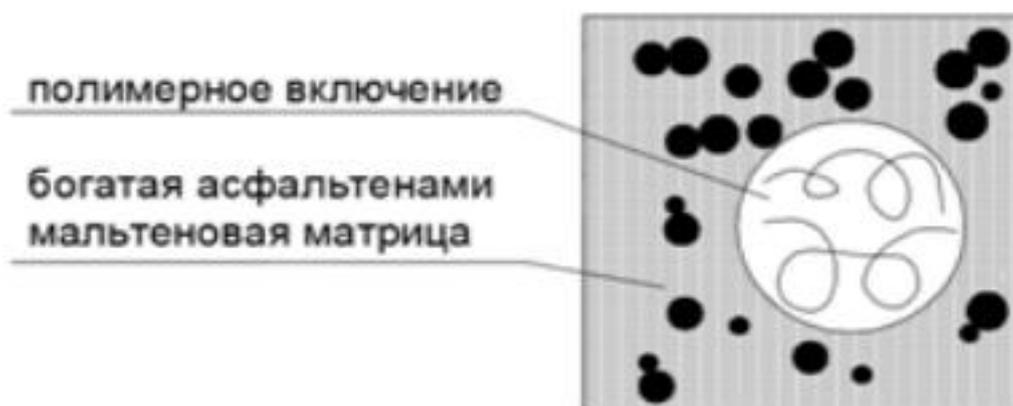


Рис.1. Графическая модель полимербитумного вяжущего

Микрофотографии битумов, модифицированных полиэтиленами низкого давления, приведены на рисунке 2. Видно, что при введении 5% полимера он распределяется в битуме в виде дискретных глобул, система при этом является свободнодисперсной.

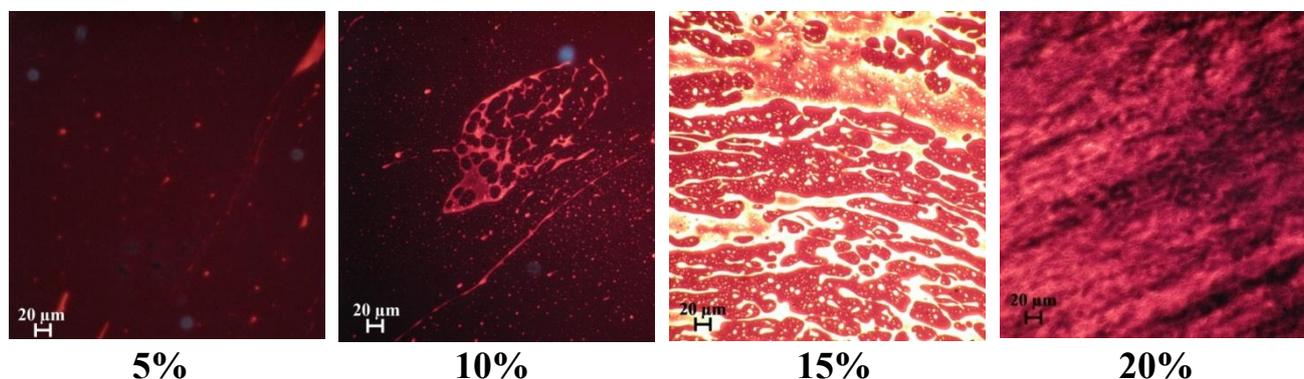


Рис.2. Микрофотографии полимербитумного вяжущего с полиэтиленом низкого давления

При концентрации модификатора, равной 10%, на микрофотографиях видны зародыши полимерной сетки, полноценное формирование которой окончательно происходит при 15% полиэтилена. Эту концентрацию можно считать инверсионной, т.е. такой, при которой дискретная ранее полимерная дисперсная фаза становится непрерывной дисперсионной средой. Дальнейшее увеличение содержания полимерного модификатора приводит к увеличению объема дисперсной фазы.

Полимерные модификаторы битумов должны обладать достаточной для создания модифицирующего эффекта молекулярной массой, эластичностью и высокой растворимостью в мальтеновой фракции битума. Последнее может быть обеспечено при близости параметров растворимости Гильдебранда δ мальтенов битума и полимера. Известно, что для насыщенных мальтенов он составляет 14,3, для ароматических – 18,0, а для смол 18,6 (МДж/м³)^{0,5}. Таким образом, полимеры с близкими значениями могут проявлять модифицирующие свойства. Например, наиболее широко применяемые сегодня модификаторы битума – блоксополимеры типа СБС (стирол-бутадиен-стирол) – имеют параметр растворимости 16 (МДж/м³)^{0,5} [2].

Другие применяемые для модификации битумов полимеры:

Атактический полипропилен (АПП). Позволяет получать более теплостойкие вяжущие (140 °С), чем с СБС (90 °С). Активно применяется, например, компанией Tego в производстве кровельных материалов.

Сополимер этилена с винилацетатом (сэвилен). Лучше совместим с битумом, чем СБС. В отличие от него, не снижает, а повышает адгезию к минеральной части смеси. Модификаторы на основе сэвилена производятся многими крупными компаниями, включая LG и Arkema. В Европе является главным модификатором битума в дорожном строительстве.

Резиновая крошка. Стоимость этого модификатора битума в 10 раз ниже стоимости СБС. Поэтому на протяжении всей истории производители модифицированных вяжущих возвращаются к нему, чтобы в очередной раз убедиться в неоднозначной его эффективности. Высокая эластичность резины, положительное её влияние на тепло- и морозостойкость вяжущих нивелируются неспособностью растворяться в битуме, что особенно заметно при его старении.

Исследованы и другие полимеры, однако объёмы их применения заметно ниже.

Анализ тенденций, наблюдающихся в производстве модифицированных вяжущих, показал, что в настоящее время главным недостатком полимербитумных вяжущих является невозможность их охлаждения, хранения и транспортировки ввиду их расслаиваемости.

Нами обнаружено, что решением данной проблемы является получение вяжущих, в которых объём дисперсной фазы составляет 16% или более от общего объёма вяжущего. При этом происходит образование связнодисперсной системы, в которой седиментация затруднена. Такие вяжущие способны не расслаиваться при охлаждении, что позволяет хранить и транспортировать их в твёрдом виде, например, в кловертейнерах.

Учитывая, что над решением данной проблемы работают также такие крупные компании, как Роснефть, Газпромнефть и Лукойл, следует ожидать, что в ближайшие годы вырастут возможности транспортирования и хранения модифицированных вяжущих, а значит, и объёмы потребления и производства ПБВ.

Библиографический список:

1. Производство полимерно-битумных вяжущих в России выросло на 15% за 2023 год // МРС URL: <https://www.mrc.ru/news/412185-proizvodstvo-polimerno-bitumnih-vyazhuschih-v-rossii-viroslo-na-15-percent-za-2023-god> (дата обращения: 08.04.2024).

2. Мурузина Е.В. Оценка совместимости нефтяных битумов с термоэластопластами // Вестник МГСУ. 2010. №3. С. 63-68.

РАЗРАБОТКА АБРАЗИВНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕНГЛИКОЛЯ И АЛМАЗОВ ДЕТОНАЦИОННОГО СИНТЕЗА

БЕЛЯЕВА *Елизавета Сергеевна*

студент Самарского государственного технического университета, Самара, Россия, liza.s.belyaeva@gmail.com

ТОНЕЕВ *Иван Романович*

к.т.н. Самарского государственного технического университета, Самара, Россия, toneff@yandex.ru

ИБАТУЛЛИН *Ильдар Дугласович*

профессор Самарского государственного технического университета, Самара, Россия, tribo@rambler.ru

ДЕМОРЕЦКИЙ *Дмитрий Анатольевич*

профессор Самарского государственного технического университета, Самара, Россия, dda74@inbox.ru

DEVELOPMENT OF ABRASIVE COMPOSITE SYSTEMS BASED ON POLYETHYLENE GLYCOL AND DETONATION SYNTHESIS DIAMONDS

BELYAEVA *Elizaveta S.*

student at Samara State Technical University, Samara, Russia, liza.s.belyaeva@gmail.com

TONEEV *Ivan R.*

Ph.D. Samara State Technical University, Samara, Russia, toneff@yandex.ru

IBATULLIN *Ildar D.*

Professor, Samara State Technical University, Samara, Russia, tribo@rambler.ru

DEMORETSKY *Dmitry A.*

Professor, Samara State Technical University, Samara, Russia, dda74@inbox.ru

На сегодняшний день ФГБОУ ВО «СамГТУ» совместно с АО «ГосНИИмаш» ведет совместные исследования в области применения взрывных технологий для получения поликристаллических алмазов детонационного синтеза и дальнейшей возможности их применения в сфере различных областях промышленности.

На сегодняшний день разработки ведутся по нескольким направлениям. В частности, разработку полимерных полировальных инструментов для обработки материалов, а также абразивных паст и суспензий на основе различных композиционных систем.

В рамках разработки алмазы детонационного синтеза и алмазные пасты и суспензии проходят испытания на соответствие основным стандартам данной отрасли, таким как ГОСТ 25593-83 и ГОСТ 9206-80 [1, 2].

Одной из последних разработок, прошедшей все испытания согласно данным стандартам является суспензия поликристаллического алмаза DPM 0/1 и DPM 0,1/0,5 на основе смеси олеиновой кислоты, полиэтиленгликоля и деионизированной воды. Данная суспензия была испытана на одной из отечественных производств оптической промышленности АО "НПО "Орион".

Образцом для проведения исследований стал фрагмент тройного твердого соединения кадмий-цинк-теллур (КЦТ) кристаллографической ориентации (111) площадью около 3,5 см², приклеенный на стеклянный диск-носитель.

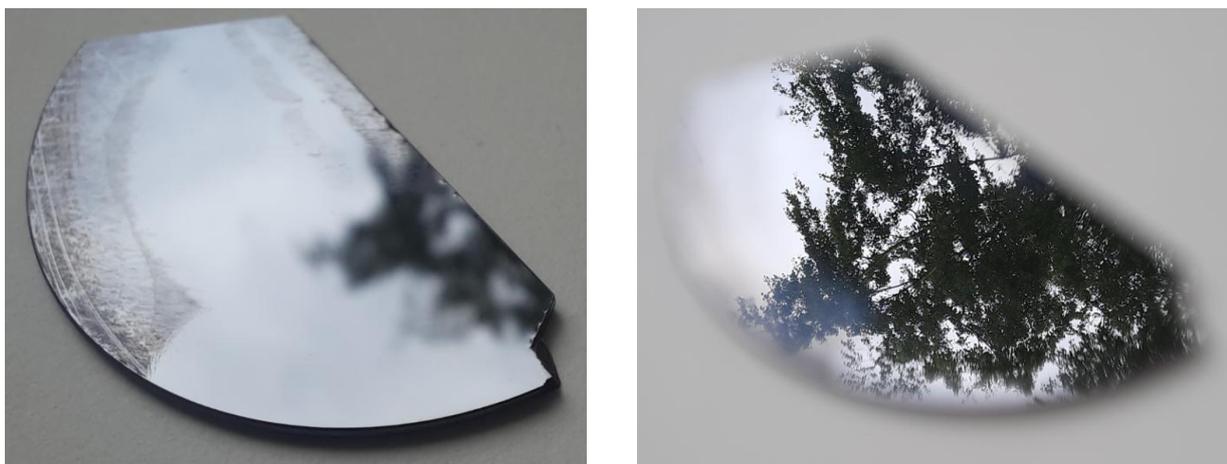


Рис.1. Фрагмент тройного твердого соединения кадмий-цинк-теллур кристаллографической ориентации (111) площадью около 3,5 см² после полирования суспензией поликристаллического алмаза DPM 0,1/0,5

Результаты проведенных исследований в лабораторных условиях и в условиях реального производства показали, что разработанная суспензия, являющаяся полимерной композиционной системой, не уступает по качеству и времени обработки зарубежным аналогам. Данная работа перспективна с точки зрения импортозамещения и достижения технологического суверенитета страны.

Библиографический список:

1. ГОСТ 9206-80. Порошки алмазные. Технические условия. [Текст] / Введ. 1989-09-21. // М.: Издательство стандартов, 1989 – 55 с.
2. ГОСТ 25593-83. Пасты алмазные. Технические условия. [Текст] / Введ. 1990-03-12. // М.: Издательство стандартов, 1990 – 27 с.

УДК 699.822

ПРИМЕНЕНИЕ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОЙ ПВХ-МЕМБРАНЫ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

ТАРАСОВ Илья Юрьевич

Студент Владимирского государственного университета, Владимир, Россия, ilya19tarasov@mail.ru

ХРИСТОФОРОВА Ирина Александровна д.т.н., профессор

Владимирского государственного университета, Владимир, Россия, khristoforova-i@mail.ru

APPLICATION OF WATERPROOFING PVC-MEMBRANE IN CONSTRUCTION

TARASOV Ilya Y.

Student of Vladimir State University, Vladimir, Russia, ilya19tarasov@mail.ru

KHRISTOFOROVA Irina A.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Vladimir State University, Vladimir, Russia, khristoforova-i@mail.ru

В современном мире набирает всё большую популярность тенденция повышения энергоэффективности и срока межремонтной эксплуатации гражданских и промышленных сооружений. Первое, что необходимо сделать для достижения этой цели – предохранить ограждающие конструкции от разрушительного действия влаги, и сохранить, таким образом, их теплоизоляционные свойства в течении большего времени. Для решения этой задачи в строительстве применяют паропроницаемые гидроизоляционные материалы. Паропроницаемость такого материала является необходимым условием, поскольку влага, попадающая из помещения, должна естественным образом испаряться, не скапливаясь и не образуя конденсат. Чаще всего в качестве паропроницаемой гидроизоляции используют мембрану из поливинилхлорида.

Максимальное распространение ПВХ-мембрана получила в конструкциях кровель. При этом ряд технических качеств позволяет использовать этот полимерный материал и во многих других областях строительства. Наиболее известными из них являются: защита оснований зданий и сооружений от грунтовых и техногенных вод, обладающих химической агрессией; гидроизоляция фундаментов; защита элементов ландшафтной архитектуры от разрушения под действием влаги: конструкции террас, зеленых кровель; гидроизоляция искусственных водоемов, бассейнов и других емкостных сооружений; защита от затопления тоннелей, подземных автостоянок, шахтных конструкций; многослойная конструкция полов в душевых, банях, бассейнах и производственных помещениях с мокрыми процессами. Кроме нового

строительства мембрана широко применяется при выполнении ремонтных и восстановительных работ. Поливинилхлорид хорошо совместим с покрытиями на основе битума, благодаря чему может использоваться для реконструкции кровель плоского и скатного типов [1].

Так же ПВХ-мембрана может являться самостоятельным кровельным покрытием, пришедшем на смену битумным покрытиям [2]. В процессе использования мембраны из высококачественного эластичного поливинилхлорида показали свою надежность и долговечность. ПВХ-мембраны обладают высокой прочностью на прокол, а способность материала к самозатуханию не позволяет пламени в случае пожара распространяться по кровле. Крепление рулонов производят механическим способом в местах перехлеста материала с последующим их свариванием горячим воздухом. При этом прочность сварного шва в месте соединения превышает прочностные показатели самого материала. Второй особенностью является возможность монтажа мембраны при отрицательных температурах, что существенно продлевает строительный сезон. Кроме классических кровельных «пирогов» Разинькова М.Б. отмечает применение ПВХ-мембраны в организации «зелёных кровель» [3, 4].

Безруков А.В. указывает на то, что ПВХ-мембраны применяются при гидроизоляции фундаментов и подземных сооружений. Строительство подземных сооружений всегда один из самых сложных и дорогостоящих частей любого проекта. Нарастающий в последнее время во всех городах России объём строительства подземных объектов – процесс естественный и неотвратимый. Городская земля дешеветь не будет, а площадь городской территории есть величина постоянная. Передел границ между субъектами весьма сложен и часто неоправдан. Сложность строительства и последующей эксплуатации подземных объектов в решающей степени зависит от возможности защиты от грунтовых вод, для чего с давних времён используется различная гидроизоляция.

При строительстве в любой климатической зоне архитекторам и проектировщикам приходится решать задачи по защите основных ограждающих конструкций зданий (стен, кровли и фундаментов) от пагубного влияния влаги. В связи с этим возникает острая необходимость в использовании качественных гидроизоляционных материалов. Подземная гидроизоляция всегда была сложной работой. Материалы для нее требуются очень надежные и долговечные, поскольку в толще грунта влажность всегда значительно выше, чем на поверхности [5].

Гидроизоляционная защита объекта должна предохранять материал ограждающих конструкций от проникновения воды, вызывающей коррозию внутренней арматуры и деструкцию бетона под действием кислот и щелочей, всегда содержащихся в водной среде.

Именно синтетические мембраны на основе ПВХ выгодно выделяются на фоне других гидроизолирующих строительных материалов за счет надежности, и относительно большего срока службы, который может составить до 50 лет.

Аналогичным образом ПВХ-мембрана применяется при строительстве путей и станций метрополитена [6].

На кафедре химических технологий Владимирского государственного университета разработана технология производства строительных ПВХ-мембран. Полученные мембраны имеют высокую прочность на разрыв 0,86-1,0 МПа при относительном удлинении 250-270%, открытую пористость 49-60% при размере пор 5-6 мкм. Благодаря сочетанию этих характеристик обеспечивается высокая паропроницаемость и стойкость к механическим воздействиям, по сравнению с аналогами, что способствует повышению энергоэффективности здания и срока межремонтной эксплуатации.

Библиографический список:

1. Тарасов И. Ю., Христофорова И. А. Пористые плёнки на основе поливинилхлорида // Проблемы и инновационные решения в химической технологии ПИРХТ-2022 [Текст]: материалы всероссийской конференции с международным участием / Воронеж. гос. ун-т инж. техн. – Воронеж: ВГУИТ, 2022. С. 228-233

2. Разинькова, М. Б. Проектирование зеленой кровли / М. Б. Разинькова // Международный студенческий строительный форум-2017 : Сборник докладов: в 2 томах. Том 2. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2017. – С. 352-356. – EDN UUWYBC.

3. Шаравара, А. М. Мембраны на основе ПВХ, применяемые в строительстве / А. М. Шаравара, И. А. Христофорова // Химия. Экология. Урбанистика. – 2019. – Т. 2. – С. 441-445. – EDN ZXTTBJ. Лужнов, Е. А. Сравнительный анализ полимерных кровельных материалов / Е. А. Лужнов // Перспективы развития науки и образования : Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции, Нефтекамск, 31 марта 2021 года / Под общей редакцией А.И. Вострецова. – Нефтекамск: Научно-издательский центр "Мир науки" (ИП Вострецов Александр Ильич), 2021. – С. 115-125. – EDN XSTAKW.

4. Попова, И. Н. Современные технологии устройства кровель с применением мембран / И. Н. Попова // Современные технологии в строительстве. Теория и практика. – 2018. – Т. 1. – С. 354-359. – EDN OUIPYR.

5. Безруков, А. В. Применение гидроизоляционных материалов при устройстве подземных частей зданий и сооружений / А. В. Безруков // Градостроительство. – 2013. – № 6(28). – С. 69-72. – EDN RQEDZT.

6. Мороз, А.З. Комплексный подход к решению задач при проектировании, строительстве и ремонте тоннельных сооружений / А. З. Мороз, Г. П. Перервенко, Д. Н. Чумаченко, Е. В. Гуца // Метро и тоннели. – 2012. – № 6. – С. 20-21. – EDN UHOPTJ.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ДИСПЕРСНЫХ МИКРОЧАСТИЦ

КОСАРЕВА Арина Владимировна

студентка Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова,
РТУ МИРЭА, Москва, Россия, Kosareva.Arinaa@yandex.ru

САВИЦКАЯ Юлия Александровна

студентка Института тонких химических технологий им. М.В. Ломоносова,
РТУ МИРЭА, Москва, Россия, juli.ska@mail.ru

ХАРЛАМОВА Ксения Ивановна

старший преподаватель Института тонких химических технологий
им. М.В. Ломоносова, РТУ МИРЭА, Москва, Россия, kharlamki@gmail.com

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF FRACTIONATION METHODS OF DISPERSED MICROPARTICLES

KOSAREVA Arina V.

Student, MIREA – Russian Technological University, Lomonosov Institute of Fine Chemical Technology, Moscow, Russia, Kosareva.Arinaa@yandex.ru

SAVITSKAYA Yulia A.

Student, MIREA – Russian Technological University, Lomonosov Institute of Fine Chemical Technology, Moscow, Russia, juli.ska@mail.ru

KHARLAMOVA Ksenia I.

Assistant Professor, MIREA – Russian Technological University, Lomonosov Institute of Fine Chemical Technology, Moscow, Russia, kharlamki@gmail.com

Дисперсно-наполненные полимерные композиционные материалы (ДНПКМ) получили широкое распространение благодаря возможности достижения уникальных свойств, превосходящих традиционные материалы из гомополимеров, путем введения наполнителей.

Промышленные марки дисперсных наполнителей микро-размеров ($d_{cp} = 1,0-10$ мкм) характеризуются широким распределением размеров и фактически могут достигать ~ 80 мкм.

В работе [1] показано, что оптимальным размером для повышения прочностных свойств является $d_{cp} = 0,5-5$ мкм. При рассмотрении распределения частиц по размерам промышленных марок наполнителей (рис.1 (а), кривая 1) видно, что не смотря на $d_{cp} = 2$ мкм, более 20% фракции характеризуется размерами в пределах $4 \text{ мкм} < d_{cp} < 10 \text{ мкм}$, которая заметно влияет на комплекс свойств ДНПКМ [1]. В связи с этим разработка метода

получения узкой фракции дисперсных микрочастиц является актуальной задачей.

Для получения наполнителей с узким распределением по размерам чаще всего применяют два метода: седиментацию и механическое диспергирование. Седиментация твёрдых частиц в гравитационном поле основана на зависимости скорости оседания в жидкости от их размера. Для механического диспергирования могут быть использованы шаровые и вибрационные мельницы, которые позволяют фракционировать материалы путем механического воздействия [2].

В мельницах измельчение материала происходит в специальном барабане, где материал смешивается с мелющими телами (керамические или металлические шары) определенного размера. При вращении барабана шары сталкиваются с материалом, вызывая его измельчение под действием ударов и сил трения. Отличие вибрационных мельниц от шаровых заключается в наличии высокочастотных колебаний корпуса.

В качестве объекта исследования была выбрана тонкомолотая кварцевая мука SIKRON марки SF800 с $d_{cp} = 2$ мкм (ООО «Кварцверке Ульяновск», Россия). Процесс седиментации осуществляли в ёмкости объемом 19 литров, заполненной дистиллированной водой. Процесс диспергирования проводился в мельнице шаровой лабораторной марки S-4834 (iMold, Россия) и мельнице вибрационной лабораторной марки LE-102/1 (Предприятие по производству исследовательских средств при Венгерской Академии наук, Венгрия). Анализ распределения частиц в полученных образцах был сделан методом лазерной дифракции на лазерном дифракционном анализаторе размера частиц LS 13 320 XR (Beckman Coulter, США). Было определено максимальное содержание наполнителя φ_m для промышленной марки SF800 и для полученного методом седиментации образца по кривым уплотнения.

При равномерном движении частиц в поле гравитации, когда сила земного тяготения уравновешивается архимедовой силой и силой трения, скорость оседания сферических частиц остается постоянной и может быть рассчитана по формуле 1:

$$V = \frac{2g(\rho - \rho_0)}{9\eta} \quad \#(1)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с²; ρ – плотность частиц, кг/м³; ρ_0 – плотность среды, кг/м³; η – вязкость среды, Па·с.

Установлено, что время седиментации, необходимое для получения частиц SiO₂ размером от 1 до 3 мкм в емкости объемом 19 л составило 3 часа 30 минут.

На рисунке 1 представлены кривые распределения дисперсных частиц по размеру. Показано, что при использовании шаровой и вибрационных мельниц (рис.1 (а), кривые 2, 3) распределение частиц практически совпадает с исходным материалом (рис.1 (а), кривая 1).

Распределение частиц по размерам образца, полученного седиментационным методом (кривая 4) значительно отличается от

промышленного образца кварца. Так количество фракции с $d_{cp} < 2$ мкм повышается в $\sim 1,5$ раза.

Основным параметром дисперсных наполнителей в процессе проектирования структуры ДНПКМ является параметр максимального содержания (ϕ_m). Для корректного определения значения ϕ_m микрочастиц используют кривые уплотнения (рисунок 1(б)) [3].

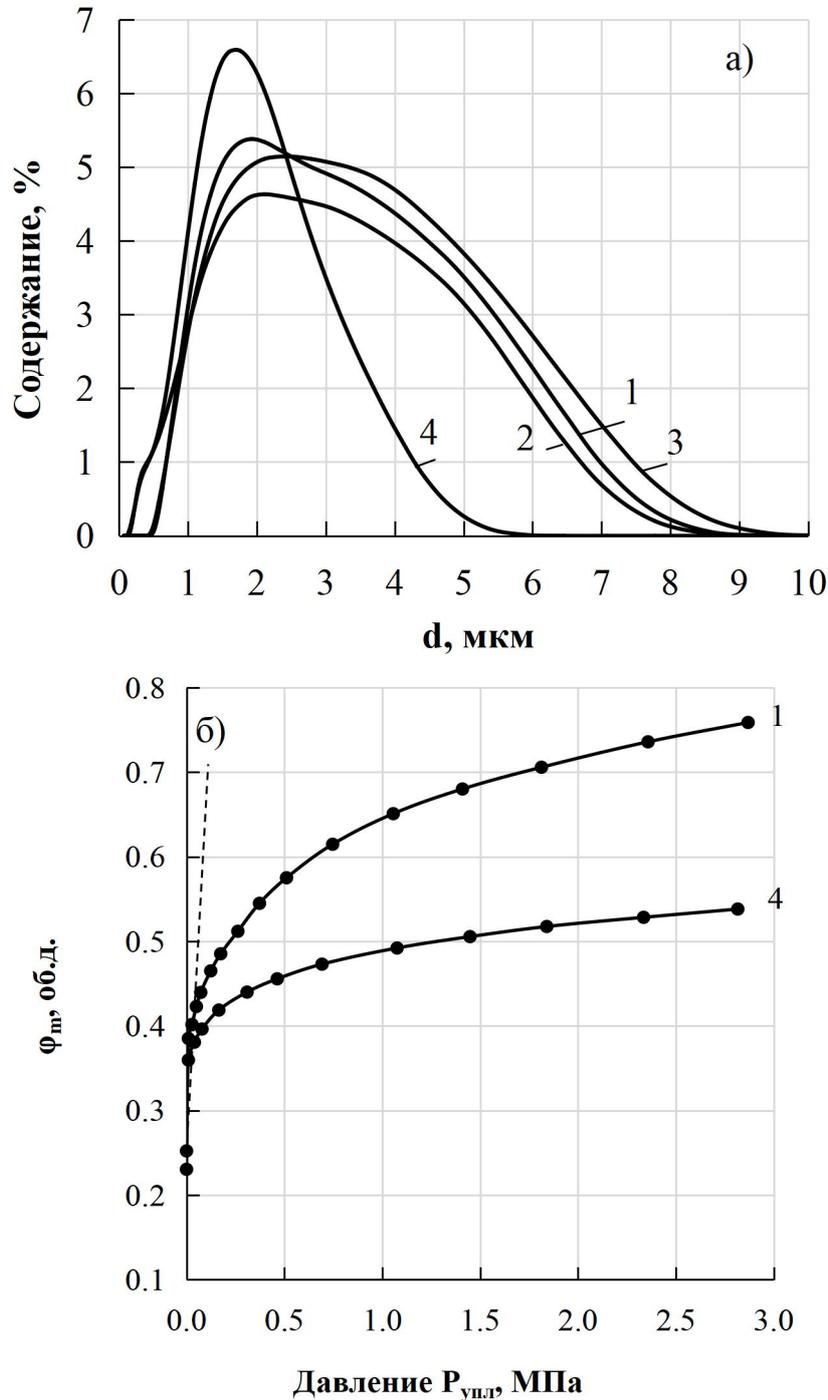


Рис.1. (а) распределение размеров и (б) кривые уплотнения для:
 1 – промышленная марка SF800,
 2 – измельчённый SF800 на шаровой мельнице,
 3 – измельчённый SF800 на вибрационной мельнице,
 4 – отобранная фракция SF800 с помощью седиментации

Значение параметра φ_m определяют по точке отклонения начального участка экспериментальной кривой от касательной. Установлено, что для промышленного образца тонкомолотой кварцевой муки SIKRON марки SF800 $\varphi_m = 0,42$ об. д., а для фракции полученной методом седиментации $\varphi_m = 0,38$ об. д.

Показано, что для получения фракции с $d_{cp} < 3$ мкм более эффективным методом является седиментация. Вибрационная и шаровая мельницы не значительно повлияли на распределение дисперсных частиц по размерам, что связано с высокой твердостью (7 по шкале Мооса) образцов тонкомолотой кварцевой муки. Задача получения частиц заданного размера (0,5-5 мкм) также затрудняет диспергирование по причине снижения ударного воздействия металлических и керамических шаров на измельчаемый материал.

Работа выполнена с использованием оборудования ЦКП РТУ МИРЭА при поддержке Минобрнауки России в рамках Соглашения №075-15-2021-689 от 01.09.2021 г.

Библиографический список:

1. Харламова К. И. Оптимизация размеров частиц и параметров структуры для получения дисперсно-наполненных полимерных композитов с максимальной прочностью / К. И. Харламова, Л. Д. Селезнева, И. Д. Симонов-Емельянов // Пластические массы. - 2020. - № 9-10. - С. 13-18.

2. Псахье С. Г. Ультрадисперсные и наноразмерные порошки: создание, строение, производство и применение / С. Г. Псахье, А. Ю. Обьедков, М. И. Лернер [и др.] ; Томский государственный университет; под редакцией академика В. М. Бузника. – Томск : Издательство научно-технической литературы, 2009. – 192 с. – ISBN 978-5-89503-416-3.

3. Симонов-Емельянов, И. Д. Технологическая классификация дисперсных наполнителей по размерам и проектирование полимерных композитов с разными типами структур / И. Д. Симонов-Емельянов, К. И. Харламова // Пластические массы. – 2022. – № 9-10. – С. 3-6. – DOI 10.35164/0554-2901-2022-9-10-3-6.

БИТУМПОЛИМЕРНЫЕ ЭМУЛЬСИИ ДЛЯ НАПЫЛЯЕМОЙ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ

АНТОНОВА Ильвира Илгизовна

старший преподаватель Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, antonova.ilvira@yandex.ru

АЮПОВ Дамир Алиевич

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, ayupov_damir@rambler.ru

BITUMEN POLYMER EMULSIONS FOR SPRAYED WATERPROOFING

ANTONOVA Ilvira I.

Senior lecturer, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, antonova.ilvira@yandex.ru

AYUPOV Damir A.

Candidate of Technical Sciences, associate professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, ayupov_damir@rambler.ru

В полимерном материаловедении и технологиях наблюдается тенденция к росту востребованности долговечных композиционных материалов, устойчивых к комплексу агрессивных факторов внешнего воздействия: ультрафиолетовому облучению, озону, радиации, воде в достаточно широком диапазоне температур от -60 до 100 °С [1]. Среди таких материалов следует отметить и гидроизоляционные полимербитумные кровельные покрытия [2]. Одним из путей решения проблемы повышения надежности и долговечности кровель является использование бесшовной напыляемой гидроизоляции (БНГ) на основе битумных эмульсий (БЭ). Кроме того, при применении БНГ обеспечивается возможность изоляции поверхностей сложной геометрии.

В рамках исследований разработаны битумные эмульсии для покрытий из напыляемой гидроизоляции, обладающих низкотемпературной гибкостью и высоким комплексом эксплуатационных свойств.

Для улучшения свойств и придания гидроизоляционному материалу полимерных свойств применялись не традиционные органические каучуки в виде латексов, а силиконовые в виде дисперсий на основе отходов производства резиновых технических изделий из силиконов, что важно в условиях необходимости импортозамещения западной продукции.

Дисперсии разработаны ООО «Весто» способом переработки отходов производства и потребления силоксановых резин, который включает стадию их предварительного измельчения и химического разложения в растворителе класса этоксисиланов с температурой кипения не выше 80 °С раствором

щёлочи с разделением образующихся продуктов на жидкую олигомерную смесь и твёрдый остаток. Олигомерная смесь является самостоятельным продуктом и носит рабочее название «деструктат» [3]. Процесс ведут с участием этилсиликата-32 общей формулы $Si_mO_m-1(OC_2H_5)_{2m+2}$, $m=4-7$ (смесь, содержащая тетраэтоксисилан и олигоэтоксисилоксаны. Кинематическая вязкость - от 1,2 до 1,4 мм²/с.). Деструктаты резин представляют собой однородные микрогетерогенные дисперсные системы серо-белого цвета, хорошо совмещающиеся с углеводородами. Молекулярная масса деструктатов не превышает 1100 а.е.м. Жидкая часть деструктатов представляет собой смесь олигодиметилсилоксана и олигоэтоксисилоксана [4]. Этоксисилан и этиловый спирт добавляют в раствор щелочи, перемешивают при высокой температуре (130 °С), после чего получается силиконовый модификатор (СД-1). Затем из СД-1 отгоняют растворитель и получают силиконовый модификатор (СД-2). Следовательно, СД-2 имеет в себе больше сухого компонента (силикона), чем СД-1.

Добавив акрил, ПАВ «Неонол» и воду, получают силикон – акриловый деструктат (СД-3). Модифицировав куб 5% моноэтаноламином при той же температуре (130°С) подвергая деструкции, получают аминосилан (СД-4).

Были определены размеры частиц силиконовых дисперсий. Пример кривой распределения частиц по размерам приведен на рисунке 1.

HORIBA Laser Scattering Particle Size Distribution Analyzer LA-950

Sample Name	: Силиконовый гидрофобизатор	Median Size	: 0.07058(µm)
ID#	: 202310020405807	Mean Size	: 0.12225(µm)
Data Name	: 202310020405807	Std.Dev.	: 0.2619(µm)
Transmittance(R)	: 98.1(%)	Geo.Mean Size	: 0.0790(µm)
Transmittance(B)	: 80.6(%)	Geo.Std.Dev.	: 1.8015(µm)
Circulation Speed	: 7	Mode Size	: 0.0703(µm)
Agitation Speed	: 7	Span	: OFF
Ultra Sonic	: 01:00 (7)	Diameter On Cumulative %	: (2)10.00 (%) - 0.0612(µm)
Form of Distribution	: Auto		: (9)90.00 (%) - 0.0820(µm)
Distribution Base	: Volume		
Refractive Index (R)	: Силиконовый гидрофобизатор[Silicon(3.500 - 0.000i),Water(1.333)]		
Refractive Index (B)	: Силиконовый гидрофобизатор[Silicon(3.500 - 0.000i),Water(1.333)]		
Material	: дисперсия		
Source	:		
Lot Number	:		
Test or Assay. Number	:		

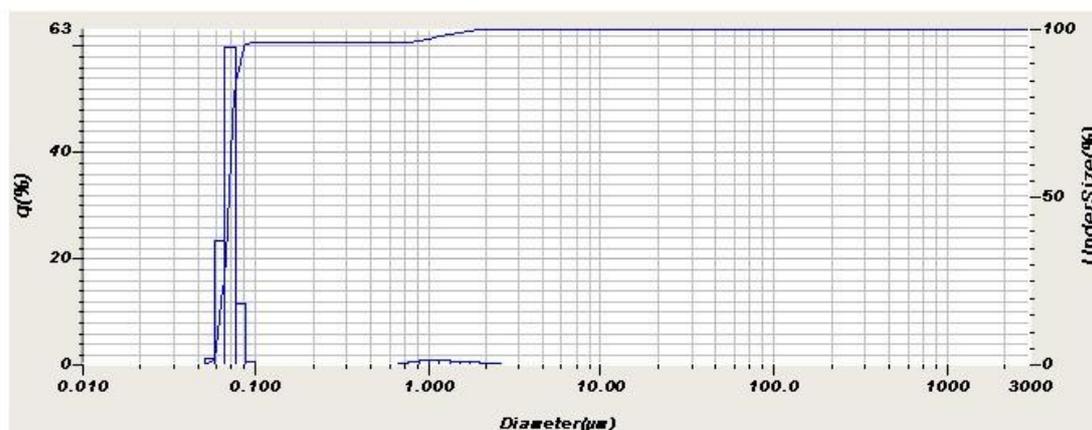


Рис.1. Размер частиц модифицирующей силиконовой дисперсии

Выявлено, что размеры частиц выбранных модификаторов меньше, чем размеры частиц дисперсной фазы в БЭ, и потому не нарушают её устойчивость.

Оптимизация составов вяжущих, полученных коагуляцией эмульсий показала, что силоксановые деструктаты являются эффективными модификаторами (табл.1).

Таблица 1

Свойства вяжущих, выделенных из эмульсий

Значения	БЭ	БЭ+СД-1	БЭ+СД-2	БЭ+СД-3	БЭ+СД-4
T _p , °C	45	49,6	51	48	46
П ₂₅ , 0,1 мм	80	94,1	90	63	120
Д ₂₅ , см	29	41,5	17	24	16,5
Э ₂₅ , %	22	37	29	50	29
T _{хр} , °C	-24,4	-17,5	-26	-29,5	-23,7

Таким образом, для модификации водно-битумных эмульсий предложены силиконовые дисперсии, позволяющие коагуляцией эмульсий получать битумно-силиконовые вяжущие с высоким комплексом свойств.

Библиографический список:

1. Хакимуллин Ю.Н., Минкин В.С., Палютин Ф.М., Дебердеев Т.Р. Герметики на основе полисульфидных олигомеров: синтез, свойства, применение". М.: Наука, 2007. - 301 с.

2. Шыхалиев К.С., Абдуллаева И.К. Исследование долговечности кровельных материалов на основе полимербитумных композиций// Вестник науки и образования. 2018. Т. 1. № 2 (38). С. 9-12.

3. RU (11) 2 572 786(13) С2. Способ получения циклосилоксанов и низкомолекулярного полидиметилсилоксана. Войлошников Владимир Михайлович (RU), Тарамасова Диляра Рафаиловна (RU), Ежов Максим Викторович (RU), Шмелёв Илья Геннадьевич (RU), Войлошников Александр Владимирович. Опубликовано: 20.01.2016 Бюл. № 2.

4. Тарамасова Д.Р., Рахматуллина А.П., Войлошников В.М. Продукт деструкции отходов резинотехнических силоксановых изделий — полифункциональная добавка для силоксановых резин// Промышленное производство и использование эластомеров, 2018. - №2.- С. 41-44.

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ ВЯЖУЩИХ

БАРУЗДИН Александр Андреевич

Аспирант Владимирского Государственного Университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия, baruzdin98@bk.ru

ЗАКРЕВСКАЯ Любовь Владимировна

К.т.н., доцент Владимирского Государственного Университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия, lvzak@mail.ru

КОНДРАТЬЕВА Людмила Евгеньевна

К.т.н., доцент Владимирского Государственного Университета имени А.Г. и Н.Г. Столетовых, Владимир, Россия, kondratieva_l_e@mail.ru

COMPOSITE MATERIALS BASED ON ORGANIC AGGREGATES AND INORGANIC BINDERS

BARUZDIN Aleksandr A.

Graduate student, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia, baruzdin98@bk.ru

ZAKREVSKAYA Lyubov V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia, lvzak@mail.ru

KONDRATIEVA Lyudmila E.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, Russia, kondratieva_l_e@mail.ru

На сегодняшний день современное ученое сообщество пристально следит за проблемой всё большего накопления полимерных отходов, которые отрицательно влияют на состояние окружающей среды и как следствие здоровье населения. Ученые говорят о стремительно возрастающей проблеме микропластика, который продуцируется вследствие дегрегации полимерных отходов. Его частицы могут оказывать отрицательное механическое воздействие на живые организмы и даже проникать в кровь и клеточные мембраны.

С другой стороны отрасль производства строительных материалов всегда заинтересована в повышении уровня ресурсосбережения, экологичности и энергоэффективности производства.

Одним из видов полимерных отходов являются отходы труб, кабелей и изоляции, изготовленные из сшитого полиэтилена. Данный вид полимера обладает рядом особенностей. В его производстве используется технология

сшивки, благодаря которой молекулы выстраиваются в пространственную структуру, увеличивая термостойкость, механические и диэлектрические характеристики материала. По этой же причине его отходы трудно поддаются переработке традиционными для полимеров способами, и большая их часть складывается на полигонах [1, 2].

В работе предпринята попытка синтеза новых композиционных материалов с точки зрения их эксплуатационных свойств по характеру разрушения. Также, в работе оценена адгезия заполнителя в виде отходов сшитого полиэтилена к цементной матрице.

В качестве сырья были использованы: белый цемент ПЦБ 1-500-Д0, дробленые отходы сшитого полиэтилена фракции 2,5-5 мм, тонкомолотые отходы боя керамического кирпича (кирпичная крошка) фракции менее 0,08 мм, с удельной поверхностью 2500 см²/г, белая сажа БС-120, поликарбонатный пластификатор П-17 и раствор хлорида кальция (CaCl₂).

Тонкомолотые отходы боя керамического кирпича частично заменяли цемент. Частицы тонкомолотого кирпича играют роль дополнительных центров кристаллизации и проявляют пуццолановую активность взаимодействуя с гидроксидом кальция (Ca(OH)₂) и образуя гидросиликаты и гидроалюминаты кальция. Таким образом, происходит уплотнение и упрочнение структуры композиционного материала. Добавка белой сажи в данном случае обеспечивает полноту протекания пуццолановой реакции.

В таблице 1 представлены составы синтезированных композитов и их основные свойства.

Таблица 1

Составы синтезированных композитов и их основные свойства

Марка состава	Компоненты						Свойства			
	Портландцемент	Кирпичная крошка	Белая сажа	Отходы сшитого полиэтилена	Пластификатор П-17	10% раствор CaCl ₂	Плотность ρ, кг/м ³	Прочность на сжатие R _{сж} , МПа	Прочность на изгиб R _{изг} , МПа	Водопоглощение W _{масс} , %
КСП1	48,00	12,00	0,80	22,57	0,43	16,20	1762	20,4	4,0	2,13
КСП2	49,00	12,25	0,80	20,95	0,45	16,55	1787	23,1	4,3	2,05
КСП3	50,00	12,50	0,80	19,40	0,45	16,85	1799	26,6	4,3	2,30
КСП4	52,50	13,13	0,80	15,40	0,47	17,70	1813	37,0	4,6	1,86
КСП5	55,00	13,75	0,80	11,45	0,50	18,50	1943	41,6	4,5	2,23
КСП6	56,00	14,00	0,80	9,80	0,50	18,90	1961	43,5	4,8	2,02

Согласно результатам исследования свойств синтезированных образцов прочность материала на основе отходов сшитого полиэтилена и кирпичного боя уменьшается с увеличением доли содержания сшитого полиэтилена, при этом уменьшается плотность образцов. Водопоглощение всех образцов остается ниже 3%.

На рис.1 представлены графики напряжений-деформаций синтезированного композиционного материала, традиционного бетона и костробетона.

Построенные диаграммы свидетельствуют о том, что характер разрушения образцов синтезированного материала на основе отходов сшитого полиэтилена и кирпичного боя схож с характером разрушения традиционного бетона.

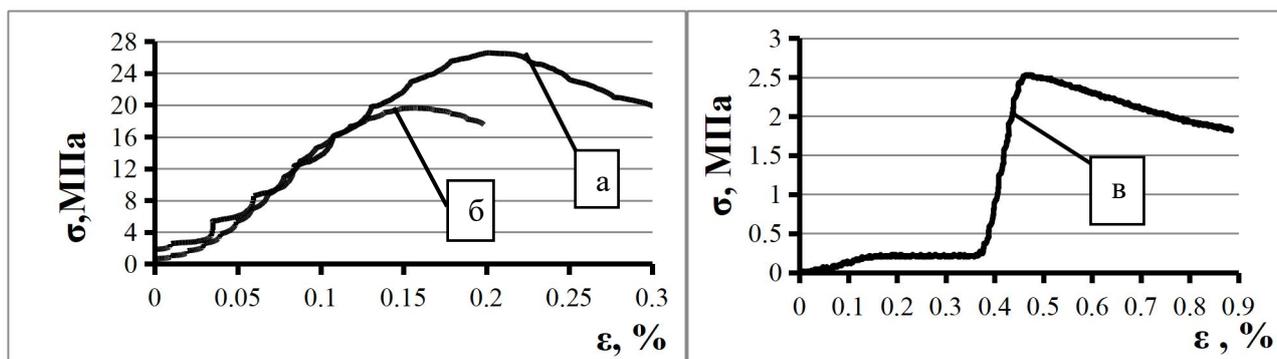


Рис.1. Графики деформаций-напряжений:

- а - композита с наполнителем на основе отходов сшитого полиэтилена;
- б - традиционного бетона; в – костробетона

В таблице 2 приведены значения модуля упругости при сжатии для традиционного бетона, костробетона и бетона с наполнителем из отходов сшитого полиэтилена, вычисленные по графикам деформаций-напряжений.

Сравнивая модули упругости приведенных материалов можно сделать вывод о том, что синтезированный композит по характеру деформаций под нагрузкой занимает промежуточное положение между костробетоном и традиционным бетоном, приближаясь к последнему.

Таблица 2

Зависимость модуля упругости композитов от вида наполнителя

Наименование материала	Наименование наполнителя	значение модуля упругости E, МПа
Костробетон	Костра технической конопли	3000
Бетон	Гранитный щебень	20000
Бетон с наполнителем из сшитого полиэтилена	Сшитый полиэтилен	16000

На рис.2 представлено исследование частиц сшитого полиэтилена с помощью растровой электронной микроскопии.

Поверхности частиц сшитого полиэтилена присущи значительная неровность, шероховатость и разветвленная волокнистая структура (рис.2а, б).

При наборе прочности композитом продукты гидратации сцепляются с неровностями и шероховатостями на поверхности заполнителя (рис.2в).

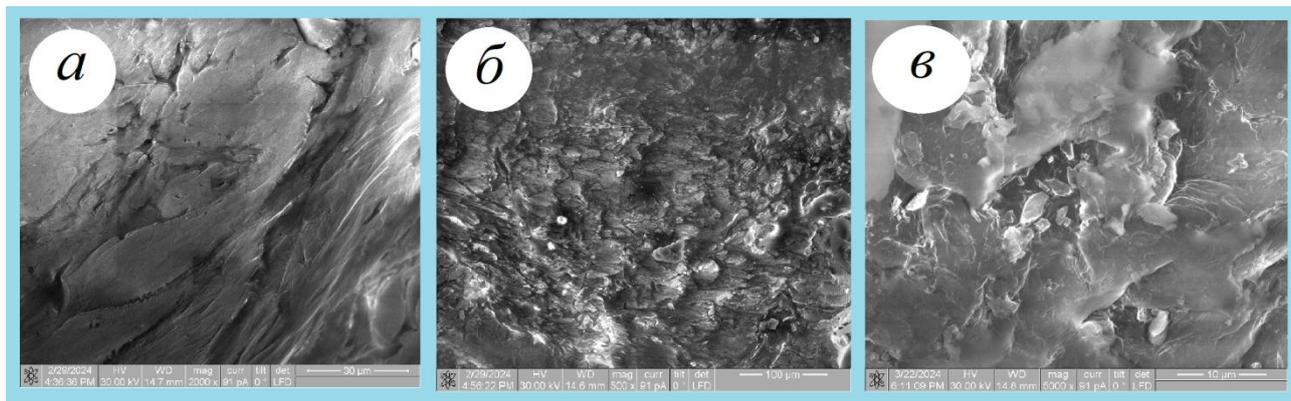


Рис.2. Исследование частиц сшитого полиэтилена с помощью растровой электронной микроскопии:

а, б – частицы сшитого полиэтилена после дробления (а – 30 мкм, б – 100 мкм), в – извлеченная из разрушенного образца частица сшитого полиэтилена (10 мкм)

Адгезия заполнителя в виде сшитого полиэтилена к цементной матрице была измерена с помощью прибора ПСО-МГ4. В таблице 3 представлены результаты сравнения адгезионной прочности сшитого полиэтилена и традиционных каменных заполнителей к цементной матрице.

Таблица 3

Сравнение сцепления цементной матрицы с поверхностью заполнителя в виде отходов сшитого полиэтилена и поверхностью традиционных заполнителей бетонов

Вид поверхности заполнителя	Показатель сцепления цементного камня с поверхностью заполнителя, МПа
Дробленые отходы сшитого полиэтилена (измеренное значение)	0,98
Полированная поверхность гранита, известняка, песчаника	0,6-0,9 [3,4]
Шероховатая поверхность гранита, известняка, песчаника	1-1,8 [3,4]

Выводы:

1. Прочность материала на основе отходов сшитого полиэтилена и кирпичного боя уменьшается с увеличением доли содержания сшитого полиэтилена, при этом уменьшается плотность образцов. Водопоглощение всех образцов остается ниже 3%.

2. Характер разрушения образцов материала на основе отходов сшитого полиэтилена схож с характером разрушения традиционного бетона, при этом по величине деформаций под нагрузкой такой материал занимает промежуточное

значение между костробетоном и традиционным бетоном, приближаясь к последнему.

3. Измеренное значение адгезии отходов сшитого полиэтилена к цементной матрице составило 0,98 МПа, что сопоставимо со сцеплением цементной матрицы и полированного гранита, известняка, песчаника. Это объясняется хорошей механической адгезией частиц сшитого полиэтилена к матрице за счет наличия пустот, пор, значительной неровности и шероховатости поверхности, разветвленной волокнистой структуры.

Благодарности. Работа выполнена в рамках государственного задания в сфере научной деятельности Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема FZUN-2020-0015, госзадание ВлГУ). Исследования проводились с использованием оборудования межрегионального многопрофильного и междисциплинарного центра коллективного пользования перспективных и конкурентоспособных технологий по направлениям развития и применения в промышленности/машиностроении отечественных достижений в области нанотехнологий (соглашение №075-15-2021-692 от 5 августа 2021 года).

Acknowledgements. The research was carried out within the state assignment in the field of scientific activity of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (theme FZUN-2020-0015, state assignment of VISU). The study was carried out using the equipment of the interregional multispecialty and interdisciplinary center for the collective usage of promising and competitive technologies in the areas of development and application in industry/mechanical engineering of domestic achievements in the field of nanotechnology (Agreement No. 075-15-2021-692 of August 5, 2021).

Библиографический список:

1. Чалов К.В., Луговой Ю.В., Косивцов Ю.Ю., Сульман Э.М. Исследование кинетики термодеструкции сшитого полиэтилена. // Бюллетень науки и практики. 2019. Т.5. №12. С.37-46.

2. Zéhila G.-Ph., Assaad J.J. Feasibility of concrete mixtures containing cross-linked polyethylene waste materials // Construction and Building Materials. 2019. Vol. 226. P. 1-10.

3. Каримов И.Ш. Прочность сцепления цементного камня с заполнителями в бетоне и факторы влияющие на нее. // Технологии бетонов. 2013. №4. С.28-31.

4. Несветаев Г.В. Ву Л.К. Модель для оценки сцепления цементного камня с заполнителем по величине предела прочности бетона при осевом растяжении // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. Том 9. №3. <http://naukovedenie.ru/PDF/11TVN317.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ НА ОСНОВЕ БУТАДИЕНСТИРОЛЬНОГО КАУЧУКА ДЛЯ ГИДРОИЗОЛЯЦИИ

БОГДАНОВА Анита Ильдаровна

магистр Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Россия, anita241001@gmail.com

ЗАКИРОВА Лариса Юрьевна

к.т.н., доцент Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Россия, kell18@rambler.ru

ХАКИМУЛЛИН Юрий Нуриевич

д.т.н., профессор Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Россия, hakim123@yandex.ru

ADHESIVE PROPERTIES OF THERMOPLASTICS BASED ON STYRENE BUTADIENE RUBBER FOR WATERPROOFING

BOGDANOVA Anita I.

Master Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, anita241001@gmail.com

ZAKIROVA Larisa Y.

Candidate of Engineering, assistant professor, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, kell18@rambler.ru

KHAKIMULLIN Yuri N.

Doctor of Engineering, professor, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, hakim123@yandex.ru

Гидроизоляционные материалы, выполненные из полимеров, превосходят битумные и битумно-полимерные материалы тем, что они гибкие и эластичные, пожаробезопасны и их легко монтировать, а высокая стоимость материала, как правило, компенсируется его экономической эффективностью в долгосрочной перспективе, не требуя ремонта в течении 20-30 лет [1-3].

Экологически чистые смеси ТРО получаются с использованием промышленных и коммунальных отходов, которые включают обрезки резиновых шин, наполненный отходами мрамора полипропилен, отходы корпуса компьютера и т.д. [4-5]. Эта технология помогает уменьшить проблему свалок. Композиты ТРО могут быть изготовлены с использованием различных типов наполнителей, которые могут быть синтетическими или на биологической основе. К ним относятся тальк, технический углерод, углеродные нанотрубки (УНТ), кенафовое волокно, волокно из листьев ананаса и т.д.

Целью работы явилось создание гидроизоляционного материала на основе смесевых термоэластопластов. Эти материалы имеют ряд преимуществ: экологически чистые т.к. нет канцерогенного наполнителя битума; нет вулканизирующей группы и отсутствует дорогостоящая стадия вулканизации; обладают повышенной водостойкостью; могут применяться в различных климатических зонах, долговечны.

Для изготовления смесевых термоэластопластов использовались следующие ингредиенты. Каучук синтетический бутадиен-метилстирольный СКМС-30 АРКМ-15 (ГОСТ 11138-2019), ООО «Тольяттикаучук». Полиэтилен высокого давления ПЭ 15803-020 (ГОСТ 16337-77), ПАО «Казаньоргсинтез». Присадка загущающая КП-20 ГОСТ 20799-75, ПКФ РУСМА. Индустриальное масло И-20 ГОСТ 20799 – 88. Полипропиленовое нетканое полотно ГОСТ Р 58551-2019.

Было исследовано влияние пластификаторов: масла И-20 и присадки КП-20 на адгезионную прочность композиции к полипропиленовому нетканому полотну. Содержание пластификатора варьировали от 40 до 50 мас.ч.

На первом этапе были изучены физико-механические свойства гидроизоляционных материалов ТЭП композиций на основе каучука СКМС и ПЭВД, которые представлены в таблице 1.

Таблица 1

Свойства ТЭП композиций

Физико-механические свойства	Номер композиции , содержание масла								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Пластификатор	Присадка загущающая КП-20						Индустриальное масло И-20		
Условная прочность при растяжении, МПа	1,5	4,1	4,4	4,4	5,1	2,5	3,4	2,6	3,7
Относительное удлинение при разрыве, %	36,6	45	70,8	66,4	61	29,2	38,8	34,3	43,3
Относительное остаточное удлинение, %	6	8	11,2	12	8,8	4,8	8	3	2
Твердость, ед. Шор А	71,4	80,6	81,4	62,2	79,4	74,2	76,5	76,5	72,5

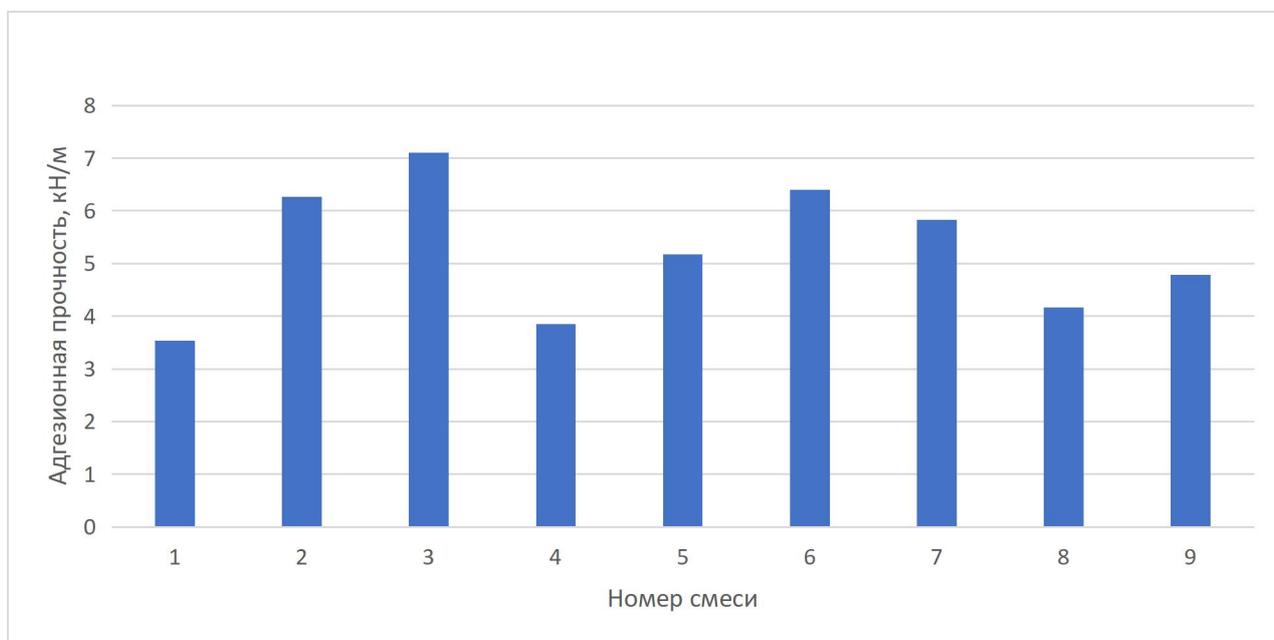


Рис.1. Показатель адгезионной прочности ТРО к полипропиленовому нетканому полотну

На рис.1 наблюдаем наибольшее значение адгезионной прочности имеет композиция 3, где в качестве пластификатора используется присадка КП-20, соотношение каучук: пластик составило 30:70. В композиция 7,8,9 содержащих пластификатор И-20 наибольшую адгезионную прочность имеет композиция 7 с значением прочности 5,8 кН/м.

Библиографический список:

1. Тухарели В. Д. Современные тенденции развития технологий гидроизоляции зданий 3 сооружений / В. Д. Тухарели, А. В. Тухарели, А. А. Габля //Инженерный вестник Дона. 2017. Т. 46. №. 3 (46). С. 110.
2. Пузакова Е.В., Закирова Л.Ю., Вольфсон И.С., Хакимуллин Ю.Н., Аюпов Д.А., Мурафа А.В., Хозин В.Г. Влияние состава термоэластопластов на свойства модифицированных битумов Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 1. С. 120-121.
3. Порываев И. А. Современные рулонные гидроизоляционные кровельные материалы / И. А. Порываев, С. В. Калошина //Современные технологии в строительстве. Теория и практика. 2018. Т. 2. С. 124-130.
4. Wang L. Thermoplastic elastomers based on high-density polyethylene and waste ground rubber tire composites compatibilized by styrene-butadiene block copolymer / L. Wang, F. Lang, S. Li, F. Du, Z. Wang //Journal of Thermoplastic Composite Materials. 2014. Vol. 27. №. 11. PP. T1479-T1492.
5. Ахмедгораева А.Р., Бирюков А.А., Закирова Л.Ю., Закиров М.Э., Ефимова А.Р. Исследование влияния технологической добавки на термические свойства динамического термоэластопласта методами дифференциальной сканирующей калориметрии и термогравиметрического анализа // Бутлеровские сообщения. 2017. 50(4). С.85-89.

ГИБРИДНЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИТЫ КОНСТРУКЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

ВАЛИЕВ Алмаз Илсурович

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, tatcomposite@mail.ru

СУЛЕЙМАНОВ Альфред Мидхатович

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, alfred-sulejmanov@kgasu.ru

HYBRID POLYMER COMPOSITES FOR STRUCTURAL APPLICATIONS

VALIEV Almaz I.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, tatcomposite@mail.ru

SULEYMANOV Alfred M.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, alfred-sulejmanov@kgasu.ru

Гибридные полимерные композиты представляют сложные системы, которые состоят из двух и более типов армирующих наполнителей и полимерного связующего, изготавливаются с целью улучшения жесткостных характеристик [1]. В сфере строительства используются в качестве конструкционных материалов в виде волокнистых композитов, для несущих элементов конструкций сооружений (к примеру, пешеходных мостовых), выполненных предпочтительно методом вакуумной инфузии.

Физико-механические свойства гибридных композитов зависят от широкого ряда факторов. При этом, адгезионная прочность соединения «волокно-связующее» играет ключевую роль в обеспечении прочности гибридного композита. От величины адгезионной прочности зависит и то, насколько полно будет реализован вклад прочностных характеристик волокон различной природы в прочность композита. Возникновение адгезионной прочности соединения «волокно-связующее» является следствием адгезии. Изучение этого поверхностного явления является важным для решения актуальной научной проблемы, связанной с поиском научно-обоснованных способов изготовления гибридных композитов.

Количественной характеристикой адгезии является работа адгезии, которая зависит от числа и энергии связей, приведенных в контакт конденсированных фаз. При этом, число связей зависит от площади контакта волокна и связующего, механических свойств, энергетических характеристик поверхностей отдельных фаз, условий формирования и др [2].

Одной из важных характеристик поверхностей при этом является свободная поверхностная энергия (γ), которая связана с работой когезии ($W_k = 2\gamma$), представляется в виде суммы дисперсионной и полярной составляющих. Для связующего величина свободной поверхностной энергии эквивалентна по физическому смыслу ее поверхностному натяжению, определяется различными методами (Дью-Нуи, пластинки Вильгельми и т.д). Для волокон различной природы определение свободной поверхностной энергии представляет собой сложную экспериментальную задачу. Один из способов оценки изменения свободной поверхностной энергии волокон различной природы является метод смачивания. Для вычисления свободной поверхностной энергии волокон различной природы используются различные подходы, в основе которых лежит молекулярная теория смачивания Джирифалко-Гуда-Фоукса. Приоритетным в данном направлении можно выделить пространственный метод определения свободной поверхностной энергии твердых тел, предложенный авторами [3].

С целью получения гибридных полимерных композитов при полном использовании потенциалов прочностей волокон в связующем (т.е при $W_k - W_a = 0$) предложен метод, который заключается в следующем [4].

Объединяя условие ($W_k - W_a = 0$) и уравнение Юнга-Дюпре ($W_a = \gamma_l(1 + \cos\theta)$) получим:

$$1 + \cos\theta = 2 \frac{\gamma_s \cdot k}{\gamma_l}$$

где

γ_s – свободная поверхностная энергия твердой фазы;

γ_l – свободная поверхностная энергия жидкой фазы;

θ – краевой угол смачивания.

Важным компонентом этой формулы является коэффициент k , который характеризует степень приближения энергии взаимодействия на границе фаз (адгезия) к энергии когезии фазы, выбранной для сопоставления. В данном случае такой фазой сравнения является волокно. Отсюда коэффициент k будет характеризовать степень приближения адгезионной энергии к энергии когезии волокна. Выявлено, что коэффициент k ($k = \frac{k^c + k^y}{2}$, k^c, k^y – для стеклянного и углеродного волокна соответственно) сопоставимо с пределом прочности гибридного полимерного композита на изгиб [4].

Таким образом, при целенаправленном изменении, оценке энергетических характеристик волокон/связующего возможно достижение оптимального уровня адгезии, получая гибридные полимерные композиты с улучшенными физико-механическими свойствами.

Библиографический список:

1. Гуняев Г.М. Поликомпонентные высокомодульные композиты // Механика полимеров. 1977. №5. С. 819-826.
2. Karzov I.M., Alentiev A. Yu., Bogdanova Yu.G., Kostiina Yu.V., Shapagin A.V. The influence of «fiber-matrix interface rnergetic charateristics on the polymer

composite strength // Moscow University Chemistry Bulletin, 2010, V.51, № 6. Pp. 462–470.

3. Старостина, И. А., Стоянов О.В., Краус Э. Развитие методов оценки поверхностных кислотно-основных свойств полимерных материалов // Вестник Казанского технологического университета. 2010. № 4. С. 58–68.

4. Валиев, А. И. Адгезионное взаимодействие в гибридном композите. Связь энергетических характеристик фаз с прочностью / А. И. Валиев, И. А. Старовойтова, А. М. Сулейманов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2024. – № 3. – С. 17-26. – DOI 10.34031/2071-7318-2024-9-3-17-26. – EDN NXNCHT.

РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

ВАЛИЕВА Диляра Маратовна

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, valieva.rec@gmail.com

МУРСАЛИМОВА Диана Рамилевна

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, diana.mursalimova0907@gmail.com

ХУЗИАХМЕТОВА Карина Рустамовна

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, karina261996@mail.ru

RHEOLOGICAL PROPERTIES OF POLYVINYL CHLORIDE-BASED COMPOSITIONS

VALIEVA Dilyara M.

Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, valieva.rec@gmail.com

MURSALIMOVA Diana R.

Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, diana.mursalimova0907@gmail.com

KHUZIACHMETOVA Karina R.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, karina261996@mail.ru

На сегодняшний день в промышленности строительных материалов увеличивается рост применения полимерных смесей в качестве сырья для изготовления широкой номенклатуры изделий [1]. Это обусловлено тем, что совмещение различных типов полимеров могут объединять их положительные свойства в один или улучшать неудовлетворяющие характеристики каждого по отдельности [2]. В данной области наибольший интерес представляет поливинилхлорид (ПВХ) [3, 4], структурные особенности которого обеспечивают хорошую совместимость с модификаторами и добавками [5, 6]. Из числа последних на рынке ПВХ большую популярность приобрели акриловые полимеры и сополимеры бутадиена со стиролом [7]. Среди них можно выделить привитые сополимеры акрилонитрил-бутадиен-стирол (АБС) и акрилонитрил-стирол-акрилат (АСА) [8]. Благодаря полярной природе нитрильных групп, они являются наиболее предпочтительными для образования смесей полимеров с полярным ПВХ [9]. Авторы [10] отмечают, что применение таких добавок не только улучшают физико-механические свойства ПВХ-композиций, но и в значительной мере решают проблемы,

возникающие в процессе переработки полимера. Одним из основных параметров при выборе технологического процесса переработки полимеров являются его реологические свойства, исследованию которых стоит уделить особое внимание.

Целью работы является изучение реологических свойств смесей ПВХ/АБС и ПВХ/АСА в различном диапазоне концентраций.

В рамках работы был проведен обзор отечественной и зарубежной литературы в области получения изделий строительного назначения. Концентрации привитых сополимеров в ПВХ-композициях составили 20, 50 и 100 м.ч. Образцы для испытаний были получены методом термопластикации на лабораторных вальцах. Изучение реологических свойств ПВХ-композитов проводилось методом капиллярной вискозиметрии на консистометре Хепплера при температуре 185 °С.

Используя экспериментально определенные значения эффективной вязкости, были построены кривые течения смесей ПВХ/АБС и ПВХ/АСА (рисунок 1).

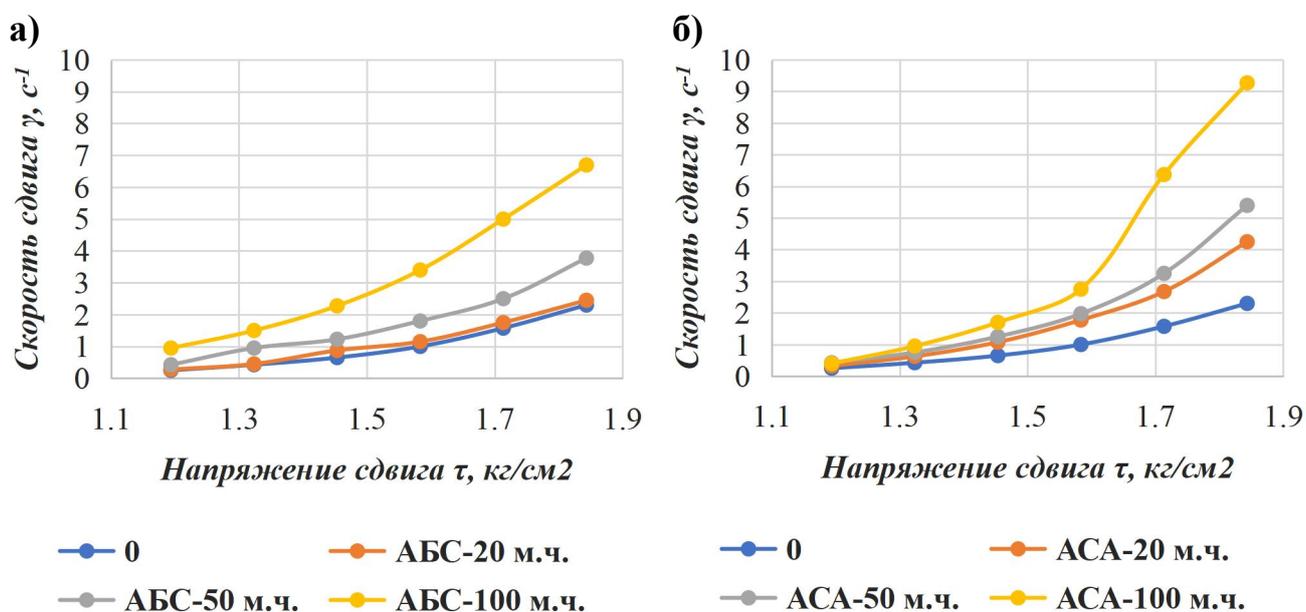


Рис.1. Кривые течения смесей ПВХ/АБС (а) и ПВХ/АСА (б)

Расплавы полимеров по характеру течения относятся к неньютоновским псевдопластичным жидкостям, т.е. для них характерно уменьшение вязкости с увеличением скорости сдвига. По графикам зависимости скорости сдвига $\dot{\gamma}$ от напряжения сдвига τ , можно увидеть, что с увеличением прикладываемой на расплав полимера нагрузки, увеличивается и скорость сдвига для каждой концентрации сополимера. При этом наибольшие значения скорости сдвига для каждой из прикладываемых нагрузок наблюдаются у смесей с концентрацией сополимера 100 м.ч.

Сополимеры АБС и АСА обладают разной текучестью (показатель текучести расплава при 220 °С x 10 кг для АБС – 5,0-12,0 г/10 мин, для АСА –

23,0 г/10 мин). При совмещении ПВХ с высокотекучим АСА вязкость композиции значительно снижается. Поэтому при одинаковом нагружении эффективная вязкость ПВХ/АСА будет ниже, чем со смесью ПВХ/АБС. Однако повышение вязкости расплава может негативно отразиться на экструзионных параметрах и увеличить электропотребление при переработке.

Таким образом, в ходе исследования были определены и проанализированы реологические свойства смесей ПВХ/АБС и ПВХ/АСА. Наибольшие показатели эффективной вязкости обнаружены для композиций ПВХ/АСА.

Библиографический список:

1. Языев Б.М., Абдула А.-В.И.А., Хасан А.-Х.М.А. Применение полимеров в строительстве // «StudNet». 2021. Т. 4, № 1. С. 52–60.
2. Кулезнев В.Н. Смесей и сплавы полимеров (конспект лекций). СПб.: Научные основы и технологии, 2013. 216 с.
3. Андреева В.К. Мировой рынок поливинилхлорида // Полимерные материалы. 2023.
4. Козловский А.В. Международная конференция «Полимеры России-2022» // Полимерные материалы. 2022.
5. Абдрахманова Л.А., Хузиахметова К.Р., Низамов Р.К., Хозин В.Г. Модификаторы для жестких поливинилхлоридных композиций строительного назначения // Строительные материалы. 2020. № 12. С. 34–39.
6. Хантимиров А.Г., Сулейманов А.М., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хохряков О.В. Влияние модификации на долговечность поливинилхлоридных древесно-полимерных композитов // Известия КГАСУ, 2023, № 3(65), с. 26-35.
7. Хузиахметова К.Р., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Потапова Л.И. Структура смесей полимеров на основе поливинилхлорида // Известия КГАСУ 2022 № 3(61) С. 82-89.
8. Хузиахметова К.Р., Исламов А.М., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Валиева Д.М. Изучение полимерных матриц на основе смесей поливинилхлорида и привитых сополимеров // Строительные материалы. 2023. № 12. С. 70–75.
9. Абдрахманова Л.А., Хузиахметова К.Р., Валиева Д.М., Низамов Р.К. Влияние природы сополимеров на структуру модифицированных поливинилхлоридных композитов // Известия вузов. Строительство. 2023. № 11. С. 34–41.
10. Лавров Н.А., Белухичев Е.В. Полимерные смеси на основе поливинилхлорида (обзор) // Пластические массы. 2020. № 3–4. С. 55–59.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА ДИНАМИЧЕСКИЕ-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОЭЛАСТОПЛАСТОВ (ТЭП)

ВАРАНКИНА Дарья Александровна

аспирант, младший научный сотрудник Вятского государственного университета, Киров, Россия, gasha.1998.varankina@mail.ru

РОГОЖКИН Роман Сергеевич

аспирант, младший научный сотрудник Вятского государственного университета, Киров, Россия, r.rogozhkin1@mail.ru

ЮРКИН Юрий Викторович

к.т.н., доцент, зав. каф. СКМ Вятского государственного университета, Киров, Россия, yurkin@vyatsu.ru

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF FILLERS ON THE DYNAMIC MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON THERMOPLASTIC ELASTOMERS (TPE)

VARANKINA Daria A.

Postgraduate student, Junior Researcher at Vyatka State University, Kirov, Russia, gasha.1998.varankina@mail.ru

ROGOZHKIN Roman S.

Postgraduate student, Junior Researcher at Vyatka State University, Kirov, Russia, r.rogozhkin1@mail.ru

YURKIN Yuri V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of BSM Vyatka State University, Kirov, Russia, yurkin@vyatsu.ru

Введение. Развитие машино- и станкостроения, строительной отрасли и транспортной инфраструктуры РФ непрерывно связано с увеличением шумов и вибраций, снижающих надежность работы машин и механизмов, а также приводящих к разрушению различных конструкций в зданиях и сооружениях [1]. Таким образом, большинство машин, механизмов, а также строительных конструкций нуждаются в демпфировании для снижения вынужденных колебаний, возникающих под действием внешних сил.

Перспективный способ снижения влияния вибраций на механизмы и конструкции – применение систем пассивного рассеивания энергии. В пассивных системах для снижения уровня вибрации успешно применяются различные вибропоглощающие полимерные композиционные материалы (ПКМ). В отличие от металлов и их сплавов композитные материалы обладают

лучшими диссипативными свойствами, а их логарифмический декремент затухания на порядок выше, чем у металлов [2].

В настоящее время наибольшее внимание уделяется разработке ПКМ на основе термоэластопластов (ТЭП). ТЭП представляют собой группу материалов, способных в процессе эксплуатации к большим обратимым деформациям, подобно резинам, и способные к вторичной переработке, подобно пластикам.

Одной из проблем получения вибродемпфирующих материалов на основе ТЭП является тот факт, что эффективность их вибропоглощающих свойств изменяется в зависимости от температурного режима эксплуатации. В статье [3] показано, что ПКМ на основе стирольных термоэластопластов обладают высокими демпфирующими свойствами в области отрицательных температур (от $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$). Однако, с помощью различных компонентов, например, наполнителей, возможно сместить температурный диапазон эффективного вибропоглощения.

Цель данного исследования:

1. Изучить влияние количества наполнителя на эффективный диапазон вибропоглощения;
2. Определить оптимальное количество наполнителя, при котором композит обладает высокими демпфирующими свойствами в широком температурном диапазоне.

Методы исследования. В качестве базового полимера была использована композиция стирольного ТЭП SIS Vector 4113 NS (Производство TRSC Specialty Materials LLC) и полипропилена марки H030GP (производство «СИБУР»). В качестве наполнителя были использован мел марки РИФ РМ-2. В качестве пластификатора было использовано масло индустриальное И-40. Состав композиций представлен в Таблице 1.

Таблица 1

Состав композиций

Ингредиент	Базовый состав	Состав №1	Состав №2	Состав №3
SIS Vector 4113NS	75	75	75	75
Полипропилен	25	25	25	25
Пластификатор	-	20	20	20
Наполнитель	-	50	100	150

Для проведения испытаний компоненты смеси смешивали в микроксере типа Brabender при температуре $180\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 15 минут. Для последующих испытаний материалов образцы отливались на лабораторном термопластавтомате серии SZS при температуре $190\text{ }^{\circ}\text{C}$ и давлении впрыска 5 атмосфер.

Для определения температуры стеклования и основных вязкоупругих свойств полимера воспользовались методом динамического механического

анализа. Динамический механический анализ (ДМА) проводили согласно ASTM D7028-07(2015) на динамическом механическом анализаторе DMA 242C/1/F, фирма NETZSCH на образцах размерами не менее 5 мм в диаметре и 2 мм толщиной. Режимы испытаний образцов: температурный диапазон испытаний – от - 80 °С до + 80 °С; изменение температуры – 1-2 градуса в минуту; частота испытаний – 10 Гц; нагрузка на образец – 5 Н.

Результаты исследований, их обсуждение. Для каждой композиции были проведены испытания на динамическом механическом анализаторе.

На рис.1 представлено исследование влияния количества наполнителя на удельную демпфирующую способность материала.

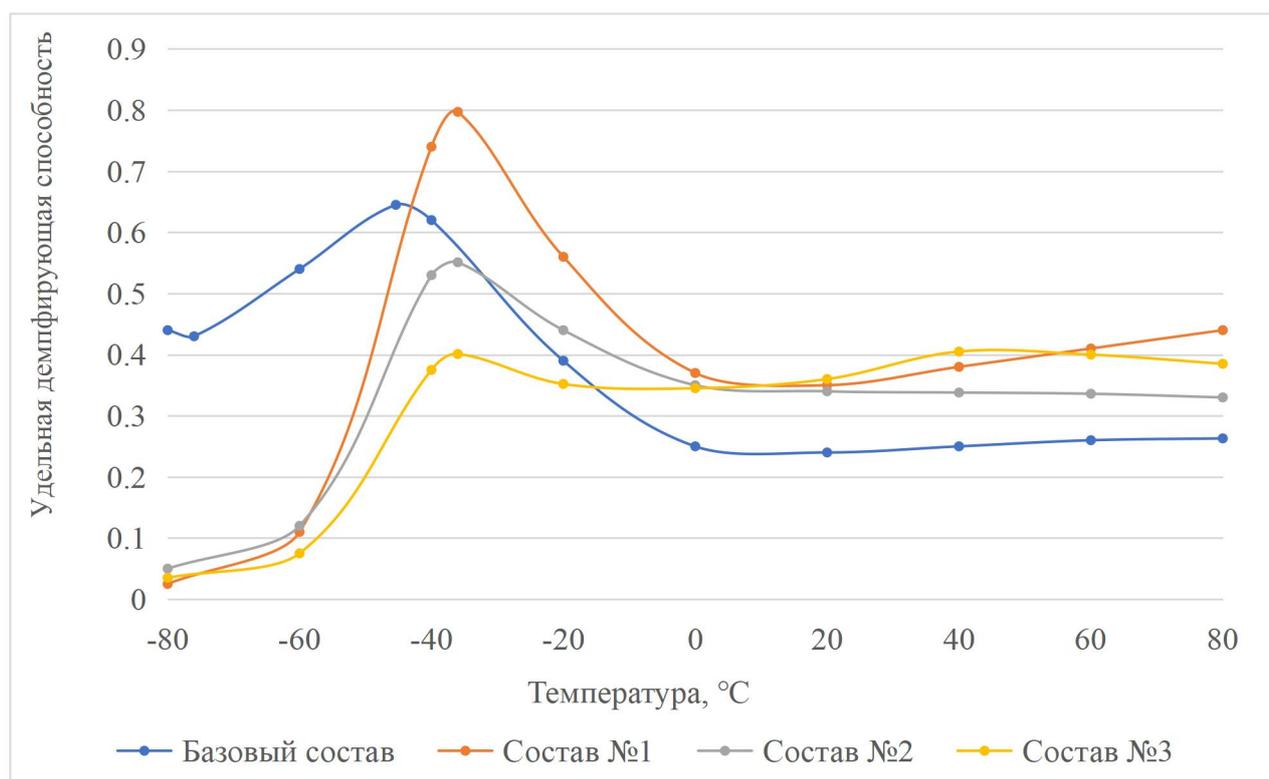


Рис.1. Влияние количества наполнителя на удельную демпфирующую способность материала

Выводы. В результате исследования выявлено, что наполнитель смещает диапазон эффективного вибропоглощения композита в область положительных температур. С увеличением количества наполнителя диапазон эффективного демпфирования также незначительно смещается в область положительных температур. Согласно проведенному исследованию количество наполнителя 50 м.ч. на 100 м.ч. полимера является наиболее эффективным, т.к. обеспечивает высокие демпфирующие свойства в широком температурном диапазоне.

Библиографический список:

1. Сагомонова В.А., Долгополов С.С., Целикин В.В., Сорокин А.Е. Исследование влияния состава и структуры ПКМ с повышенными

вибропоглощающими свойствами на его демпфирующие механические характеристики // Пластические массы. 2022. №1-2. С. 10–13.

2. Демешкин А.Г., Козеко М.Е., Корнев В.М., Кургузов В.Д. Демпфирующие характеристики композитных конструкционных материалов, изготовленных намоткой // Прикладная механика и техническая физика. 2001. Т. 42, №1. С. 190–195.

3. Юркин Ю.В., Авдонин В.В., Широкова Е.С. Анализ динамических и механических характеристик стирольных термоэластопластов (ТЭП) // Региональная архитектура и строительство. 2023. №4(57). С. 135–142.

РАЗРАБОТКА ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИПРОПИЛЕНА И МОДИФИЦИРОВАННОЙ РИСОВОЙ ЛУЗГИ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

ГОРБАЧЕВ Александр Вячеславович

аспирант Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Россия, alexandergorbachow@gmail.com

ФАЙЗУЛЛИН Ильнур Зиннурович

к.т.н., доцент Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Россия, ilnur-fz@mail.ru

ВОЛЬФСОН Светослав Исаакович

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, svolfson@kstu.ru

DEVELOPMENT OF POLYMER COMPOSITES BASED ON POLYPROPYLENE AND MODIFIED RICE HUSKS FOR THE CONSTRUCTION INDUSTRY

GORBACHEV Aleksander V.

Graduate Student, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, alexandergorbachow@gmail.com

FAYZULLIN Ilnur Z.

Ph.D., associate professor, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, ilnur-fz@mail.ru

VOLFSON Svetoslav I.

Doctor of Engineering, professor, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, svolfson@kstu.ru

Рисовая лузга является одним из самых массовых сельскохозяйственных отходов [1]. Использование ее в качестве наполнителя для полимерных композиционных материалов позволяет решить экологические проблемы, связанные с утилизацией агропромышленных отходов. Благодаря своему химическому составу, рисовая лузга может быть источником микроволокон, позволяющих увеличить площадь поверхности частиц и компенсировать проблему совместимости гидрофобной матрицы и гидрофильных наполнителей [2]. Такой подход способствует созданию более эффективных и экологически чистых строительных материалов, отвечающих современным требованиям устойчивого развития.

Получение микрофибриллированной целлюлозы из рисовой лузги представляет механическую дезинтеграцию разбавленных водных дисперсий лузги с использованием высоких значений давления и напряжений сдвига, с

помощью роторных смесителей, барабанно-шаровой мельницы, шлифовальных, ультразвуковых дезинтеграторов, автоклавов парового «взрыва» целлюлозы. Для повышения эффективности процесса фибрилляции, лузгу подвергают дополнительной обработке – щелочной, кислотной или ферментативной [3]. Эти процессы способствуют увеличению поверхности микроволокон и, следовательно, их адгезии с матрицей полимера, что важно для улучшения механических свойств композитов [4].

В этой связи, для получения микрофибриллированной целлюлозы для полимерных композитов в работе проводилась щелочная обработка рисовой лузги в условиях высокосдвиговых усилий. Модификация рисовой лузги проводилась в 2% растворе щелочи NaOH в течение 1 часа в кипящей воде, а затем в течение 6 минут в условиях высокосдвиговой деформации на двухроторном смесителе закрытого типа «Measuring Mixer 350E» производителя Krauss Maffei (Германия).

Для определения влияния щелочной модификации в условиях высокосдвиговых усилий на микроструктуру рисовой лузги, был проведен анализ структуры поверхности не модифицированной и модифицированной рисовой лузги методом оптической микроскопии. Оптическая микроскопия проводилась на лабораторном поляризационном микроскопе Axioskop 40 Pol производителя Zeiss (Германия), при увеличении $\times 100$ крат. Применялся метод наблюдения светового поля в отраженных и поляризационных лучах проходящего света. На рисунке 1 представлены изображения наполнителей увеличения.

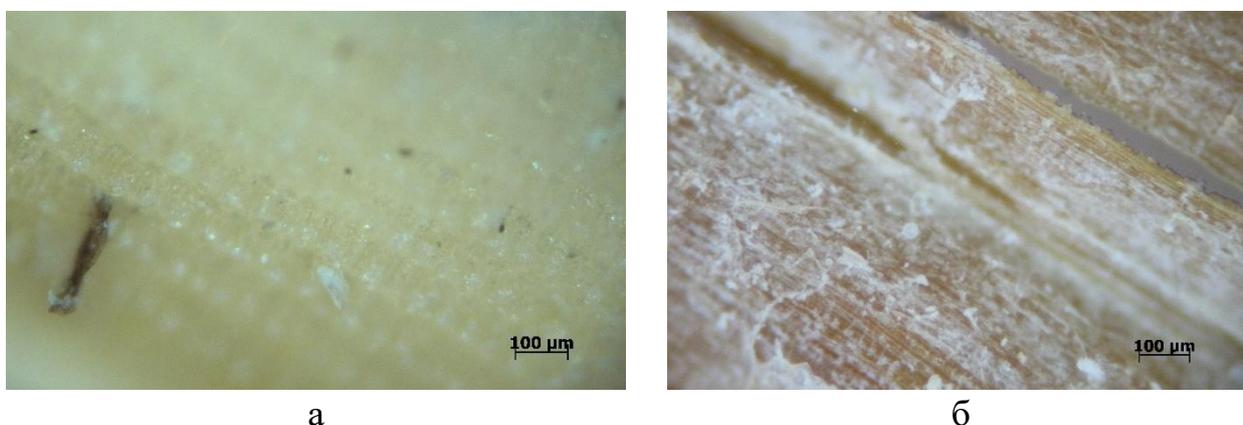


Рис.1. Микроструктура поверхности рисовой лузги: не модифицированная (а) и модифицированный (б)

В процессе анализа микроструктуры поверхности было установлено, что модификация способствует разрушению внутренних связей в структуре частиц лигноцеллюлозного наполнителя. По рисункам видно, что частицы изменяют свою целостность, а именно происходит поверхностное распушивание частиц и увеличение содержания микроволокон на их поверхности, что увеличивает площадь поверхности наполнителя. Далее модифицированная лузга смешивалась с полипропиленом на двухроторном смесителе в течение 6 минут

при температуре 180 °С. Дозировка наполнителя составляла 50%. Образцы для испытаний отливались на термопластоавтомате PX Agile 160-750 Krauss Maffei. Давление впрыска составляла 1100 бар, температура по зонам $T_0=50$ °С, $T_1=180$ °С, $T_2=185$ °С, $T_3=190$ °С, $T_4=195$ °С, $T_5=200$ °С, где T_0 это зона загрузки сырья, а T_5 это головка экструдера.

Физико-механические свойства полученных полимерных композитов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические свойства полимерного композита

	Не модифицированная	Щелочная модификация
Прочность при растяжении, МПа	15,2	16,7
Прочность при изгибе, МПа	25	33
Модуль упругости при изгибе, МПа	1981	2715
Показатель текучести расплава, гр /10 мин	2,5	2
Ударная вязкость по Шарпи, кДж/м ²	5	5

Выявлено, что композиты с модифицированной рисовой лузгой превосходят по показателям базовые композиции без модификации. Установлено, что прочность при растяжении повышается на 10% у композитов с модифицированным наполнителем. Показатель прочности и модуля упругости при изгибе увеличивается на 32% и 37% соответственно. При этом показатель текучести расплава уменьшается на 20%, а ударной вязкости не изменяется.

Повышение физико-механических характеристик композитных материалов путем модификации рисовой лузги способствует созданию более прочных и долговечных конструкций, снижению затрат на обслуживание и ремонт, что является важным аспектом в строительной индустрии. Дальнейшие исследования будут направлены на более глубокое изучение механизмов, лежащих в основе модификации, а также для оптимизации процессов модификации и оценки размера частиц наполнителя после воздействия высокосдвиговых усилий.

Библиографический список:

1. Сидельников Р. В. и др. Использование отходов растительного сырья для производства полимерных композитов //Образование. Наука. Производство. – 2021. – С. 1512-1514.
2. Горбачев А. В. и др. Композиционный материал на основе полиолефинов и модифицированных растительных наполнителей //Пластические массы. – 2023. – Т. 1. – №. 1-2. – С. 48-52.

3. Балтабай А. С. и др. Экстракция целлюлозы из отходов рисовой шелухи //Горение и плазмохимия. – 2023. – Т. 21. – №. 3. – С. 181-189.

4. Яценкова О.В. и др. Новый метод получения микрофибриллированной целлюлозы из древесины ели //Химия растительного сырья. - 2020. - №. 1. - С.303-314.

**ПЛАСТИФИКАЦИЯ СИЛОКСАНОВЫХ РЕЗИН
ОРГАНОСИЛОКСАНАМИ**

ЗИМИНА Анастасия Сергеевна

аспирант Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Россия, nas.zimina2010@yandex.ru

МИРОНОВА Юлия Евгеньевна

магистрант Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Россия, Yulya186969@mail.ru.

ХАКИМУЛЛИН Юрий Нуриевич

д.т.н., профессор Казанского национального исследовательского технологического университета, Казань, Россия, hakim123@rambler.ru

ВОЙЛОШНИКОВ Владимир Михайлович

технический директор ООО «Весто», Казань, Россия, vesta-vr@mail.ru

**PLASTIFICATION OF SILOXANE RUBBERS WITH
ORGANOSILOXANES**

ZIMINA Anastasia S.

postgraduate student, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, nas.zimina2010@yandex.ru

MIRONOVA Yulia E.

Master's student, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, Yulya186969@mail.ru.

KHAKIMULLIN Yuri N.

Doctor of Technical Sciences, Professor, Kazan National Research Technological University, Kazan, Russia, hakim123@rambler.ru

VOYLOSHNIKOV Vladimir M.

technical director of Vesto LLC, Kazan, Russia, vesta-vr@mail.ru

Благодаря уникальному комплексу свойств резин на основе силоксанового каучука, они находят широкое применение в самых различных областях. Резину из силикона применяют в автомобильном строительстве при выпуске уплотнителей, соединительных частей для амортизации и изоляции в моторе автомобиля и элементах его управления, в электрооборудовании, а также в подвеске кузова и салоне автомобиля. В строительстве используются оконные уплотнители, силиконовые профили для стекла и стали, пластик для герметизации, подавления шума и вибрации. В целях пожаробезопасности применяется силикон с низким дымообразованием. Нет такого сегмента в области строительства, где бы не использовался силоксановый герметик [1].

Силоксановый каучук является дорогостоящим и дефицитным, поэтому резины на его основе, как правило, являются высоконаполненными. Такие резины обязательно должны сохранять технологичность при переработки и такие свойства как эластичность при сохранении прочности, именно для этого используются пластификаторы. Силоксановый каучук является высоко неполярным, из-за чего возникают сложности с подбором пластификатора для резин на его основе. Пластификаторы обычно проявляют свою эффективность только, как правило, в условиях совместимости с каучуком [2-5].

Изучалась возможность использования в качестве пластификатора силоксановых резин комбинации флотореагент оксаля с органосилоксаном, представляющим собой деструктат силоксановых резин, в различных соотношениях (40:60, 50:50, 60:40) в количестве до 5 мас.ч.

Введение пластификатора приводит к снижению вязкости высоконаполненных резиновых смесей на основе силоксанового каучука, повышению относительного удлинения резин при некотором (до 10%) снижении прочности и сохранении их стойкости к термическому старению вплоть до 300 °С. В качестве наполнителя и антипирена выступал гидроксид алюминия различных марок. Использование пластификатора в силоксановых резинах с повышенной огнестойкостью приводит к существенному, более чем в три раза снижению уровня потери массы резины после горения.

По результатам динамического механического анализа можно сделать вывод, что введение пластификатора, в котором соотношение компонентов 40/60, т.е. преобладает олигосилоксан, позволяет улучшить низкотемпературные свойства силоксановой резины по сравнению с контрольным образцом.

Таким образом, установлена эффективность использования пластификатора на основе смеси органосилоксана и продукта нефтепереработки в высоконаполненных силоксановых резинах

Библиографический список:

1. Милс Р.Н. Силиконы / Р.Н. Милс, Ф.М. Льюс - М.: Химия, 1964. - 255 с.
2. Бажант В. Силиконы / В. Бажант, В. Хваловски, И. Ратоуски – М.: Госхимиздат, 1960. – 710 с.
3. Большой справочник резинщика: в 2 ч. Ч.1. Каучуки и ингредиенты / под ред. С.В. Резниченко, Ю.Л. Морозова. – М.: Техинформ МАИ, 2012. – 744 с.
4. Основы технологии и переработки силоксановых эластомеров / Ю.Н. Хакимуллин, А.Д. Хусаинов Учебное пособие. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. – 164 с.
5. Ломакин С.Н. Замедлители горения для полимеров / С.Н. Ломакин, Г.Е. Заиков, А.К. Микитаев [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2012. – Т.15, №7. – С.71-87.

РАЗРАБОТКА ЭПОКСИДНЫХ КОМПОЗИЦИЙ С ДИСПЕРСНЫМИ И КОРОТКОВОЛОКНИСТЫМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ

ИШКИНЕЕВА Диляра Дамировна

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, dilaranurlat@mail.ru

БОГДАНОВ Всеволод Николаевич

Ведущий специалист, Белгородский государственный технологический университет им.В.Г.Шухова, Белгород, Россия, bogdanov_vsevolod@mail.ru

АБДРАХМАНОВА Ляйля Абдулловна

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, laa@kgasu.ru

DEVELOPMENT OF EPOXY COMPOSITIONS WITH DISPERSE AND SHORT FIBER FILLERS

ISHKINEEVA Dilyara D.

Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, dilaranurlat@mail.ru

BOGDANOV Vsevolod N.

Leading specialist, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov, Belgorod, Russia, bogdanov_vsevolod@mail.ru

ABDRAKHMANOVA Lyayla A.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, laa@kgasu.ru

Длительный опыт производства и применения эпоксидных полимеров сделали их незаменимыми высокоэффективными материалами в качестве строительных материалов. Сравнительно высокая стоимость эпоксидных смол сдерживает их применение. Наполнение является наиболее широко применяемым и высокоэффективным способом направленного регулирования свойств эпоксидных полимеров, позволяющим повысить показатели механической прочности и жесткости, химической стойкости, теплостойкости, диэлектрических свойств и т.д. Целью наполнения эпоксидных композиций дисперсными наполнителями явилось создание ремонтных составов для заделки незначительных по протяженности повреждений. А целью наполнения эпоксидных композиций коротковолокнистыми наполнителями является создание связующего для усиления строительных конструкций.

В качестве наполнителей использовали:

- дисперсные - молотый кварцевый песок, мел с диаметром частиц 3.86 мкм (присутствует фракция в количестве 1,5% размером от 100 до 300 нм),

измельченный габбро-диорит с размером частиц 5,1 мкм и «бегхаузную пыль» - отход электродугового переплава стали Камского литейного завода;

- коротковолокнистые - микрофибра базальтовая с длиной волокна 350 мкм и асбест хризотилковый марки 6К-30 со средней длиной волокон 1 мм. Волокна асбеста представлены в виде скрученных агрегатов со средним диаметром от 20 до 100 мкм (рис.б).

Для получения композиции эпоксидную смолу марки ЭД-20 смешивали с наполнителем до полного равномерного распределения по массе, после чего добавляли отвердитель триэтилентетрамин (ТЭТА) в соотношении 11 м.ч. отвердителя к 100 м.ч. смолы. И после повторного спешения смесь разливали в силиконовые формы. Отверждение проводили в течение 7 суток при комнатной температуре.

Количество дисперсных наполнителей составляло 50 м.ч. на 100 м.ч. эпоксидной смолы, а количество волокнистых наполнителей для базальтовой микрофибры и асбестовых волокон, с учетом повышения вязкости связующего при наполнении, соответственно, 0,35 м.ч. и 7 м.ч.

Для оценки характера структуры наполненных композитов в работе использован метод термомеханического анализа в условиях постоянного нагружения сжатия при нагрузке 1Н и постоянной скорости нагревания 3°С/мин на образцах диаметром $8\pm 0,5$ мм и толщиной $3\pm 0,1$ мм. Из анализа полученных термомеханических кривых в координатах температура - деформация определены такие параметры, как температура стеклования, величина высокоэластической деформации и рассчитаны параметры модуля высокоэластичности и эффективной плотности сетки (химических и физических узлов). Показано, что в зависимости от химической природы и морфологии частиц наполнителей наблюдается, как повышение степени сшивки полимера, так и снижение.



а)



б)

Рис. Микрофотографии базальтовой микрофибры (а)
и агрегата асбестовых волокон (б)

Эффективность применения разработанных наполненных эпоксидных полимеров в виде ремонтных и усиливающих составов в строительных конструкциях устанавливалась по следующим показателям:

- адгезионная прочность;
- абразивный износ;
- микротвердость;
- ударная вязкость;
- прочность при статическом изгибе;
- стойкость к действию агрессивных сред (дистиллированной воде, растворам кислот, щелочей и солей).

ВОДНО-ЦЕОЛИТОВЫЕ СУСПЕНЗИИ ДЛЯ БИТУМНЫХ ПАСТ ГИДРОИЗОЛЯЦИОННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Казакулов Рауф Ильдарович

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, Rauf-kazakulov@mail.ru

Аюпов Дамир Алиевич

к.т.н., доцент кафедры ТСМИК Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, ayupov_damir@rambler.ru

WATER-ZEOLITE SUSPENSIONS FOR BITUMEN PASTES FOR WATERPROOFING PURPOSE

Kazakulov Rauf I.

Postgraduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, Rauf-kazakulov@mail.ru

Ayupov Damir A.

Ph.D., Associate Professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, ayupov_damir@rambler.ru

Существующие битумные материалы для бесшовных гидроизоляционных покрытий, которые должны противостоять давлению столба жидкости, не быть восприимчивым к влиянию внешних агрессивных сред, иметь хорошие показатели адгезии – мастики и эмульсии – имеют существенные недостатки: необходимость разогрева, наличие растворителей или малую толщину гидроизоляционного слоя [1–4]. Поэтому перспективным является применение битумных гидроизоляционных паст, представляющих собой битумно-водные дисперсии на неорганических эмульгаторах. Для получения битумных паст необходима предварительно приготовленная суспензия – смесь минерального эмульгатора с водой определенной консистенции.

Определяющей эффективностью суспензии характеристикой является ее вязкость. Разбавленные суспензии не способны формировать сплошные пленки на поверхности частиц битума, чрезмерно вязкие – затрудняют его диспергирование.

При добавлении в воду твердого эмульгатора и увеличении его концентрации поначалу вязкость системы лишь несколько возрастает. При достижении же некоторой критической концентрации она резко увеличивается. Это объясняется тем, что при концентрациях меньше критической система остаётся свободнодисперсной, а при её достижении образуется коагуляционная структура. Такого рода связнодисперсные системы обладают большей способностью создавать плёнку на поверхности частиц битума в пасте, нежели разбавленные суспензии [5].

Известно, что увеличение дисперсности порошка влечет рост его водопотребности, что должно приводить к увеличению вязкости, однако если сравнивать нереакционноспособные эмульгаторы: асбест, пыль газоочистки, глину и ЦСП то видно, что введение более мелкодисперсных эмульгаторов приводит к меньшему увеличению вязкости, т.е. природа эмульгаторов в большей степени влияет на вязкость суспензии, чем их дисперсность.

Для определения влияния на вязкость суспензий природы эмульгатора, то есть исключения фактора его дисперсности, был проведен также эксперимент с эмульгаторами одного размера: 0,16-0,315 мм.

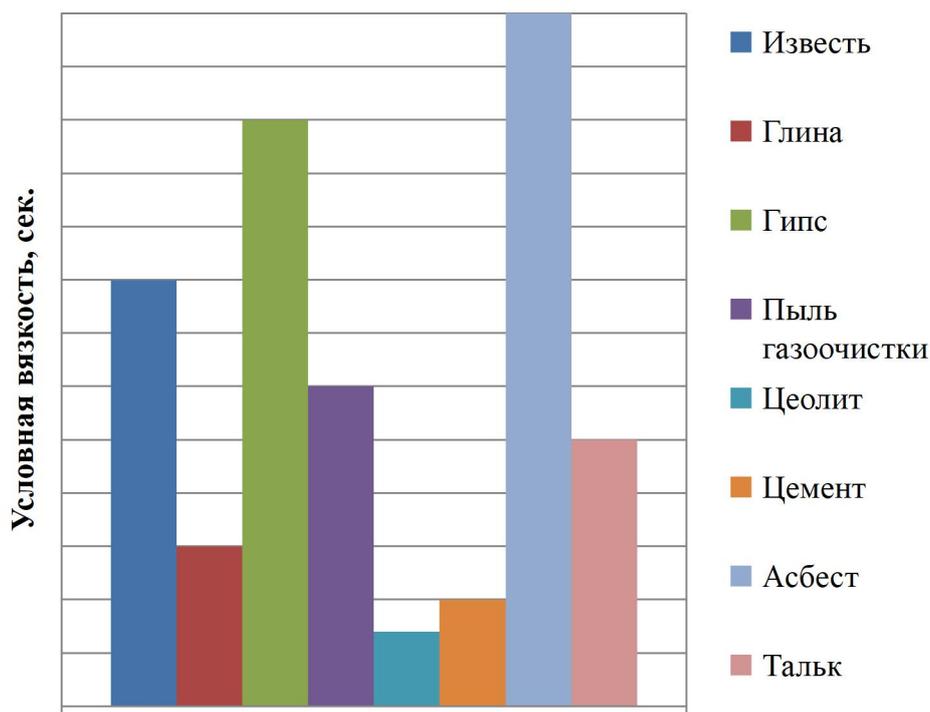


Рис.1. Условная вязкость при равных размерах частиц

Суспензии эмульгаторов, имеющие меньшую критическую концентрацию, обладают большей вязкостью. Уменьшение фракции эмульгатора приводит к повышению условной вязкости. Вновь отметим, что при введении в эмульгаторы одинакового количества воды наименьшей вязкостью обладает суспензия с ЦСП.

Водопотребность – ещё одна важнейшая характеристика минерального эмульгатора. Для конечного продукта – битумной пасты – важна вязкость. При этом предпочтительно малое содержание воды в пасте, т.к. она не обладает гидроизоляционными свойствами и лишь является балластом в материале, испаряясь сразу после нанесения пасты на изолируемую поверхность.

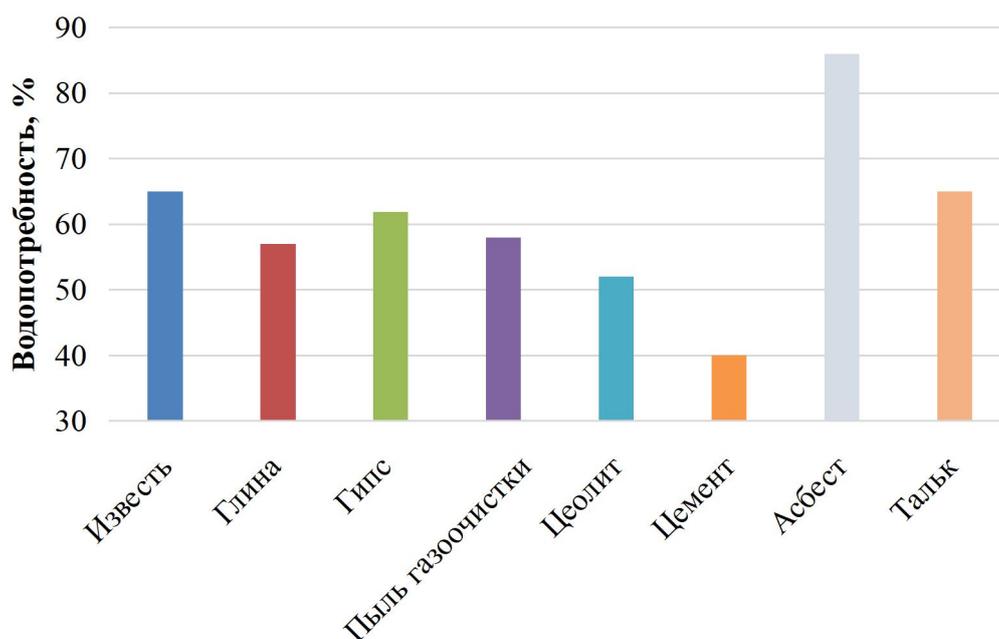


Рис.2. Водопотребность равноподвижных водных суспензий эмульгаторов при УВ=10 сек

Из гистограммы видно, что водопотребность ЦСП – наименьшая среди нереакционноспособных эмульгаторов, а у асбеста – наибольшая. Это также коррелирует с данными графиков, представленных выше.

Анализ графиков 1-2 показал также, что цемент, являясь гидравлическим вяжущим, более чувствителен к введению воды, то есть имеет меньшую водопотребность, чем воздушные вяжущие – гипс и известь. Гидрофобный тальк, обладающий, как и глина, пластинчатой формой частиц, оказался менее эффективен. Металлургическая пыль газоочистки показала средний результат, превосходя по водопотребности глину и уступая ЦСП.

Таким образом, наиболее эффективными эмульгаторами для получения водно-минеральных суспензий оказались ЦСП и глина, а также пыль газоочистки. Гидратирующиеся эмульгаторы не позволили получить устойчивые суспензии для приготовления битумных паст. Асбест, ввиду высокой набухаемости, имеет чрезмерную водопотребность. Критические концентрации эмульгаторов, характеризующие переход к коагуляционной структуре, различаются для каждого вида добавок, однако резкое увеличение вязкости происходит в интервале условной вязкости 6-8 секунд.

Библиографический список:

1. Воронин А.М., Пешкова А.В. О трещинообразовании в водоизоляционном ковре кровли из битумных материалов при низкой температуре // *Promyshlennoe i Grazhdanskoe Stroito*. 2023. № 6.
2. Успенский И.А. et al. Improvement of protective properties of anticorrosive mastic // *Vestn. Riazanskogo Gos. Agrotehnologicheskogo Iniv*. In P A Kostycheva 2020. № 2(46).

3. Грищенко В. et al. Герметизирующие мастики холодного твердения для строительной индустрии на основе полиуретановых связующих // Будівельні матеріали та вироби. 2018. № 1-2(97).

4. Akhtyamov E. et al. Исследование битумно-вермикулитовых мастик и асфальтобетонов для дорожного строительства // Natl. Assoc. Sci. 2020. Vol. 1, № 34(61).

5. Тыртышов Ю.П., Печеный Б.Г., Курбатов В.Л. Optimizatsiya sostavov tehnologii prigotovleniya bitumnyh-past-i-mastik // Строительные материалы. 2013. P. 70–72.

НАПОЛНЕНИЕ ПВХ-КОМПОЗИЦИЙ ВСПУЧЕННЫМ ПЕРЛИТОВЫМ ПЕСКОМ

МАТВЕЕВ Константин Сергеевич

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, kosma8@bk.ru

ХУЗИАХМЕТОВА Карина Рустамовна

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, karina261996@mail.ru

НИЗАМОВ Рашит Курбангалиевич

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, nizamov@kgasu.ru

EXPANDED PERLITE SAND AS A FILLER IN PVC COMPOSITIONS

MATVEEV Konstantin S.

Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, kosma8@bk.ru

KHUZIAKHMETOVA Karina R.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, karina261996@mail.ru

NIZAMOV Rahit K.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, nizamov@kgasu.ru

Одним из наиболее развивающихся направлений в области переработки пластмасс является строительная отрасль [1]. В этой части рынка ведущее место занимает поливинилхлорид (ПВХ), на основе которого производятся различные изделия [2]. Композиции ПВХ представляют собой многокомпонентные системы, состоящие из различных видов термостабилизаторов, наполнителей, пигментов, модификаторов ударопрочности и других технологических добавок [3,4].

На сегодняшний день перспективным направлением является применение в качестве наполнителей отходов промышленности, а именно вспученным перлитовым песком (ВПП). Использование перлита дает возможность из стандартного сырья получать материал определенного веса, прочности и структуры.

В данной области известны разработки по наполнению жестких полиэтиленовых [5], а также жестких и пластифицированных ПВХ-композиций.

В составах жестких ПВХ-композиций при введении ВПП Галееву Р.Р. удалось достигнуть увеличение времени термостабильности и ПТР. Кроме того,

в работе было отмечено, что данный наполнитель проявляет нейтральные прочностные свойства [6].

К аналогичным выводам пришли в пластифицированных составах. Однако, отметили, что эти свойства могут улучшаться или ухудшаться в зависимости от фракции ВПП.

Опираясь на исследование Галеева Р.Р. по наполнению ПВХ-композиций, в представленной работе был определен зерновой состав вспученного перлитового песка, являющегося отходом отработанной тепловой засыпки криогенных установок ОАО «Нижнекамскнефтехим». Для дальнейшей работы нами были отобраны 4 фракции ВПП, которыми наполнялись ПВХ-композиции. Для определения зависимостей также был использован нефракционированный ВПП.

Рассматривались только жесткие ПВХ-композиции. Сначала были подготовлены наполненные контрольные составы. Которые перемешаны на лабораторном диссольтере при скорости смешения 600 об/мин в течение 4 минут. Далее составы экструдировались.

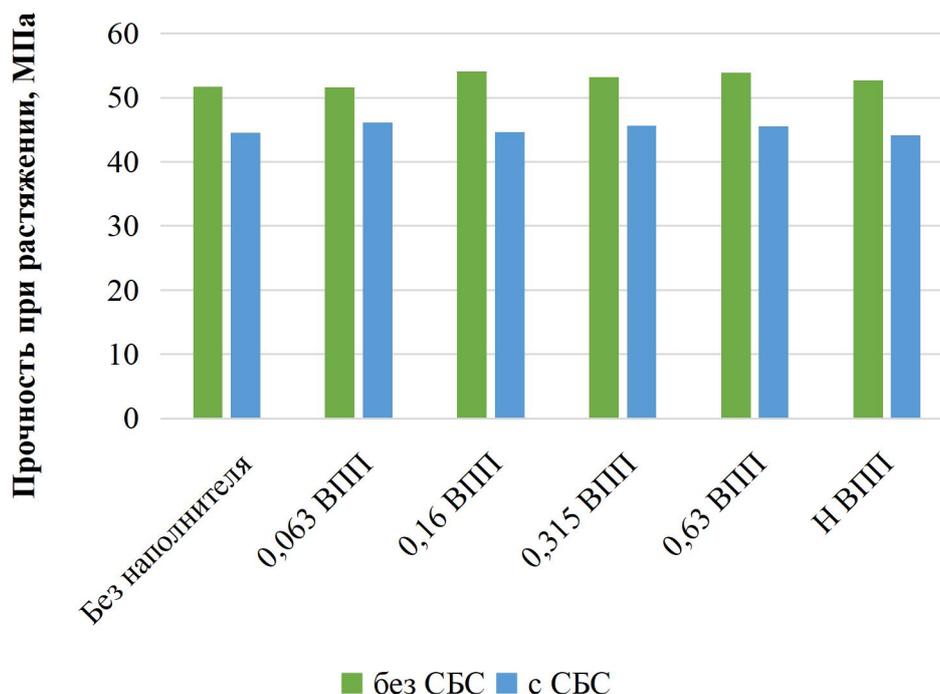


Рис.1. Прочность при растяжении ПВХ-композиций

На рис.1 представлены основные прочностные свойства ПВХ-композиций, из которых видно, что изменение фракции ВПП не влияет на прочность при растяжении как без модификатора ударной прочности (зеленый), так и с ним (синий). При этом прочность с модификатором ударной прочности во всех случаях ниже.

На рис.2 представлены результаты испытаний на твердость. График показывает, что твердость повышается. При этом наибольшие показатели проявляются с самой мелкой фракцией ВПП.

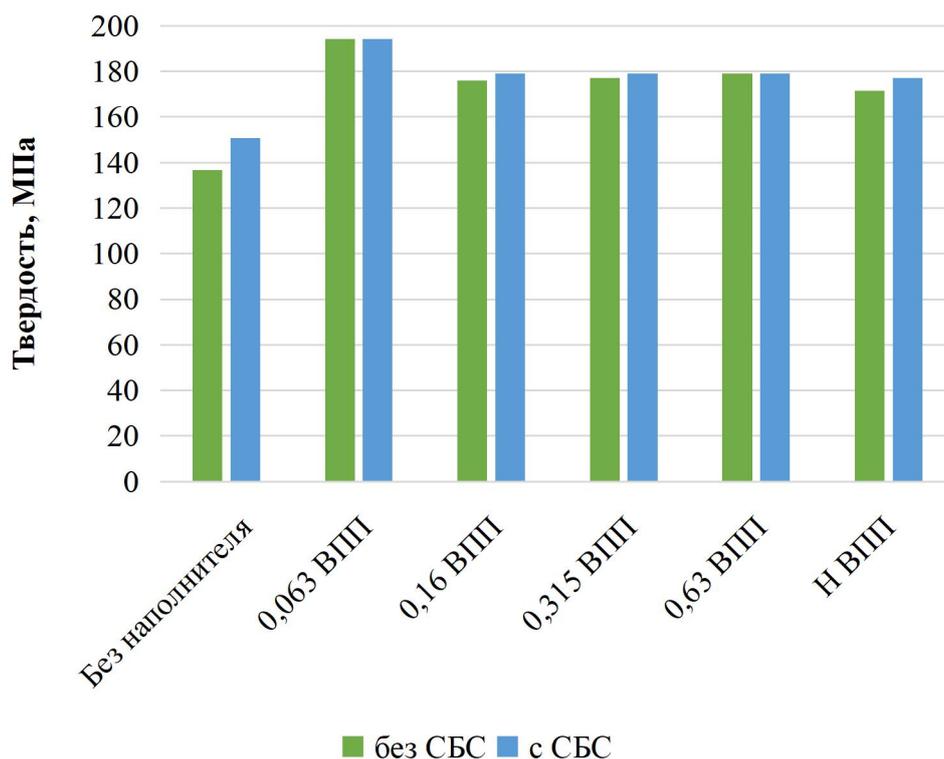


Рис.2. Твердость ПВХ-композиций

Таким образом, результаты проведенных исследований показали, что использование ВПП позволило добиться повышения основных эксплуатационных и технологических характеристик.

Библиографический список:

1. Исламов А. М., Фахрутдинова В. Х., Абдрахманова Л. А., Закирова К. И. Поверхностная модификация поливинилхлорида водной коллоидной дисперсией графеновых нанопластинок // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2021. – № 2(56). – С. 13-21. – DOI 10.52409/20731523_2021_2_13.

2. Хантимиров А.Г., Сулейманов А.М., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хохряков О.В. Влияние модификации на долговечность поливинилхлоридных древесно-полимерных композитов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – № 3(65). – С. 26-35. – DOI 10.52409/20731523_2023_3_26.

3. Исламов А.М., Закирова Г.В., Фахрутдинова В.Х., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Исследование градиентных материалов на основе ПВХ и диглицидилового эфира 1,4-бутандиола // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – № 3(45). – С. 189-195.

4. Исламов А.М., Сучкова Е.А., Мурсалимова Д.Р., Валиева Д.М. Структура материалов на основе поливинилхлорида, модифицированного

полиизоцианатом // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 6. – С. 20-24. – DOI 10.55421/1998-7072_2023_26_6_20.

5. Пат. 272197 SU. Способ получения ударопрочного полимера / С. Меникава, К. Ямагучи, К. Тойомото, Э. Фуджимото, Н. Накаяма; Патентообладатель Асахи Касеи Когио Кабусики Каиша – 1206405/23-5, заявл. 27.07.1967; обпубл. 26.05.1970, Бюл. № 18 – С. 7.

6. Галеев Р.Р., Абрахманова Л.А., Низамов Р.К. Вспученный перлитовый песок: особенности модификации поливинилхлоридных композиций. Известия КГАСУ. 2016. Т. 36. № 2. С. 166-171.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ДПК НА ОСНОВЕ ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА И ПОЛИЭТИЛЕНА НА ОТЕЧЕСТВЕННОМ РЫНКЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

МИФТАХОВА Динара Ильдаровна

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, dilaranurlat@mail.ru

АБДРАХМАНОВА Ляйля Абдулловна

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, laa@kgasu.ru

COMPARATIVE ANALYSIS OF PRODUCTION AND CONSUMPTION OF WPC BASED ON POLYVINYL CHLORIDE AND POLYETHYLENE IN THE DOMESTIC BUILDING MATERIALS MARKET

MIFTAKHOVA Dinara I.

Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, dilaranurlat@mail.ru

ABDRAKHMANOVA Lyayla A.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, laa@kgasu.ru

Полимерные строительные композиты заслуженно занимают в настоящее время одно из ведущих мест среди композиционных материалов, предназначенных для применения в гражданских отраслях экономики. Мировой рынок ДПК ежегодно растет в среднем примерно на 8% в объемном выражении. Сравнительному анализу ДПК на основе ПЭ, ПП и ПВХ посвящен ряд обзорных работ, опубликованных в работах Аскадского А.А., с соавторами [1-3]. В представленных работах дается сравнительный анализ эксплуатационно-технических показателей ДПК на основе различных полимеров.

Целью данного исследования является составление аналитического обзора по производству и потреблению ДПК в России на основе двух видов полимеров (полиэтилена и поливинилхлорида) с учетом следующих параметров:

- структура потребляемых полимеров;
- степень наполнения композиций древесным наполнителем в зависимости от вида полимерной матрицы;
- номенклатура выпускаемых изделий из ДПК;
- районирование производств ДПК на территории Российской Федерации;
- ценовая политика производства изделий из ДПК;

- основные технические показатели наиболее крупных производителей древесно-полимерной продукции.

В результате анализа выявлено:

1. Строительных видов изделий на основе ПВХ выпускается 32 наименования, на основе ПЭ -12, на основе других видов полимеров (АБС, ПП и др.) -3. В процентном отношении диаграмма потребления полимеров для строительных видов продукции представлена на рисунке.



Рис.1. Структура потребления термопластичных полимеров для производства продукции строительного назначения из ДПК

1. Максимальная степень наполнения древесной мукой композиций на основе ПЭ достигает 70%, а для ПВХ – 50%. Хотя следует отметить, что зарубежные производители наполняют ПВХ древесной мукой до 70-75%.

2. По виду выпускаемой продукции на российском рынке преобладает террасная доска (более 23%), сайдинг (почти 17%), а также ограждения и заборные доски (до 15%). Кроме того, практически все предприятия выпускают и комплектующие для производимых видов изделий.

3. Более всего предприятия-производители ДПК продукции сосредоточены в Центральном (46%), Приволжском (32%) и Сибирском (9%) Федеральных округах.

4. Цены на изделия из ДПК на отечественном рынке колеблются примерно от 3500 руб/куб.м до 5600 руб/куб.м в зависимости от вида продукции(наибольшей стоимостью обладают ступени, фасадные панели и террасные доски).

Библиографический список:

1. Мацеевич Т.А., Аскадский А.А. Механические свойства террасной доски на основе полиэтилена, полипропилена и поливинилхлорида// Строительство: наука и образование. – 2017. – Т. 24. – № 3. – С. 48-59.

2. Мацеевич Т.А., Аскадский А.А. Террасные доски: состав, изготовление, свойства. Часть 1. Механические свойства // Строительные материалы. – 2018. – № 1-2. – С. 101-105.

3. Мацеевич Т.А., Аскадский А.А. Террасные доски: состав, изготовление, свойства. Часть 2. Термические свойства, водопоглощение, истираемость, твердость, устойчивость к климатическим воздействиям, использование вторичных полимеров // Строительные материалы. – 2018. – № 3. – С. 55-61.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА ДЕГАЗАЦИИ ПРИ ЭКСТРУЗИИ НА СВОЙСТВА ДРЕВЕСНОПОЛНЕННЫХ ПВХ-КОМПОЗИТОВ

МУРСАЛИМОВА Диана Рамилевна

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, diana.mursalimova0907@gmail.com

ХАНТИМИРОВ Аяз Габдрашитович

к.т.н., ассистент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, khantimirov94@mail.ru

АБДРАХМАНОВА Ляйля Абдулловна

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, laa@kgasu.ru

ИСЛАМОВ Анвар Махмутович

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, islamovam@kgasu.ru

ASSESSMENT OF THE EFFECT OF THE DEGASSING PROCESS DURING EXTRUSION ON THE PROPERTIES OF WOOD-FILLED PVC COMPOSITES

MURSALIMOVA Diana R.

Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, diana.mursalimova0907@gmail.com

KHANTIMIROV Ayaz G.

Candidate of Technical Sciences, assistant, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, khantimirov94@mail.ru

ABDRAKHMANOVA Laylya A.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, laa@kgasu.ru

ISLAMOV Anvar M.

Candidate of Technical Sciences, docent, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, islamovam@kgasu.ru

За последние годы на российском рынке строительных материалов наблюдается резкий рост востребованности древесно-полимерных композитов. Древесно-полимерный композит (ДПК) - композиционный материал на основе термопластов и органического наполнителя с функциональными добавками [1, 2, 6].

Формование изделий из термопластичных ДПК может осуществляться несколькими методами: экструзией, литьем под давлением, горячим прессованием и каландрированием. Основным методом переработки ДПК является экструзия, широко применяющийся при выработке полимерных

листов и пленок, но особенно эффективен для выпуска профильно-погонажных изделий. Экструзия может осуществляться как с естественной, так и с принудительной дегазацией [3, 5].

Одной из актуальных проблем, возникающих при переработке сырья экструдерами, является возникновение пор в материале как следствие наличия в исходном сырье излишней влаги. Для устранения данной проблемы при экструзии используют естественную (свободную) и принудительную дегазацию, которыми оснащаются экструзионные машины [4].

Для ДПК эта проблема особо актуальна, так как в древесной муке всегда содержится остаточная свободная влага в количестве 1-2%, кроме того, при переработке ДМ нагревается до температуры 200 °С, за счет чего из внутренней структуры древесины выделяется связанная вода.

В работе был использован двухшнековый экструдер LabTechScientific LTE 16-40 с дегазирующей камерой. При использовании принудительной дегазации в рабочей камере создавалось давление вакуума 0,8 бар.

Целью работы явилось установление зависимости технологических и эксплуатационных свойств ДПК в зависимости от вида используемой дегазации при экструзии.

Результаты испытаний образцов ДПК при использовании естественной и принудительной дегазации приведены в таблице 1.

Таблица 1

Свойства полученных ДПК

Показатель	Без дегазации	С дегазацией
Прочность на растяжение, МПа	32	41,3
Прочность при изгибе, МПа	50	73
Водопоглощение, %	1,68	1,06
Плотность, г/см ³	1,16	1,39
Твердость по Бринеллю, кг/см ²	85	175
Истираемость, мкм	2160	1704
Разбухание по толщине	1,06	0,9
Ударная вязкость, кДж/м ²	8,8	11,5
Скорость вращения шнеков, об/мин	20	20
Загрузка двигателя от макс. мощности, %	30	35
Давление в фильере, бар	20	21

Использование принудительной дегазации значительно повышает прочностные характеристики. Рост прочности при растяжении составил 29%, при изгибе – на 46%. Также получение более плотной структуры композита в значительной степени снижает водопоглощение образцов (с 1,68 до 1,06%), что положительно сказывается на долговечности ДПК. Кроме того, выявлен более чем двукратный рост твердости по Бринеллю и увеличение ударной вязкости на 31%, что значительно повышает стойкость к динамическим нагрузкам.

Снятые с датчиков экструдера показания технологических параметров позволяют сделать вывод о том, что принудительная дегазация приводит к некритичному росту загрузки двигателя и давления в фильтре за счет течения плотного расплава без воздушных включений.

Библиографический список:

1. Хантимиров А.Г., Сулейманов А.М., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хохряков О.В. Влияние модификации на долговечность поливинилхлоридных древесно-полимерных композитов // Известия КГАСУ. 2023. № 3(65). С. 26-35.

2. Хантимиров А.Г., Абдрахманова Л. А., Хозин В. Г. Наполнение древесно-полимерных композитов базальтовыми волокнами // Известия вузов. Строительство. 2022. №10. С. 5–13.

3. Абдрахманова Л.А., Хузиахметова К.Р., Валиева Д.М., Низамов Р.К. Влияние природы сополимеров на структуру модифицированных поливинилхлоридных композитов // Известия вузов. Строительство. 2023. № 11(779). С. 34-41.

4. Хантимиров А.Г., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хозин В.Г. Древесно-полимерные композиты на основе поливинилхлорида, усиленные базальтовой фиброй // Известия КГАСУ. 2022. № 3 (61). С.75-81.

5. Матвеев К.С., Хузиахметова К.Р., Низамов Р.К. Экструзия как способ переработки полимерных композитов // Теория и практика повышения эффективности строительных материалов: Материалы XVIII Международной научно-технической конференции молодых учёных, посвященной памяти профессора В.И. Калашникова. 2023. С. 134-139.

6. Исламов А. М., Фахрутдинова В. Х., Абдрахманова Л. А., Закирова К. И. Поверхностная модификация поливинилхлорида водной коллоидной дисперсией графеновых нанопластинок // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. № 2(56). С. 13-21.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФЕНОЛФОРМАЛЬДЕГИДНОЙ СМОЛЫ НА СВОЙСТВА ВИБРОПОГЛОЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ БУТИЛКАУЧУКА

РОГОЖКИН Роман Сергеевич

аспирант, младший научный сотрудник Вятского государственного университета, Киров, Россия, r.rogozhkin1@mail.ru

ВАРАНКИНА Дарья Александровна

аспирант, младший научный сотрудник Вятского государственного университета, Киров, Россия, gasha.1998.varankina@mail.ru

ЮРКИН Юрий Викторович

к.т.н, доцент, завкафедрой СКМ Вятского государственного университета, Киров, Россия, yurkin@vyatsu.ru

STUDYING THE INFLUENCE OF PHENOLFORMALDEHYDE RESIN ON THE PROPERTIES OF VIBRATION-ABSORBING MATERIALS BASED ON BUTYL RUBBER

ROGOZHKIN Roman S.

Graduate Student, junior researcher at Vyatka State University, Kirov, Russia, r.rogozhkin1@mail.ru

VARANKINA Daria A.

Graduate Student, junior researcher at Vyatka State University, Kirov, Russia, gasha.1998.varankina@mail.ru

YURKIN Yuri V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of BSM, Vyatka State University, Kirov, Russia, yurkin@vyatsu.ru

Аннотация: Вибропоглощающие материалы помогают снизить уровень шума и вибраций, делая жизнь комфортнее и безопаснее. Цель данной статьи — определить влияние фенолформальдегидной смолы на параметры вулканизации и динамические механические свойства вибропоглощающих материалов на основе бутилкаучука. Для исследования использовались реометр Rheo-Line Moving Die Rheometer и разрывная машина Autograph AG-X 5 кН фирмы Shimadzu. Изучены кинетика вулканизации и влияние различных компонентов на свойства резиновой смеси.

Ключевые слова: вибропоглощающий материал, вулканизирующая группа, фенолформальдегидная смола, бутилкаучук.

Введение. Вибропоглощающий материал способен поглощать вибрации и шум. Он используется в машиностроении, автомобильной, электронной, телекоммуникационной и аэрокосмической промышленности, строительстве и

архитектуре [1], медицине и других областях.

Вибропоглощающие материалы преобразуют механическую энергию колебаний в тепло. Они состоят из полимеров, резины, металлов или композитных материалов [2]. Могут быть в виде листов, плит, пен или специальных покрытий. Эти материалы снижают вибрации и делают среду, где они применяются, комфортнее и безопаснее.

Вулканизирующая группа вибропоглощающих материалов может улучшать их устойчивость к динамическим нагрузкам, амортизацию и химическую стойкость. Фенолформальдегидная смола — один из вулканизирующих агентов в составах на основе бутилкаучука.

Цель исследования: изучить влияние октилфенолформальдегидной смолы на свойства вибропоглощающих материалов.

Методы. Рецепт для проведения исследования представлена в таблице 1.

Таблица 1

Исследуемая рецептура

Компонент	Количество, м.ч.
БК-1675Н	90
ХБК-139	10
Индустриальное масло И-40	35
Мел МИКАРБ	45
ТУ П-803	110
Октилфенолформальдегидная смола SP-1045	20-40

Смешивание компонентов происходило в микросмесителе Brabender при температуре 110 °С и скорости 60 об/мин в течение 20 минут. Затем образцы помещались в гидравлический пресс и выдерживались при температуре 190 °С в течение времени, определённого по показаниям реометра. Далее из образцов вырубались лопатки для проведения испытаний.

Исследования на механическое растяжение проводились на испытательной машине Autograph AG-X 5 кН фирмы Shimadzu по ГОСТ 270-75.

Циклической деформации до 100% растяжения образцы подвергались на том же оборудовании в соответствии с ГОСТ 252-75. Удельная демпфирующая способность — это отношение энергии, которая рассеивается за пять циклов, к упругой или потенциальной энергии, накопленной за этот цикл [3].

Результаты исследований, их обсуждение. Были созданы образцы со смолой в количестве от 20 до 40 массовых частей на 100 массовых частей каучука. Изучена кинетика вулканизации (см. рисунок 1).

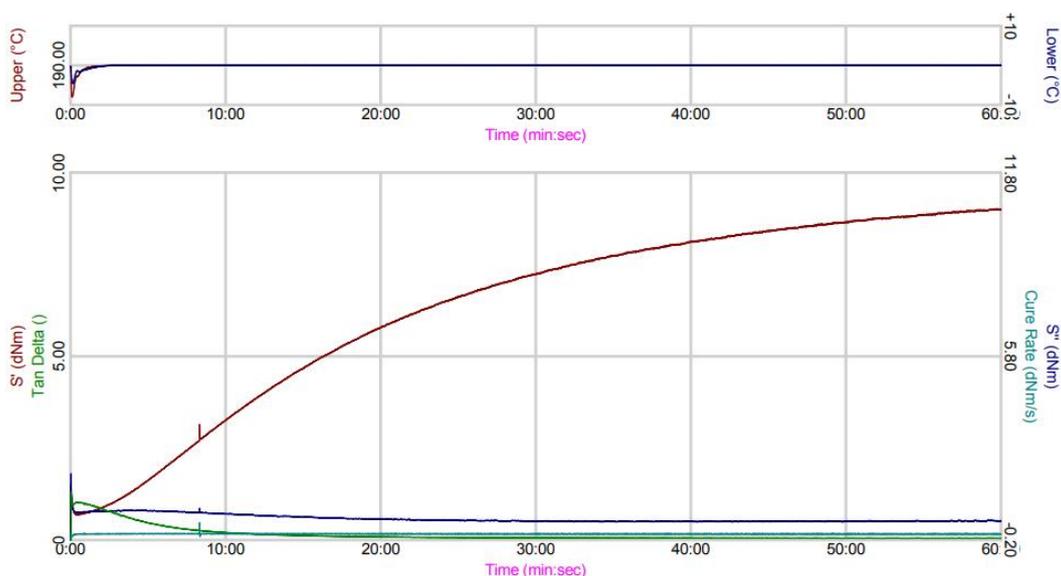


Рис.1. Кинетика вулканизации для резины с 20 м.ч. смолы на 100 м.ч. каучука

Выявлено оптимальное время вулканизации – 60 минут.

Испытания на разрывной машине показали, что при увеличении концентрации смолы с 20 до 40 м.ч. относительное удлинение при разрыве уменьшается (с 540 до 310%), а удельная демпфирующая способность и модуль упругости при 100% деформации растут (с 0,3 до 0,46 у.е. и с 1,27 до 2,83 МПа соответственно).

Выводы. В работе изучены процесс вулканизации и динамические механические свойства вибропоглощающих материалов на основе бутилкаучука. В качестве вулканизирующего агента использовалась фенолформальдегидная смола в различной концентрации. В результате было установлено изменение исследуемых характеристик в зависимости от концентрации смолы в составе.

Библиографический список:

1. Erofeev, V., Shafigullin, L., & Bobrishev, A. (2018). Investigation of Noise - Vibration-Absorbing Polymer Composites Used in Construction. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 463, 042034. doi:10.1088/1757-899x/463/4/042034.
2. Negmatov S. et al. Vibration damping composition polymer materials and coatings for engineering purpose //E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – Т. 264. – С. 05034. doi.org/10.1051/e3sconf/202126405034
3. Liu S, Li A, He S, Xuan P. Cyclic compression behavior and energy dissipation of aluminum foam–polyurethane interpenetrating phase composites. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing. 2015;78: 35-41. – DOI:10.1016/j.compositesa.2015.07.016.

УСТАНОВЛЕНИЕ ГРАДУИРОВОЧНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ПРИ ИСПЫТАНИИ НА ИСТИРАНИЕ ДРЕВЕСНО-ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИТОВ

СУЧКОВА Екатерина Андреевна

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, katasuckova2004@gmail.com

ХАНТИМИРОВ Аяз Габдрашитович

к.т.н., ассистент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, khantimirov94@mail.ru

АБДРАХМАНОВА Ляйля Абдулловна

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, laa@kgasu.ru

ESTABLISHING A CALIBRATION DEPENDENCE WHEN ABRASION TESTING WOOD-POLYMER COMPOSITES

SUCHKOVA Ekaterina A.

Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, katasuckova2004@gmail.com

KHANTIMIROV Ayaz G.

Candidate of Technical Sciences, assistant, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, khantimirov94@mail.ru

ABDRAKHMANOVA Laylya A.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, laa@kgasu.ru

Древесно-полимерный композит ДПК – это композиционный материал на основе термопластичных полимеров, органического наполнителя, главным образом, древесной муки, получаемой измельчением отходов лесопромышленной отрасли, и функциональных добавок [1, 2]. Основное изделие из ДПК - террасная доска (декинг), которая используется в качестве напольного покрытия для дорожек и променадов, летних веранд, беседок и пр., то есть подвергается целому комплексу неблагоприятных воздействий. Кроме того, в местах с высокой проходимостью декинг подвергается также и интенсивному истиранию [3, 4].

Для оценки абразивного воздействия на ДПК на основе ПВХ на сегодняшний день существуют следующие нормативы для определения показателя истираемости: ГОСТ 11529-2016. «Материалы поливинилхлоридные для полов. Методы контроля» и ГОСТ 11012-2017 «Пластмассы. Метод испытания на абразивный износ». В связи с тем, что

декинг является именно напольным покрытием, более корректным будет использование ГОСТ 11529-2016.

В качестве оборудования для испытаний используется истирающая машина, состоящая из полого цилиндра с закрепленной на нем шлифовальной шкуркой из нормального электрокорунда марок 15А-13А зернистостью 8Н и патрона с держателем, в который вставляется образец. Шлифовальная шкурка состоит из хлопчато-бумажной основы, двухслойного связующего для удержания абразивного зерна на основе, шлифовального материала и специального покрытия, предотвращающего забивание шлифовальной шкурки.

Однако, абразивная способность шкурки не является постоянной и зависит от количества испытанных на данной шкурке образцов. Тем не менее, в ГОСТ 11529-2016 отсутствует информация о снижении абразивности шкурки, и в связи с этим расчет истираемости без введения поправочных коэффициентов дает недостоверные результаты. Таким образом, были проведены испытания большого количества контрольных образцов ДПК-ПВХ (50 шт.) на одной шлифовальной шкурке и получена градуировочная зависимость истираемости базового состава ДПК от количества проведенных испытаний (рисунок 1).

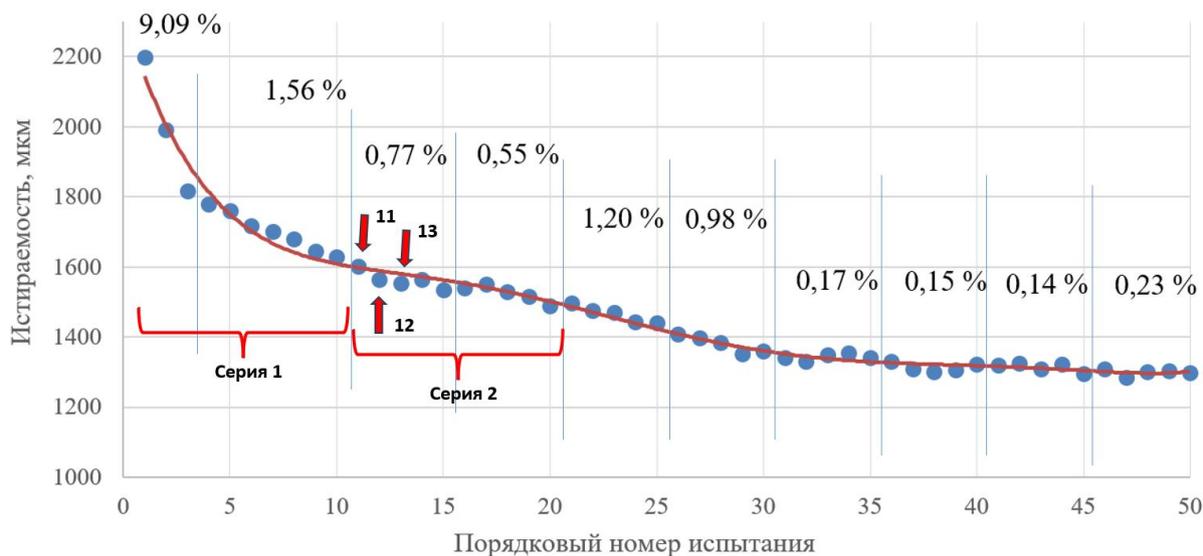


Рис.1. Изменение истирающей способности шлифовальной шкурки

Из графика видно, что для первых трех образцов истираемость резко уменьшается, что связано с повышенным осыпанием непрочно склеенных частиц электрокорунда. Далее кривая зависимости начинает принимать более пологий характер, при чем до 30-го испытания среднее изменение истираемости составляет от 0,55 до 1,56%, а при дальнейших испытаниях наблюдается минимальное снижение данного показателя (0,14-0,23%).

Данная градуировочная зависимость дает понимание о необходимости введения поправочных коэффициентов, которые учитывали бы изменение абразивной способности истирающей шкурки для исключения накопления большой погрешности.

Для этого необходимо ввести два поправочных коэффициента.

Первый должен учитывать корреляцию между истираемостью контрольных составов при испытании каждой серии.

К примеру, истираемость базового состава при первом испытании составляет 2200 мкм, это будет эталоном. Далее испытывается первая серия экспериментальных образцов, допустим их будет 9 (итого в первой серии будет 10 экспериментов). При испытании второй серии образцов обязательно необходимо испытать заново контрольный состав. К примеру, он составил 1630 мкм и идет под номером 11. Соответственно, для перевода 1630 мкм в эталонные 2200 мкм мы вводим поправочный коэффициент $K_1=1,35$, на который умножаем каждый из получившихся результатов второй серии образцов.

Затем уже внутри отдельно взятой серии необходимо для каждого полученного результата вводить свой индивидуальный коэффициент K_2 в зависимости от номера испытания, проведенной для данной шлифовальной шкурки.

Например, для показателя истираемости образца №12 необходимо для начала умножить на $K_1 = 1,35$, затем разделить на $K_2 = 0,9923$ ($1 - 0,0077$). Для образца №13 второй коэффициент будет учитывать сумму поправок для 12-го и 13-го образцов. То есть $1 - 0,0077 \cdot 2 = 0,9846$. Итого для образца 13 результат умножаем на $K_1 = 1,35$ и делим на $K_2 = 0,9846$. Для показателей последующих образцов расчет необходимо вести по аналогии.

Таким образом, были проведены испытания базовой композиции ДПК на основе ПВХ на истираемость и построена градуировочная зависимость данного показателя от количества проведенных испытаний. В результате анализа графика были введены 2 поправочных коэффициента K_1 и K_2 , максимально точно учитывающие износ шлифовальной шкурки при абразивном воздействии.

Библиографический список:

1. Хантимиров А.Г., Абдрахманова Л. А., Хозин В. Г. Наполнение древесно-полимерных композитов базальтовыми волокнами // Известия вузов. Строительство. 2022. №10. С. 5–13.
2. Мацеевич Т.А., Аскадский А.А. Террасные доски: состав, изготовление, свойства. Часть 2. Термические свойства, водопоглощение, истираемость, твердость, устойчивость к климатическим воздействиям, использование вторичных полимеров // Строительные материалы. 2018. № 3. С. 55-61.
3. Хантимиров А.Г., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хозин В.Г. Древесно-полимерные композиты на основе поливинилхлорида, усиленные базальтовой фиброй // Известия КГАСУ. 2022. № 3 (61). С.75-81.
4. Исламов А.М., Сучкова Е.А., Мурсалимова Д.Р., Валиева Д.М. Структура материалов на основе поливинилхлорида, модифицированного полиизоцианатом // Вестник Технологического университета. 2023. № 6. С.20-24.
5. Хантимиров А. Г., Сулейманов А. М., Абдрахманова Л. А., Низамов Р.К., Хохряков О.В. Влияние модификации на долговечность поливинилхлоридных древесно-полимерных композитов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2023. № 3(65). С. 26-35.

ПРОГНОЗ СТАРЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ БИТУМОВ

ХАБИБУЛЛИНА Вера Сергеевна

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, khabibullina.vera.2003@mail.ru

АЮПОВ Дамир Алиевич

к.т.н., доцент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, ayupov_damir@rambler.ru

THE FORECAST OF AGING OF MODIFIED BITUMEN

KNABIBULLINA Vera S.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, khabibullina.vera.2003@mail.ru

AYUPOV Damir A.

Candidate of Engineering, docent, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, ayupov_damir@rambler.ru

Одним из недостатков нефтяного битума является его склонность к старению в период эксплуатации, что отражается на свойствах строительных материалов на его основе. Например, свойства гидроизоляционных покрытий, в первую очередь, определяются свойствами вяжущего [1-2].

В работе изучалась долговечность составов с различными полимерными модификаторами.

Существуют различные методики оценки долговечности дорожных битумных вяжущих [3]. В нашем исследовании долговечность разработанных битумполимерных вяжущих оценивалась по методике ГОСТ 9.707-81 «Единая система защиты от коррозии и старения. Материалы полимерные. Методы ускоренных испытаний на климатическое старение», основанной на оценке изменения показателей свойств материалов при старении, предназначенной для полимерных материалов, но подходящей и для других, например, битумных.

Ключевым критерием для определения марки битумных вяжущих является показатель пенетрации, поэтому он был выбран для определения старения.

Испытания проводились при температурах: 95-125 °С и 65%-ной влажности воздуха. Минимальная температура испытаний была выбрана выше максимальной температуры нагрева кровельного ковра в летний период времени, составляющей 70 °С [4]. Максимальная температура испытаний была выбрана на 10 °С ниже температуры фазовых или релаксационных переходов, то есть температуры плавления битума.

В процессе экспериментального изучения модифицированных вяжущих были построены зависимости изменения пенетрации от времени испытаний при выбранных температурах.

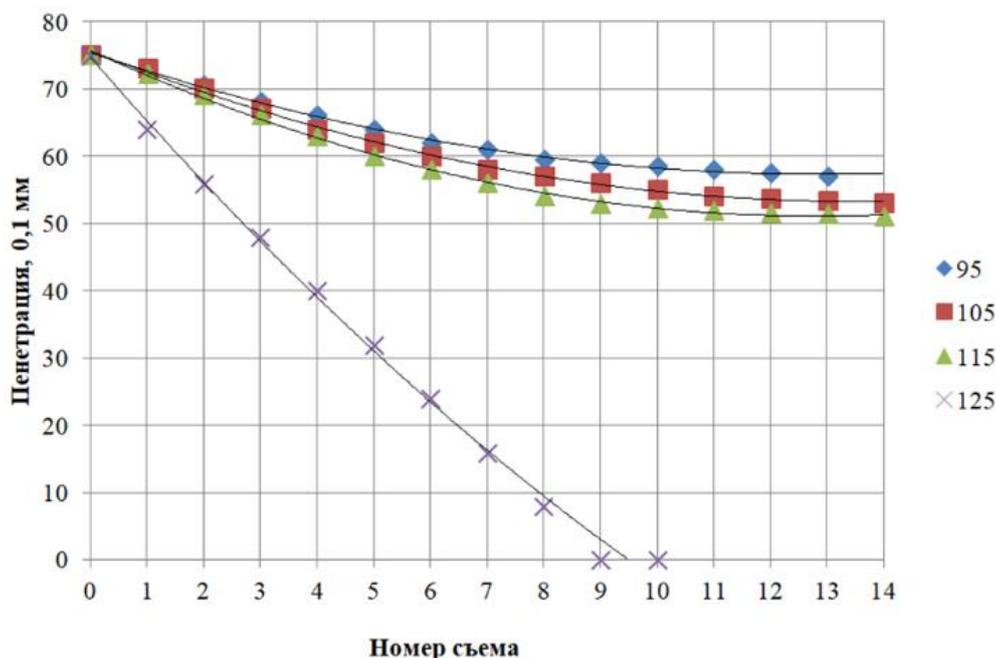


Рис.1. Изменение пенетрации от продолжительности старения состава Б+ЭД-20

Падение пенетрации образцов во времени говорит об их возрастающей твёрдости. Поскольку при 125 °C интенсифицируется реакция эпоксигруппы с карбоксильной группой асфальтенов битума, вяжущее интенсивно твердеет.

После этого, согласно методике, по полученным кривым определяли время старения до пяти произвольных значений пенетрации.

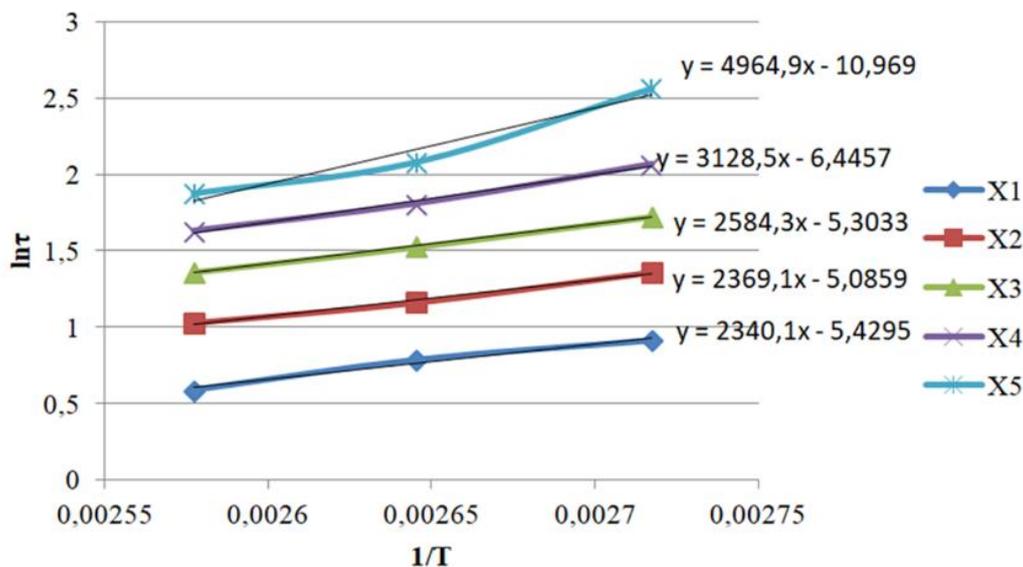


Рис.2. Изменение пенетрации от продолжительности старения состава Б+ЭД-20

Вычислив для каждой пенетрации и каждой пары соседних температур энергию активации, строили график зависимости $\ln \tau = f(1/T)$ и аппроксимировали функцию уравнением прямой, после чего строили график.

Кривые прогноза представляют собой зависимости величины остаточной пенетрации α_i от $\tau/1.5$, где τ – время старения в годах.

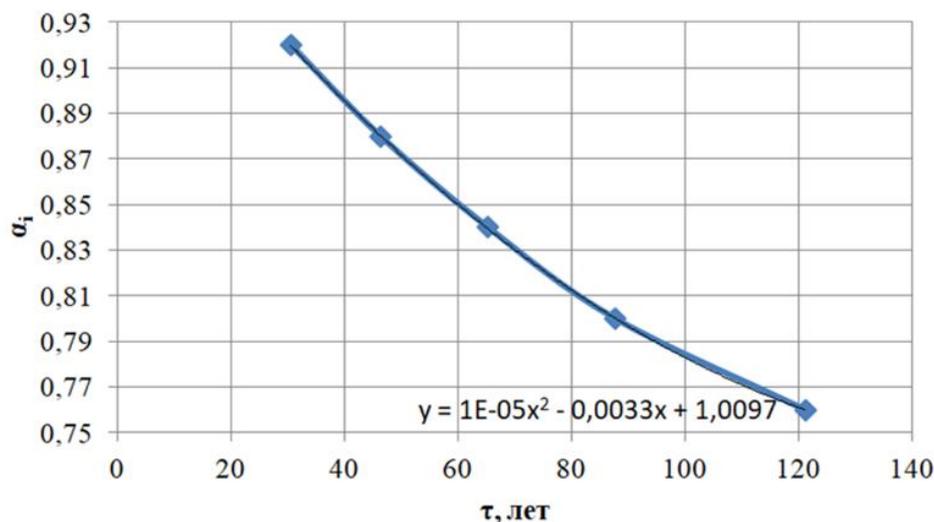


Рис.3. Кривая прогноза старения вяжущего Б+ЭД-20

Аналогичные кривые прогноза также были построены и для других вяжущих, что позволило провести сравнительную оценку долговечности разработанных битумполимерных композиций.

Выбранная методика является удобным и достаточно экспрессным методом оценки склонности битумных вяжущих к термоокислительному и термодистилляционному старению.

Библиографический список:

1. Буланов П.Е., Мавлиев Л.Ф., Вдовин Е.А., Баранов В.А. Влияние эластомера на динамическую вязкость полимерно-битумных вяжущих: сб. ст. Транспорт и логистика устойчивого развития территорий, бизнеса, государства (драйверы роста, тренды и барьеры). Материалы II Международной научно-практической конференции. Москва, 2023. С. 49-51

2. Брызгалов Н.И., Кемалов А.Ф. Особенности системы объемного проектирования асфальтобетонной смеси по технологии Superpave и определение марки PG битумного вяжущего // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. 2023. Т. 20. № 2 (90). С. 278-290.

3. Симчук Е.Н., Харпаев А.В., Рожков И.М. Современные подходы к моделированию старения битумных вяжущих материалов в лабораторных условиях // Дороги и мосты. 2022. № 2 (48). С. 274-306.

4. Воронин, А.М. Орлов Ю.Н. Факторы, влияющие на температуру поверхности плоских кровель. // Стройпрофиль, 2008. № 5.

СОВМЕЩЕНИЕ ПОРОШКООБРАЗНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ СО СМЕСЬЮ ПОЛИМЕРОВ

ХУЗИАХМЕТОВА Карина Рустамовна

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, karina261996@mail.ru

МАТВЕЕВ Константин Сергеевич

студент Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, kosma8@bk.ru

НИЗАМОВ Рашит Курбангалиевич

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, nizamov@kgasu.ru

COMBINING POWDERED FILLERS WITH A MIXTURE OF POLYMERS

KHUZIACHMETOVA Karina R.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, ivanov@mail.ru

MATVEEV Konstantin S.

Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, kosma8@bk.ru

NIZAMOV Rahit K.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, nizamov@kgasu.ru

Поливинилхлорид (ПВХ) является одним из самых распространенных полимеров, используемых в строительстве [1]. Для того, чтобы обеспечить длительный срок службы изделий, эти материалы должны иметь высокую прочность, стойкость к ультрафиолетовому излучению, агрессивным средам и атмосферным воздействиям [2]. Для достижения требуемых свойств в рецептуры всегда вводятся различные компоненты. Кроме наполнителей и стабилизаторов, в их состав входят внутренние и внешние смазки, модификаторы ударной прочности, которые представляют собой сополимеры различной структуры [3, 4]. Например, одним из эффективных модифицирующих сополимеров для ПВХ являются термоэластопласты, которые используются для модификации различных материалов [5]. Таким образом, можно считать, что все жесткие ПВХ-композиции – это смеси полимеров.

Распределение наполнителей в смеси полимеров зависит от способа смешивания. Размер частиц, их сродство к полимерам и соотношение вязкостей компонентов влияют на равномерность распределения. Введение наполнителей

в смесь полимеров может осуществляться различными способами, включая добавление их только в один полимер или частичное добавление в оба полимера с последующим смешиванием. Это позволяет контролировать соотношение вязкостей полимеров. Однако такой подход часто требует дополнительных операций, что ограничивает его применение на производстве.

Различное средство полимера с наполнителями проявляется в разной степени смачивания полимером поверхности наполнителя. Чем лучше смачивание (меньший краевой угол смачивания, большая теплота смачивания), тем больше частиц наполнителя концентрируется в фазе данного полимера. Разница в вязкостях смешиваемых полимеров приводит к тому, что при наложении сдвиговых деформаций в смесительном оборудовании больше деформируется фаза полимера с меньшей вязкостью. Чем больше деформируется данная фаза, тем чаще она контактирует с частицами наполнителя, лучше их смачивает и вовлекает в объем фазы [6].

В данной работе рассмотрено два совмещения наполнителя со смесью полимеров на основе ПВХ и модификатора ударной прочности (МУП), представленных на рис. 1.

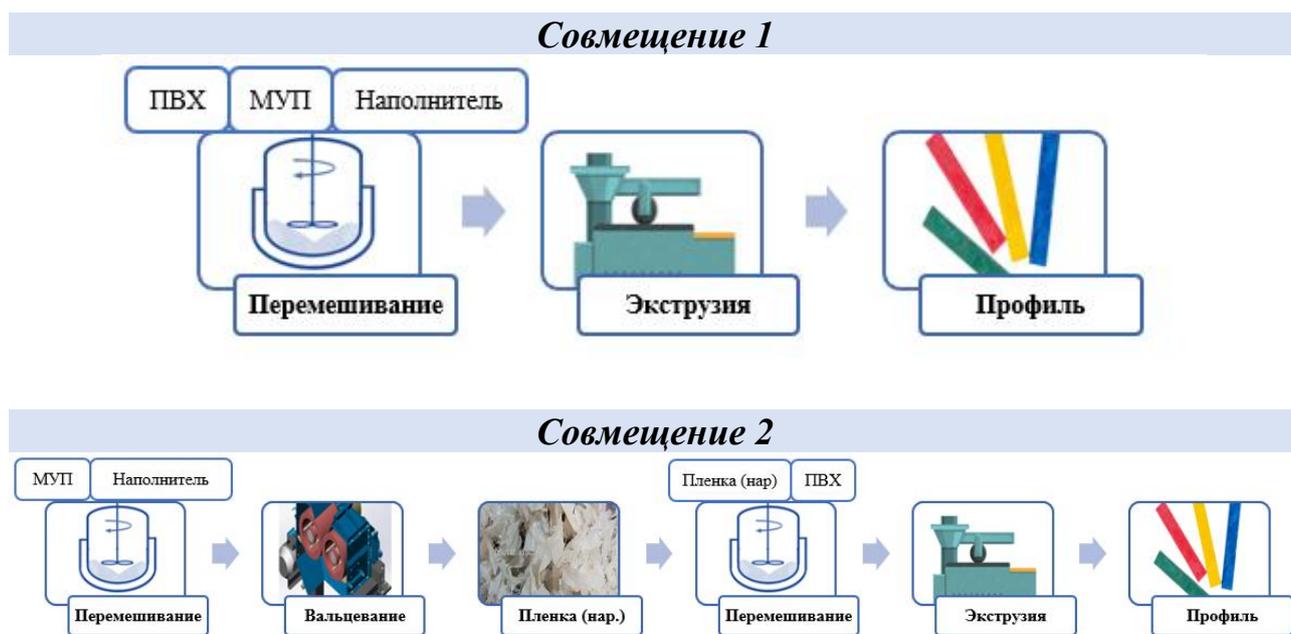


Рис.1. Способы совмещения

Визуально был оценен внешний вид образцов в зависимости от совмещения. По данным способам были получены образцы с глянцевой поверхностью. Однако для образцов, изготовленных по способу 2, имелись включения не проплавленных вкраплений пленки, состоящей из МУП и наполнителя (рис.2).



Совмещение 1



Совмещение 2

Рис.2. Поверхность образцов экструдатов

Библиографический список:

1. Исламов А. М., Фахрутдинова В. Х., Абдрахманова Л. А., Закирова К. И. Поверхностная модификация поливинилхлорида водной коллоидной дисперсией графеновых нанопластинок // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2021. – № 2(56). – С. 13-21. – DOI 10.52409/20731523_2021_2_13.
2. Хантимиров А.Г., Сулейманов А.М., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К., Хохряков О.В. Влияние модификации на долговечность поливинилхлоридных древесно-полимерных композитов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – № 3(65). – С. 26-35. – DOI 10.52409/20731523_2023_3_26.
3. Исламов А.М., Закирова Г.В., Фахрутдинова В.Х., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Исследование градиентных материалов на основе ПВХ и диглицидилового эфира 1,4-бутандиола // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2018. – № 3(45). – С. 189-195.
4. Исламов А.М., Сучкова Е.А., Мурсалимова Д.Р., Валиева Д.М. Структура материалов на основе поливинилхлорида, модифицированного полиизоцианатом // Вестник Технологического университета. – 2023. – Т. 26, № 6. – С. 20-24. – DOI 10.55421/1998-7072_2023_26_6_20.
5. Аюпов Д.А. Стабилизация битумполимерных дисперсий поверхностно-активными веществами // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2023. – № 2(64). – С. 17-26. – DOI 10.52409/20731523_2023_2_17.
6. Полимерные композиционные материалы : учебное пособие. Часть 2 / сост. Л.И. Бондалетова, В.Г. Бондалетов. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2020. – 130 с.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛЗУЧЕСТИ АДГЕЗИОННОГО СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ УСИЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПОЛИМЕРНЫМИ КОМПОЗИТАМИ

ШАКИРОВ Алмаз Райнурович

аспирант Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, alma-94@mail.ru

СУЛЕЙМАНОВ Альфред Мидхатович

д.т.н., профессор Казанского государственного архитектурно-строительного университета, Казань, Россия, alfred-sulejmanov@yandex.ru

PREDICTION OF CREEP OF ADHESIVE CONNECTION OF REINFORCEMENT ELEMENTS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES WITH POLYMER COMPOSITES

SHAKIROV Almaz R.

Graduate Student, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, alma-94@mail.ru

SULEJMANOV Alfred M.

Doctor of Engineering, professor, Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, Russia, alfred-sulejmanov@yandex.ru

Одним из эффективных современных методов усиления строительных конструкций является использование систем внешнего армирования (СВА) с применением углеродных композиционных материалов [1]. Технология внешнего армирования включает наклеивание высокопрочных углеродных или стеклянных материалов (тканей, лент, композитных ламелей) на поверхность усиливаемой конструкции с помощью эпоксидных адгезивов.

Самым чувствительным элементом к длительному воздействию эксплуатационных факторов, прежде всего температуры и механических напряжений, является эпоксидный адгезив, и именно он обеспечивает совместную работу всей системы. Как показано в исследованиях коллег [2], на границе контактного слоя между бетонным субстратом и эпоксидным адгезивом образуются межфазные донорно-акцепторные взаимодействия между цементом и отвердителем, новые химические связи, формируется диффузионная зона, и как следствие повышается температура стеклования самого адгезива. При этом полимерная природа адгезива предопределяет его склонность к ползучести [3, 4] и во многом вносит вклад в ползучесть всей системы усиления при воздействии длительных нагрузок.

Целью данной работы является прогнозирование ползучести адгезионного соединения элементов усиления железобетонных конструкций полимерными композитами.

Для прогнозирования ползучести адгезионных соединений, применяемых в системах внешнего армирования, адаптирован методом ступенчатых изотерм, опирающийся на принцип температурно-временной аналогии.

Согласно принципу температурно-временной аналогии при повышении температуры увеличивается подвижность макромолекул и уменьшается время их релаксации. Поэтому очень длительный релаксационный процесс можно провести за сравнительно короткое время, если повысить температуру. Из этого следует, что влияние временного фактора и температуры на свойства вязкоупругих материалов, находящихся под действием напряжений, эквивалентно. Таким образом возникает возможность сузить временной интервал эксперимента, при использовании данного принципа, для исследования и прогноза деформативности полимерных материалов [5].

Для построения обобщенных кривых прогноза ползучести адгезионных соединений элементов усиления конструкций полимерными композитами методом ступенчатых изотерм проводится экспериментальное исследование на образцах-балках, усиленных СВА. Образцы изготовлены по схеме, представленной на рисунке 1.

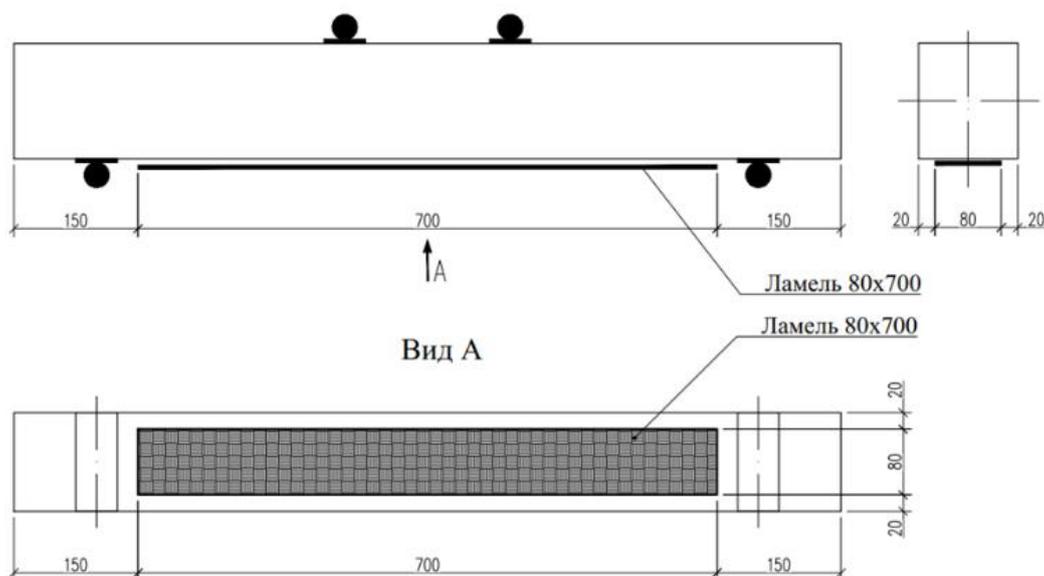


Рис.1. Схема образца

Образец устанавливают на испытательный стенд в термобарокамеру и производят нагружение образца до заданной величины статической нагрузки P_0 . Для нагрева полимерного композитного слоя используют направленный инфракрасный излучатель. Образец выдерживают при базовой температуре T_0 в течение 120 минут.

Ступенчато повышают температуру и выдерживают при температурах T_i в течение 120 минут. Температурные ступени составляют в количестве не менее шести.

Строят график ползучести образца для различных ступеней температур T_i в координатах прогиб $-f$, мм и время, с (рисунок 2 а).

Все ступени ползучести перестраиваются в координатах модуль ползучести E , кН/м - время $\ln t$, с (рисунок 2 б) со сдвигом на соответствующее время от начала измерений для каждой ступени t' ($n-1$), где n – номер ступени температуры T_i .

Модуль ползучести определяют по формуле

$$E(t) = P_0/f(t) \quad (1)$$

где P_0 – базовая статическая нагрузка;

$f(t)$ – прогиб при определенном времени.

Кривые модуля ползучести для разных ступеней температур строят на одном графике в полулогарифмической системе координат (рисунок 2 б). Обобщенную кривую модуля ползучести перестраивают в прогностическую обобщенную кривую ползучести (рисунок 2 г).

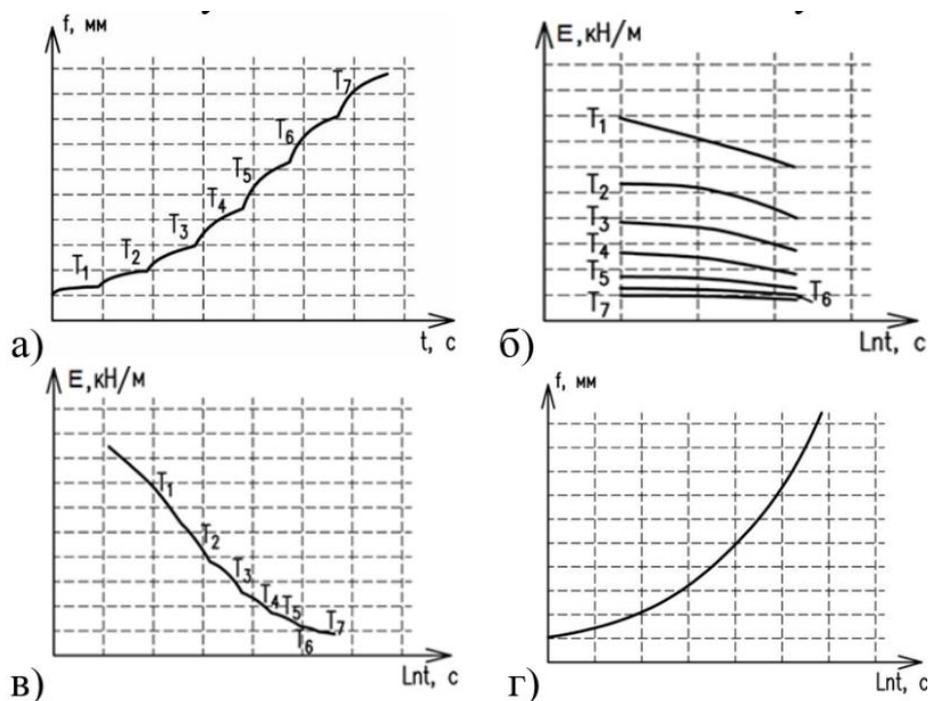


Рис.2. Схема построения обобщенной кривой для метода ступенчатых изотерм

Результаты экспериментального исследования ползучести железобетонной балки, усиленной СВА, методом ступенчатых изотерм представлены на рисунке 3. Из графиков видно, что полученные кривые модуля ползучести подобны. Это является показателем того, что испытуемый образец в заданных интервалах температур ведет себя как терморологически простая система. В то же время, из графиков видно, что при данном интервале температур не нарушается реологическое поведение материалов.

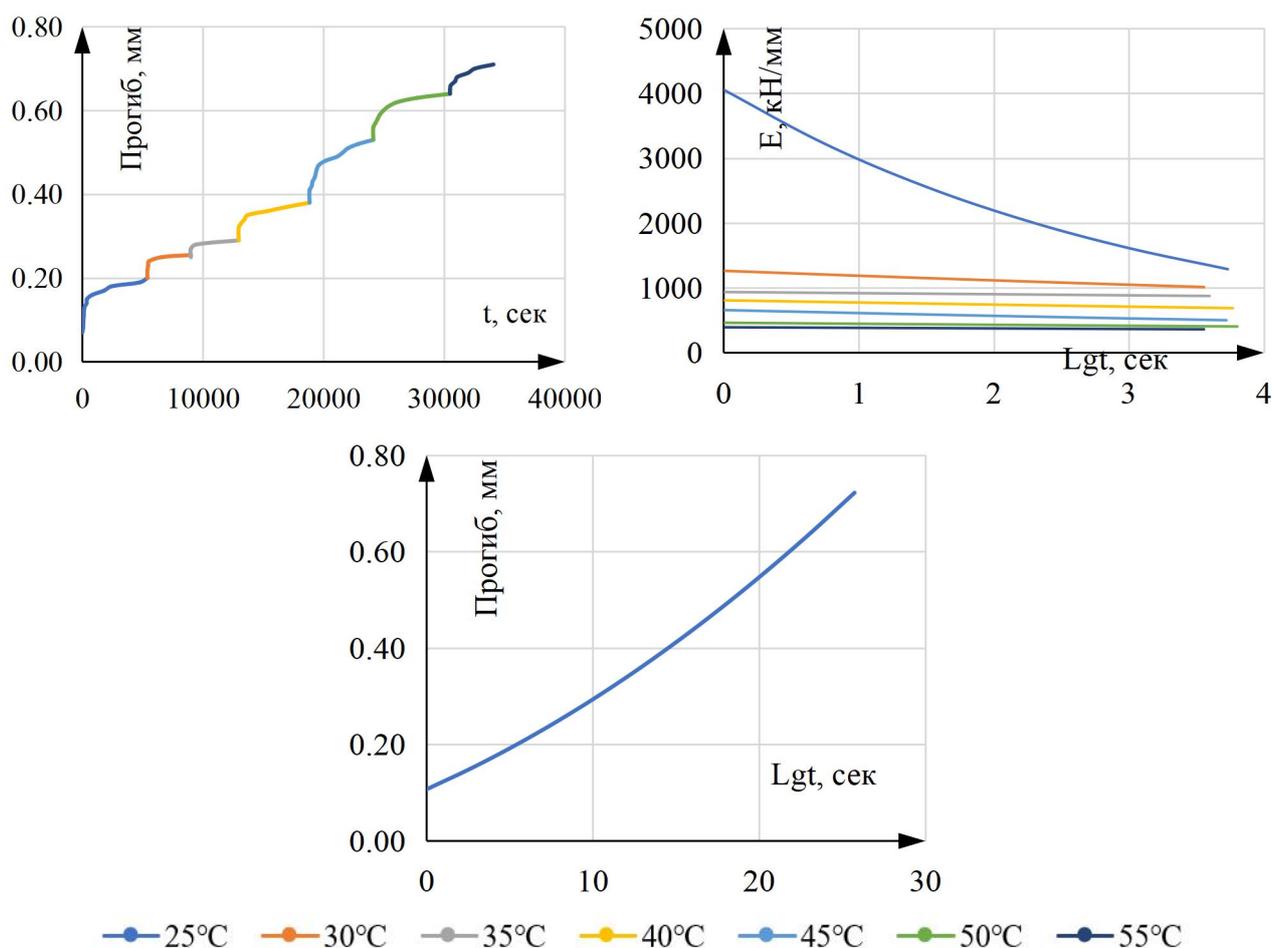


Рис.3. Построение обобщенной кривой ползучести по результатам экспериментальных исследований

Библиографический список:

1. Шилин А. А. Внешнее армирование железобетонных конструкций композиционными материалами / Шилин А. А., Пшеничный В. А., Картузов Д. В. – М., ОАО «Издательство «Стройиздат», 2007. – 181 с.
2. Cement paste–epoxy adhesive interactions. / Djouania F., Connana C., Delamara M. [et al.] // Construction and Building Materials. – 2011. – Vol. 25. – № 2. – P. 411-423.
3. Селиванова, Е. О. Экспериментальные исследования ползучести в композиционных материалах, усиливающих изгибаемые железобетонные элементы / Е. О. Селиванова, Смердов Д. Н. // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2017. – № 2 (33). – С. 95-99.
4. Analysis of the nonlinear creep behavior of concrete/FRP-bonded assemblies / Houhou N., Benzarti K., Quiertant M. [et al.] // Journal of Adhesion Science and Technology - J ADHES SCI TECHNOL. – 2014. – Vol. 28. – P. 1345-1366.
5. Уржумцев Ю. С. Прогностика деформативности полимерных материалов / Ю. С. Уржумцев, Р. Д. Максимов. – Рига : Зинатне : АН ЛатвССР, Ин-т механики полимеров., 1975. – 416 с.

УДК 656.13.054

РАЗРАБОТКА СОСТАВОВ И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ СВЕТОВОЗВРАЩАЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

ГАЛИМОВ ЭНГЕЛЬ РАФИКОВИЧ

д.т.н., профессор Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н. Туполева, Казань, Россия, [kstu-
material@mail.ru](mailto:kstu-material@mail.ru)

ГАЛИМОВА НАЗИРЯ ЯХИЕВНА

к.т.н., доцент Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н. Туполева, Казань, Россия,
89196919598@mail.ru

ШАРАФУТДИНОВА ЭЛЬМИРА ЭНГЕЛЕВНА

к.псих.н., доцент Казанского национального исследовательского
технического университета им. А.Н. Туполева, Казань, Россия,
elechkaneo@yandex.ru

DEVELOPMENT OF COMPOSITIONS AND TECHNOLOGY OF LIGHT-REFLECTING MATERIALS PRODUCTION

GALIMOV ENGEL R.

Doctor of Technical Sciences, professor, Kazan national research technical
university named after A N Tupolev, Kazan, Russia, kstu-material@mail.ru

GALIMOVA NASIRYA YA.

Candidate of Technical Sciences, Kazan national research technical university
named after A N Tupolev, Kazan, Russia, 89196919598@mail.ru

SHARAFUTDINOVA ELMIRA E.

Candidate of Psychological Sciences, Kazan national research technical
university named after A N Tupolev, Kazan, Russia, elechkaneo@yandex.ru

Во многих областях современной техники широкое применение находят световозвращающие материалы (СВМ) в виде пленок и покрытий различной структуры, характеризующиеся способностью обратно возвращать падающий на них поток света. Такие материалы широко используются для контурной маркировки транспортных средств, специальной техники (гидропрессов, кран балок, мостовых кранов, электрокар, станочного оборудования, изготовления информационных знаков, разделительных полос автомагистралей, а также световозвращающих элементов лазерных локационных систем в оптико-механической, авиакосмической и других отраслях промышленности.

Основной задачей при разработке СВМ различной структуры является формирование заданной геометрии элементов микрорельефа поверхности, обеспечивающей необходимые световозвращающие свойства, которые определяются многими параметрами, в том числе оптическими

характеристиками покрытий и пленок, длиной волны зондирующего излучения и т.п.

В технологии производства световозвращающих материалов в качестве активных световозвращающих элементов применяют микросферические и уголкового (призматического) отражатели, которые наносятся на различные металлические и неметаллические подложки [2]. Основными производителями таких материалов являются зарубежные фирмы и поэтому возникает потребность разработки СВМ с заданными эксплуатационными показателями с использованием компонентов отечественного производства, что позволит решить проблему импортозамещения и значительно снизить себестоимость технологического процесса.

Целью данной работы является разработка составов и технологий получения СВМ различной структуры в виде пленок и покрытий, обладающих повышенными эксплуатационно-технологическими свойствами.

В результате проведенных экспериментально-теоретических исследований получены следующие основные результаты.

Проведен научно обоснованный выбор исходных компонентов для формирования пленок и покрытий различной структуры; определены их оптимальные сочетания и соотношения, а также оптические и физико-химические характеристики, необходимые для разработки световозвращающих материалов с требуемыми технологическими и эксплуатационными свойствами.

Усовершенствована экспериментальная установка, позволяющая повысить точность измерения индикатрисы отражения СВМ в широком интервале углов падения луча лазера от 0 до $\pm 25^\circ$.

Установлены и научно обоснованы закономерности влияния природы, состава, соотношения, сочетания, дисперсности, оптических и физико-химических характеристик исходных компонентов, а также режимных параметров формирования на изменение световозвращающих свойств гибких многослойных СВМ. Показано, что величина индикатрисы отражения разработанных и эталонных образцов СВМ снижается по мере увеличения угла падения луча; причем при малых углах (до $\pm 5^\circ$) световозвращающие свойства образцов «ЗМ», как с микросферическими, так и уголковыми отражателями несколько выше (на 4-6%), а при углах падения от ± 5 до ± 25 значительно ниже, чем у материалов на основе микросферических световозвращателей.

Определено, что максимальный эффект световозвращения наблюдается для СВМ, состоящих из отражающего слоя в виде алюминиевой фольги; промежуточного слоя из смеси алюминиевой пудры марок ПАП-1 и прозрачного лака ХВ-734 (или смеси порошковой композиции «Металлик серебристый 9007» и алюминиевой пудры); связующего слоя на основе самоклеящейся прозрачной полиэфирной ленты; разделяющего слоя в виде сит с нанесенными микросферами дисперсностью 48-56 мкм, покрытых защитной пленкой толщиной 90 мкм, нанесение которой проводится под избыточным давлением при температуре 115-120 °С; величины показателей преломления

функциональных слоев меняются в диапазоне 1,47-1,52 и практически близки к показателю преломления стеклянных микросфер (1,54).

Разработана технология получения гибкого многослойного тонкопленочного материала и установка для его реализации (патент РФ №2660048), обеспечивающие высокие световозвращающие свойства. Выявлено, что для получения высоких оптических свойств материалов, пленка и связующий слой должны иметь показатели преломления, близкие к показателю преломления стеклянных микросфер и различаться не более чем на 0,5-0,8%. Соединение защитного, герметизирующего и связующего слоев проводится путем термического или ультразвукового склеивания, а после отверждения связующего, формирование фокусирующего слоя на задней полусфере микросфер осуществляется выкладкой нагретой пленки. В качестве несущей ленты используется ткань с антиадгезионным слоем, на которую электростатическим способом наносятся стеклянные микросферы.

Установлены закономерности влияния природы, состава, соотношения, дисперсности и оптических характеристик, а также режимных параметров формирования на изменение индикатрисы отражения СВМ в виде покрытий на основе эпоксидных, полиэфирных и эпоксиполиэфирных композиций, наполненных стеклянными микросферами.

Показано, что предварительная термообработка порошковых композиций для формирования опорного слоя СВМ проводится в интервале температур 110-120 °С в течение 10-15 мин. Последующее напыление микросфер дисперсностью 80-100 мкм осуществляется электростатическим распылителем со скоростью 3,5-4,0 м/с при давлении воздуха 0,02 кгс/см² на расстоянии 150-250 мм от сопла распылителя до подложки, напряжении на коронирующем электроде распылителя 60 кВ и токе короткого замыкания 50 мкА; содержание микросфер изменяется в пределах 15-25 г/м²; удаление избытка микросфер осуществляется эжекторной насадкой при давлении сжатого воздуха 0,025 кгс/см²; окончательное пленкообразование покрытий проводится при температуре 170-185 °С в течение 10-15 мин с последующим нанесением защитной полимерной пленки.

Определена структура и выявлены условия проявления максимума интерференции в многослойных световозвращающих покрытиях на основе полимерных порошковых композиций при изменении толщины промежуточного слоя и дисперсности микросферических отражателей. Максимальные световозвращающие свойства проявляются для СВП с опорными слоями на основе эпоксидных и эпоксиполиэфирных композиций, промежуточными слоями на основе лаков толщиной по 20 мкм и дисперсностью микросфер 43-48 мкм.

Таким образом, достигнутый уровень световозвращающих свойств покрытий, обеспечивает высокую эффективность применения СВМ за счет использования компонентов отечественного производства, простоты реализации технологии с применением доступного в эксплуатации оборудования.

Библиографический список:

1. Галимов Э.Р., Тукбаев Э.Е., Федяев В.Л. и др. Световозвращающие покрытия: технологии получения, структура, свойства: монография. Казань: Изд-во АН РТ. 2022. 178 с.

2. Галимов Э.Р., Тукбаев Э.Е., Пряхин Ю.А., Галимова Н.Я. Разработка технологии нанесения световозвращающих покрытий с заданными свойствами // Материалы международной научно-технической конференции «Инновационные машиностроительные технологии, оборудование, материалы-2015». Казань: Фолиант. Ч. 1. 2015. С. 61-65.

СТАРОВОЙТОВА Ирина Анатольевна

К.т.н., заместитель директора по развитию и науке ООО «НПФ «РЕКОН»,
Казань, Россия, science@recon-rec.ru

RESEARCH OF ADHESIVE INTERACTION IN THE SYSTEM «EPOXY BINDER – BASALT FIBER»

STAROVOITOVA Irina A.

Candidate of Engineering, Deputy Director for Development and Science LLC
"NPF "RECON", Kazan, Russia, science@recon-rec.ru

Адгезионная прочность в системе «волокно – матрица» является одним из ключевых параметров для армированных полимерных композиционных материалов (ПКМ), во многом определяющая комплекс их эксплуатационно-технических характеристик. Для волокон, поверхность которых модифицирована новыми замасливателями и аппретирующими веществами, важным является оценка адгезионного взаимодействия с будущей матрицей ПКМ. При этом любое неорганическое (стеклянное, базальтовое) волокно при изготовлении проходит стадию поверхностной обработки (замасливания), в ходе которой на поверхность волокна наносят замасливающие композиции, обеспечивающие технологичность волокна, как в процессе производства, так и в процессе дальнейшей переработки его в композит.

Целью работы являлось изучение адгезии эпоксидного связующего к базальтовым волокнам, на поверхность которых при производстве были нанесены водные композиции силановых замасливателей на основе плёнкообразователей Veimix[®], разработанные ООО «НПФ «РЕКОН».

На сегодняшний день при изготовлении неорганических волокон предпочтение отдаётся замасливающим композициям, разбавляемым водой в силу ряда причин: во-первых, в водных системах замасливателей отсутствуют или минимизированы органические растворители, а приготовление замасливателей осуществляется при комнатной температуре, что предопределяет улучшение санитарно-гигиенических условий труда на предприятии и снижает уровень негативного воздействия на окружающую среду; во-вторых, поверхность неорганических волокон отличается гидрофильностью (силоксановые группы стекловолокна достаточно легко подвергаются гидролизу с образованием силанольных групп), поэтому быстро смачивается разбавленной водой замасливателями.

Плёнкообразователи Veimix[®] представляют собой стабильные водные дисперсии эпоксидных смол. Преимуществами их использования в составах замасливателей неорганических волокон являются: совместимость с другими компонентами замасливателей (силанами, ПАВ, смазками и др.), хорошая смачиваемость поверхности волокон на стадии изготовления, гидрофобизация поверхности волокна, улучшение смачивания замасленных волокон в ходе пропитки эпоксидными и некоторыми другими типами связующих при их

переработке в ПКМ, обеспечение адгезии в системе «полимерное связующее – армирующее волокно», повышение комплекса физико-механических характеристик готовых композитных изделий.

Основные характеристики разработанных марок плёнкообразователей Veimix® приведены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристик плёнкообразователей Veimix®

Наименование показателя	Значение показателя для плёнкообразователя:	
	Veimix® 2874E	Veimix® 3470
Внешний вид	Белая однородная жидкость	
Массовая доля нелетучих веществ, %	70,0	65,0
pH	6,0-8,0	
Средний размер частиц, нм	280-350	200-250
Эпоксидный эквивалент применяемой смолы, г/экв.	180-195	240-250
Тип используемой эпоксидной смолы	Жидкая эпоксидная смола на основе бисфенола А	Полутвёрдая эпоксидная смола на основе бисфенола А

Для проведения исследований в условиях ООО «Каменный век» было изготовлено базальтовое непрерывное волокно (директ-ровинг - однопроцессный) марки НРБ с диаметром нити 17 мкм и линейной плотностью 600 текс, а также трощёный (ассемблированный ровинг) с линейной плотностью 2400 текс. Процесс наработки базальтового волокна на экспериментальных замасливающих композициях с применением плёнкообразователей Veimix® прошел без замечаний со стороны технологической службы. Нанос замасливателя на волокно составил ~ 0,5-0,6 %, линейная плотность (600±30) текс, удельная разрывная нагрузка 700-800 мН/текс, что соответствует требованиям действующей нормативно-технической документации.

Адгезионная прочность в системе «эпоксидное связующее – базальтовое волокно» исследована классическим прямым методом – pull-out (вытягивание волокна (элементарного филамента) из блока отверждённой матрицы). В качестве полимерной матрицы использовано эпоксидное связующее на основе смолы IR-10 и циклоалифатического диамина IPD в качестве отвердителя. Испытания проводились с помощью модульной системы FIMATEST в АО «Юматекс». Модульная система FIMATEST включает в себя:

- полуавтоматизированный модуль подготовки образца FIMABOND, пригодный для всех видов армирующих волокон и матриц (минеральных, термопластичных и терморезактивных). Данный модуль позволяет обеспечить погружение отдельных волокон в матрицу так, чтобы можно было исключить усилия сдвига при последующем тесте на вытягивание, и, соответственно, получать воспроизводимые результаты по адгезионной прочности;

- модуль вытягивания, реализующий высокоточное испытание на растяжение подготовленных на FIMABOND проб на Textechnos приборе

FAVIMAT+. Камера-микроскоп позволяет произвести точную ориентировку волокна относительно зажима при минимальном расстоянии к матрице.

Предварительно была проведена серия испытаний для каждого вида экспериментального базальтового волокна для определения оптимальной глубины погружения элементарного филамента в матрицу, обеспечивающей реализацию разрушения адгезионного контакта по границе раздела фаз «волокно – полимерная матрица». Глубина погружения волокна в матрицу, а также результаты самих адгезионных испытаний приведены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты исследований адгезионной прочности в системе
«полимерное связующее – аппретированное базальтовое волокно»**

№ обр	Маркировка волокна (вид плёнкообразователя в замасливателе)	Глубина погружения филамента в матрицу, мкм	Предел прочности при растяжении элементарного филамента, ГПа	Локальная адгезионная прочность τ_d , МПа
<i>1. Директ-ровинги (однопроцессные)</i>				
1.1	НРБ 17-600-КВ-42Б (Veimix 2874E)	70	1,25	62,95
1.2	НРБ 17-600-КВ-42 (Veimix 3470)	60	1,44	59,03
1.3	НРБ 14-400-КВ-42 (Veimix 3470)	60	1,61	82,09
<i>2. Трощёные (ассемблированные) ровинги</i>				
2.1	ВНРБ 17-2400-КВ-42 (Veimix 2874E)	60	1,49	66,47

Из представленных данных следует, что все образцы директ-ровингов с одинаковым диаметром волокна (~17 мкм) характеризуется примерно одинаковой адгезионной прочностью, которая составляет 59,0-64,5 МПа. Таким образом, изменение состава дисперсии (использование жидких или полутвёрдых эпоксидных смол, применение различных комплексов ПАВ) не приводит к значимым изменениям адгезионной прочности, но оказывает влияние на прочность элементарных филаментов. Так, переход к полутвёрдым смолам в плёнкообразователях (образец 1.2 в сравнении с 1.1) приводит к увеличению прочности при растяжении элементарного филамента на 15%.

Снижение диаметра волокна с 17 до 14 мкм приводит к закономерному повышению прочности при растяжении элементарных филаментов и локальной адгезионной прочности на 14,2 и 39%, соответственно.

Следует также отметить, что трощение базальтового ровинга (получение единого жгута из нескольких однопроцессных ровингов на специальной машине для трощения) в условиях ООО «Каменный век» не приводит к снижению показателя локальной адгезионной прочности, что свидетельствует об эффективном выполнении защитной функции нанесённым замасливателем (от истирания и повреждения волокон при механических воздействиях).

Таким образом, проведенное исследование адгезионного взаимодействия в системе «эпоксидное связующее – базальтовое волокно» позволяет сделать следующие выводы:

- достигнуты высокие значения адгезии (60-82 МПа) между базальтовыми волокнами (с нанесёнными на поверхность плёнкообразователями Veimix®) и эпоксидным связующим;
- по достигнутым значениям межфазной адгезии базальтовое волокно с замасливателем на основе разработанных дисперсий Veimix® не уступает базальтовому волокну с замасливателем с импортным плёнкообразователем европейского производства, а по достигнутой прочности при растяжении элементарных филаментов его превосходит;
- выявлена зависимость прочности при растяжении элементарных филаментов и адгезионной прочности от диаметра нити (возрастают при уменьшении диаметра).

В дальнейшем представляет интерес оценка вклада прочности при растяжении элементарных филаментов в прочность при растяжении комплексной нити (директ-ровинга) и трощёного ровинга, а также локальной адгезионной прочности в системе «связующее – волокно» – в физико-механические показатели базальтопластиков.

СИСТЕМЫ САМОЗАЩИТЫ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ГАЗОПРОВОДОВ

ДЕМЕНТЬЕВА Анна Геннадьевна

Главный специалист отдела нормативно-технической документации ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК», Москва, Россия, anna.dementeva@polyplastic.ru

КОВРИГА Владислав Витальевич

д.т.н., профессор, директор по науке и развитию ООО «Группа ПОЛИМЕРТЕПЛО», Москва, Россия, kovriga@polyplastic.ru

SELF-PROTECTION SYSTEMS FOR POLYETHYLENE GAS PIPELINES

DEMENTEVA Anna G.

Chief Specialist of the Department of Regulatory and Technical Documentation POLYPLASTIC Group, Moscow, Russia, anna.dementeva@polyplastic.ru

KOVRIGA Vladislav V.

Professor, Director of Science and Development POLYMERTEPLO Group, Moscow, Russia, kovriga@polyplastic.ru

Предлагается отметить существование двух систем самозащиты полиэтиленовых (ПЭ) газовых трубопроводов:

- механической самозащиты;
- диффузионной самозащиты.

Ранее в многочисленных статьях зарубежных авторов (японских, индийских, американских и др.) было отмечен факт, что ПЭ трубопроводы обладают повышенной устойчивостью к нагрузкам в условиях землетрясений. Естественно связать эту устойчивость с высокой способностью к пластическому разрушению.

Таблица 1

Степень повреждения трубопровода в результате перемещения грунта, в зависимости от материала труб, состояния грунта и сейсмического события

Материал трубопровода	Степень повреждения трубопровода
Движение при сжатии в разжижаемом грунте	
АС напорная канализационная магистраль	Локализованный компрессионный излом под углом 45° в соединительных швах резиновых колец и раздавленный патрубков труб.
EW	Распад всей трубы на случайные осколки или локальное

Самотечная канализация	хрупкое кольцевое разрушение раструба и втулки, герметизированных раствором стыки.
VC Самотечный коллектор	Разрушение всей трубы на случайные осколки привело к хрупкому разрушению резиновых раструбных колец и патрубковых соединений.
RRRC	Локализованный “телескопический” хрупкий излом резиновых раструбных колец и патрубковых соединений.
ПВХ Напорная	Локальное сгибание /выгибание цилиндрической части трубы. Локальное “телескопирование” соединений (рис. IX)) (вызвано тем, что патрубок проходит через раструб и далее в само отверстие трубы). Пластичное разрушение боковых стыков канализационных сетей, разрыв пластичного материала в торцевых соединениях.
PE-80 Напорная	Локализованное складывание/изгиб пластичной секции ствола в эксплуатации ответвления.
CI Напорная	Разрушение бетонного корпуса трубы и мест соединения, хрупкие разрушения фланцев муфт.
DI Напорная	Локализованное разрушение трубопровода в месте соединения, (в случае подвесного трубопровода), боковое смещение, выходящее за пределы сжимающей способности материала.
CLS Напорная	Локальное “вытягивание” соединений и разрыв стенки трубы под давлением (рисунок VIII), выход материала за пределы сжимающей способности. Напорные трубопроводные системы CLS. Локальные деформации, прогибы и разъединение раструбных соединений (рисунок VII).
GI Оцинкованное железо	Локализованное складывание/прогибание секции ствола, секции труб , сложенные и извлеченные из земли в Кайапои, в трубах, ориентированных по оси эпицентра.
Сжижаемый грунт оползень или горизонтальное смещение	
RRRC	-
PE-100	Разрыв при растяжении в соединениях с закладными нагревателями при перемещении, превышающем растягивающую способность соединения на фитинге. Разрыв трубы при растяжении, используемый в качестве облицовки при восстановлении CI, при перемещении за пределы растягивающей способности трубы.
PVC	Разрыв трубы при растяжении в местах соединения раструба и втулки, где перемещение превышает способность соединения к осевому перемещению.
PE	Разрыв ПЭ трубы при растяжении в местах с механическими соединениями, при перемещении за

	пределы растягивающей способности материала.
CI	Разрыв трубы при растяжении, при котором происходит перемещение за пределы растягивающей/изгибающей способности трубы.
Неразжижаемый грунт	
RRRC	Локализованный излом раструба на внешней стороне.
EW	Сильное проникновение грунтовых вод и корней деревьев из-за растрескивания труб и втулок.



Рис.1. Образцы в форме ПЭ труб и лопаток, проявившие пластическое разрушение при испытаниях под давлением и на растяжение

Библиографический список:

1. Pipeline performance experiences during seismic events in New Zealand over the last 27 years. Frank W. O’Callaghan. Proceedings of the 17th Plastic Pipes Conference PPXVII, September 22-24, 2014, Chicago, Illinois, USA (Работоспособность полимерных трубопроводов во время землетрясений в Новой Зеландии за последние 27 лет).

2. В.Г. Колбая. Пластическое разрушение полиэтиленовых труб с различными сроками эксплуатации. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Москва, 2017 г.

3. Стандарт ООО «Группа ПОЛИПЛАСТИК» СТО 73011750-012-2014 Пластмассы. Метод определения параметров зоны пластического разрушения полимерных труб.

4. А.Г. Дементьева, Т.А. Кузнецова, В.В. Коврига. Двойное последовательное шейкообразование в шитом полиэтилене. // Пластические массы, 2023, №11-12, с.57-60.

**Материалы докладов
на 75 Международной научной конференции
«Социотехническое строительство»
(КГАСУ, 8-23 апреля 2024г.)**

УДК 564.48.01

**СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА ОГНЕЗАЩИТЫ
НОВЫХ АНТИПИРЕНОВ ДЛЯ ПОЛИМЕРНЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ**

Абдукадиров Ф.Б., Касимов И.У., Жуманова С.Г.
Ташкентский архитектурно-строительный университет

В статье рассматриваются некоторые вопросы снижения горючести синтетических полимерных материалов. Показано, что горючесть полимеров и композиции на их основе обуславливается не только природой полимера, но и составом образующегося газа, а также наличием негорючих продуктов в газовой фазе, линейная зависимость между горючестью и термостойкостью возможна только для полимера близкого строения.

Ключевые слова: горение, термодеструкция, огнезащита, режим горения, модификация, кинетика, терморазложения, огневые испытания, полимер.

**SYNTHESIS AND STUDY OF THE FIRE PROTECTION
MECHANISM OF NEW FIRE RETARDANTS FOR POLYMER BUILDING
MATERIALS**

Abdukadirov F.B., Kasimov I.U., Jumanova S.G.
Tashkent University of Architecture and Civil Engineering

In article are considered some questions of the reduction to combustibility synthetic polymeric material. It is shown that combustibility polymer and compositions on their base not only nature of the polymer, but also composition preparing gas, as well as presence of the incombustible products in gas phase, linear dependency between combustibility and thermostabilisation possible only for polymer of the close construction.

Key words: combustion, thermo destruction, fire-retardant, mode of the combustion, modification, kinetics, fire test, polymer.

Большинство полимеров - органические вещества, которые при температурах выше 500 °С воспламеняются и горят. На горючесть полимеров большое влияние оказывают сгораемые наполнители и различные добавки, обычно используемые в пластмассах, присутствие которых в материале может

привести к изменению группы возгораемости. Например, из трудногораемого поливинилхлорида нередко получают сгораемые материалы при применении горючих пластификаторов или других добавок, используемых для улучшения многих эксплуатационных характеристик материала, однако снижающих его огнестойкость [1].

Горение полимеров зависит от кинетических параметров химических процессов, протекающих при горении, а также от коэффициента диффузии горючих летучих веществ из материала в газовую фазу; в которой собственно и развивается горение. Во многих исследованиях гетерогенного горения полимеров и полимерных материалов указывается на существенную роль диффузии. Среди всех выпускаемых промышленностью полимеров трудногораемых насчитывается не так уж много. К трудногораемым полимерам можно отнести - политетрафторэтилен, поливинилхлорид, фенольные и карбамидоформальдегидные смолы. Пониженная горючесть этих и подобно им по горючести полимеров обусловлена либо обильным выделением при деструкции негорючих летучих продуктов в газовую фазу, либо ускоренным протеканием коксования. При этом в твердой фазе протекают процессы отщепления, сшивания, циклизации и другие способствующие структурированию материала. Как считают некоторые авторы [2], горение полимеров начинается эндотермической стадией деструкции с образованием остатка и горючих газов, затем происходит экзотермическое сгорание этих газов. Выделяющееся тепло частично уносится, а в основном расходуется на термическую деструкцию новой порции полимера. При таком взгляде на горение полимеров ясно видно связь между термическим разложением и горением, термостабильностью и огнестойкостью. Это подтверждается рядом примеров. Так, в работе [3] было установлено, что в ходе высокотемпературного пиролиза макрокинетика процесса хорошо описывается изотермической кинетикой разложения при 290-370 °С. В некоторых работах изучалась связь термостабильности полимеров на воздухе с их горючестью.

В работе [2] скорость горения определяли по количеству выделяющегося дыма. Плотность дыма испытывали с помощью фотоэлементов в дымовой камере. Контроль процесса проводили по времени от начала полимера до 70%-ного затемнения в камере. В результате исследований найдена зависимость времени от температуры начала разложения, определенной из дериватограмм.

В общем случае связь между термостойкостью и огнестойкостью нелинейна. Вследствие того, что горючесть полимеров и композиции на их основе обуславливается не только природой полимера, но и составом образующегося газа, а также наличием негорючих продуктов в газовой фазе, линейная зависимость между горючестью и термостойкостью возможна только для полимера близкого строения. Действительно, с увеличением содержания галогена в полимере термостойкость последнего снижается за счет легкости разрыва связей С-Х, а горючесть снижается из-за уменьшения концентрации горючих летучих продуктов в газовой фазе. При самовоспламенении тепловой природы (тепловой взрыв) подводимое извне тепло быстро распределяется по

всему объему системы, которая прогревается до температуры окружающей среды. Начальная разность температур определяет лишь период термической индукции, т.е. время прогрева всей системы до температуры окружающей среды. Однако внешний источник тепла не обязателен, в то же время реакция будет протекать по всему объему системы. Скорость реакции экспоненциально зависит от температуры. Если тепло, выделяемое в результате химической реакции, не успевает отводиться во внешнюю среду, происходит самопроизвольное повышение температуры и самоускорение реакции. Воспламенение начинается в центре системы, где реализуется наилучшие условия теплоотвода. Размер системы, определяющий скорость теплоотвода, имеет существенное значение для режима самовоспламенения. Поскольку реакция протекает во всем объеме, самовоспламенение иногда называют объемным воспламенением. При вынужденном воспламенении размер системы не существенен. Подводимое извне тепло не успевает распределиться по всему объему системы. На участке локального подвода тепла возникает самоускоряющаяся химическая реакция, приводящая к воспламенению. Для возникновения вынужденного воспламенения обязательно наличие внешнего источника воздействия. Воспламенение системы осуществляется только в том случае, когда достигаются условия, при которых возможен стационарный процесс горения. Если такие условия не обеспечены, воспламенение не наблюдается или возникшее пламя не распространяется и гаснет. Последнее условие характерно для вспышки. Специфика физико-химических процессов, обуславливающих возникновение горения различных синтетических полимеров, находит отражение в развитых теориях воспламенения твердых топлив. Важной проблемой является выявление точных количественных критериев воспламенения и определение критических условий возникновения устойчивого горения. Изучение околопредельных явлений формирования и гашения пламени, по-видимому, особенно перспективно для выяснения механизма появления пределов [2]. Возникновение горения синтетических полимеров чаще всего обусловлено их вынужденным воспламенением. В этом случае критические условия воспламенения зависят во многом от свойств источника зажигания. Самовоспламенение и воспламенение цепной природы, т. е. возникновение самоускорения реакции под влиянием активных частиц или атомов, в чистом виде обнаружены только при низких давлениях в некоторых газообразных системах. В этом случае практически отсутствует разогрев системы за счет химической реакции. Взрывной характер реакции в изотермических условиях представляет редкое явление [1]. Зарождение и возникновение горения обычных синтетических полимеров в тривиальных условиях эксплуатации осуществляется чаще всего в результате газофазного воспламенения горючих продуктов термической и термоокислительной деструкции полимеров. В этом случае особенно важен учет диффузионных явлений, анализ их влияния на развитие самоускорения экзотермических реакций окисления [2]. Для большинства синтетических полимеров нет соответствия между температурами самовоспламенения полимеров и

продуктов их пиролиза. Такое соответствие найдено только между температурами самовоспламенения некоторых полимеров таких как полиэтилен, полистирол, полихлоропрен, поливинилхлорид, полиамид и продуктов их термоокислительной деструкции. Следовательно, воспламенение полимеров начинается с интенсивного термического разложения, а само воспламенение обусловлено процессами термической деструкции полимеров и термоокислительной деструкции продуктов термического разложения и поверхностного слоя полимера, поскольку при высоких температурах, особенно на первых стадиях горения, не происходит диффузии окислителя в глубь материала. Обычно поток частично разрушенных, пиролизованных частиц из внутренних слоев материала к поверхности превалирует над потоком активных частиц из пламени и окислителя к свежим, не разрушенным слоям полимерного материала [1].

Деление на пространственные зоны целесообразно проводить с учетом особенностей процессов, протекающих в той или иной зоне и значительно различающихся по механизму. По этому принципу можно выделить процессы, протекающие в твердой фазе, где осуществляется «подготовка» материала к горению, и процессы, протекающие в газовой фазе, где распространяется пламя. Поскольку при воздействии источника тепла или пламени на полимерный материал нагревание и деструкция во внутренних и поверхностных слоях полимера происходят по-разному, имеет смысл выделить эти две зоны.

Авторы [1], указывают на необходимость изучения процессов, происходящих в газовой фазе разбив ее на три пространственные зоны. Таким образом, для более полного исследования всех процессов целесообразно рассматривать пять пространственных зон горения. Первая зона включает в себя слои полимерного материала, прилежащие к поверхностному слою. В ней протекает пиролиз при довольно незначительной доле процессов окисления. Вторая зона - поверхностный слой полимера, который подвергается термоокислительной деструкции. В процессе взаимодействия активных частиц пламени с поверхностью полимерного материала возможны "активация" поверхностных слоев и "коррозия" материала.

В третьей зоне (газообразной, предпламенной) низкомолекулярные продукты, образующиеся в первых двух зонах, смешиваются с нагретым воздухом, разлагаясь и окисляясь под воздействием кислорода или свободных радикалов, диффундирующих из пламени. Четвертая зона (зона пламени) начинается в месте, где имеется достаточная для распространения пламени концентрация продуктов разложения, где выделяется основная часть тепловой энергии и наблюдается максимальная температура и световая эмиссия. Пятая зона - зона продуктов сгорания или догорания, где завершается большинство окислительных реакций, продукты реакции смешиваются с холодным, окружающим воздухом, а выделяющаяся тепловая энергия вместе с соответствующей энергией из зоны пламени поступает к еще неповрежденным участкам полимера за счет конвекции и излучения. Горение полимеров и композиции на их основе можно разделить на четыре или пять временных

стадий, относящихся к нагреву, деструкции, воспламенению и горению [1]. На первой стадии происходит взаимодействие источника горения с материалом, вырождающееся в большинстве случаев в нагревании материала, степень и скорость которого зависят от теплопроводности материала, скрытой теплоты его плавления или испарения, теплоемкости примесных добавок, от характера источника горения. При этом нагревание сопровождается воздействием на материалы светового импульса, активных частиц пламени или ионизированного газа. Если "активация" поверхности сопровождается экзотермическими эффектами, возрастает вероятность самовоспламенения материала. Вследствие дальнейшего развития первичных и химических процессов полимер деструктирует (вторая временная стадия). Скорость этой стадии зависит от многих причин, например, от числа слабых связей, наличия веществ, которые могут служить катализаторами или ингибиторами процесса деструкции и т.д. Некоторые авторы [2] делят вторую временную стадию на две: деструкцию и разложение, - хотя физический смысл такого деления не ясен, так как разложение уже включает процессы, относящиеся к деструкции полимеров и композиции. Иногда делается оговорка, что процесс деструкции, относится только к полимеру, процесс же разложения - к полимеру и к продуктам деструкции в третьей зоне, причем разложению свойственно разрушение главных связей, а деструкции - в основном слабых связей. Скорость деструкции, или разложения, зависит от температуры, скорости подвода энергии от источника горения, суммарной теплоты и условий горения. В процессе разрушения полимера на стадии деструкции образуются продукты, которые представляют собой в последних трех зонах горючие и негорючие газы, дым, а в первой и второй зонах - жидкости и твердое тело (кокс). Стадия воспламенения (третья стадия) характеризуется температурой воспламенения образовавшихся при деструкции соединений, температурой отходящих газов, концентрациями горючих газов и окислителя, необходимыми для воспламенения и горения. При наличии этих условий на границе предпламенной зоны и зоны пламени возникает пламя. Пламя распространяется в определенной области, называемой фронтом пламени или волной горения [1]. Стадия горения (четвертая стадия) может развиваться в том случае, если выделяется избыток тепловой энергии и достаточное количество ее поступает в зону деструкции и предпламенную зону, кроме того, если в зоне горения существует достаточная концентрация горючих веществ и окислителя. В большинстве случаев при горении синтетических полимеров и композиции на их основа горючие продукты деструкции и разложения разбавляются негорючими продуктами, а также частицами, ингибирующими горение.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мухамедгалиев Б.А., Абдукадиров Ф.Б., Исмаилов Р.И. Полимерные антипирены. Ташкент, ТИТЛП, 2022 г. с.189.
2. Мухамедгалиев Б.А., Абдукадиров Ф.Б., Касимов И.У. Снижение горючести полимерных строительных материалов. Ташкент, ТИТЛП, 2021 г. с.196.
3. Берлин Ал.Ал., Халтуринский Н.А. Горючесть полимеров. М.Химия. 1998 г.с.234.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СПОНТАННОЙ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ И МАКРОМОЛЕКУЛЯРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФОСФОНИЕВЫХ ПОЛИМЕРОВ

Абдукадиров Фирдавс Бахтиёрович

докторант Ташкентского архитектурно-строительного университета

Жуманова Сайёра Гайбуллаевна

ст.преподаватель Ташкентского

архитектурно-строительного

университета

Рахимбабаева Мархамат Шакировна

ст.преподаватель Ташкентского

архитектурно-строительного

университета

Мухамедгалиев Бахтиёр Абдукадирович

д.х.н., профессор Ташкентского

архитектурно-строительного

университета

Систематическими исследованиями взаимодействия трифенилфосфина и трифенилфосфита с некоторыми галогидсодержащими мономерами разработаны основные принципы синтеза фосфониевых солей и применения полученных на их основе полифункциональных полимеров. Вискозиметрическим, седиментационным, термогравиметрическим, спектроскопическим методами, определены молекулярная масса, термо – и огнестойкость, полидисперсность. Установлено, что с изменением условий синтеза можно получить полимеры с высокой молекулярной массой и узким значением ММР, а также с заданными свойствами.

Ключевые слова: спонтанная полимеризация, синтез, полимер, вискозиметрия, спектроскопия, полидисперсность, молекулярная масса.

Systematic studies of the interaction of triphenylphosphine and triphenylphosphite with some halogen-containing monomers have developed the basic principles for the synthesis of phosphonium salts and the use of polyfunctional polymers obtained from them. Molecular mass, thermal and fire resistance, and polydispersity were determined using viscometric, sedimentation, thermogravimetric, and spectroscopic methods. It has been established that by changing the synthesis conditions it is possible to obtain polymers with a high molecular weight and a narrow MWD value, as well as with specified properties.

Key words: spontaneous polymerization, synthesis, polymer, viscometer, spectroscopy, polydispersity, molecular weight.

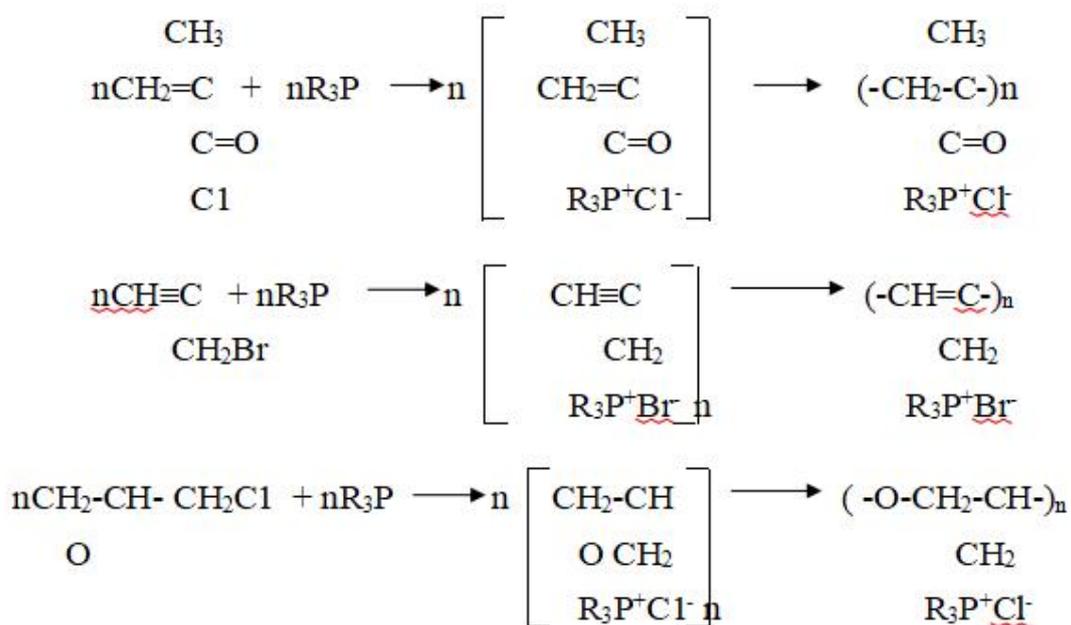
Несмотря на бурное развитие производства синтетических полимеров материалов, пластических масс и композиционных материалов ощущается недостаток в функциональных материалах, обладающих комплексом ценных

свойств, таких как негорючесть, термостабильность и др. Наиболее перспективными высокомолекулярными соединениями такого типа являются полимеры, содержащие в своем составе фосфониевые функциональные группы. К тому же в химии высокомолекулярных соединений определенный интерес получили работы, посвященные синтезу и исследованию полимеров, содержащих аммониевые группы в связи с возможностью их широкого применения во многих областях народного хозяйства. Аммониевые полимеры синтезируют в основном взаимодействием галоидсодержащих мономеров с соединениями, имеющими в своей структуре третичный азот [1-2].

По аналогии этим исследованиям, нами предпринята попытка разработать технологию получения фосфониевых полимеров аналогичными методами, т.к. из литературы известно, что третичные фосфины легко вступают в реакцию нуклеофильного замещения с такими отрицательными центрами, как галогены, кислород, сера. Последнее и предопределило возможность исследовать поведение третичных фосфинов в реакциях нуклеофильного замещения с мономерами, содержащими в своей структуре как один отрицательный центр (аллилбромид (АБ), метакрилоилхлорид (МАХ), пропаргилбромид (ПБ)), так и два отрицательных центра (эпихлоргидрин (ЭХГ)) с целью получения высокомолекулярных соединений на основе продуктов этих реакции [3-13].

Для получения фосфониевых полимеров были выбраны трифенилфосфин и трифенилфосфит, как наиболее доступные, менее токсичные и широко применяемые из соединений трехвалентного фосфора.

Обнаружено, что при смешении ТФФ и ТФФИТ с ЭХГ, МАХ и ПБ, как в массе, так и среде различных растворителей в широком интервале температур, вместо мономерных четвертичных солей выделяются высокомолекулярные вещества, которые не содержат свободных молекул мономеров, т.е. происходит спонтанная полимеризация. Мономеры образуются как метастабильные промежуточные соединения.



где: $\text{R}-(\text{C}_6\text{H}_5)$; $-(\text{OC}_6\text{H}_5)$

При избытке галоидсодержащего мономера образование полимера прекращается одновременно с расходом нуклеофильного агента (третичного фосфина или фосфита), в системе остается непрореагировавший мономер. Это свидетельствует о тесной связи между солеобразованием и полимеризацией и указывает на то, что в полимеризации участвуют только молекулы галоидсодержащих мономеров, вступившие в реакцию кватернизации.

Для выяснения характера взаимодействия ТФФ и ТФФИТ с вышеуказанными мономерами были исследованы УФ-, ИК-спектры исходных и конечных продуктов, а также ПМР-спектры исходных компонентов. Установлено, что в ИК-спектре полимера, полученного на основе взаимодействия ТФФ с ЭХГ, полоса, отвечающая валентным колебаниям Р-С1 связи, смещена в низкочастотную область до 1350 см^{-1} , по сравнению с таковой в спектре ТФФ. Валентное колебание С-С1 –связи ($850\text{-}800\text{ см}^{-1}$), относящейся к группе ЭХГ, исчезает за счет образования новой химической связи $\text{P}^{+\delta}\cdots\text{C1}^{-\delta}$ в области 1350 см^{-1} . При этом, также образуются новые интенсивные полосы поглощения в области $1050\text{-}1100\text{ см}^{-1}$, относящиеся к асимметричным колебаниям простой эфирной связи (-С-О-С-) за счет раскрытия эпоксигруппы ($1250, 930\text{ см}^{-1}$) ЭХГ в процессе взаимодействия с ТФФ. Аналогичные результаты получены также при исследовании реакции полимеризации МАХ и ПБ с фосфорсодержащими соединениями.

При проведении реакции между галоидсодержащими мономерами с ТФФ и ТФФИТ в среде акрилонитрила и в среде стирола образуются полимеры, не содержащие соответственно нитрильных и стирольных звеньев, т.е. в условиях реакции и стирол и акрилонитрил ведут себя как растворители и не сополимеризуются с галоидалкилом. Это позволяет исключить обычные анионный и катионный механизмы. Полученные данные указывают на то, что полимеризация протекает по специфическому механизму, обеспечивающему селективный отбор в полимер только кватернизованных молекул, образовавшихся в реакции Меншуткина.

Согласно данным Т.А. Мастрюковой [14], это можно объяснить отсутствием характерных признаков оптических свойств в случае ТФФИТа, присущих ТФФ, таких как экзальтация молекулярных рефракции, (т.е. отсутствуют возмущения кривой дисперсии в видимой области собственным поглощением молекул), известные характерные изменения в ИК- и Раман-спектрах. Что же касается химических свойств, то, по-видимому, заместитель (О-Аг) не препятствует передаче зарядов по механизму электромерного эффекта, но ослабляет ее. Эти особенности поведения ТФФИТа в системе являются следствием, во-первых, некомпланарности таких систем и, во-вторых, участия $3d$ - орбит фосфора в сопряжении.

Таким образом на константы ионизации третичного фосфора влияют заместители. Эти влияния подчиняются единой закономерности и по природе своей одинаковы. Отличия заключаются лишь в том, что влияние, передаваемое через атом фосфора в случае ТФФИТа, ослаблено приблизительно в 2 раза, что также было отмечено М.И.Кабачником [15].

В образовавшейся молекуле мономерной соли, благодаря появлению положительного заряда на атоме фосфора, происходит значительное смещение π -электронов двойной связи в направлении третичного фосфина, сопровождающееся резким возрастанием электрофильности двойной связи. Активированный мономер теперь легко присоединяет даже слабые нуклеофильные реагенты. Роль такого реагента в реакции инициирования выполняет анион галоида.

Далее представляло интерес исследование молекулярной массы (ММ) и молекулярно-массового распределения (ММР) фосфониевых полимеров, полученных на основе взаимодействия трифенилфосфина (ТФФ) и трифенилфосфита (ТФФИТ) с эпихлоргидрином (ЭХГ), а также трифенилфосфина (ТФФ) с метакрилоилхлоридом (МАХ). Поскольку изучение полидисперсности этих полимеров имеет принципиальное значение, так как возможность практического применения их для различных целей требует определения молекулярной массы, кроме того, интересно изучение влияния способа и условий синтеза на ММ и ММР полученных фосфониевых полимеров.

Полимеры ЭХГ: ТФФ ($T_{пл.}=428K$) и ЭХГ: ТФФИТ ($T_{пл.}=420K$), а также МАХ:ТФФ($T_{пл.}=409K$) и МАХ:ТФФИТ ($T_{пл.}=436K$) представляют собой порошки светло - коричневого цвета, устойчивые при длительном хранении. Плотности, определенные методом пикнометрии, равны соответственно: 1,388 и 1,364, а также 1,369 и 1,323 г/см³, растворимые в воде, диметилформамиде, диметилсульфооксиде, этаноле и в других полярных растворителях.

Наличие в структуре полимеров ионогенных групп является характерным признаком растворимых полиэлектролитов. Исследование разбавленных растворов позволяет выяснить размеры, строение и свойства индивидуальных макромолекул.

Для оценки структурных изменений макромолекул изучены вязкости растворов синтезированных полимеров. Зависимость приведенной вязкости водных растворов полимеров от концентрации имеет вогнутый характер (рис.1). Здесь сказывается одна из специфических особенностей полиэлектролитов - так называемое полиэлектролитное набухание, причина которого заключается в электростатическом отталкивании одноименно заряженных звеньев полимерной цепи, содержащих фосфониевые группы. В результате происходят разворачивание клубков макромолекул и увеличение их линейных размеров.

Установлено, что вязкость водных, водно-спиртовых и спиртовых растворов полимеров, полученных при взаимодействии ТФФ с ЭХГ, и ТФФ и МАХ, описывается эмпирическим уравнением [16].

Действительно, зависимость η/c от \sqrt{c} для вышеуказанных растворов синтезированных полиэлектролитов носит линейный характер, который свидетельствует о том, что поведение водных, водно-спиртовых и спиртовых растворов синтезированных полиэлектролитов описывается уравнением Фуосса-Штрауса (рис.2). Зависимость приведенной вязкости раствора полимера от концентрации синтезированных фосфорсодержащих полимеров в

присутствии сильного электролита - 0,25 н раствора хлористого калия носит прямолинейный характер (рис.2), обусловленный созданием экранирующей "шубы" противоионов вокруг ионов макромолекул.

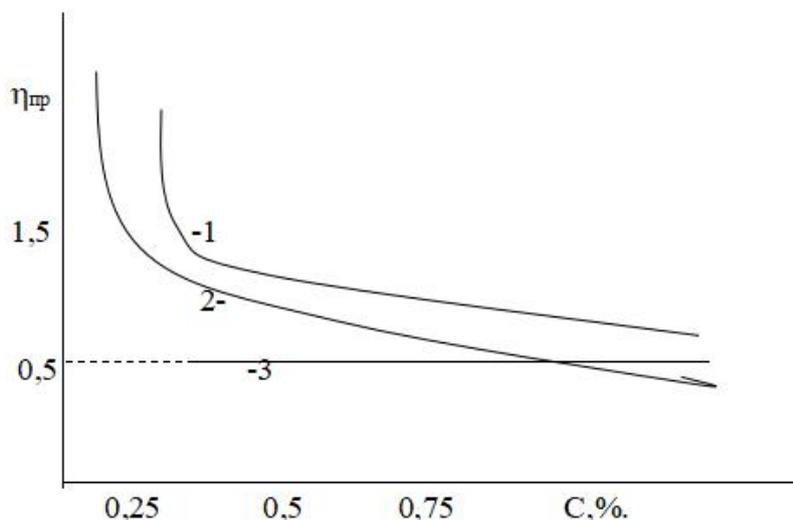


Рис.1. 1 - зависимость приведенной вязкости от концентрации полимера в воде, 2- зависимость приведенной вязкости от концентрации полимера в смеси вода+этанол, 3- зависимость приведенной вязкости от концентрации полимера в 0,25Н растворе KCL

Характеристические вязкости полимеров измеряли 0,25 н водном растворе KCl при 25 °С в вискозиметре типа Убеллодэ, которые оказались равными $[\eta]=0,51$ и $0,23$ дл/г, а также $[\eta]=0,4$ дл/г соответственно для ЭХГ:ТФФ и ЭХГ:ТФФИТ, а также для МАХ:ТФФ.

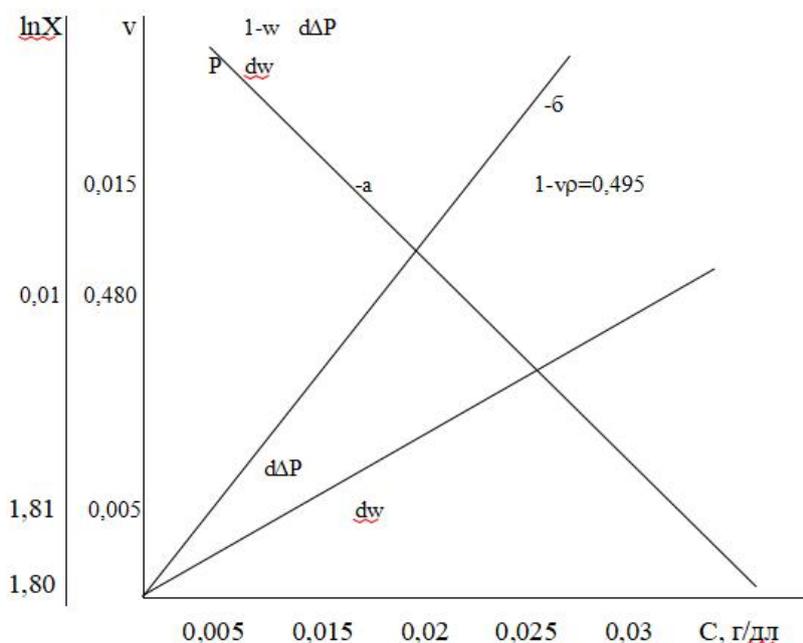


Рис.2. Определение молекулярной массы полимера на основе ЭХГ и ТФФ.
 а) определение коэффициента седиментации,
 б) определение парциально-удельного объема

По данным визкозиметрических и пикнометрических, а также термогравиметрических исследований, полимеры, полученные на основе спонтанной полимеризации ЭХГ, МАХ с ТФФ и ТФФИТ, характеризуются высокой молекулярной массой и повышенной термостабильностью. Термостойкость синтезированных полимеров выше как по температуре начала разложения, так и по потере массы полимера при нагревании. Полимеры, полученные спонтанной полимеризацией при низкой температуре, более однородны по молекулярной массе и, следовательно, имеют более низкую степень полидисперности (рис.3).

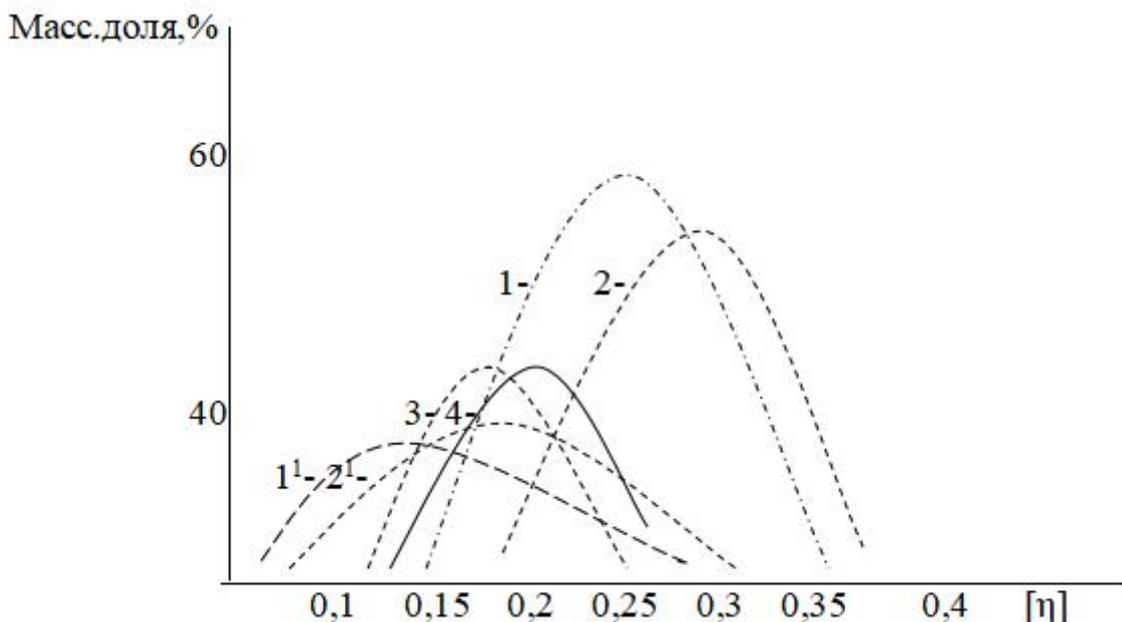


Рис.3. Дифференциальные кривые ММР полимеров на основе ЭХГ с ТФФ и ТФФИТ (1,2) и МАХ с ТФФ и ТФФИТ (3,4) при $T=303$ и $T=333\text{K}$. ($1^1, 2^1$) ТФФ с ЭХГ и МАХ

При проведении реакции полимеризации при высокой температуре ($T=333\text{K}$) и в этаноле, установлено, что полимеры имеют более широкое распределение, чем полимеры, полученные при низкой температуре ($T=303\text{K}$). Коэффициент полидисперности M_w/M_n имеет для первых значение - 2,0, а для вторых - ниже 1,5 (рис.4). В таблице 1, приведены данные исследования образцов полимеров в различных условиях.

Полимеры, полученные в различных условиях, отличаются и теплостойкостью. Теплостойкость по Вика полимера на основе ЭХГ и МАХ с ТФФ и ТФФИТ, синтезированных в этаноле при $T=333\text{K}$ - 412K и 406K тех же полимеров и при $T=303\text{K}$ соответственно - 428K и 420K. Температура текучести у последних полимеров также высокая - 497K и 481K, в то время, когда у полимеров, синтезированных при $T=333\text{K}$, соответственно равны 482K и 467K. Повышение термо- и теплостойкости полимера связано с образованием высоко упорядоченных структур в условиях спонтанной полимеризации при относительно низкой температуре.

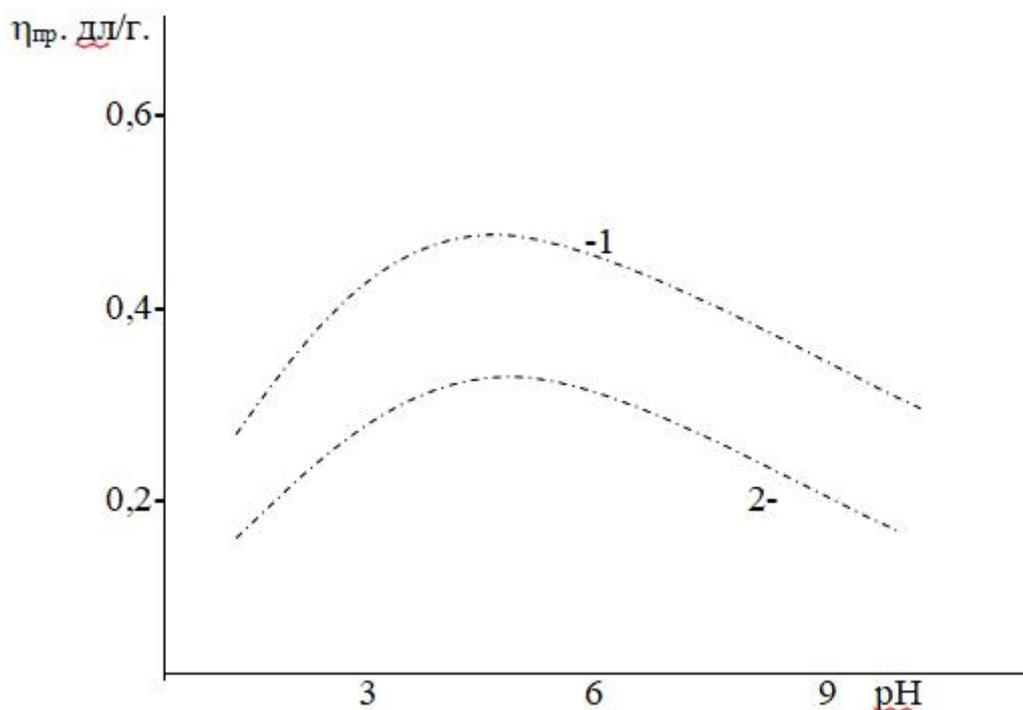


Рис.4. Зависимость $\eta_{пр}$ от pH для 0,1%-ных водных растворов фосфониевых полимеров. 1-полимер на основе ЭХГ и ТФФ, 2- полимер на основе МАХ и ТФФ

Молекулярную массу и ММР полимеров, полученных на основе взаимодействия ЭХГ и МАХ с ТФФ и ТФФИТ, определяли методом скоростной седиментации и вискозиметрии, поскольку скоростная седиментация - наиболее простой и доступный метод седиментационного анализа полимеров, представляющий практический интерес. Определение молекулярной массы по скорости седиментации основано на использовании достаточно больших ускорений, обеспечивающих такую скорость седиментации молекул, которую можно измерить. Преимуществом этого метода является высокая чувствительность получаемых в опыте параметров к степени неоднородности препарата по молекулярным массам, при этом можно получить представление о его чистоте и количественные данные о степени полидисперсности, рассчитать константу седиментации и молекулярную массу полимеров, выяснить возможность различных превращений макромолекул, связанных с конформационными изменениями формы. Коэффициент седиментации, так же, как и характеристическая вязкость, при определенной молекулярной массе зависит только от размеров и формы макромолекул. Следовательно, изучая зависимость характеристической константы седиментации от температуры и состава растворителя, можно получить информацию о конформационных превращениях макромолекул в растворах. Индекс полидисперсности M_w/M_n рассчитывали непосредственно из седиментационных диаграмм с помощью приближенной методики [17-19] на основании установленного соотношения, связывающего коэффициент седиментации S_{01} с ММ фракции.

Экстраполяция коэффициента седиментации к бесконечному разбавлению показывает, что при низких концентрациях растворенного полимера постоянную K_s для довольно широкого интервала молекулярных масс можно с достаточной точностью представить в виде произведения $K_s S_0$. Кроме того, в большинстве случаев величина K_s , в соотношении $S=S_0(1-K_sC)$ положительна, т.е. при разбавлении S возрастает. Это положение не удивительно, т.к. для многих линейных полимеров показано, что величина K_s пропорционально характеристической вязкости полимера, а в идеальных условиях $[\eta]$ пропорциональна константе седиментации.

В ходе опытов было обнаружено сильное влияние диффузии для обоих исследованных нефракционированных образцов, что, вероятно, связано с довольно низкими значениями коэффициентов седиментации.

Путем построения зависимости LgS_0 от LgM нашли константы в уравнении Флори-Манделькерна для фосфониевых полимеров в этаноле при 298К (табл.1).

Таблица 1

Влияние условий полимеризации на молекулярно-массовые характеристики фосфониевых полимеров в этаноле (*) и ДМФА(¹).

NN п/п	Полимеры, полученные при эквимоль.соотн. компонентов	Темпе- ратура, К	Выход, %	$\eta_{пр}$ дл/г	$V 10^6$ мол/л с	$M_n \cdot 10^{-3}$	M_w/M_n
1.	ЭХГТФФ*	268	71,2	0,268	0,120	56	1,2
2.	ЭХГ:ТФФ*	273	67,9	0,262	0,314	55	1,3
3.	ЭХГ:ТФФ*	293	66,4	0,26	0,68	53	1,5
4.	ЭХГТФФ*	303	63,0	0,25	1,42	52	1,7
5.	ЭХГ:ТФФ*	313	61,3	0,24	2,73	51	1,8
6.	ЭХГ:ТФФ*	318	56,1	0,22	4,04	47	2,3
7.	ЭХГ:ТФФ*	323	52,4	0,20	6,72	41	2,5
8.	ЭХГ:ТФФ*	333	48,2	0,19	15,15	36	2,6
9.	МАХ:ТФФ*	268	67,6	0,3	1,62	44	1,3
10.	МАХ:ТФФ*	273	65,4	0,28	3,7	41	1,4
11.	МАХ:ТФФ*	293	63,6	0,274	6,91	40	1,5
12.	МАХ:ТФФ*	303	62,4	0,27	15,21	39,6	1,56
13.	МАХ:ТФФ*	313	58,2	0,26	32,42	38	1,8
14.	МАХ:ТФФ*	318	55,2	0,24	47,91	36	2,0
15.	МАХ:ТФФ*	323	51,4	0,22	68,20	33	2,3
16.	МАХ:ТФФ*	333	48,3	0,20	138,14	31	2,5
17.	ЭХГ.ТФФИТ ¹	313	69	0,2	2,42	24	1,9
18.	ЭХГТФФИТ ¹	333	64	0,18	12,41	20	1,6
19.	МАХ :ТФФ ¹	313	67,2	0,21	22,6	30	2,1
20.	МАХ :ТФФ ¹	333	59,3	0,192	129,1	23	1,6
21.	МАХ:ТФФИТ ¹	313	54,2	0,19	18,09	24	1,8
22.	МАХ :ТФФит ¹	333	39,4	0,14	121,6	17	2,5

Примечание: * - данные, полученные в этаноле, ¹ - полученные в ДМФА. Эти исследования были проведены в Институте химии и физики полимеров АН РУз.

Как видно из данных, приведенных в таблице 1, с повышением температуры полимеризации при прочих постоянных условиях падает значение молекулярных масс фосфониевых полимеров, увеличивается M_w/M_n и ухудшается растворимость. Снижение выхода полимеров, по-видимому, связано с уменьшением концентрации эффективных активных центров и вызванное повышением температуры увеличение скорости роста молекулярных цепей на этих центрах должно способствовать возрастанию доли молекул с высокой молекулярной массой. Кроме того, при повышении температуры полимеризации возрастает роль реакций ограничения цепи, температурный коэффициент которых выше, чем у реакций роста цепи. Вследствие этого, по всей вероятности, увеличивается в полимерах доля низкомолекулярных фракций.

Между вязкостью и формой макромолекулы в растворе существует прямая связь. Поэтому особый интерес представляет изучение вязкости в смешанных растворителях. Установлено, что при увеличении содержания этанола и диметилформамида в смеси уменьшается вязкость, однако при этом наблюдается характерная для полиэлектролитов аномалия зависимости. Согласно результатам опытов, диметилформамид эффективнее понижает вязкость водных растворов фосфониевых полимеров, чем этанол, т.е. полимерные макромолекулы в диметилформамиде сворачиваются больше, чем в этаноле.

Определение вязкости в смешанных растворителях позволяет предполагать, что при изменении состава растворителя структурированные образования из макромолекул полимеров разрушаются. Наибольшее влияние на конформацию макромолекул в растворах оказывает изменение концентрации водородных ионов, что связано с изменением заряда и гидратации макромолекул. Вследствие этого зависимость вязкости синтезированных фосфониевых полимеров от pH имеет сложный характер.

Вязкость 0,1%-ных водных растворов фосфониевых полимеров на основе ЭХГ с ТФФ и МАХ с ТФФ при увеличении pH среды проходит через максимум (рис.4). До pH 5,5 происходит медленное нарастание вязкости, а затем начинается крутой подъем зависимости $\eta_{уд}/C$ от pH. Максимум достигается обычно при полной нейтрализации функциональных групп. Наиболее четко он проявляется в случае фосфониевых полимеров на основе ЭХГ и ТФФ, имеющих большую вязкость. При полной нейтрализации, а также при избытке щелочи зависимость $\eta_{уд}/C$ от pH ослабевает. В нейтральной области pH размеры макромолекул фосфониевых полимеров сильно увеличиваются. Картина изменения зависимости η/C от pH отражает состояние полимера в растворе: для низких значений pH характерны максимально свернутые типы структур, образованные в результате взаимодействия макромолекул фосфониевых полимеров и вследствие полной экранизации зарядов при добавлении электролита. Эти структуры по мере уменьшения экранизации зарядов на макромолекуле и гидратации набухают и разворачиваются, что сопровождается резким увеличением вязкости.

Это фиксируется максимальным значением на кривой вязкости, которое понижается при меньшей степени ионизации, что свидетельствует о начале распада агрегатов макромолекул. При дальнейшем введении щелочи, по-видимому, вновь возникает эффект экранизации заряда макромолекулы фосфониевого полимера, и диссоциация полиэлектролита подавляется, что, естественно, приводит к уменьшению вязкости.

Исследование физико-химических свойств, синтезированных фосфониевых полимеров показало, что они являются типичными полиэлектролитами. Полимеры, полученные на основе спонтанной полимеризации ЭХГ, МАХ с ТФФ и ТФФИТ, характеризуются высокой молекулярной массой и повышенной термостабильностью. Термостойкость синтезированных полимеров выше как по температуре начала разложения, так и по потере массы полимера при нагревании. Полимеры, полученные спонтанной полимеризацией при низкой температуре, более однородны по молекулярной массе и, следовательно, имеют более низкую степень полидисперсности.

Полученные результаты исследований явились основой разработки технологии получения фосфониевых полимеров [20], особенностями которых является проведение процесса полимеризации периодическим методом. Особенностями разработанных технологии является простота в технологическом оформлении, высокая эффективность технологических процессов. Полимеры, получаемые по разработанной технологии, более однородны по молекулярной массе и, следовательно, имеют более низкую степень полидисперсности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кабанов В.А. Полимеризация химически активированных мономеров. //Успехи химии. -1967. -№36. -с.217-243.
2. Kazanskii K.S. New neutral, ionic and reaktive networks based on polymerization ethylen oxide.// World Polymer congress "IUPAC MACRO-2000". – Poland,2000. –р.1194.
3. Мухамедгалиев Б.А. и др. Фосфорсодержащие полимеры ускорители и модификаторы эпоксидных смол.// Журн. Пластмассы. –1999.-№9 -с.32-33.
4. Мухамедгалиев Б.А. и др. Модификация КФМТ фосфорсодержащим полимером и получение на их основе огнестойких плит //Журн. Пластмассы. – 1999.-№7. -с.21-22.
5. Патент РУзб.5721. Полимерная композиция. Миркамилов Т.М., Мухамедгалиев Б.А., Туробжонов С.М., Аюбова И.Х. опубл. БИ2/24.1999г.
6. Мухамедгалиев Б.А.,Миркамилов Т.М. Фосфорсодержащие полимеры ускорители и модификаторы эпоксидных смол.// Журн. Лакокрасочные материалы и их применение. –1999. - №10.- с.21.
7. Мухамедгалиев Б.А.,Гилляев Р.А. Снижение остаточного напряжения в эпоксиполимерах. //Журн. Лакокрасочные материалы и их применение. –1999.- №7-8. - с.55.

8. Мухамедгалиев Б.А. и др. Применение фосфорсодержащих полимеров в качестве присадки к смазочным материалам. // Журн. Пластмассы. –1999. №9. -с.36-37.
9. Миркамилов Т.М., Мухамедгалиев Б.А. Модификация КФМТ фосфорсодержащим полимером и получение на их основе огнестойких плит. //Журн. Пластмассы. -№7.-1999. -с.21-22.
10. Акрамов Ш.К., Мухамедгалиев Б.А.,Хакимов А.М. Специфические аспекты полимеризации некоторых производных галоидакрилатов с третичным фосфином.// ДАН РУзб. –1994. -№4 - с.46-47.
11. Хакимов А.М.,Мухамедгалиев Б.А. Исследование полимеризации метакрилоилхлорида с трифенилфосфитом. //Узб.хим.журнал. –1996. -№1-с.52-53.
12. Аблякимов Э.И. Исследование полимеризации аминокрилатов. Автореф. дисс. ... канд.хим. наук. –Л: ЛТИ им. Ленсовета. 1967. - с.22.
13. Цветков Е.Н., Кабачник М.И. Сопряжение в ряду трехвалентного фосфора. //Успехи химии. -1971.-№2. - с.177-221.
14. Мастрюкова Т.А. Сопряжение в системе фосфорорганических соединений. В кн. «Химия и применение фосфорорганических соединений». – М.: Наука,1972. -с.149-159.
15. Кабачник М.И. Сопряжение в системах с тетраэдрическим атомом фосфора. В кн. «Химия и применение фосфорорганических соединений». - М.:Наука,1972. -с. 30-48.
16. Торопцева В.С., Бондаренко А.И. Практикум по химии высокомолекулярных соединений. – М.: Химия, 1971. -с.360.
17. Аскарлов М.М., Мухамедгалиев Б.А.,Хашимова С.М. Исследование ММР фосфониевых полимеров методом скоростной седиментации // Сб.трудов проф.-преподавателей ТашХТИ. –Ташкент,2018. -с.87-88.
18. Fuoss R.M., Strauss U.P. Polyelectrolites. //J.Polymer. Sci. – 1948. -№2. - р. 242-263
19. Калинина А.И., Моторина Н.И. Анализ конденсационных полимеров. -М.: Химия, 1987. -с.240.
20. Миркамилов Т.М., Мухамедгалиев Б.А. Влияние антипиренов на процесс отверждения и термодеструкцию мочевиноформальдегидных смол. //Журн. Лакокрасочные материалы и их применение. –1999. -№7-8.- с.30-31.

РЕДАКЦИЯ

Главный редактор	доктор технических наук, профессор Хозин В.Г.
Заместитель главного редактора	доктор технических наук, профессор Абдрахманова Л.А.
Помощник главного редактора	Синцова Л.В.
Технический администратор	Фалеев В.И.

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»

**Материалы международной
научно-технической конференции
«Стройполимеры-24»
20-23 мая 2024 года
Корректурa авторов**

Дата размещения на сайте
20 мая 2024 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.