

Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]

ISSN 0585-430X

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ[®] №10



НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЖУРНАЛ

ИЗДАЕТСЯ С 1955 г.

WWW.RIFSM.RU

ОКТАБРЬ 2016 г. (742)

HRIZOPRO

СТАБИЛИЗИРУЮЩАЯ ДОБАВКА В ЦМА



в октябре прошла ежегодная
международная специализированная
выставка-форум «ДОРОГАЭКСПО» 2016

стабилизирующая добавка
HRIZOPRO в очередной раз
привлекла внимание
профессионалов, экспозиция
пользовалась популярностью на
протяжении всех дней выставки



8 - 800 - 200 - 53 - 10



ht@orenmin.ru



www.hrizopro.ru

The Largest and Major Ceramics Industry Exhibition
in the World with **100,000sqm** Exhibiting Space !



CERAMICS CHINA 2017

Date: June 1st - 4th, 2017

Venue: Canton Fair Complex, Guangzhou

Hosted by China Ceramic Industrial Association
Organized by Unifair Exhibition Service Co., Ltd.



+86-20-8327 6369 / 8327 6389
overseas@ceramicschina.com.cn
www.ceramicschina.com.cn

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

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ® №10

Основан в 1955 г.

(742) октябрь 2016 г.

Главный редактор:

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

Редакционный совет:

РЕСИН В. И.,
 председатель, д-р экон. наук,
 профессор, академик РААСН (Москва)

БУРЬЯНОВ А. Ф.,
 д-р техн. наук, директор Российской
 гипсовой ассоциации (Москва)

БУТКЕВИЧ Г. Р.,
 канд. техн. наук, член правления
 Ассоциации «Недра» (Москва)

ВАЙСБЕРГ Л. А.,
 д-р техн. наук, профессор,
 член-корреспондент РАН
 (Санкт-Петербург)

ВЕРЕЩАГИН В. И.,
 д-р техн. наук, профессор (Томск)

ГОРИН В. М.,
 канд. техн. наук, президент Союза
 производителей керамики и
 керамзитобетона (Самара)

ЖУРАВЛЕВ А. А.,
 Президент Ассоциации «Недра» (Москва)

КОРОЛЕВ Е. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Москва)

КРАСОВИЦКИЙ Ю. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Воронеж)

КРИВЕНКО П. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Украина)

ЛЕОНИЧ С. Н.,
 д-р техн. наук, профессор (Беларусь)

ЛЕСОВИК В. С.,
 д-р техн. наук, профессор,
 член-корреспондент РААСН (Белгород)

ОРЕШКИН Д. В.,
 д-р техн. наук, профессор (Москва)

ПИЧУГИН А. П.,
 д-р техн. наук, профессор
 (Новосибирск)

ПУХАРЕНКО Ю. В.,
 д-р техн. наук, профессор,
 член-корреспондент РААСН
 (Санкт-Петербург)

ФЕДОСОВ С. В.,
 д-р техн. наук, профессор,
 академик РААСН (Иваново)

ФИШЕР Х.-Б.,
 доктор-инженер (Германия)

ХЕЛМИ Ш. С.,
 канд. техн. наук (Египет)

ХОЗИН В. Г.,
 д-р техн. наук, профессор (Казань)

ЧЕРНЫШОВ Е. М.,
 д-р техн. наук, профессор,
 академик РААСН (Воронеж)

ШЛЕГЕЛЬ И. Ф.,
 канд. техн. наук (Омск)

ШТАКЕЛЬБЕРГ Д. И.,
 д-р техн. наук, профессор (Израиль)

ЯКОВЛЕВ Г. И.,
 д-р техн. наук, профессор (Ижевск)

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

Крупнопанельное домостроение

Профессионалы встретились на VI Международной научно-практической конференции «Развитие крупнопанельного домостроения в России» InterConPan-2016 в Краснодаре (Информация) 4

Новый экструдер: инновации нон-стоп (Информация) 10

Туркменистан: крупные инвестиции в технологии изготовления сборных железобетонных элементов (Информация) 13

Shanghai Baoye выбирает современную технологию сборного строительства от Vollert (Информация) 16

**А.М. ИБРАГИМОВ, А.А. ТИТУНИН, Л.Ю. ГНЕДИНА, А.Н. ЛАБУТИН
 Полистиролбетон в промышленном и гражданском строительстве 21**

**В.Н. МОРГУН, Л.В. МОРГУН, А.В. ВИСНАП, А.Ю. БОГАТИНА
 О свойствах материалов, соответствующих требованиям крупнопанельного домостроения 24**

Материалы и конструкции

**А.С. АЛЕКСАНДРОВ
 Исследование пластического деформирования дискретных материалов при воздействии циклических нагрузок и определение параметров математических моделей 27**

К 45-летию кафедры «Строительные конструкции» УГНТУ

Кафедре «Строительные конструкции» УГНТУ – 45 лет (Информация) 33

**Л.Н. ЛОМАКИНА, Н.Б. ХАБАБУТДИНОВА, Л.Я. КРАМАР
 Лаборатория нанотехнологий цементных систем им. профессоров А.Ф. Полака и Н.Х. Каримова УГНТУ: некоторые результаты и перспективы развития 38**

**П.А. ФЕДОРОВ, Т.З. ГИЛЬМУТДИНОВ, А.А. АСТАФУРОВ, В.М. ЛАТЫПОВ
 Совершенствование лабораторных методов исследований долговечности бетона в агрессивных газовых и жидких средах 42**

Baltimix – главный форум производителей сухих строительных смесей прошел в Калининграде (Информация) 48

**Т.В. ЛАТЫПОВА, Л.Н. ЛОМАКИНА, Р.Р. АХМАДУЛЛИН, Б.Р. АНВАРОВ
 Об эксплуатационной надежности железобетона в системах водоснабжения и водоотведения селитебных территорий 50**

**А.М. ГАЙСИН, В.В. БАБКОВ
 Анализ несущих наружных стен многоэтажных жилых домов в Республике Башкортостан с позиции удельной теплозащитной характеристики 55**

**Е.М. ВЛАДИМИРЦЕВ, В.М. ЯКИМОВ, Т.А. РАМАЗАНОВ, Е.Ю. КОЧАНОВА, Д.Р. НУГУМАНОВ, В.Н. КЛИМИН, С.И. КРИВЦОВ, В.М. ЛАТЫПОВ
 Опыт применения и направления улучшения звукоизоляционных характеристик инновационных панелей «Уоллсейвинг» 58**

**Т.З. ГИЛЬМУТДИНОВ, П.А. ФЕДОРОВ
 Влияние трещин на кинетику карбонизации бетона 63**

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

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

Monthly scientific-technical and industrial journal

STROITEL'NYE MATERIALY® № 10

Founded in 1955

(742) October 2016 r.

Editor-in-chief

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

Editorial Board

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Large-panel housing construction

**Professionals met at the VI International Scientific-Practical Conference
«Development of Large-Panel Construction in Russia» InterConPan-2016
in Krasnodar (Information) 4**

A New Extruder: Non-Stop Innovations (Information) 10

**Turkmenistan: Major Investments in Technologies of Manufacturing
Precast Reinforced Concrete Elements (Information) 13**

**Shanghai Baoye Chooses Contemporary Technology of Prefabrication
Construction of Vollert (Information) 16**

**A.M. IBRAGIMOV, A.A. TITUNIN, L.Yu. GNEDINA, A.N. LABUTIN
Polysterene Concrete in Industrial and Civil Construction 21**

**V.N. MORGUN, L.V. MORGUN, A.V. VISNAP, A.Yu. BOGATINA
About Properties of Materials Which Meeting Requirements Large-Panel
House Prefabrication 24**

Materials and structures

**A.S. ALEKSANDROV
Research in Plastic Deformation of Discrete Materials under Influence
of Cyclic Loads and Determination of Parameters of Mathematical Models 27**

To the 45th Anniversary of «Building Structures» Department of Ufa State Petroleum Technological University (USPTU)

Department of Building Structures of USPTU: 45 Years (Information) 33

**L.N. LOMAKINA, N.B. KHABABUTDINOVA, L.Ya. KRAMAR
Laboratory of Nano-Technologies of Cement Systems Named
after Professors A.F. Polak and N.Kh. Karimov of USPTU:
Some of the Results and Prospects of Development 38**

**P.A. FEDOROV, T.Z. GIL'MUTDINOV, A.A. ASTAFUROV, V.M. LATYPOV
Improving Laboratory Methods for Research in Durability of Concrete
in Aggressive Gas and Liquid Environments 42**

**Baltimix – the Main Forum of Dry Mixes Manufacturers
was held in Kaliningrad (Information) 48**

**T.V. LATYPOVA, L.N. LOMAKINA, R.R. AKHMADULLIN, B.R. ANVAROV
About Operational Reliability of Reinforced Concrete in Water Supply
and Water Disposal Systems of Residential Areas 50**

**A.M. GAYSIN, V.V. BABKOV
Analysis of Bearing External Walls of Multistory Residential Buildings
in the Republic of Bashkortostan from the Position of Specific Thermal
Protection Characteristic 55**

**E.M. VLADIMIRTSEV, V.M. YAKIMOV, T.A. RAMAZANOV, E.Yu. KOCHANOVA,
D.R. NUGUMANOV, V.N. KLIMIN, S.I. KRIVTSOV, V.M. LATYPOV
Experience in Application and Ways of Improving Sound Insulation Characteristics
of Innovative Panels «Wallsaving» 58**

**T.Z. GIL'MUTDINOV, P.A. FEDOROV
Influence of Cracks on Kinetics of Concrete Carbonization 63**

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

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

Строительные материалы № 10

В.М. ЛАТЫПОВ, А.Р. АНВАРОВ, П.А. ФЕДОРОВ, Е.В. ЛУЦЫК, Г.К. ДЕРБИНЯН

Математическое моделирование процессов коррозии как основа реформирования норм агрессивности эксплуатационной среды по отношению к бетону и железобетону 67

А.Е. ЧУЙКИН, В.В. БАБКОВ, И.А. МАССАЛИМОВ

Модифицирование цементного бетона пропиточными серосодержащими растворами 72

В.И. ВИННИЧЕНКО, А.Н. РЯЗАНОВ, Н.Ю. ВИЦЕНКО

Термодинамическая оценка условий образования первичных клинкерных минералов при обжиге доломитсодержащей шихты 76

Результаты научных исследований

М.А. ГОНЧАРОВА, И.А. ТКАЧЕВА

Практический опыт применения щебеночно-мастичного асфальтобетона с использованием активированного минерального порошка 84

Stroitel'nye Materialy No. 10

V.M. LATUPOV, A.R. ANVAROV, P.A. FEDOROV, E.V. LUTSYK, G.K. DERBINYAN

Mathematical Simulation of Corrosion Processes as a Basis for Reforming Norms of Aggressiveness of Operational Environment with Regard to Concrete and Reinforced Concrete 67

A.E. CHUIKIN, V.V. BABKOV, I.A. MASSALIMOV

Modification of Cement Concrete with Impregnating Sulphur-Containing Solutions 72

V.I. VINNICHENKO, A.N. RYAZANOV, N.Yu. VITSENKO

Thermodynamic Evaluation of Formation Conditions of Primary Clinker Minerals When Burning Dolomite-Containing Charge 76

Results of scientific research

M.A. GONCHAROVA, I.A. TKACHEVA

Practical Experience in Applying the Crushed Stone-Mastic Asphalt Concrete with the Use of Activated Mineral Powder ... 84

Уважаемые коллеги!

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

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

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

Открыта **подписка на электронную версию** журнала:

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



На почте подписку можно оформить:

По объединенному каталогу «Пресса России»

индекс **70886**



По каталогу агентства «Роспечать»

индекс **79809**

Оставайтесь
с нами!

Профессионалы встретились на

VI Международной научно-практической конференции

«РАЗВИТИЕ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ В РОССИИ»

InterConPan-2016 в Краснодаре

Представители профессионального сообщества встретились на VI Международной научно-практической конференции «Развитие крупнопанельного домостроения в России» 18–20 мая 2016 г. в Краснодаре. В конференции приняли участие более 180 руководителей и ведущих специалистов строительно-инвестиционных компаний, домостроительных предприятий, проектных организаций, ученых российских вузов и научно-исследовательских институтов из 23 регионов Российской Федерации и пяти зарубежных стран. Организаторами конференции традиционно выступили АО «ЦНИИЭП жилища» и объединенная редакция журналов «Строительные материалы»® и «Жилищное строительство». Спонсор мероприятия – ООО «ВКБ-Инжиниринг» (Краснодар). Партнеры конференции – ЗАО «Патриот-Инжиниринг» (Москва), PROGRESS (Германия), ALLBAU (Германия), BASF (Германия).

За последние четыре года объемы жилищного строительства в Российской Федерации возросли почти на 20 млн м² в год. Безусловно, этот рост был бы невозможен без крупнопанельного домостроения – быстрой и качественной технологии возведения жилья и социальных объектов. Вклад в рост темпов строительства внесли участники конференций, прошедших с 2011 г. в Москве, Санкт-Петербурге, Ростове-на-Дону, Казани. Конференция InterConPan стала важным шагом к внедрению новых технологий и проектных решений, а также к укреплению деловых и дружеских взаимоотношений. Благодаря общению специалистов на конференции выработано четкое понимание задач модернизации базы крупнопанельного домостроения и возможностей их решения. Процесс модернизации домостроительных предприятий и строительства новых сопровождается развитием отечественной машиностроительной базы по производству технологического оборудования, не уступающего по качеству зарубежным образцам, чему также способствует проведение ежегодных научно-практических конференций «Развитие крупнопанельного домостроения в России».

Краснодарский край в общероссийском рейтинге занимает шестое место по выполненным объемам строитель-

ных работ. Достижения в области крупнопанельного домостроения, которые демонстрирует Краснодарский край и, в частности, Краснодар, определили выбор площадки для проведения конференции в 2016 г.

По данным департамента строительства Краснодарского края (http://www.depstroy.krasnodar.ru/activity/stroitelstvo/Statistik_stroy/). Дата обращения 6.09.2016), за январь–июль 2016 г. в крае введено в эксплуатацию 2595,1 тыс. м² жилья или 93% к январю–июлю 2015 г. Краснодарский край по объемам ввода жилья занимает второе место после Московской области. Из общего объема введенного жилья предприятиями и организациями за отчетный период сдано в эксплуатацию 28,2 тыс. квартир общей площадью 1574 тыс. м² (в том числе 627,6 тыс. м² жилья эконом-класса), что на 0,7% больше, чем за аналогичный период 2015 г. Индивидуального жилья за отчетный период сдано в эксплуатацию 1021,1 тыс. м². Средняя стоимость 1 м² жилья во II квартале 2016 г. составила на первичном рынке 42984 р. Средняя стоимость строительства 1 м² жилья многоквартирных домов (по данным застройщиков) в I квартале 2016 г. – 39466 р. или 110,8% к аналогичному периоду 2015 г.

В докладе ген. директора АО «ЦНИИЭП жилища» С.В. Николаева было отмечено, что в целом по России в настоящее время не требуются квартиры с комнатами площадью свыше 25 м², население устраивают квартиры эконом-класса с комнатами значительно меньшей площади. Однако необходимо предусматривать возможность увеличения площадей этих комнат в будущем. Это означает отказ от строительства панельных домов со сплошными плитами перекрытий и переход на использование многоспустотных плит безопалубочного или опалубочного формирования. Применение быстровозводимых и быстроразбираемых стен и перегородок позволит в будущем трансформировать малометражные квартиры в комнаты площадью до 50 и более м². Это обеспечит выполнение главного требования к жилищу – возможности гибкой планировки помещений и их многофункционального использования в течение всего срока службы здания. Гибкая технология производства и переход на строительство панельных зданий с многоспустотными плитами перекрытий позволяют на основе создания типовых проектов панельных и панельно-каркасных зданий выполнять все перечисленные выше требования, что подтверждают выступления и публикации участников конференции.



Главный архитектор Краснодарского края Ю.В. Рысин отметил, что жилье в регионах должно быть доступно широким массам жителей. Развитие индустриального домостроения – путь для достижения этой цели. Поэтому на правительственном уровне позитивно оценивается опыт Краснодарского края, где успешно работают заводы объемно-блочного домостроения. Именно применение технологий индустриального домостроения сыграло ключевую роль при борьбе с последствиями стихийного наводнения в Крымске в 2012 г. Юрий Владимирович напомнил, что анализ имеющихся технологий возведения зданий позволил сделать вывод, что решения быстрее и качественнее, чем объемно-блочное домостроение, не было. За считанные месяцы партнеры ООО «ВКБ-Инжиниринг» – заводы и инвестиционно-строительные компании смогли возвести готовые к заселению люди дома. Результат, который позитивно оценивают власти, появился благодаря основам, заложенным еще в советское время. Успешный опыт индустриального строительства времен 1960-х гг. помогает решать задачи и в XXI в. В настоящее время в Краснодарском крае работают два завода объемно-блочного домостроения, которые позволяют быстро и качественно возводить жилье.





По мнению главного инженера проектов ООО «ВКБ-Инжиниринг» Г.К. Коростелевой (справа), эта технология позволяет строительным компаниям получать готовые блок-комнаты с завода ЗАО «ОБД» и АПСК «Гулькевичский», что значительно упрощает строительство и позволяет возводить до двух этажей за день. Поставляются блоки-комнаты, лестничные пролеты, лифтовые шахты. Комнаты могут быть уже с частичной отделкой, установленными окнами, вентиляционными отверстиями и сантехникой. Технология применима как для строительства высотных домов, так и для возведения 2–3-этажных коттеджей. На технологических особенностях производства остановился ведущий инженер ООО «ВКБ-Инжиниринг» Ю.Н. Щедрин.

Известно, что к числу базовых принципов формирования комфортной жилой застройки относятся квартальность, предполагающая разделение частного (внутренний двор) и общественного (улица) пространств, наличие полноценной угловой секции, размещение социальных объектов на первых этажах зданий, а также разнообразие фасадов внутри квартала. Кроме того, рекомендуется выпускать серии жилых домов переменной этажности – от 6 до 17 этажей, а также предусмотреть возможность свободной планировки квартир.

Влияние крупнопанельного домостроения на формирование городской среды является определяющим. Важнейшими требованиями, которым должны соответствовать современные системы крупнопанельного домостроения, чтобы созданные на их основе здания отвечали задачам формирования полноценной «устойчивой» городской среды, являются:

- градостроительная маневренность, заключающаяся в возможности размещать дома в различной ориентации по условиям инсоляции, обеспечивать при необходимости минимальные разрывы, в широкой степени варьировать их протяженность, конфигурацию, этажность;
- приспособленность использования первых этажей для размещения общественно значимых объектов и учреждений – торговли, культурно-бытового назначения, мест прилегания труда;
- возможность использования подземного пространства непосредственно под домами для размещения парковок;
- разнообразие приемов и средств оформления фасадов;
- гибкость планировочных решений, позволяющих на единой конструктивной основе получать различный, обусловленный демографией набор квартир, а также возможность проведения перепланировок, объединения, укрупнения квартир при изменении социально-экономической ситуации.

Выполнение этих требований, весьма жестких для индустриальных, поточных технологий, каковой является крупнопанельное домостроение, тем не менее, особенно актуально в современных условиях, характеризующихся сменной функционально-планировочной структуры массовой жилищной застройки – переходом от микрорайона к кварталу, реабилитацией общественных пространств, дифференциацией пешеходных и транспортных инфраструктур, высокой концентрацией и плотностью застройки.

Уроки первого периода индустриализации жилищного строительства – периода «пятиэтажек», показывают, на-



Очень интересный доклад, вызвавший массу вопросов, сделал руководитель архитектурной мастерской № 8, зам. главного архитектора АО «ЦНИИЭП жилища» (Москва) С.Б. Звенков. Внедрение сборных домов в массовую и существующую застройку – важная и сложная тема. Особенно, когда требования к застройке современных городов ужесточаются.

Здания, построенные по крупнопанельной или каркасно-панельной технологии, относятся к жилью эконом-класса. В 2015 г. около 45% жилья в РФ построено в этом сегменте. В условиях сложной экономической ситуации и реального снижения доходов населения произошли изменения и в структуре возводимого жилья. Однако жилье эконом-класса не должно выглядеть бедно. Дизайн здания позволяет воплотить принцип адресности и узнаваемости объекта. На этом экономить нельзя. Нельзя экономить на материалах и инженерии. Поэтому эконом-класс – это небольшое количество метров в одной отдельной квартире. Это малогабаритные многокомнатные квартиры, которые в настоящее время пользуются большим спросом, так как в России достаточно много семей с двумя и более детьми. Это квартиры-студии, рассчитанные на одиноких людей и пенсионеров. Известно, что именно эти квартиры продаются в первую очередь. Поэтому рынок и экономическая ситуация диктуют правила строительства жилых домов. При покупке жилья люди считают уже не стоимость 1 м², а цену квартиры, что не может не сказываться на метраже. При этом понятно, что это явление временное. Среда не может быть комфортной, если доля малогабаритных квартир и студий превышает 30–40%. Поэтому необходимо более внимательно относиться к планировочным решениям, чтобы у жильцов существовала возможность документально подтвердить площади и квартиры расширить.



сколько быстро происходит моральное старение в свое время повсеместно доминирующих приемов и технологий застройки и насколько сложны задачи последующих периодов адаптации и реабилитации.



Участники InterConPan всегда активно задают вопросы, обсуждают доклады, делятся знаниями и практическим опытом. В этом им помогает информация, опубликованная в журналах «Строительные материалы»® и «Жилищное строительство». Коллеги обсуждали возможность размещения домов на участках, имеющих разную конфигурацию; разработку новых серий домов повторного применения; требования вариативности конфигурации жилых кварталов; пластику фасадов; технологические возможности устройства специальных мест для установки кондиционеров, точности технологии производства. И конечно, делились проблемами и вариантами их решения.



Во всем мире крупнопанельное и панельно-каркасное домостроение очень перспективно. Модернизация производства неизбежна. Необходимо прибегать к услугам технологических институтов и специалистов, которые разрабатывают оснастку под заказ архитектора проекта. Принцип формирования разнообразных фасадов с отличной пластикой позволяет создавать неограниченное количество архитектурных образов здания за счет изменения поэтажных планов с применением панельных «рубашек» в виде наборов из отдельных элементов.

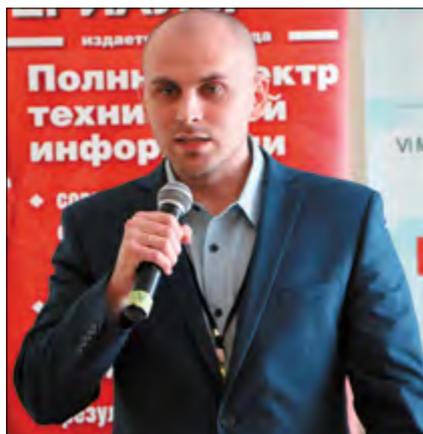




Спонсорам и партнерам конференции вручены памятные дипломы



На пленарном и секционных заседаниях 18 мая 2016 г. заслушано более 40 докладов, посвященных проектированию крупнопанельных и каркасно-панельных домов. Рассмотрены вопросы безопасной эксплуатации этих домов в сейсмически активных регионах, конкретные вопросы модернизации действующих домостроительных предприятий, вопросы выбора технологического оборудования, снижения энергоемкости производства, применения новых и традиционных материалов и конструктивных решений при выпуске изделий КПД. Представители фирм-поставщиков оборудования рассказали о новинках – разработках, позволяющих наполнить дома необходимыми элементами: кладовыми, гардеробными, эркерами, застекленными лоджиями, специальными коробами для кондиционеров на фасадах. Представители фирм-поставщиков программного обеспечения предложили продукты, помогающие организовать эффективную квартирографию. В настоящее время у проектировщиков существует проблема проектирования квартир с окнами, выходящими на две стороны здания; проектирования квартир с организацией «мокрых зон» – когда пути передвижения по квартире не пересекаются с местами, где переобуваются; создания общественных пространств на первых этажах домов; общедомовых пространств; кладовых в подвальных помещениях. При разработке новых проектов жилых крупнопанельных и каркасно-панельных домов в приоритете принцип создания благополучного образа жизни и комфортной городской среды.



19 мая – день, насыщенный производственными экскурсиями. На выездной сессии участники конференции посетили Краснодарский ЗАО «ОБД», жилой комплекс «Восточно-Кругликовский», коттеджный поселок «Вишневый сад», ООО «Инвестиционно-строительная компания «БУДМАР».

Краснодарский завод объемно-блочного домостроения введен в эксплуатацию в 1974 г. как головное предприятие



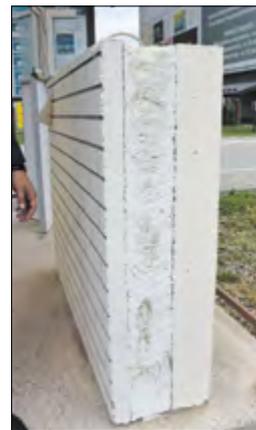
Памятный знак о посещении завода вручен ген. директору ЗАО «ОБД» А.Л. Залуцкому. Александр Леонидович неоднократно принимал участие в конференциях InterConPan. За 40 лет своей деятельности ЗАО «ОБД» доказало, что одним из наиболее перспективных методов строительства, обеспечивающих высокие темпы сооружения жилых зданий, является объемно-блочное домостроение. Особую эффективность предприятие показало при работе в чрезвычайных ситуациях. В 2010 г. для лиц, пострадавших от наводнения в Туапсинском районе, в поселке городского типа Джубга за два месяца были построены и введены в эксплуатацию три пятиэтажных жилых дома на 150 квартир. В 2012 г. после наводнения в г. Крымске ЗАО «ОБД» опять пришло на помощь пострадавшим. За три месяца в Крымске было построено и заселено три девятиэтажных жилых дома на 300 квартир.

строительной отрасли Краснодарского края по выпуску объемно-блочных элементов для возведения жилых домов. За 40 лет в Краснодарском крае из изделий ЗАО «ОБД» построено 6,5 млн м² жилья. Краснодарское направление завода «ОБД» базируется на бескаркасной объемно-блочной конструктивной схеме. Технология «лежащий стакан». Наружная панель трехслойная. Производительность предприятия 250 тыс. м² общей производимой площади в год.



Экскурсию по заводу провел человек, который знает о своем производстве все, – главный технолог завода Н.Г. Голубенко. Он обратил внимание коллег на то, что на предприятии сохранен в рабочем состоянии стенд для испытаний объемных блоков конструкции ГипроСтромМаш 1970-х гг.





Жилой комплекс «Восточно-Кругликовский» расположен в северо-восточной части Краснодара, недалеко от центра и имеет хорошие транспортные развязки. Все квартиры сдаются с отделкой «под ключ». Проект планировки занимает территорию 609 263 м² жилья. В жилом районе предусмотрено строительство двух детских садов по 150 мест и школы.



Коттеджный поселок «Вишневый сад» находится в микрорайоне «Восточно-Кругликовский» и будет состоять из 128 коттеджей. Его площадь – 22,5 Га. Разнообразные планировки позволят покупателям выбрать дом исходя из своих предпочтений. Большую часть коттеджей возведут из газобетона, часть – из ОБД-блока, но все они будут облицованы кирпичом.



ООО Инвестиционно-строительная компания «БУДМАР» создана в 2004 г. Производственная мощность 140 тыс. м² общей площади в год. Компания располагает современным комплексом оборудования для производства железобетонных изделий и сухих строительных смесей, собственной сырьевой базой, строительного-монтажным управлением. В 2012 г. на предприятии начал работу цех по производству многопустотных изделий, выпускающий плиты перекрытия и стеновые панели. Освоено производство фундаментных блоков типа «лего».

Участники конференции решили в 2017 г. организовать VII международную научно-практическую конференцию InterConPan в г. Чебоксары.



Экструдер EVO2 во время формовки изделий в ходе своей первой производственной смены



Трансмиссия закрытая в масляной ванне



Экструдированная часть с независимыми моторами привода внешних шнеков



Полезные держатели инструментов, установленные на бункере приема бетона

Новый экструдер: ИННОВАЦИИ НОН-СТОП

После успешных первоначальных эксплуатационных испытаний, проведенных в Италии, новый экструдер EVO2 полностью превзошел ожидания как специалистов Nordimpianti, так и первых покупателей данной машины. Технология создания экструдера восходит к 1950-м гг. В течение полувека специалисты добились больших достижений в улучшении функциональности машины и в снижении затрат на эксплуатацию. Впервые новый экструдер был представлен в апреле 2016 г. на международной выставке Bauma в Мюнхене.

Эта технология была разработана для производства предварительно напряженных пустотных плит, используемых в строительстве и как перекрытия, и как стеновые элементы. Существует три вида установок, используемых для производства данных видов сборных элементов, отличающихся принципом работы: экструдер; слипформер; вибролитьевая машина.

Nordimpianti имеет опыт работы со всеми тремя технологиями и стремится предоставить своим клиентам наиболее подходящие машины, которые лучше всего обеспечат достижение желаемых характеристик сборных железобетонных элементов. Стало очевидным, что, учитывая плюсы и минусы каждой машины и принимая во внимание такие факторы, как затраты на производство, простота использования и качество готового продукта, технология экструдера в настоящий момент считается наиболее предпочтительной для производства пустотных плит перекрытий высотой от 15 до 50 см.

Понимая все эти преимущества и будучи одним из основных игроков на рынке машин для безопасного производства изделий, Nordimpianti с середины 1990-х гг. осуществляла значительные инвестиции в исследования и разработку нового экструдера, третья версия которого в настоящее время стала ориентиром для всего рынка. Экструдер EVO2 является примером технических и функциональных улучшений, которые перечислены ниже.

Трансмиссия постоянно погружена в масляную ванну.

Трансмиссия является механическим сердцем машины и имеет необходимые механические компоненты, такие как цепи, валы, подшипники, передачи и соединительные шпильки, создающие вращение и колебание шнеков, формовочных труб и боковых формующих элементов.

Nordimpianti разработала и сконструировала закрытую трансмиссию не только чтобы обеспечить постоянную смазку всех механических частей, но также чтобы уберечь механические компоненты от воздействия агрессивных элементов среды, таких как вода, пыль и цемент. Машина, не имеющая такой защиты, будет иметь удлиненное время простоя и дорогостоящее обслуживание.

Независимые моторы привода шнеков.

В отличие от предыдущей версии машины экструдер EVO2 имеет независимые двигатели для каждого из двух внешних шнеков, таким образом становится возможным регулировать скорость наружных шнеков независимо от внутренних. Это позволяет оптимизировать рабочие характеристики машины, что в свою очередь сократит затраты на обслуживание.



Хранение подъемных петель на консолях, установленных на бункере приема бетона



Клипборд А4 для производственных заданий, установленных на бункере приема бетона



Превосходное качество бетонных элементов, произведенных с помощью нового экструдера EVO2



Первые пустотные плиты высотой 200 мм, произведенные на экструдере EVO2

Более того, данное улучшение также повышает качество готового изделия за счет того, что наружные шнеки обеспечивают подачу большего количества бетона, необходимого для заполнения областей сечения изделия по краям по сравнению с областью внутренних шнеков. Такая подача увеличенного количества бетона часто не обеспечивается экструдерами, имеющими единый привод всех шнеков, особенно когда шнеки достигают определенной степени износа. Тогда возникает недостаточное уплотнение бетона и снижение несущей способности изделия. В экструдере EVO2 все моторы, используемые для вращения шнеков, контролируются с помощью частотных преобразователей, следовательно, скорость шнека может регулироваться даже в процессе формования элемента и без остановки машины.

Новое заглаживающее устройство.

Заглаживающее устройство играет важную роль в экструдере: обеспечивая изделиям финишную отделку, устройство также работает в сочетании со шнеками, формующими трубами и боковыми формующими элементами для достижения качественного уплотнения бетона.

Заглаживающее устройство экструдера EVO2 было полностью переработано – создана новая антивибрационная система крепления верхней пластины, а также новая ременная передача от электромотора. Последняя, в частности, теперь расположена внутри герметизированного кожуха для предотвращения контакта ремня с остатками бетона, которые неизбежно появляются в процессе производства на поверхности заглаживающего устройства.

Это означает, что теперь исключаются неожиданные порывы ремня, в особенности когда не соблюдаются процедуры своевременной чистки устройства. Результатом этого становится увеличение надежности и эффективности машины, а также сокращение общих затрат на обслуживание.

Практичность и функциональность.

В дополнение к множеству улучшений технического характера, новый экструдер EVO2 обрел новый дизайн, в котором предусмотрены многие детали.

Практичность и эргономика нередко игнорируются многими компаниями. Nordimpianti проявляет тщательность в проработке деталей оборудования и думает о нуждах и удобствах в процессе работы операторов машин и обслуживающего персонала.

По этим причинам Nordimpianti улучшила функциональность и конструкцию машины следующим образом:

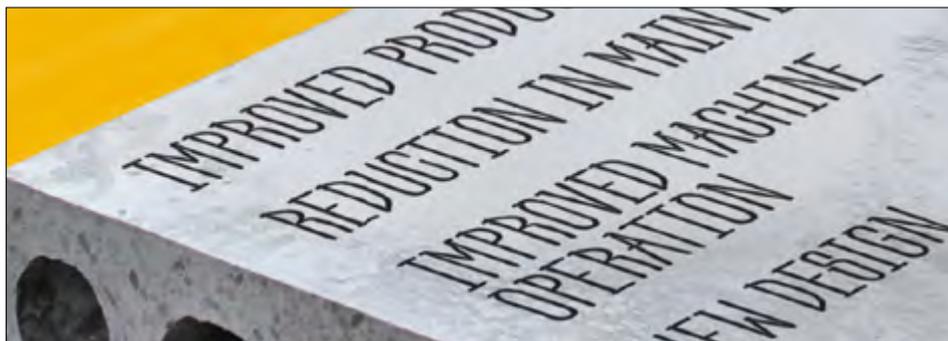
- На машину установлена новая 12-дюймовая сенсорная панель, более простая в использовании;
- Добавлен держатель для инструментов, используемых при формовке, разметке, сверления и формирования отверстий по свежему бетону на производимых элементах;
- Добавлен клипборд формата A4 для крепления различного рода производственных заданий, чертежей и прочих административных бумаг;
- Установлены точки хранения подъемных петель, которые может понадобиться установить в свежесформованное изделие;
- В наличии имеется дополнительная розетка, установленная в задней части машины для подключения инструментов, таких как дрель и/или шлифовальный инструмент.

Выдающееся качество.

Новый экструдер EVO2 способен производить высококачественные пустотные плиты с отменными характеристиками. Качество отделки поверхности, уплотнение бетона, а также позиционирование преднапрягаемой арматуры – проволоки или канатов – оптимизированы, вследствие многочисленных улучшений машины, что позволяет оператору достигать отличных результатов.



Серия экструдеров EVO2 – наилучший выбор для производства преднапряженных пустотных плит перекрытий



• Улучшенное качество изделий • Снижение стоимости обслуживания • Улучшенная эксплуатация машины • Новый дизайн



ГЛОБАЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ
ДЛЯ ИНДУСТРИИ СБОРНОГО
ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

- Автоматизированные индивидуальные линии циркуляции паллет
- Оборудование для производства арматурных элементов и сетки
- Кассетные формы, опрокидывающиеся столы, опалубочные системы
- Оборудование для преднапряженных элементов и тестовая линия
- Собственный завод стеновых панелей и перекрытий
- Программное обеспечение и комплексная система ERP

www.progress-group.info

Туркменистан: крупные инвестиции в технологии изготовления сборных железобетонных элементов

Уже более одного года в Туркменистане работают три полностью модернизированных завода по производству сборных железобетонных изделий, на которых установлено новое оборудование: 2 линии циркуляции паллет, 3 опрокидывающихся вибростола, 12 машин для производства арматуры, 15 форм для специальных бетонных элементов и 18 кассетных форм. После года успешной работы представители фирмы «Turkmen Enjam», которой правительство Туркменистана поручило модернизацию этих мощностей, положительно оценивают перспективы развития современных технологий изготовления сборных железобетонных изделий в этой среднеазиатской стране. В реализации своих проектов фирме «Turkmen Enjam» помогает концерн PROGRESS GROUP — опытный партнер с богатым опытом работы в этой отрасли.

По мнению главы фирмы «Turkmen Enjam» Б. Гурбанбердыева, современное оборудование, которым оснастили заводы в Ашхабаде, Абадане и Туркменабате, увеличит долю объемов строительства из сборных железобетонных конструкций до 50% от всей строительной отрасли Туркменистана. Это также позволит вывести производство сборных железобетонных элементов на качественно новый технологический уровень. Г-н Б. Гурбанбердыев руководил капитальной модернизацией трех туркменских заводов по производству сборных железобетонных изделий, после чего Министерство промышленности Туркменистана поручило ему руководство этими производствами. С тех пор на протяжении более года успешно производятся высококачественные стеновые сэндвич-панели, однослойные стеновые панели и перекрытия, вентиляционные шахты, лестничные марши и другие специальные элементы.

Государственные программы по строительству доступного и современного жилья

На протяжении нескольких лет в Туркменистане осуществляется комплексная модернизация различных отраслей экономики. Реализуется целый ряд государственных программ, целью которых является стимуляция развития экономики страны и освоение перспективных промышленных направлений. Первоочередной задачей

правительства является обеспечение населения Туркменистана доступным и современным жильем. При этом строительству из сборных железобетонных конструкций отведена важная роль.

Модернизация трех действующих заводов по производству сборных железобетонных изделий

В рамках государственной программы была проведена полная реконструкция трех действующих заводов по производству сборных железобетонных изделий в столице республики Ашхабаде, а также в г. Абадан на западе страны и в г. Туркменабат на востоке. Целью такой модернизации являлось создание условий для современного высокоэффективного производства. После проведения международного тендера было принято решение по сотрудничеству с тремя предприятиями концерна PROGRESS GROUP: EBAWE Anlagentechnik, Progress Maschinen & Automation и Tecnomom.

Руководитель «Turkmen Enjam» Б. Гурбанбердыев подчеркнул, что особая важность была придана тому, чтобы новое оборудование позволило не только поднять производительность, но и обеспечить выпуск изделий самого высокого качества как в настоящий момент, так и в будущем.

В результате компании EBAWE Anlagentechnik, которая уже на протяжении десяти лет активно работает в



С помощью государственных программ стимулируется строительство доступного и современного жилья в Туркменистане. При этом важная роль отводится технологиям строительства из сборных железобетонных элементов



Для производства стандартных арматурных сеток на каждый из трех модернизированных заводов было поставлено по одной установке для сварки арматурной сетки типа Versity. Для производства скоб, хомутов и прутьев было установлено еще девять машин



На двух линиях циркуляции паллет ашхабадского завода производятся стеновые массивные панели и сэндвич-панели

регионе, была поручена роль генерального подрядчика. Задачей генерального подрядчика была координация работы всех участвующих в проекте компаний и достижение оптимальной согласованности конечных результатов. Б. Гурбанбердыев отметил, что концерн PROGRESS GROUP совместно со своим представителем в русскоязычных регионах компанией LiCon успешно выполнил поставленные задачи.

Сейсмоустойчивость — очень важный аспект

На стадии разработки проекта и планирования выпускаемых сборных железобетонных конструкций особое значение придавалось обеспечению сейсмоустойчивости. В памяти граждан Туркменистана хранится воспоминание о страшном землетрясении в Ашхабаде, произошедшем в ночь с 5 на 6 октября 1948 г., которое полностью разрушило город. Поскольку большая часть Туркменистана находится в сейсмоопасной зоне, соблюдению требований сейсмостойкого строительства следует уделять особое внимание, поэтому проекты жилых зданий прошли дополнительную проверку.

Впечатляющие масштабы производства арматуры с помощью 12 машин

Одним из таких изменений стало усиление арматурных элементов для сборных железобетонных изделий. Необходимый для этого материал производится на трех заводах с помощью 12 машин, каждая из которых была разработана компанией Progress Maschinen & Automation. Большая часть арматуры изготавливается с бухты.

Три компактных скобогибочных автомата серии EBA S12 используются для производства необходимых скоб и хомутов. Эти машины отличаются высокой производительностью и точностью обработки, что обеспечивается системой автоматической смены проволоки, автоматической регулировкой правильного блока и надежным гибочным агрегатом.

Для правки, резки и гибки прута фирме «Turkmen Enjam» было поставлено 6 правильных машин модели ESR. Эти установки способны обрабатывать сталь диаметром от 4 до 12 мм и обеспечивать чрезвычайную гибкость производства без ущерба для высокой производительности. Хорошо зарекомендовавшие себя ро-



Бетонораздатчики для эффективной подачи свежего бетона укомплектованы двумя бункерами. Второй бункер меньшего объема предназначен для цветного или легкого бетона, который может наноситься на сборные железобетонные элементы в качестве фасадного слоя

торная правильная технология и резка «на лету» гарантируют постоянное производство высококачественных изделий.

Линии по производству арматуры дополняют три установки для сварки арматурной сетки типа Versity. Оборудование, спроектированное для серийного производства стандартных арматурных сеток, отличается чрезвычайно высокой производительностью. В Туркменистане укладка продольных арматурных прутьев осуществляется вручную, при этом подача поперечных прутьев выполняется автоматически. В заключение сварочный портал с 18 сварочными головками обеспечивает сварку арматурных сеток.

Производство сборных железобетонных элементов

Для производства однослойных и сэндвичных стеновых панелей, а также однослойных перекрытий на трех заводах были установлены две линии циркуляции паллет, 18 кассетных форм и три опрокидывающихся вибростола. Еще 15 форм используются для изготовления специальных бетонных элементов, таких как вентиляционные шахты, лестничные марши и прочие специальные изделия.



18 кассетных форм позволяют производить массивные стены и перекрытия на очень небольшой площади



С помощью 15 дополнительных форм обеспечивается производство ригелей (на переднем плане), лестничных маршей (в центре) и вентиляционных шахт (на заднем плане). Интегрированная система обогрева ускоряет процесс отверждения бетона

Две линии циркуляции паллет для производства однослойных и сэндвичных стеновых панелей

Две линии циркуляции паллет для производства однослойных и сэндвичных стеновых панелей были установлены на заводах в Ашхабаде и Абадане. На ашхабадском заводе циркулируют 25 паллет, а на находящемся в 20 км от Ашхабада абаданском заводе их число составляет 14.

На начальном этапе производства бетонораздатчик заполняет свежим бетоном подготовленную форму с уже уложенной арматурой. Оба бетонораздатчика оснащены дополнительным бункером. Второй бункер меньшего объема предназначен для цветного или легкого бетона, который может наноситься на элемент в качестве верхнего слоя.

Две отдельные уплотняющие установки, одна из которых является комбинированной и оснащена высокочастотными вибраторами и низкочастотной горизонтальной уплотняющей установкой, а другая – только высокочастотная уплотняющая установка, обеспечивают интенсивное уплотнение бетона. На обоих заводах чистовое заглаживание бетонной поверхности выполняется с помощью лопастного заглаживателя. Благодаря этому производственному этапу после отверждения бетона его поверхность не требует последующей обработки. Отверждение элементов осуществляется в трех штабельных стеллажах.

Управление с помощью комплексного программного решения

Управление обеими линиями осуществляется с помощью ПО ebos® — программного решения, разработанного PROGRESS GROUP специально для заводов сборных железобетонных изделий. Эта комплексная система непрерывно сопровождает все этапы производственного процесса, охватывая стадию подготовки, не-

посредственно производство и анализ производственных процессов.

Специальные аналитические функции ПО ebos® позволяют в значительной степени улучшить планируемость производства и повысить степень его прозрачности. Например, с помощью функции испытания PTS (Production Test Service — услуга по тестированию производства) можно проверить данные CAD на их реализуемость еще до начала производственного процесса. Эти и другие инструменты программного пакета ebos® позволяют повысить производительность и помогают идентифицировать недостатки, слабые места и источники излишних затрат.

Стационарное производство: 18 кассетных форм, 15 форм для специальных элементов, несколько вибростолов

В дополнение к линиям циркуляции паллет на три завода было поставлено 18 кассетных форм. Девять из них были установлены на заводе в Ашхабаде, семь — в Абадане и две — в Туркменабате. Эти опалубочные системы, разработанные компанией Теспосот, позволяют обеспечить высокую производительность на очень небольшой площади. Кроме того, благодаря ровному опалубочному листу поверхность бетонных элементов получается гладкой с обеих сторон. С помощью кассетных форм «Turkmen Enjam» производит массивные стены и перекрытия длиной от 6,5 до 8 м и высотой от 3,3 до 3,8 м. В дополнение к этому на ашхабадском заводе эксплуатируются несколько вибростолов, используемых для производства крупноразмерных и специальных бетонных элементов.

Еще 15 форм предназначены для изготовления специальных железобетонных элементов. Так, например, одна дополнительная кассетная форма используется для производства вентиляционных шахт. Другие формы служат для изготовления ригелей, лестничных маршей, лестничных площадок и прочих специальных элементов.

«Turkmen Enjam»: будущее за строительством из сборных элементов

В фирме «Turkmen Enjam» убеждены в том, что модернизация трех заводов по производству сборных железобетонных изделий — очень важный шаг. Руководитель фирмы Б. Гурбанбердыев уточнил, что себестоимость строительства 1 м² жилья из сборных железобетонных элементов на 20% ниже, чем при использовании традиционных строительных технологий. Кроме того, следует учитывать и другие преимущества, такие как более высокое качество, увеличение скорости строительства и снижение затрат на самой стройплощадке. Однако в отрасли производства сборного железобетона есть и нерешенные задачи. В сфере технологий производства сборных железобетонных элементов должно быть место для новых идей, чтобы отрасль шла в ногу с развитием современных архитектурных направлений.



PROGRESS GROUP GmbH | The Squire 15 Am Flughafen | DE-60549 Frankfurt am Main
www.progress-group.info | +49 6977 044 044

ALL IN PRECAST PRECAST ALL IN



Sergey Lapyrev
Vollert RU OOO
Тел. +7 495 255 0958

made in Germany

Precast Success

Как ведущий ноу-хау-партнёр мы предлагаем индивидуально разработанные решения в области машинного и промышленного оборудования для современного производства сборных железобетонных изделий. Все, что Вам необходимо для инвестиции, приносящей Вам выгоду. Сделано в Германии С 1925 г.

www.vollert.de | info@vollert.ru | www.youtube.com/vollertprecast

Vollert 

Shanghai Baoye выбирает современную технологию сборного строительства от Vollert

У технологии сборного строительства в Китае долгая, почти 60-летняя традиция. Отсутствие государственных дотаций и низкое качество строительных элементов привели в 1990-е гг. к стремительному угасанию бума сборного строительства. В настоящее время произошли изменения в связи с современной архитектурой сборного строительства, новыми требованиями к ресурсосбережению и охране окружающей среды, а также новыми промышленными процессами производства. Китайские застройщики, такие как группа компаний Shanghai Baoye, инвестируют в новейшую технику и оборудование.

Уже многие годы в строительном секторе Китая наблюдается рост. Для оперативного возведения необходимого жилья и офисных помещений правительство и народное строительное хозяйство все чаще выбирают технологию сборного строительства в качестве альтернативы распространенному монолитному. Кроме того, в ближайшие годы закончится срок службы многих комплексов зданий в мегаполисах Китая, которые необходимо будет снести и отстроить заново. Традиционным путем это неосуществимо. Четкие графики работ для строительных проектов, начиная с архитектурного проекта и заканчивая строительными работами, а также промышленный контроль заводских процессов производства ЖБИ обеспечивают стабильное продвижение строительных работ в гораздо более короткие сроки и высокое качество строительных элементов. Также значительно уменьшается объем бетонных отходов. Генеральный директор группы компаний Baoye Хуа Фан поясняет причины, по которым сборные ЖБИ в Китае в последние 2–3 года пользуются все большей популярностью и уважением: сборное железобетонное строительство – это рациональное сочетание оптимально расходоемого сырья и высокотехнологичного оборудования. Благодаря новым процессам производства и новейшему оборудованию низкое качество строительных элементов осталось в прошлом. Применение сборных ЖБИ позволяет удешевить строительную смету в Китае на 10–15%. Это единственный целесообразный ответ на растущий спрос на доступное жилье и офисы.

По словам вице-президента компании Vollert Бьёрна Брандта, Китай в настоящее время наполнен духом оптимизма. Однако существующее оборудование на работающих предприятиях по производству ЖБИ было произведено в 1980-е гг. и ранее: «Оно не идет ни в какое сравнение с современными высокоавтоматизированными установками и оборудованием. Мы консультируем наших клиентов по строительным системам и технологическим стандартам и в процессе диалога подбираем подходящее техническое решение «под ключ» для налаживания современного производства ЖБИ. Не стала исключени-

ем и компания Shanghai Baoye. При этом специалисты Vollert учитывают такие важные условия, как климат, рынок труда, цены на сырье, а также характерные для данной конкретной страны нормы, например налоги и предписания».

Сборные элементы перекрытий и двойные стеновые панели для строительных мегапроектов

Комплекс зданий Golden Eagle Tiandi высотой 368 м в Нанкине, Zhuhai Center высотой 330 м в Чжухайе и здание головного офиса Центрального банка Кувейта относятся к выдающимся творениям архитектуры. Генеральным подрядчиком в данных мегапроектах была группа компаний Shanghai Baoye, одно из ведущих государственных строительных предприятий Китая. «Являясь новатором и законодателем тенденции, мы с начала 2000-х гг. конструируем сложные многоэтажные комплексы зданий во всем Азиатском регионе и арабских странах, все чаще используя новые технологии сборного строительства», – сообщает Хуа Фан. По его словам, интенсивное изучение новых строительных систем является залогом делового успеха наряду с непрерывными инвестициями в оборудование для производства ЖБИ. По мере того как проекты компании становились все более масштабными и сложными, прежде всего в регионах метрополии и города Шанхай, в середине 2015 г. было принято решение увеличить производственные мощности стеновых панелей и плит перекрытий до 800 тыс. м² и возвести новую линию производства сборных ЖБИ. С июня 2016 г. первые сборные элементы перекрытий и двойные стеновые панели поставляются с этой линии на строительные проекты по всему миру. Процесс производства осуществляется на современном оборудовании по принципу циркуляции с использованием машинной технологии «made in Germany» от немецкого производителя оборудования фирмы Vollert. До 75 поддонов постоянно циркулирует между рабочими станциями и складскими площадками.

«Наша цель – это очень высокое качество изделий. Мы делаем упор на современную архитектуру с оптимальной



Shanghai Baoye увеличивает в 2015 г. с помощью новой линии производства сборных ЖБИ производственные мощности стеновых панелей и плит перекрытий до 800 тыс. м²



Опалубочный робот SMART SET устанавливает автоматически под управлением CAD/CAM опалубочные профили на подготовленные поддоны



Точная подача бетона благодаря современному автоматическому бетонораздатчику SMART CAST

функциональностью и высоким сроком службы используемых строительных систем. Для этого в современном сборном строительстве необходимо наличие безупречных стен и перекрытий по форме и размерам», – поясняет Хуа Фан требования, сформулированные еще в начале проекта. Современные опалубочные системы и точные высокопроизводительные опалубочные и распалубочные роботы играют при этом решающую роль. «Первый шаг в процессе производства является, несомненно, и одним из самых важных для конечного качества получаемых изделий из бетона», – говорит Бьёрн Брандт, представитель компании Vollert. Опалубочный робот SMART SET точно и быстро устанавливает опалубочные профили на подготовленные поддоны. Данный процесс, так же как и нанесение контуров, происходит автоматически под управлением систем CAD/CAM. Снятие опалубки посредством роботов повышает срок службы опалубочных систем и делает возможным сокращение такта выпуска на оборотный поддон. После автоматического процесса опалубки следует несколько ручных станций установки и закладки арматуры. «Использование стандартной (Standard Line) и отдельной быстрой линии (Fast Line) позволяет разделить выпуск строительных элементов различной сложности по разным линиям», – рассказывает Бьёрн Брандт. Таким образом, на параллельно размещенных транспортных линиях в зависимости от проекта и уровня загрузки могут изготавливаться сборные элементы перекрытий либо верхние и нижние оболочки для двойных стеновых панелей. Время простоя и технического ухода сводится к минимуму, производительность оборудования значительно возрастает.

Современный автоматический бетонораздатчик SMART CAST точно подает заданное количество бетона. Система управления производственными процессами MES



Теплоизоляционные и обогреваемые паром стеллажные башни камеры сушки управляются устройством для обслуживания стеллажей



Система управления производственными процессами MES создает для последующего процесса бетонирования оптимальную производственную программу

создает оптимальную производственную программу для последующего процесса бетонирования. Полные замеры перемещений и постоянные измерения веса обеспечивают точную дозировку наносимого слоя. Последующее уплотнение бетона осуществляется посредством низкочастотной вибростанции SMART COMPACT 2 с чрезвычайно низким уровнем шумообразования. В результате создается верхняя оболочка с идеально гладкой архитектурной поверхностью, а также обеспечивается оптимальное уплотнение усиленной армированием несущей оболочки двойной стеновой панели. В зависимости от веса изделий дебалансы синхронизируются по-разному, что создает оптимальные круговые колебания с низким уровнем шумообразования. Возможна обработка в том числе и значительно более жестких бетонных смесей.

Высокоэффективные процессы производства двойных стеновых панелей и работы погрузочно-разгрузочной техники

При производстве двойной стеновой панели после твердения первой оболочки устройство для обслуживания стеллажей достает ее из теплоизоляционных и обогреваемых паром стеллажных башен камеры сушки и передает на сверхсовременную потолочную переворотную раму для поддонов Vario TURN. Опалубочный поддон фиксируется гидравлическими зажимами на поворотной траверсе, затем осуществляется пневматический зажим первой оболочки при помощи системы зажимных штанг. Возможна регулировка зажимных штанг по высоте, при этом даже изоляция двойных стеновых панелей более не препятствует надежному зажиму. Затем первая оболочка поворачивается на 180°. После погружения решетчатой фермы первой поверхности в свежий бетон второй оболочки за счет синхронной вибрации обеих оболочек



Сверхсовременная потолочная переворотная рама для поддонов Vario TURN для производства двойных стеновых панелей



Гарантия качества является одним из главных приоритетов Shanghai Baoye

формируется двойная стенная панель. Синхронная вибрация гарантирует высокую продуктивность и препятствует расслоению бетона в области армирования. Вследствие дополнительной фиксации оболочек друг к другу виброэнергия при уплотнении увеличивается вдвое, что приводит не только к большой точности двойной стеновой панели, но и к более высокому качеству поверхности.

При годовой выработке 800 тыс. м² стеновых панелей и плит перекрытий особое внимание нужно уделить и погрузочно-разгрузочной технике. Вертикальный подъем стеновых панелей происходит на высокомогущей кантовательной станции Vario TILT, которая снабжена гидравлическим опорным брусом. Опорный брус упирается в бортовую опалубку и предотвращает скольжение бетонных элементов во время процесса кантования. Погрузка производится безопасным образом при помощи пневматической подъемной траверсы от Nuspl. Закрепленная с помощью специального стабилизирующего устройства траверса поднимает двойную стеновую панель посредством подъемных анкеров и грузит ее на каркас для транспортировки. Элементы перекрытий укладываются при помощи подъемной установки горизонтально в штабели для перевозки. Подъемно-транспортная платформа Smart Logistic грузоподъемностью до 32 т соединяет пост разгрузки со складом за пределами цеха. Каркасы транспортируются оттуда на расстояние свыше 100 м к конечным станциям отгрузки.

Знаковое событие для китайской строительной индустрии

«Благодаря новому заводу по производству ЖБИ в Шанхае, на котором с середины 2016 г. выпускаются сборные элементы перекрытий и двойные стеновые панели для наших новых мегапроектов, мы задали новый уровень качества изделий и сроков строительства в Китае и во всем Азиатском регионе», – подводит итог Бьёрн Брандт. Не менее важной является возможность постоянного контроля и управления



Элементы перекрытий укладываются при помощи подъемной установки горизонтально в штабели для перевозки



Подъемно-транспортная платформа SMART LOGISTIC соединяет пост разгрузки со складом за пределами цеха

всеми процессами и ступенями качества. «Управление оборудованием и всеми складскими процессами происходит централизованно посредством современной компьютерной системы управления SAA». При помощи «умной» системы управления производственными процессами MES осуществляется контроль над отдельными рабочими станциями, производится загрузка поддонов, задается маршрут для поддонов, порядок выгрузки и время затвердевания.

Решение в пользу компании Vollert в качестве поставщика технологии и оборудования было совершенно осознанным. По мнению Хуа Фана, на первый взгляд инвестиционные расходы были выше, чем при выборе азиатского производителя. Однако решающее слово осталось за производительностью оборудования и рентабельностью. А они однозначно за промышленное оборудование «made in Germany», благодаря которому на новом заводе в Шанхае производится до 160 м² элементов стен и перекрытий.



Бьёрн Брандт Вице-президент

Vollert Anlagenbau GmbH
Stadtseestr. 12
74189 Weinsberg/Germany
Tel.: +49 7134 52 308
Fax: +49 7134 52 205
E-mail: bjoern.brandt@vollert.de

Франк Брост Руководитель отдела маркетинга

Vollert Anlagenbau GmbH
Stadtseestr. 12
74189 Weinsberg/Germany
Tel.: +49 7134 52 355
Fax: +49 7134 52 203
E-mail: frank.brost@vollert.de

ЗАО "ПАТРИОТ-Инжиниринг"

info@patriot-engineering.ru

тел.: +7 (495) 721 16 06

www.zaopatriot.ru/7



Компания осуществляет функции управления по отношению к ряду крупнейших домостроительных комбинатов: ККПД (Ростов-на-Дону), ДСК-7 (Москва), ДСК-3 (Санкт-Петербург).

ЗАО «ПАТРИОТ-Инжиниринг» оказывает инженеринговые и консалтинговые услуги:

- комплексные решения по разработке и внедрению инновационных технологий производства ЖБИ;
- формирование технической политики предприятий стройиндустрии;
- оценка эффективности существующих ДСК;
- подготовка и реализация программ комплексной модернизации предприятий;
- повышение эффективности производственных мощностей;
- подбор оборудования;
- строительство производственных комплексов «с нуля» и реконструкция существующих предприятий;
- расчет экономической эффективности и сроков окупаемости предприятий.



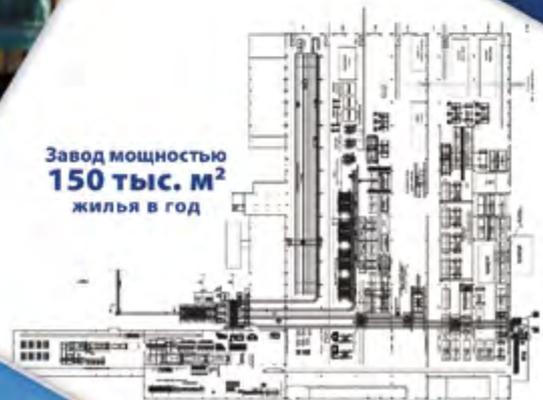
Пустотная плита перекрытия

Сборные элементы

Трехслойная фасадная панель

Сборные элементы

Завод мощностью
150 тыс. м²
жилья в год



УДК 666.973

А.М. ИБРАГИМОВ¹, д-р техн. наук (igasu_alex@mail.ru), А.А. ТИТУНИН¹, д-р техн. наук;
Л.Ю. ГНЕДИНА², канд. техн. наук; А.Н. ЛАБУТИН³, директор

¹ Костромской государственной технологической университет (156005, Кострома, ул. Дзержинского, 17)

² Костромская государственная сельскохозяйственная академия (156530, Костромская область, п. Караваево, ул. Учебный городок, 34)

³ ООО «ПОЛИСТИРОЛБЕТОН» (153518, Ивановская обл., Ивановский р-н, д. Лысково, стр. 1)

Полистиролбетон в промышленном и гражданском строительстве

Рассмотрены области применения полистиролбетона в зависимости от изменения требований сопротивления теплопередаче несущих и ограждающих конструкций зданий и сооружений. Рассмотрены достоинства и недостатки полистиролбетона. Намечены пути совершенствования проектирования ограждающих и несущих конструкций из полистиролбетона. Показано, что строительство зданий и сооружений из этого материала возможно при условии отделки облицовочной плиткой снаружи и гипсокартонными листами внутри.

Ключевые слова: промышленное и гражданское строительство, заливной утеплитель, полистиролбетон.

A.M. IBRAGIMOV¹, Doctor of Sciences (Engineering) (igasu_alex@mail.ru), A.A. TITUNIN¹, Doctor of Sciences (Engineering);

L.Yu. GNEDINA², Candidate of Sciences (Engineering); A.N. LABUTIN³, Director

¹ Kostroma State Technological University (17, Dzerzhinskogo Street, 156005, Kostroma, Russian Federation)

² Kostroma State Agricultural Academy (34, Uchebny gorodok Street, Karavaevo twp., Kostroma Oblast, 156530, Russian Federation)

³ ООО "POLISTIROLBETON" (bldg. 1, Lykovo Village, Ivanovo District, Ivanovo Oblast, Russian Federation)

Polysterene Concrete in Industrial and Civil Construction

Areas of the use of polysterene concrete depending on the change in requirements for the resistance to heat transfer of bearing and enclosing structures of buildings and facilities are considered. Advantages and disadvantages of polysterene concrete are also analyzed. Ways of improving the design of enclosing and bearing structures made of polysterene concrete are identified. It is shown that the construction of buildings and facilities using this material is possible under the condition of finishing with faced tiles outside and gypsum plaster-boards inside.

Keywords: industrial and civil construction, filling insulant, polysterene concrete.

Нормативные документы, разработанные в XX в., были основаны на научных разработках, огромном опыте производства и эксплуатации строительных конструкций. В 1996 г. внесены изменения № 3 к СНиП II-3-79** «Строительная теплотехника», которые являлись первым этапом ужесточения действующих норм и предьявляли повышенные требования к теплозащите зданий. Впервые требования норм стали распространяться не только на новое строительство, но и на реконструируемые здания. Тогда окончательно стало ясно, что без эффективного утепляющего слоя в ограждающих конструкциях не обойтись. Справедливости ради следует отметить, что в ведущих НИИ строительного профиля подспудно готовилась база для ужесточения нормативных документов [1, 2]. В 1996 г. в рамках Программы повышения тепловой защиты зданий в соответствии с изменениями № 3 СНиП II-3-79** АО «ЦНИИЭП жилища» выпустил альбом 2 «Технические решения. Наружные стены» [3]. Стартовала программа по удорожанию строительства и

росту эксплуатационных расходов под благовидным предлогом энергосбережения и вывода норм теплотехнических требований к ограждающим конструкциям на уровень Скандинавских стран. В 2000 г. вышли в свет изменения № 4 к СНиП II-3-79**, которые окончательно предписали необходимость использования утеплителя в ограждающих конструкциях.

В 1996 г. на кафедру «Строительные конструкции» Ивановской государственной архитектурно-строительной академии обратился директор фирмы «Лабутин и К^о» А.Н. Лабутин. В тот момент фирма занималась строительством, изготовлением пиломатериалов, сборных железобетонных конструкций, полиэтиленовой пленки и плитного пенополистирола. Суть обращения заключалась в идее создания на основе вспененных гранул бисерного полистирола и связующего заливного утеплителя, который планировалось использовать для заливки пазух колодцевых кирпичных кладок.

Результатами сотрудничества явилось: создание сырьевой смеси «ЛИКО» для изготовления заливного



Рис. 1. Блок из полистиролбетона с облицовочным слоем



Рис. 2. Плиты (панели) из полистиролбетона



Рис. 3. Балка (перемычка) из полистиролбетона



Рис. 4. Коттеджи из полистиролбетона



Рис. 5. Возведение многоэтажного жилого дома из полистиролбетона



Рис. 6. Жилые монолитные дома с ограждающими конструкциями из полистиролбетонных блоков



Рис. 7. Общественное здание из полистиролбетона



Рис. 8. Здание животноводческого комплекса для содержания КРС



Рис. 9. Полистиролбетонные блоки с закладными деталями при креплении облицовки

утеплителя (Федосов С.В., Ибрагимов А.М., Гнедина Л.Ю., Лабутин А.Н. Сырьевая смесь для изготовления заливного утеплителя // *Информационный листок* № 82–98. Серия Р. 67.15.55. Иваново: Ивановский ЦНТИ, 1998. 2 с.); ряд публикаций в открытой печати [4–6]; регистрация расчетных программ в Отраслевом фонде алгоритмов и программ [7, 8]; успешное внедрение разработок в строительстве – заливка пазух колодевой кладки при строительстве пятиэтажного жилого дома по Педагогическому переулку (Иваново) и устройство теплоизолирующего слоя на кровле комбината детского питания в г. Иваново. Параллельно шла разработка сборных блоков (рис. 1), стеновых панелей (рис. 2), балок и перемычек из этой смеси (рис. 3), которые прошли всесторонние сертификационные испытания в НИИЖБ им. А.А. Гвоздева и ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и получили широкое распространение при малоэтажном строительстве в качестве несущих и ограждающих конструкций (рис. 4), монолитном многоэтажном домостроении в качестве ограждающих конструкций (рис. 5, 6), а также при строительстве общественных зданий (рис. 7) и промышленных зданий (рис. 8). Материал и изделия из него доказали свою жизнеспособность и по праву занимают место в СП 32-101-2004

«Проектирование тепловой защиты зданий».

Достоинствами полистиролбетона перед плитными и заливными утеплителями являются:

- доступность сырьевых компонентов;
- простота изготовления (не требуется специального высокотехнологического оборудования);
- минимум энергозатрат на изготовление и сравнительно низкая себестоимость;
- адгезия заливного материала к строительным материалам и конструкциям сопоставима с адгезией строительного кладочного раствора;
- высокие теплотехнические характеристики и сохранение их в течение длительного времени (например, для средней полосы России требуемая толщина блока из полистиролбетона марки 600 по плотности не превышает 200 мм);
- для малоэтажных зданий не требуется массивных фундаментов;
- для возведения зданий из сборных элементов не требуется тяжелой грузоподъемной техники;
- экологичность и биостойкость сравнима с бетоном и железобетоном;
- высокая ремонтпригодность;
- возможность формовки по любым лекалам.

К недостаткам следует отнести низкую ударную вязкость и необходимость отделки наружной и внутренней поверхностей стен.

Последний недостаток устраняется с помощью устройства в блоках из полистиролбетона закладных деталей из гнутого листового профиля (рис. 9) [9, 10], к которым крепятся либо направляющие для устройства покрытия из гипсокартонных листов (внутри помещения), либо крепежные детали для монтажа облицовочной плитки (снаружи помещения). Возможно также устройство вентилируемого фасада, что решает вопросы отвода конденсационной влаги из тела ограждения.

Резюмируя изложенное, можно сделать вывод: представляется целесообразным по возможности отказаться от производства трехслойных панелей с внутренним расположением утепляющего слоя и вернуться на новом качественном уровне к апробированным и хорошо зарекомендовавшим себя конструктивным решениям практически однослойной стены из полистиролбетона – это значительно снизит единовременные затраты и эксплуатационные расходы. У таких ограждающих конструкций необходимо организовать качественное примыкание оконных и дверных блоков к телу кладки или панели. Именно в этом направлении необходимо осуществлять дальнейшие научные и конструкторские разработки.

Резюмируя изложенное, можно сделать вывод: представляется целесообразным по возможности отказаться от производства трехслойных панелей с внутренним расположением утепляющего слоя и вернуться на новом качественном уровне к апробированным и хорошо зарекомендовавшим себя конструктивным решениям практически однослойной стены из полистиролбетона – это значительно снизит единовременные затраты и эксплуатационные расходы. У таких ограждающих конструкций необходимо организовать качественное примыкание оконных и дверных блоков к телу кладки или панели. Именно в этом направлении необходимо осуществлять дальнейшие научные и конструкторские разработки.

Список литературы

1. Расчет и проектирование ограждающих конструкций здания. М.: Стройиздат, 1990. 233 с.

2. Бутовский И.Н., Худошина О.В. Совершенствование конструктивных решений теплозащиты наружных стен зданий. М.: ВНИИТПИ, 1990. 67 с.
3. Программа повышения тепловой защиты зданий в соответствии с изменениями № 3 СНиП II-3-79**. Технические решения. Наружные стены. Альбом 2. М.: АО ЦНИИЭП жилища, 1996. 94 с.
4. Гнедина Л.Ю. Оптимальное местоположение утеплителя в многослойных ограждающих конструкциях. *Ученые записки инженерно-технологического факультета Ивановской государственной архитектурно-строительной академии*. Иваново, 2000. С. 22.
5. Гнедина Л.Ю. Заливной утеплитель «ЛИКО» в трехслойных ограждающих панелях. *Ученые записки инженерно-строительного факультета Ивановской государственной архитектурно-строительной академии*. Иваново, 2006. С. 39.
6. Король Е.А. Трехслойные ограждающие железобетонные конструкции из легких бетонов и особенности их расчета. М.: Издательство АСВ, 2001. 256 с.
7. Федосов С.В., Ибрагимов А.М., Аксаковская Л.Н. Расчет температурных полей распределения потенциала переноса массы в трехслойной стеновой панели. Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 2867. Государственный координационный центр информационных технологий. Отраслевой фонд алгоритмов и программ. М., 2003.
8. Федосов С.В., Ибрагимов А.М., Гнедина Л.Ю., Игнатъев С.А. Расчет толщины теплоизоляционного (среднего) слоя трехслойных стеновых панелей (стена 2). Свидетельство об отраслевой регистрации разработки № 4977. Государственный координационный центр информационных технологий. Отраслевой фонд алгоритмов и программ. М., 2005.
9. Патент № 143759 РФ. *Ограждающая стеновая конструкция* / Лабутин А.Н. Заявл. 03.11.2014. Оpubл. 27.07.2014. Бюл. № 9.
10. Патент № 74142 РФ. *Строительный блок из легкого бетона* / Лабутин А.Н. Заявл. 22.10.2007. Оpubл. 20.06.2008. Бюл. № 8.
6. Korol' E.A. Trekhslonnye ograzhdayushchie zhelezobetonnye konstruksii iz legkikh betonov i osobennosti ikh rascheta [The three-layer protecting ferroconcrete designs from light concrete and feature of their calculation]. Moscow: Izdatel'stvo ASV. 2001. 256 p.
7. Fedosov S.V., Ibragimov A.M., Aksakovskaya L.N. Raschet temperaturnykh poley raspredeleniya potentsiala perenosa massy v trekhslonnoy stenovoy paneli [Calculation of temperature fields of distribution of potential of transfer of weight in the three-layer wall panel]. Svidetel'stvo ob otraslevoy registratsii razrabotki № 2867. — Gosudarstvennyy koordinatsionnyy tsentr informatsionnykh tekhnologiy. Otraslevoy fond algoritmov i programm. Moskva. 2003.
8. Fedosov S.V., Ibragimov A.M., Gnedina L.Yu., Ignat'ev S.A. Raschet tolshchiny teploizolyatsionnogo (srednego) sloya trekhslonnykh stenovykh paneley (stena 2) [Calculation of thickness of a heat-insulating (average) layer of three-layer wall panels (wall 2)]. Svidetel'stvo ob otraslevoy registratsii razrabotki № 4977. — Gosudarstvennyy koordinatsionnyy tsentr informatsionnykh tekhnologiy. Otraslevoy fond algoritmov i programm. Moskva. 2005.
9. Patent № 143759 RF. *Ograzhdayushchaya stenovaya konstruksiya* [The protecting wall design]. Labutin A.N. Declared 11.03.2014. Published 27.07.2014. (In Russian).
10. Patent № 74142 RF. *Stroitel'nyy blok iz legkogo betona* [The construction block from light concrete]. Labutin A.N. Declared 15.10.2007. Published 20.06.2008. (In Russian).

References

1. Raschet i proektirovanie ograzhdayushchikh konstruksiy zdaniya [Calculation and design of the protecting building designs]. Moscow.: Stroyizdat. 1990. 233 p. (In Russian).
2. Butovskiy I.N., Khudoshina O.V. Sovershenstvovanie konstruktivnykh resheniy teplozashchity naruzhnykh sten zdaniy [Improvement of constructive solutions of a heat-shielding of external walls of buildings]. Moscow.: VNIINTPI. 1990. 67 p. (In Russian).
3. Programma povysheniya teplovoy zashchity zdaniy v sootvetstvii s izmeneniyami № 3 SNiP II-3-79**. Tekhnicheskie resheniya. Naruzhnye steny [The program of increase of thermal protection of buildings according to changes No. 3 Construction Norms and Regulations of II-3-79**. Technical solutions. External walls]. Al'bom 2. M.: AO TsNIIEP zhilishcha. 1996. 94 p. (In Russian).
4. Gnedina L.Yu. Optimum location of a heater in the multilayered protecting designs. *Uchenye zapiski inzhenerno-stroitel'nogo fakul'teta Ivanovskoy gosudarstvennoy arkhiturno-stroitel'noy akademii*. Ivanovo. 2000, pp. 22. (In Russian).
5. Gnedina L.Yu. Zalivnoy uteplitel' «LIKO» v trekhslonnykh ograzhdayushchikh panelyakh [Jellied heater of «LIKO» in the three-layer protecting panels. *Uchenye zapiski inzhenerno-stroitel'nogo fakul'teta*

Защита деревянных конструкций



Автор – А.Д. Ломакин, канд. техн. наук, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко
 М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2013. 424 с.

В книге приведены результаты исследований, проведенных автором и разработанные им рекомендации по конструкционной и химической защите деревянных конструкций. Большое внимание уделено защите несущих ДДК и конструкций из ЛВЛ от эксплуатационных воздействий и возгорания.

Приведены известные и разработанные автором методы оценки защитных свойств покрытий для древесины, методика и результаты натуральных климатических испытаний покрытий на образцах и фрагментах конструкций. Описаны результаты мониторинга влажностного состояния несущих КДК в таких крупных объектах, как ЦВЗ «Манеж», крытый конькобежный центр в Крылатском в Москве и др., при проведении которого использована разработанная автором методика оценки влажности древесины с использованием модельных образцов.

Книга рассчитана на специалистов и научных работников, работающих в области защиты деревянных конструкций, технологов предприятий по производству КДК и заводов деревянного домостроения, сотрудников проектных организаций и преподавателей вузов. Она может быть полезна также и для организаций, занимающихся строительством зданий и сооружений с применением деревянных конструкций.

Цена 1000 р. без почтовых расходов.

**Заявки для приобретения направлять по тел./факсу: (499) 976-20-36, 976-22-08
 E-mail: mail@rifsm.ru**

УДК 666.973

В.Н. МОРГУН¹, канд. техн. наук; Л.В. МОРГУН², д-р техн. наук (konst-lvm@yandex.ru),
А.В. ВИСНАП², магистр; А.Ю. БОГАТИНА³, канд. техн. наук

¹ Южный федеральный университет (344006, Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105/42)

² Донской государственный технический университет (344000, Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1)

³ Ростовский государственный университет путей сообщения (344038, Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2)

О свойствах материалов, соответствующих требованиям крупнопанельного домостроения

Рассмотрены специфические особенности эксплуатационных свойств материалов, применяемых в Российской Федерации в качестве стеновых. Из их анализа следует, что пено- и газобетоны по прочности, долговечности, безопасности и санитарно-гигиеническим свойствам наилучшим образом соответствуют предъявляемым к ним требованиям. Однако обладают недостаточной трещиностойкостью. Дисперсное армирование пенобетонов синтетическими волокнами радикально решает проблему их трещиностойкости. Показано, что стены из фибропенобетона позволят технологии крупнопанельного домостроения перейти на новый качественный и эстетический уровень.

Ключевые слова: крупнопанельное домостроение, стена, фибропенобетон, трещиностойкость, дисперсное армирование.

V.N. MORGUN¹, Candidate of Sciences (Engineering); L.V. MORGUN², Doctor of Sciences (Engineering) (konst-lvm@yandex.ru),
A.V. VISNAP², Master; A.Yu. BOGATINA³, Candidate of Sciences (Engineering)

¹ Southern Federal University (105/42, Bolshaya Sadovaya Street, 344006, Rostov-on-Don, Russian Federation)

² Don State Technical University (1, Gagarin Square, 344400, Rostov-on-Don, Russian Federation)

³ Rostov State Transport University (2, Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolcheniya Square, 344038, Rostov-on-Don, Russian Federation)

About Properties of Materials Which Meeting Requirements Large-Panel House Prefabrication

Specific features of operational properties of materials which are used in the Russian Federation as wall materials are considered. Their analysis shows that strength, durability safety, and sanitary-hygienic properties of foam and gas concretes best meet requirement imposed on them. But they have insufficient crack resistance. Disperse reinforcement of foam concretes with synthetic fibers radically solve the problem of their crack resistance. It is shown that the walls made of fiber concrete make it possible to move the technology of large-panel house prefabrication to a new qualitative and aesthetic level.

Keywords: large-panel house prefabrication, wall, fiber concrete, crack resistance, disperse reinforcement.

Технология крупнопанельного домостроения на основе портландцементного вяжущего возникла в начале XX в. как способ эффективного использования достоинств цементных бетонов — композиционных материалов, состоящих из широко распространенных видов сырья, принципиальный перечень которых не изменился до настоящего времени. Строительные изделия для возведения панельных зданий на заводах стройиндустрии вначале изготавливали из легких бетонов слитной структуры и преимущественно из керамзитобетона. Бурное развитие технологии газосиликата после завершения Второй мировой войны сформировало предпосылки для применения этого материала в панельном домостроении практически всех европейских стран.

Современная Россия более полувека эффективно эксплуатирует жилые и гражданские здания, возведенные по технологии панельного домостроения из автоклавного газосиликата плотностью 500–700 кг/м³ в таких промышленно развитых регионах, как Санкт-Петербург и Ленинградская область, Москва и прилегающие к ней регионы, Воронежская и Белгородская области. Социально экономические преобразования, начатые в Советском Союзе и развивающиеся в современной Российской Федерации, оказали огромное и сложное влияние на развитие строительного комплекса.

С одной стороны, в конце 1990-х гг. были сформулированы новые требования к сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций зданий. Необходимость повышения требований обусловлена объективным развитием социума и ростом на планете численности населения [1]. С другой стороны, в стране не было принято достаточного количества мер для подготовки базы стройиндустрии к строгому соблюде-

нию требований СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий».

Для соблюдения этих требований необходимо было существенно увеличивать толщину строительных конструкций из автоклавного газосиликата, понижать величину средней плотности при повышении его механических свойств. Специалисты многих научных организаций и предприятий стройиндустрии [2, 3] успешно справились с задачей повышения прочности газосиликата на сжатие, но, учитывая вещественную природу и особенности структуры этого материала [4], не смогли достичь требуемых практикой параметров прочности на растяжение. Утолщенные изделия при транспортировании и монтаже получали дефекты, несовместимые с возможностью их дальнейшей эксплуатации. Именно поэтому практически прекратился выпуск крупноразмерных армированных каркасами изделий, предназначенных для возведения стен зданий. И те предприятия по изготовлению газосиликатных изделий, которые сохранили оборудование для его производства, перешли на выпуск мелкоштучных изделий — стеновых блоков, эксплуатационные свойства которых успешно используются современным строительным комплексом.

Важнейшие задачи, стоящие перед исполнителями таких государственных программ, как «Доступное жилье», «Энерго- и ресурсосбережение», «Жилище», требуют интенсивного и эффективного развития базы стройиндустрии. Анализ существующей ситуации показывает, что на строительный рынок России стремятся попасть производители самых разных строительных материалов, свойства которых далеко не всегда удовлетворяют комплексным требованиям по теплоэффективности, комфортности, долговечности, надежности и



Пример отделки фасада здания

ремонтпригодности, предъявляемым к материалам не только на момент возведения, но и при эксплуатации зданий.

Весьма привлекательной для потребителя выглядит технология крупнопанельного деревянного домостроения, предлагающая возводить дома из панелей, представляющих собой деревянный каркас, обшитый снаружи цементно-стружечной плитой толщиной 16 мм, а изнутри гипсоволокнистым листом толщиной 12 мм. Внутреннее пространство заполняют утеплителем «Изовер» толщиной 150 мм. Панели изготавливают в заводских условиях, они имеют точные размеры. Такие изделия собирают в готовый объект на стройплощадке в течение нескольких часов. Не надо анализировать достоинства, они очевидны с XVI в., т. е. со времен строительства г. Свяжска. На сегодняшний день важно учитывать и недостатки, о которых авторы технологии умалчивают.

Трехслойная панель содержит эффективный утеплитель «Изовер» и с наружной стороны ограждена паро- и воздухонепроницаемой цементно-стружечной плитой. При эксплуатации дома пар, диффундирующий от теплого к холодному через воздухо- и паропоницаемый гипсоволокнистый лист, будет накапливаться в утеплителе в виде конденсата влаги, в результате чего:

- ухудшатся теплоизоляционные свойства минераловатной теплоизоляции;
- слой теплоизоляции изменит форму в результате сжатия;
- реальная стена утратит нормируемое сопротивление теплопередаче. В ней возникнут температурно-влажностные условия для гниения деревянного каркаса и намокания гипсоволокнистого листа. На внутренних стенах вначале возникнут «мокрые пятна», а с течением времени – плесень.

Аналогичные претензии можно предъявить к широко рекламируемым трехслойным панелям «Русская стена» и т. п. Разница между этими технологиями состоит только в том, что вместо «Изовера» авторы предлагают применять вспененный полистирол (ППС). Результаты независимой оценки работы этого материала в составе трехслойных строительных конструкций показывают, что ППС теплоизоляция надежно работает от 9 до 35 лет [3, 5]. Перечисленные недостатки вовсе не исключают применения таких технологий в строительстве. Надо лишь учитывать, что она годится для возведения зданий мобильного типа, поскольку в них предусматривается периодическая замена теплоизоляционного слоя.

Самым привлекательным стеновым материалом современности, безусловно, является ячеистый бетон. Эффективность применения этого материала в строительстве признана во всем мире и не имеет себе равных.

К сожалению, возможность его широкого применения в современном крупнопанельном домостроении ограничивается недостаточной прочностью на растяжение.

Начиная с 1980-х гг. на научной базе строительных вузов (Ленинградского и Ростовского инженерно-строительных институтов) под руководством выдающегося ученого, доктора технических наук Игоря Александровича Лобанова были созданы основы технологии дисперсно-армированных пенобетонов (фибропенобетонов).

Фибропенобетон включает компоненты, которые более ста лет успешно используются в строительстве, это цемент и песок. Но по особенностям структуры близок к древесине, т. е. сочетает малую среднюю плотность с достаточно высокой прочностью на растяжение и изгиб. Последнее является важным условием для эффективного применения такого материала в технологии крупнопанельного домостроения.

Фибропенобетон [6] не горит, параметры его воздухо- и паропроницаемости близки кладке из эффективного кирпича. Материал хорошо пилится и трещиностоек. Энергоемкость разрушения под действием изгибающих нагрузок в 50–80 раз превышает этот показатель для равноплотных газосиликатов. Морозостойкость технологически правильно изготовленных материалов плотностью 500 кг/м³ составляет не менее F50, а при плотности 700 кг/м³ – 100 и более циклов. Равновесная влажность на 2–3% меньше, чем у равноплотных газосиликатов, а снижение теплопроводности достигает 5–8%. Причиной комплексного улучшения эксплуатационных свойств фибропенобетона по сравнению с другими видами газонаполненных бетонов являются особенности его структуры [6]. Практика показывает, что за 14 лет работы на рынке стройиндустрии эффективность применения фибропенобетона смогли оценить не только профессионалы (строительные компании «МИС», «Вант», «Генстрой», «РотЯг», «Руслан», «Южная строительная компания» и др. в Ростове-на-Дону), но и многие индивидуальные застройщики. В престижном офисном центре «Купеческий двор» стены, перегородки и карнизы выполнены из фибропенобетона.

Одним из примеров, отражающих универсальность и эффективность свойств фибропенобетона, служат результаты отделки фасадов зданий, эксплуатирующихся в Ростове-на-Дону и г. Батайске без защиты от атмосферных воздействий с 2008 г. (см. рисунок).

В 2010 г. в г. Батайске Ростовской области [7, 8] изготовлена и испытана под действием длительно действующей нагрузки плита перекрытия (900×300×4800 мм) из фибропенобетона проектной плотностью 800 кг/м³, армированная объемными металлическими каркасами, вес которых не превышал стандартного, регламентированного для железобетонной пустотной плиты перекрытия. Установлено, что достижение допустимого прогиба (6,85 мм) имело место после превышения нагрузки в 7,3 кПа, т. е. в 2,4 раза больше нормативной для плит, предназначенных к применению в жилье. При удельной нагрузке 22 кПа прогиб плиты в средней части пролета достиг 35 мм, однако видимых трещин в растянутой зоне изделия обнаружено не было. Плита не получила местного смятия и в местах опирания. При дальнейшем нагружении плиты до суммарной нагрузки, равной 89 кПа, кинетика прогибов не регистрировалась, однако, несмотря на появление трещин в растянутой зоне конструкции, разделения на части не произошло. После снятия той части нагрузки, которая превышала нормативную, трещины растянутой зоны закрылись и плита не имела видимых дефектов. Вес брутто испытанной плиты составил 1,2 т, что как минимум на 15% легче пустотной железобетонной плиты такой же площади.

Из изложенного следует, что отечественная наука и практика готовы предложить программе крупнопанельного домостроения технологию, прошедшую промышленную апробацию и доказавшую свою эффек-

тивность. Инвестиционная поддержка технологии создаст предпосылки для перехода крупнопанельного домостроения на новый качественный и эстетический уровень.

Список литературы

1. Фадеев А.В. Стандарты XXI века в области тепловой изоляции // *Энергобезопасность и энергосбережение*. 2010. № 2 (32). С. 16–17.
2. Федин А.А. Научно-технические основы производства и применения силикатного ячеистого бетона. М.: ГАСИС, 2002. 264 с.
3. Маркевич А.И., Охота Б.Г. Для тех, кто заработал возможность выбирать // Сб. трудов «Теория и практика производства и применения ячеистого бетона в строительстве». Севастополь, 2007. С. 236–248.
4. Моргун Л.В. Механизм формирования пониженной проницаемости в фибробетонах слитной и ячеистой структур // *Вестник БГТУ им. В.Г.Шухова*. 2003. № 4. С. 84–88.
5. Горелик П.И., Золотова Ю.С. Современные теплоизоляционные материалы и особенности их применения // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. № 3 (18). С. 93–103.
6. Моргун Л.В. Пенобетон. Ростов н/Д: Рост. гос. стр. ун-т., 2012. 154 с.
7. Моргун Л.В., Моргун В.Н., Богатина А.Ю., Смирнова П.В. Достижения и проблемы современного крупнопанельного домостроения // *Жилищное строительство*. 2013. № 3. С. 41–45.
8. Моргун Л.В., Курочка П.Н., Богатина А.Ю., Кадомцева Е.Э., Моргун В.Н. К вопросу о сцеплении стержневой арматуры с бетоном и фибробетоном // *Строительные материалы*. 2014. № 8. С. 56–59.

References

1. Fadeev A.V. The standards of the XXI century in the field of thermal insulation. *Energy security and conservation*. 2010. No. 2 (32), pp. 16–17. (In Russian).
2. Fedin A. A. Scientific and technical bases of production and use of silicate and cellular concrete. Moscow: GASIS, 2002. 264 p. (In Russian).
3. Markevich A.I., Okhota B.G. For those who earned the opportunity to choose. *Theory and practice of production and application of aerated concrete in construction*. Sevastopol. 2007, pp. 236–248. (In Russian).
4. Morgun L.V. The Mechanism of formation of low permeability in continuous fiber-reinforced concrete and porous structures. *Vestnik BG TU*. 2003, No. 4, pp. 84–88. (In Russian).
5. Gorelik P.I., Zolotova Yu.S. Modern insulation materials and their application *Construction of unique buildings and structures*. 2014. No. (18), pp. 93–103. (In Russian).
6. Morgun L.V. Foam Concrete. Rostov-on-don, 2012. 154 p. (In Russian).
7. Morgun L.V., Morgun V.N., Bogatin A.Y., Smirnova P.V. Achievements and problems of modern large-panel. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing construction], 2013. No. 3, pp. 41–45. (In Russian).
8. Morgun L.V., Kurochka P.N., Bogatin A.Y., Kadomtseva E.E., Morgun V.N. To the issue of the clutch rod of rebar from concrete and fiber-reinforced concrete. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials], 2014, No. 8, pp. 56–59. (In Russian).



Петербургский государственный университет
путей сообщения Императора Александра I

Министерство транспорта РФ

Федеральное агентство железнодорожного транспорта



22–25 ноября 2016 г.

г. Санкт-Петербург

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

«Строительные материалы, конструкции и сооружения XXI века»

Основные направления работы конференции

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

Ключевые даты:

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

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

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

Информационный партнер конференции – журнал

**СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®**

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

Председатель орг. комитета Сорвачева Юлия Андреевна

УДК 625.72

А.С. АЛЕКСАНДРОВ, канд. техн. наук (aleksandrov00@mail.ru)

Сибирская государственная автомобильно-дорожная академия (644080, г. Омск, пр. Мира, 5)

Исследование пластического деформирования дискретных материалов при воздействии циклических нагрузок и определение параметров математических моделей

Установлено, что зависимость пластической деформации дискретных материалов, в том числе обработанных вяжущим, от числа приложенных повторных нагрузок описывается логарифмической или степенной функцией. Анализ экспериментальных данных показал, что параметры логарифмических и степенных моделей зависят от величины главных напряжений, при которых были выполнены трехосные испытания, а также от показателей физических свойств материалов. В статье приведены результаты экспериментальных исследований пластического деформирования щебеночно-песчаной смеси из гранита, известняка и песчаника, а также песка, укрепленного битумом. Приведена методика вычисления параметров логарифмических и степенных математических моделей и определены параметры для этих материалов.

Ключевые слова: автомобильная дорога, дорожная конструкция, основание дорожной одежды, дискретный материал, трехосное сжатие, пластическая деформация, циклическая нагрузка.

A.S. ALEKSANDROV, Candidate of Sciences(Engineering) (aleksandrov00@mail.ru)
Siberian State Automobile and Highway Academy (5, Mira Avenue, 644080 Omsk, Russian Federation)

Research in Plastic Deformation of Discrete Materials under Influence of Cyclic Loads and Determination of Parameters of Mathematical Models

It is established that the dependence of plastic deformation of discrete materials, including treated with a binder on the number of applied repeated load is described with logarithmic or exponential functions. The analysis of experimental data shows that the parameters of logarithmic and exponential models depend on the magnitude of the principal stresses under which the three-axle tests are carried out, as well as on the indicators of physical properties of materials. The article presents the results of experimental studies of plastic deformation of rubble-sand mixture of granite, limestone and sandstone, as well as sand reinforced with bitumen. The methodology of calculation of parameters of logarithmic and exponential mathematical models is presented; parameters for these materials are determined.

Keywords: automobile road, road construction, pavement base, discrete material, three-axle compression, plastic strain, cyclic loading.

Пластические (остаточные) деформации, приобретаемые дискретными материалами при воздействии многократно прикладываемых нагрузок, влияют на ровность дорожных покрытий. В свою очередь, от ровности покрытий зависят транспортно-эксплуатационные показатели (ТЭП) и потребительские свойства (ПС) автомобильной дороги. С увеличением глубин неровностей ТЭП и ПС автомобильной дороги ухудшаются. Поэтому для повышения точности расчета сроков между ремонтными мероприятиями по повышению ровности необходимо исследовать процессы пластического деформирования материалов. Такая необходимость обуславливает актуальность мероприятий, направленных на разработку теоретических решений и постановку лабораторных экспериментов по трехосному сжатию дискретных материалов циклическими нагрузками.

В работе [1] предложено решение задачи о накоплении остаточных деформаций материалами с дискретной структурой, которое обобщает степенные и логарифмические математические модели, разработанные за рубежом [2–5]. В решении [1] получены четыре модели, различающиеся по виду функции, связывающей накапливаемую деформацию с количеством приложенных нагрузок, и по числу параметров материала в этих функциях. В табл. 1 приведены обобщающие математические модели решения [1] для расчета остаточной деформации дискретных материалов при воздействии циклической нагрузки.

Испытания трехосным сжатием наилучшим образом соответствуют реальным условиям работы слоев дорожной одежды из дискретных материалов. Поэтому таким испытаниям подвергаются различные дорожно-строительные материалы: пески [6], щебень, гравий и их смеси [7, 8], в том числе используемые в качестве заполнителя для бетонов [9], и отходы промышленности в виде бетонной крошки [10]. Такие испытания выполняют при помощи измерительно-вычислительных комплексов, укомплектованных динамическим прибором трехосного сжатия (рис. 1).

Испытания трехосным сжатием наилучшим образом соответствуют реальным условиям работы слоев дорожной одежды из дискретных материалов. Поэтому таким испытаниям подвергаются различные дорожно-строительные материалы: пески [6], щебень, гравий и их смеси [7, 8], в том числе используемые в качестве заполнителя для бетонов [9], и отходы промышленности в виде бетонной крошки [10]. Такие испытания выполняют при помощи измерительно-вычислительных комплексов, укомплектованных динамическим прибором трехосного сжатия (рис. 1).



Рис. 1. Измерительно-вычислительные комплексы с динамическим прибором трехосного сжатия: а – оборудование Ноттингемского университета [11]; б – оборудование Техасского университета [12]; в – оборудование компании Wille Geotechnik [13]

Таблица 1

Вид функции и число параметров	Функциональная зависимость деформации ϵ_N от количества повторных нагрузок N
1. Логарифмическая однопараметрическая	$\epsilon_N = (\epsilon_{мп1} + \epsilon_{вп1}) \cdot [1 + a \cdot \ln N],$ где $\epsilon_{мп1}$ и $\epsilon_{вп1}$ – мгновенная и вязкая составляющие пластической деформации, накапливаемой при воздействии одной (первой по счету) нагрузки; a – параметр модели
2. Степенная двухпараметрическая	$\epsilon_N = (\epsilon_{мп1} + \epsilon_{вп1}) \cdot \left[1 + b \cdot \frac{N^{c+1} - 1}{c + 1} \right],$ где b и c – параметры модели
3. Логарифмическая однопараметрическая	$\epsilon_N = (\epsilon_{мп1} + \epsilon_{вп1}) \cdot [1 + d \cdot (\ln n)] \cdot \left[1 + a \cdot \left(\ln \frac{N}{n} \right) \right],$ где n – число нагрузок, при приложении которых накопленная пластическая деформация ϵ_n , коррелирует с деформацией от однократного приложения нагрузки $\epsilon_{мп1} = \epsilon_{мп1} + \epsilon_{вп1}$ (число нагрузок n принимается в пределах $n=100-200$); a и d – параметры модели
4. Степенная трехпараметрическая	$\epsilon_N = (\epsilon_{мп1} + \epsilon_{вп1}) \cdot [1 + d \cdot (\ln n)] \cdot \left[1 + b \cdot \frac{N^{c+1} - n^{c+1}}{c + 1} \right],$ где b, c и d – параметры модели

Таблица 2

Наименование и уравнение функции	Формулы для определения параметров уравнения
Логарифмическая $y = A \cdot \ln x + B$	$A = \frac{m \cdot \sum_{i=1}^m y_{i3} \cdot \ln x_i - \sum_{i=1}^m \ln x_i \cdot \sum_{i=1}^m y_{i3}}{m \cdot \sum_{i=1}^m (\ln x_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^m \ln x_i \right)^2}$ $B = \frac{1}{m} \cdot \left(\sum_{i=1}^m y_{i3} - a \cdot \sum_{i=1}^m \ln x_i \right)$
Степенная $y = C \cdot x^D$	$C = \exp \left(\frac{1}{m} \cdot \left(\sum_{i=1}^m \ln y_{i3} - b \cdot \sum_{i=1}^m \ln x_i \right) \right)$ $D = \frac{m \cdot \sum_{i=1}^m \ln x_i \cdot \ln y_{i3} - \sum_{i=1}^m \ln x_i \cdot \sum_{i=1}^m \ln y_{i3}}{m \cdot \sum_{i=1}^m (\ln x_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^m \ln x_i \right)^2}$
Примечание. Величина n представляет собой число узлов, по которым выполняется подбор эмпирической формулы, т. е. m количество пар значений y и x , измеренных при эксперименте.	

Образцы цилиндрической формы помещают в прибор трехосного сжатия и испытывают, подвергая воздействию повторных нагрузок, число приложений которых может составлять 10^6 и более. При обработке результатов испытаний выводят эмпирические зависимости необратимой деформации от числа нагрузок.

Целью публикации автора является анализ данных динамических трехосных испытаний и определение параметров моделей, представленных в табл. 1, что требует подбора эмпирических формул, в которых функциональная зависимость накапливаемой деформации от числа нагрузок должна быть аналогична функциям, приведенным в табл. 1. Так как в табл. 1 формулы представлены логарифмическими и степенными моделями, для подбора эмпирических формул достаточно воспользоваться линеаризацией с вычислением постоянных коэффициентов методом наименьших квадратов. Этот метод является стандартным, а для вычисления параметров математической модели используют формулы, приведенные в табл. 2.

При подборе эмпирических формул, соответствующих модели № 1 (табл. 1) в качестве зависимой y и независимой x переменных, нужно принять:

$$y = \frac{\epsilon_N}{\epsilon_{мп1} + \epsilon_{вп1}}; \quad x = N. \quad (1)$$

Сопоставляя модель № 1 табл. 1 с логарифмической зависимостью табл. 2, несложно убедиться, что:

$$A = a = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\epsilon_{N_{i3}}}{\epsilon_{мп1} + \epsilon_{вп1}} \cdot \ln N_i - \sum_{i=1}^n \ln N_i \cdot \sum_{i=1}^n \frac{\epsilon_{N_{i3}}}{\epsilon_{мп1} + \epsilon_{вп1}}}{n \cdot \sum_{i=1}^n (\ln N_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^n \ln N_i \right)^2}; \quad B = 1. \quad (2)$$

Формулы (2) позволяют рассчитать параметры однопараметрической логарифмической модели. В отличие от этой модели функциональная связь двухпараметрической степенной модели (табл. 1 модель № 2) отлична от степенной функции, представленной в табл. 2. Тем не менее модель № 2 можно привести к виду:

$$\frac{\epsilon_N}{\epsilon_{мп1} + \epsilon_{вп1}} - 1 = \frac{b}{c + 1} \cdot (N^{c+1} - 1). \quad (3)$$

Из анализа формулы (3) следует, что зависимая и независимые переменные степенной модели табл. 2 определяются по формулам:

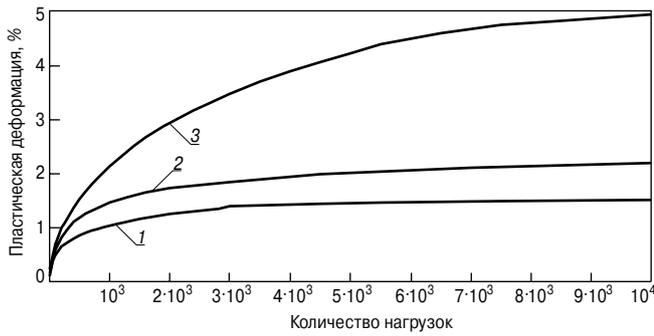


Рис. 2. Зависимость пластической деформации щебеночно-песчаных смесей от числа нагрузок: 1 – ЩПС с песчаником; 2 – известняковая ЩПС; 3 – гранитная ЩПС

$$y = \frac{\varepsilon_N}{\varepsilon_{мп1} + \varepsilon_{вп1}} - 1; x = N. \quad (4)$$

Рассматривая второй множитель модели (3), заключенный в скобки, укажем, что:

$$N^{c+1} \gg 1. \quad (5)$$

Вследствие чего можно положить:

$$C \cdot x^D = \frac{b}{c+1} \cdot N^{c+1}. \quad (6)$$

Из зависимости (6) следует, что:

$$c = D - 1; b = C \cdot (c + 1) = C \cdot D. \quad (7)$$

При определении параметров моделей № 3 и 4 вначале находят параметр d . Для этого анализируют данные о накоплении пластической деформации от числа нагрузок, изменяющихся в диапазоне 1– n . Предельное число

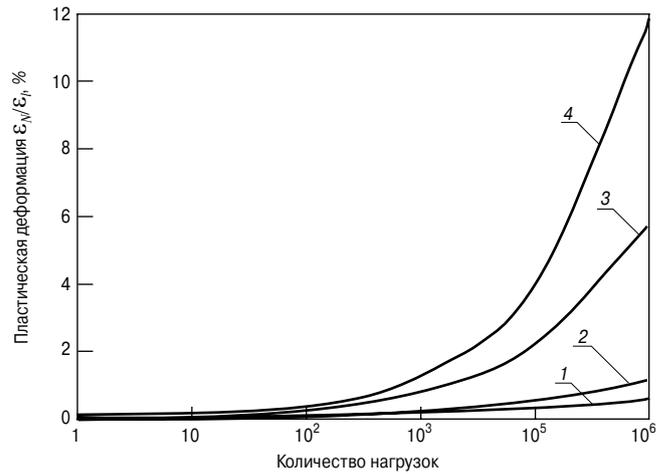


Рис. 3. Пластические деформации ЩПС с песчаником по степенной трехпараметрической модели: 1–4 при $(\sigma_1 - \sigma_3)/\sigma_3$: 1 – 1,5; 2 – 1,94; 3 – 2,83; 4 – 4,6

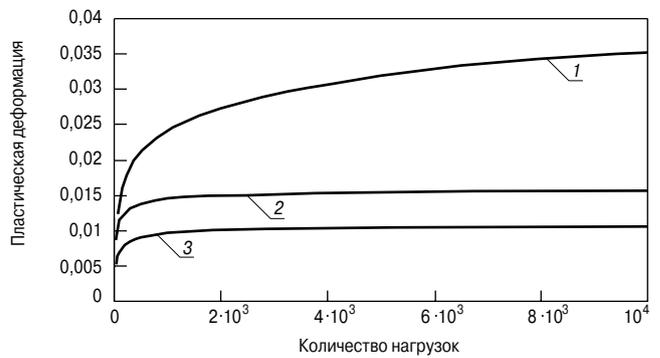


Рис. 4. Деформирование известняковой ЩПС: 1 – без стабилизатора; 2, 3 – с добавлением 1 и 2% портландцемента

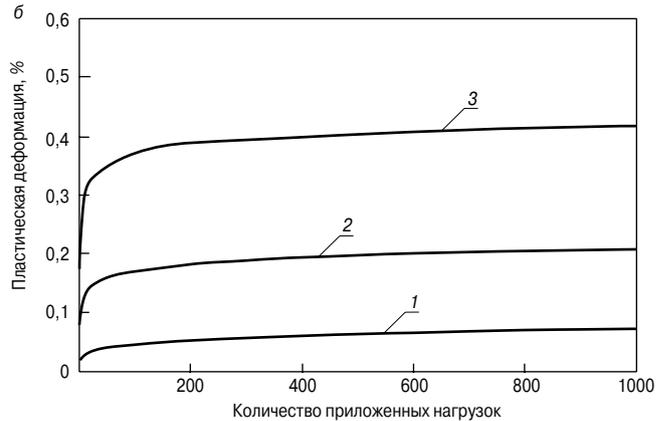
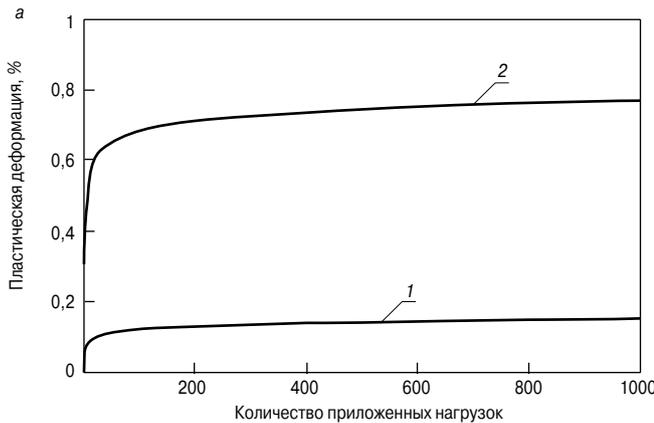


Рис. 5. Зависимость осевой пластической деформации песка, укрепленного 8,5% битума от числа нагрузок: а – при $\sigma_3=41,4$ кПа; б – при $\sigma_3=138$ кПа; в – при $\sigma_3=276$ кПа; 1 – при $\sigma_1 - \sigma_3=41,4$ кПа; 2 – при $\sigma_1 - \sigma_3=138$ кПа; 3 – при $\sigma_1 - \sigma_3=276$ кПа

Таблица 3

Характеристика $\sigma_1 - \sigma_3 / \sigma_3$	Параметр модели		
	d	b	c
1,5	0,586	0,0675	-0,6176
1,94	2,732	0,0672	-0,6419
2,83	1,954	0,0725	-0,6677
4,6	0,494	0,0659	-0,6061

Примечание. σ – уровень напряженного состояния.

Таблица 4

Материал	Формула	Граничные условия
Гранитная ЩПС	$d = 0,076 \cdot \exp\left(1,9496 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3}\right)$	$0,1 \leq \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 1,94$
	$d = 6,7744 - 1,2853 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3}$	$1,94 < \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 5$
	$b = 0,0043 \cdot \left(\frac{\sigma_d}{\sigma_3}\right)^2 - 0,0258 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3} + 0,115$	$0,1 \leq \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 5$
	$c = 0,0227 \cdot \left(\frac{\sigma_d}{\sigma_3}\right)^2 - 0,1356 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3} - 0,6671$	$0,1 \leq \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 5$
ЩПС песчаник	$d = 4,3472 - 0,839 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3}$	$1,94 < \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 5$
	$b = 0,0637 \cdot \left(\frac{\sigma_d}{\sigma_3}\right)^{0,1043}$	$0,3 \leq \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 1,94$
	$b = 0,0357 + 0,0233 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3} - 0,0036 \cdot \left(\frac{\sigma_d}{\sigma_3}\right)^2$	$1,94 < \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 5$
	$c = 0,0233 \cdot \left(\frac{\sigma_d}{\sigma_3}\right)^2 - 0,1386 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3} - 0,4616$	$0,3 \leq \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 5$
Известняковая ЩПС	$d = 1,8269 \cdot \exp\left(1,2625 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3}\right)$	$0,3 \leq \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 1,94$
	$d = 6,7749 - 1,2853 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3}$	$1,94 < \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 5$
	$b = 0,1133 - 0,0123 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3}$	$0,3 \leq \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 1,94$
	$b = 0,0012 \cdot \left(\frac{\sigma_d}{\sigma_3}\right)^2 - 0,0058 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3} + 0,094$	$1,94 < \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 5$
	$\kappa_2 = 0,0235 \cdot \left(\frac{\sigma_d}{\sigma_3}\right)^2 - 0,1397 \cdot \frac{\sigma_d}{\sigma_3} - 0,6336$	$0,3 \leq \frac{\sigma_d}{\sigma_3} \leq 5$

Примечание. Девиатор напряжений σ_d определяется разностью главных напряжений, т. е. $\sigma_d = \sigma_1 - \sigma_3$.

нагрузок n обычно составляет $n = 100 - 200$. Независимыми переменными являются:

$$y = \frac{\varepsilon_n}{\varepsilon_{мп1} + \varepsilon_{вп1}}; \quad x = n. \quad (8)$$

Расчет параметров модели аналогичен вычислениям по формуле (2). На втором этапе определяют значения коэффициента a логарифмической двухпараметрической модели № 3 или параметров b и c степенной трехпараметрической модели. Теснота связи определяется методами математической статистики, путем вычисления коэффициентов корреляции, детерминации и т. п. В результате подбирается модель, которая наилучшим образом описывает экспериментальные данные.

Параметры некоторых моделей, описывающих пластическое деформирование гранитного и гнейсового щебня, а также песчано-гравийной смеси, приведены в публикации [1]. В настоящей работе расширим данные о параметрах математических моделей, применяемых к другим материалам. При обосновании применяемой математической модели и определении ее параметров использовали экспериментальные данные диссертаций [11, 12, 15].

В Луизианском университете А. Аустин выполнил трехосные испытания щебеночно-песчаных смесей из песчаника, известняка и гранита [14]. Результаты испытаний приведены на рис. 2.

Анализ данных рис. 2 позволил сделать вывод, что для расчета необратимых деформаций, накапливаемых ЩПС, могут быть применены трехпараметрические степенные модели (табл. 1 модель № 4). Для примера в табл. 3 приведены

Таблица 5

Величина $(\sigma_1 - \sigma_3) / \sigma_3$	$\sigma_3 \leq 41,4$ кПа		$\sigma_3 = 138$ кПа		$\sigma_3 \geq 276$ кПа	
	b	c	b	c	b	c
$\leq 0,15$	-	-	-	-	0,081377	-0,786
0,33	-	-	0,079933	-0,7951	-	-
0,5	-	-	-	-	0,073756	-0,8626
1	0,061756	-0,9034	0,058705	-0,9129	0,059144	-0,9105
2	-	-	0,041894	-0,9464	-	-
$\geq 3,33$	0,041191	-0,9477	-	-	-	-
Величина $(\sigma_1 - \sigma_3) / \sigma_3$	Значения коэффициента d					
	$\sigma_3 \leq 41,4$ кПа		$\sigma_3 = 138$ кПа		$\sigma_3 \geq 276$ кПа	
$\leq 0,15$	-		-		0,818	
0,33	-		0,2947		-	
0,5	-		-		0,449	
1	0,2851		0,2469		0,2856	
2	-		0,2389		-	
$\geq 3,33$	0,2656		-		-	

Примечание. Содержание битума 8,5%; содержание воды 1,4%; продолжительность воздействия каждой из повторных нагрузок 0,1 с; температура образцов 30°C.

параметры трехпараметрической степенной модели, описывающей деформирование ЩПС с содержанием песка.

Из анализа данных табл. 3 следует, что величина параметров степенной модели зависит от уровня напряженного состояния. Для учета этого обстоятельства автором получены эмпирические формулы, связывающие параметры степенной модели с характеристикой напряженного состояния: $\sigma_d/\sigma_3 = (\sigma_1 - \sigma_3)/\sigma_3$. Такие модели приведены в табл. 4.

Применение трехпараметрической степенной модели и эмпирических формул табл. 3 позволяет прогнозировать накопление пластических деформаций любого характера: затухающего, установившегося и прогрессирующего. Для примера на рис. 3 приведены результаты расчета пластического деформирования ЩПС с содержанием песка при различном уровне напряженного состояния.

Из анализа данных рис. 3 следует, что при прогрессирующем характере пластического деформирования ровность дорожных покрытий должна выходить за рамки допустимых пределов в сравнительно короткие сроки. Во избежание такого деформирования необходимо предусматривать стабилизацию щебеночных и других дискретных материалов вяжущими. Повышение устойчивости стабилизированных материалов к накоплению пластических деформаций нужно учитывать при проектировании дорожной конструкции и в предлагаемых моделях. Для этого автором выполнен анализ данных экспериментальных исследований Р.С. Аштиани [15] и Дж. Аночий—Боатэнга [16].

В работе [15] исследовано влияние добавки портландцемента в количестве 1 и 2% на процесс накопления деформаций ЩПС. На рис. 4 приведены кривые необратимого деформирования ЩПС и ЩПС, обработанной портландцементом.

Выполнив анализ рис. 4, можно сделать вывод, что учет влияния добавки цемента можно выполнить введением в эмпирические формулы корректирующих коэффициентов, учитывающих дозировку стабилизирующей добавки. Например, параметры степенной модели пластического деформирования известняковой ЩПС, обработанной портландцементом, определить по формулам:

$$b = b_{0\text{ищпс}} \cdot (1 + 0,2471 \cdot S_{\text{пц}} - 0,0889 \cdot S_{\text{пц}}^2), \quad (9)$$

где $b_{0\text{ищпс}}$ — величина коэффициента b степенной трехпараметрической модели для необработанной известняковой щебеночно-песчаной смеси; $S_{\text{пц}}$ — содержание портландцемента, мас. %;

$$c = c_{0\text{ищпс}} \cdot (1 - 0,7117 \cdot S_{\text{пц}} + 0,283 \cdot S_{\text{пц}}^2), \quad (10)$$

где $c_{0\text{ищпс}}$ — величина коэффициента c степенной трехпараметрической модели для необработанной известняковой щебеночно-песчаной смеси.

$$d = d_{0\text{ищпс}} \cdot \exp(1,2651 \cdot S_{\text{пц}}), \quad (11)$$

где $d_{0\text{ищпс}}$ — величина коэффициента d степенной трехпараметрической модели для необработанной известняковой щебеночно-песчаной смеси.

Для ЩПС из других горных пород, обработанных портландцементом, подобраны аналогичные зависимости формулы (9–11).

В исследовании [16] приведены результаты экспериментального изучения пластического деформирования битуминизированных песков. Результаты испытаний [16] образцов при 30°C приведены на рис. 5.

Анализ данных рис. 5 позволяет сделать вывод, что наилучшим приближением, описывающим пластиче-

ское деформирование песка, укрепленного битумом, является трехпараметрическая степенная модель. В табл. 5 приведены параметры трехпараметрической степенной модели для расчета деформации, накапливаемой песком, укрепленным битумом.

Таким образом, автором получены математические модели, позволяющие вычислять параметры обобщающей модели пластического деформирования, выведенной в работе [1].

Заключение.

Материалы публикации позволяют сформулировать выводы и поставить задачи для последующих исследований:

1. Установлено, что обобщающими математическими моделями пластического деформирования являются степенная трехпараметрическая и логарифмическая двухпараметрическая зависимости, полученные автором в работе [1] путем применения интегральных уравнений наследственных теорий.

2. Параметры логарифмической и степенной моделей зависят от нагрузки и физического состояния материала по плотности, влажности, зернового состава и т. п. Величина нагрузки обуславливает значения главных напряжений, возникающих в материале при трехосном сжатии. Влияние напряжений исследовано путем их приложения в динамических приборах трехосного сжатия. Число нагрузок и величина главных влияют на характер пластического деформирования, который может быть: затухающим, установившимся или прогрессирующим. Физическое состояние материала также влияет на параметры моделей и величину накапливаемой деформации.

3. Установленные значения параметров математических моделей позволяют прогнозировать величину пластической деформации материалов, вследствие чего логарифмическая и степенная зависимости могут быть применены для разработки способа расчета дорожной конструкции по критериям ровности.

4. Разработка таких расчетов требует решения задач: — математического моделирования зависимости мгновенной составляющей пластической деформации от величины главных напряжений и параметров дискретных материалов;

— математического моделирования зависимости вязкой составляющей пластической деформации от главных напряжений и продолжительности воздействия нагрузки, что требует совершенствования решения задачи об эквивалентном времени воздействия колесной нагрузки на произвольно рассматриваемую точку дискретной среды;

— разработки методики прогнозирования увеличения глубин продольных и поперечных неровностей в процессе эксплуатации дороги.

Список литературы / References

1. Александров А.С. Обобщающая модель пластического деформирования дискретных материалов дорожных конструкций при воздействии циклических нагрузок // *Строительные материалы*. 2016. № 5. С. 27–30.
1. Aleksandrov A.S. A generalizing model of plastic deformation of discrete materials of road structures under impact of cyclic loads. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2016. No. 5. pp. 27–30. (In Russian).
2. Rondon H.A. Deformacion permanente de materiales granulares en pavimentos flexibles: estado del conocimiento. *Revista Ingenierias Universidad de Medellin*. 2009. Vol. 8. No. 14, pp. 71–94.
3. Perez I., Medina L., Gallego J. Plastic deformation behaviour of pavement granular materials under low traffic loading. *Granular Matter*. 2010. No. 1, pp. 57–68.

4. Margan N.A. et al. 3rd Deformational properties of unbound granular pavement materials. *International Conference on Road and Rail Infrastructure—Cetra*. 2014, pp. 649–656.
5. Gidel G., Hornych P., Chauvin J., Breysse D., Denis A. A new approach for investigating the permanent deformation behaviour of unbound granular material using the repeated load triaxial apparatus. *Bulletin des Laboratoires des Ponts et Chaussées*. 2001. No. 14 (233), pp. 5–21.
6. Мирсаяпов И.Т., Брехман А.И., Королева И.В., Иванова О.А. Прочность и деформации песчаных грунтов при трехосном циклическом нагружении // *Известия КГАСУ*. 2012. № 3 (21). С. 58–63.
6. Mirsayapov I.T., Brechman A.I., Koroleva I.V., Ivanova O.A. Strength and deformation of sandy soils under triaxial cyclic loading. *Izvestiya KGASU*. 2012. No. 3 (21), pp. 58–63. (In Russian).
7. Werkmeister S., Numrich R., Wellner F. The development of a permanent deformation design model for unbound granular materials with the shakedown concept. *Processing of the 6th International Conference on the Bearing Capacity of Roads and Airfields*. Lisbon, Portugal. 2002. Vol. 2, pp. 1081–1096.
8. Theyse H.L. The suction pressure, yield strength and effective stress of partially saturated unbound granular pavement layers. *10th International conference on Asphalt Pavements*. Canada, Quebec City. 12–17 August 2006, pp. 13.
9. Gallage C., Jayakody S., Ramanujam J. Effects of moisture content on resilient properties of recycled concrete aggregates (RCAs). *Proceedings of Fourth International Conference – GEOMATE 2014: Geotechnique, Construction Materials & Environment*. Brisbane, Australia. 2014, pp. 394–399.
10. Siripun K., Nikraz H., Jitsangiam P. Mechanical behaviour of hydrated cement treated crushed rock base (hctcrb) under repeated cyclic loads. *Australian Geomechanics*. 2009. Vol. 44. No. 4, pp. 53–65.
11. Werkmeister S. Permanent deformation behaviour of unbound granular materials in pavement constructions. Ph.D. thesis. University of Technology. Dresden, Germany. 2003. 189 p.
12. Ashtiani R.S. Anisotropic characterization and performance prediction of chemically and hydraulically bounded pavement foundations. Ph.D. thesis. Texas A&M University, College Station. Texas. 2009. 353 p.
13. Buchheister J., Laue J. Two directional cyclic loading experiments in a hollow cylinder apparatus. *First European Conference on Earthquake Engineering and Seismology*. 2006. 10 p.
14. Austin A. Fundamental characterization of unbound base course materials under cyclic loading. MScE Thesis. Louisiana Tech. University. 2009.
15. Anochie-Boateh J. Advanced testing and characterization of transportation soils and bituminous sands. Ph.D. thesis, University of Illinois, Urbana, 2007.

IX Международная конференция

НАНОТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ НТС-2017

17–21 марта 2017 г.

Шарм-эль-Шейх, Египет

Организаторы конференции

Национальный исследовательский центр жилья и строительства (HBRC)

Египетско-российский университет (ERU)

Ижевский государственный технический университет

им. М.Т. Калашникова

Египетский союз инженеров



Тематика конференции

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ■ Нанокompозиты в строительных материалах ■ Нанотехнологии в строительстве ■ Защита от пожара с помощью наночастиц ■ Нанотехнологии в кондиционировании воздуха ■ Наноструктурирующие материалы в архитектуре | <ul style="list-style-type: none"> ■ Производство лакокрасочных материалов с нанодобавками ■ Нанотехнологии стекол и керамики ■ Нанотехнологии для энергоэффективности в зданиях ■ Моделирование нанокompозитов ■ Модификация минеральных вяжущих наносистемами |
|---|--|

Информационная поддержка – журнал «Строительные материалы»®



Сайт конференции: http://inter.istu.ru/russian/nano_r.html

Контактная информация в России
 Профессор Григорий Иванович Яковлев
 ИжГТУ им. М.Т. Калашникова
 426069 Ижевск, ул. Студенческая, 7
 E-mail: gyakov@istu.ru
 Тел.: 8-9128566688. Факс: +7(3412)59 25 55

Контактная информация в Египте
 Профессор Шериф Солиман Хелми
 Египетско-российский университет
 Cairo High Road, Bard City-Suez
 E-mail: president@eruegypt.com
 Тел.: +20(02)28643349, (02)28643341. Факс: +20(02)28643332

Кафедре «Строительные конструкции»

Архитектурно-строительного института
Уфимского государственного нефтяного технического университета

45 лет

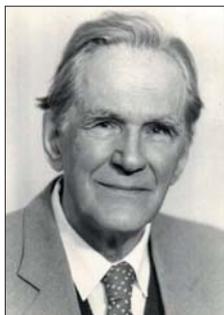


Расширенное заседание кафедры с членами государственных аттестационных комиссий по специальности «Промышленное и гражданское строительство» с ветеранами строительной отрасли, приуроченное к 105-летию профессора А.Ф. Полака УГНТУ, 10 июня 2016 г.

Алексей Филиппович ПОЛАК

(1911–1990)

Доктор технических наук, профессор, основатель кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО УГНТУ.
Руководил кафедрой в 1971–1973 гг. и 1980–1986 гг.



Профессор А.Ф. Полак широко известен в нашей стране и за рубежом работами в области теории твердения вяжущих и долговечности бетона и железобетона. В 1950–1960-е гг. А.Ф. Полак занимался преимущественно вопросами твердения. Этому были посвящены его кандидатская и докторская диссертации, защищенные под руководством академика П.А. Ребиндера.

Однако в начале 1970-х гг. профессор А.Ф. Полак, будучи директором института БашНИИстрой, столкнулся с проблемой, которая возникала как в Уфе, так и на других предприятиях по всей России. Это быстрое и очень быстрое разрушение бетона. Перед институтом БашНИИстрой была поставлена задача изучить эти процессы, и А.Ф. Полак активно включился в работу. Именно этим вопросам была посвящена вторая половина творческой жизни профессора А.Ф. Полака. В 1984 г. за работу «Разработка теории коррозии бетона и железобетона» профессор А.Ф. Полак в составе авторского коллектива специалистов НИИЖБ был удостоен Государственной премии СССР. Он единственный из строителей в Башкирии, получивший такую награду.

Основатель кафедры – профессор А.Ф. Полак – ученый с мировым именем, монографии которого по твердению вяжущих систем и долговечности железобетона цитируются до настоящего времени. А.Ф. Полак был выдающимся организатором и талантливым педагогом. Согласно Распоряжению Кабинета Министров РБ №1223р от 31.12.2002 г., на доме, где он жил размещена мемориальная доска.

Мастерство А.Ф. Полака – лектора и популяризатора строительной науки – известно среди специалистов-строителей города и республики. И научные работники, и строители-практики «шли на Полака» – шли слушать его интереснейшие и содержательные лекции.

Алексей Филиппович читал студентам, будущим строителям, единственный в стране курс лекций по коррозии бетона и железобетона, исповедуя очень важный, на его взгляд, принцип: преподносить науку не как свершившийся факт, а как протекающее явление, как вечное движение к истине.

Он и сам был частицей и участником этого великого и вечного движения, инженер и организатор, строитель и профессор, честный и душевный человек, Алексей Филиппович Полак.



Чернышев Евгений Михайлович

Академик РААСН, председатель Центрального регионального отделения РААСН, доктор технических наук, профессор Воронежского государственного архитектурно-строительного университета

«... Оценивая значение вклада А.Ф. Полака в теорию структурообразования строительных композитов, следует говорить, в первую очередь и в основном, о фундаментальном месте его творческих достижений в раскрытии явлений и закономерностей структурообразования матричной составляющей композитов».



Рахимбаев Шарк Матрасулович

Доктор технических наук, профессор Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова

«Большой заслугой Алексея Филипповича является то, что он поднял науку о неорганических вяжущих и бетонах, а также теорию долговечности строительных материалов на качественно более высокий уровень. До него важнейшие достижения фундаментальных наук так широко и квалифицированно не использовались в химии цементов и бетонов. Лишь после его фундаментальных работ появились первые исследования других авторов в этом направлении».

Я себя считаю в определенной степени учеником А.Ф. Полака. В последние годы занимаюсь вопросами коррозии, а также теорией гидратации гипсовых, известковых вяжущих, портландцемента. Пытаюсь развивать исследования А.Ф. Полака, делая акцент на физико-химические аспекты проблемы».



Сватовская Лариса Борисовна

Доктор технических наук, кандидат химических наук, профессор, заведующая кафедрой «Инженерная химия и естествознание» Петербургского государственного университета путей сообщения им. Императора Александра

«Его научные труды полны ума и знаний, которые вдохновляют и светят каждому соприкасающемуся с ними. В нем самом, безусловно, существовал источник благородства, редкое явление для любого времени, а для того, в котором он жил, просто уникальное. В сочетании с умом и знаниями, благородство составляло основу духовной силы Алексея Филипповича Полака».

Он был очень красивым человеком, интеллигентным в полном смысле этого прекрасного качества, включающего общечеловеческую культуру, личностное высокое достоинство, независимость и верность тем идеалам, которые отбирают времена как единственно и всегда важные».



Бабков Вадим Васильевич

Доктор технических наук, профессор Уфимского государственного нефтяного технического университета

«Возглавляя в течение 25 лет головной научно-исследовательский институт Минпромстроя СССР – БашНИИстрой, А.Ф. Полак стал ученым с мировым именем в области твердения минеральных вяжущих веществ и коррозии бетона и железобетона. Пользовался высочайшим авторитетом у коллег – ученых в стране и за рубежом. Стал лауреатом Государственной премии СССР в области науки и техники, оставаясь интеллигентом самой высшей пробы».



Вице президент АСВ
Е.В. Королев



Ответственный секретарь АСВ
М.П. Саинов

От имени международной общественной организации «Объединение строительных вузов» (АСВ) поздравляем кафедру Строительных конструкций УГНТУ с 45-летием!

УГНТУ одним из первых принял участие в работе Международной Ассоциации строительных вузов (АСВ). Кафедра Строительных конструкций – крепкая кафедра крепкого вуза. Сотрудники кафедры ведут активную учебно-методическую и научную работу, их работы хорошо известны в России и за рубежом. Профессионалы в своей области – они не теряют связь с наукой и производством, что позволяет готовить качественные кадры для строительной отрасли и добиваться успехов в науке, внедрять свои достижения в практику.

Желаем коллективу кафедры новых творческих успехов! И талантливых студентов и выпускников!

Кафедре «Строительные конструкции»

45 лет

Архитектурно-строительного института

Уфимского государственного нефтяного технического университета

Из истории кафедры

1960-е гг. характеризуются бурным развитием нефтехимического комплекса в Республике Башкортостан. Для строительства новых предприятий, а также транспортной, хозяйственной, социальной и жилой инфраструктуры требовалось все больше квалифицированных строительных кадров. Специалисты стали востребованы не временно, а на постоянной основе. Однако собственных строительных кадров в республике не готовили.

Учитывая плановость экономики, в том числе и сферы образования, вопрос о необходимости подготовки инженеров-строителей в Башкирии поставил на сессии Верховного Совета СССР в 1968 г. председатель Совета Министров БАССР С.Ш. Акназаров.

Вскоре в Уфимском нефтяном институте была открыта специальность «Промышленное и гражданское строительство», первый набор на которую составил 149 человек. Затем в 1969 г. открылся строительный факультет.

В 1970 г. была создана предметно-методическая комиссия «Промышленное и гражданское строительство» (Л.М. Фельдштейн, С.Г. Калимуллин, А.С. Дмитриенко, В.В. Хасанов), в которую в 1971 г. вошел директор Института БашНИИстрой А.Ф. Полак, д-р техн. наук, известный специалист в области вяжущих материалов, коррозии бетона и железобетона. Одной из задач Алексея Филипповича, поставленной перед ним Башкирским обкомом КПСС было содействие в организации профилирующей кафедры строительных конструкций.

В соответствии с решением Минвуза РСФСР ректор УНИ профессор З.И. Сюняев 27 сентября 1971 г. издал приказ № 238 о создании кафедры «Строительные конструкции» в рамках организации подготовки и выпуска инженеров по специальности «Промышленное и гражданское строительство».

Первым заведующим новой кафедрой был избран А.Ф. Полак (руководил кафедрой в 1971–1973 и 1980–1986 гг.).

За прошедшие годы кафедру «Строительные конструкции» возглавляли известные в России и за рубежом

ученые – д-р техн. наук, профессор Борис Васильевич Гончаров (1973–1980 гг.); канд. техн. наук, профессор Луиза Владимировна Старцева (1986–1992 гг.), д-р техн. наук, профессор Вадим Васильевич Бабков (1992–2002 гг.); д-р техн. наук, профессор Валерий Марказович Латыпов (с 2002 г.).

Ежегодный выпуск специалистов по кафедре в последние годы достиг почти 200 человек с защитой выпускных квалификационных работ в пяти государственных комиссиях, сформированных кафедрой. Профессорско-преподавательский состав включает 34 сотрудника, в том числе 6 профессоров, 4 докторов и 16 кандидатов технических наук. В настоящее время на кафедре обучаются 170 магистрантов и 9 аспирантов.

Учебно-методическая работа

Кафедра ведет подготовку строителей по трем направлениям:

- 1) подготовка кадров с высшим образованием (бакалавров, специалистов (инженеров) и магистров);
- 2) переподготовка кадров с высшим и средним образованием;
- 3) подготовка кадров высшей квалификации (кандидатов и докторов технических наук).

1. Основным направлением деятельности является подготовка кадров с высшим образованием по направлению «Строительство» с присвоением квалификации «Специалист (инженер)» по специальности «Промышленное и гражданское строительство» (с 2016 г. – «Строительство уникальных зданий и сооружений»), а также «Бакалавр техники и технологии» (с 1995 г.) и «Магистр техники и технологии» (с 1999 г.). Обучение в магистратуре ведется по трем программам:

- теория проектирования зданий и сооружений;
- ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий, конструкций;
- управление строительством (с 2016 г.)

С 2007 г. кафедрой ведется подготовка по второй специальности «Производство строительных материалов, изделий и конструкций»



Рис. 1. Лабораторный корпус АСИ УГНТУ: а – проект кафедры «СК» (2006 г.); б – в настоящее время (2016 г.)

2. Переподготовка проводится с целью:

- для инженеров-строителей – повышения квалификации;
- для лиц, не имеющих строительной специальности, – обеспечения возможности работать в строительстве на инженерных должностях (программа ПГС) или занимать должность руководителя строительного предприятия (программа «Менеджер строительства»).

3. Подготовка аспирантов и докторантов осуществляется по специальности 05.23.05 «Строительные материалы и изделия».

До 2013 г. кафедра вела специальность 05.23.05 в диссертационном совете Д212.289.02 (председатели: В.В. Бабков – до 2002 г., В.М. Латыпов – с 2002 г.).

Кафедра «Строительные конструкции» располагает современным лабораторным оборудованием, размещенным в десяти специализированных лабораториях и кабинетах общей площадью 700 м², в том числе лаборатории САПР, «Металлических конструкций», «Железобетонных и каменных конструкций» и «Деревянных конструкций»; «Бетонovedения», «Микроанализа вяжущих», «Долговечности строительных конструкций»; кабинеты – «Аспирантов и магистрантов», «Нанотехнологии в строительстве», «Фонд нормативно-технической документации».

Благодаря усилиям профессорско-преподавательского коллектива кафедры «Строительные конструкции», а также других кафедр в Архитектурно-строительном институте УГНТУ создан лабораторный центр коллективного пользования, позволяющий проводить комплекс физико-механических испытаний строительных материалов, изделий и конструкций (рис. 1).

Накопленный опыт позволил преподавателям кафедры издать 32 собственных учебника и учебных пособий по всем основным дисциплинам: строительная механика, САПР, металлические, деревянные, железобетонные и каменные конструкции, обследование зданий и сооружений, долговечность конструкций, строительное материаловедение, строительная теплофизика и акустика.

**Исследовательские
и опытно-конструкторские работы**

На кафедре «Строительные конструкции» профессором А.Ф. Полаком создана научная школа, работающая по двум направлениям: по гидратации и твердению вяжущих, возглавляемая профессором В.В. Бабковым, и по долговечности строительных конструкций, возглавляемая профессором В.М. Латыповым.

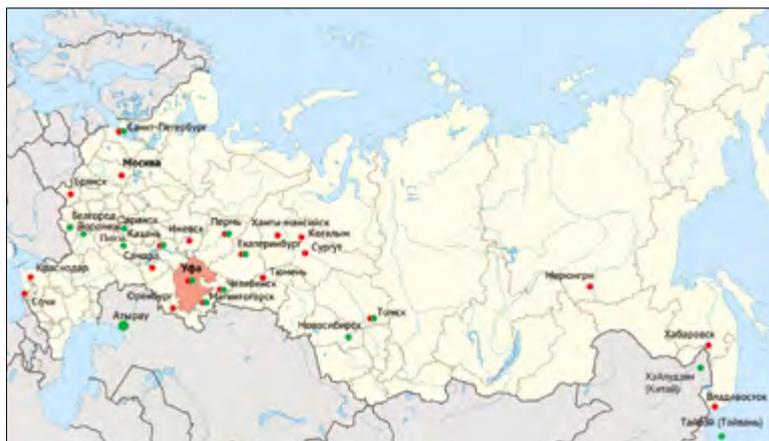


Рис. 2. География творческих связей кафедры «Строительные конструкции» с университетами и предприятиями России, ближнего и дальнего зарубежья: ● – университеты, с которыми кафедра имеет творческие связи; ● – города, на объектах которых преподаватели и сотрудники кафедры выполняли НИИОКР

Кафедра осуществляет работу по широкому кругу актуальных вопросов строительства, приоритетными из которых являются следующие:

- экспертиза технического состояния конструкций;
- повышение долговечности конструкций;
- проектирование зданий и сооружений;
- теплозащита ограждающих конструкций;

- разработка нормативно-технической документации;
- судебно-техническая экспертиза.

Перспективными направлениями являются научно-техническое сопровождение строительства высотных и уникальных зданий, акустические исследования ограждающих конструкций и прототипирование.

В связи с тем, что кафедра «Строительные конструкции» была создана и функционирует в составе УГНТУ – ведущего вуза топливно-энергетического комплекса страны, тематика ТЭК является приоритетной при формировании программы НИОКР; среди заказчиков кафедры предприятия крупнейших корпораций: Транснефть, Лукойл, Роснефть, Сибур, Башнефть, Сургутнефтегаз.

Творческие связи

Благодаря широкой известности основателя кафедры – профессора А.Ф. Полака и усилиям профессорско-преподавательского состава, за годы своего существования кафедра стала узнаваемой среди строительных вузов и НИИ не только в России, но и за рубежом (рис. 2). Этому во многом способствует тот факт, что с 2007 г. УГНТУ является членом RILEM – Международного союза лабораторий и специалистов в области испытаний строительных материалов, систем и конструкций, с осуществлением творческих контактов на базе коллектива кафедры (рис. 3).



Рис. 3. На учредительной встрече по организации Региональной группы СНГ-RILEM. Слева направо: проф. L. Dobshits; проф. В.М. Латыпов; проф. В.Ф. Степанова (президент Региональной группы); г-н J. Vyncke (президент RILEM); проф. В.Р. Фаликман (координатор RILEM в странах Восточной Европы и Средней Азии), С.В. Бронин

Для решения актуальных научных и инженерных задач в области строительства по инициативе администрации г. Уфы и Минстроя Республики Башкортостан, при поддержке руководства УГНТУ в 1996 г. на базе кафедры «Строительные конструкции» была организована Хозрасчетная научно-исследовательская лаборатория «Уфимский городской центр «Стройтехэкспертиза», ежегодный объем научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ которой составляет около 6 млн р. Работы выполняются как штатными сотрудниками ХНИЛ, так и преподавателями кафедры «Строительные конструкции», а также других кафедр АСИ УГНТУ. В составе ХНИЛ УГЦ «Стройтехэкспертиза» на договорных условиях ежегодно проводят исследования более 20 студентов, магистрантов и аспирантов. По результатам этих исследований выиграны гранты Минобрнауки РФ, РФФИ, РААСН, РОСНАНО, Правительства Республики Башкортостан; защищены одна докторская и восемь кандидатских диссертаций, большое количество студенческих выпускных квалификационных работ, подготовлены и изданы учебники и монографии.

Основным достижением кафедры последних лет является организация работы исследовательского центра, равного по силам созданному профессором А.Ф. Полаком в 1970-е гг. в институте БашНИИстрой. Этот центр носит имя профессоров УГНТУ – А.Ф. Полака и Н.Х. Каримова (специалиста по тампонажным вяжущим). Центр оснащен самым современным оборудованием, включающим электронный микроскоп, аппараты для синхронного термического анализа и рентгеновских исследований, а также комплекс вспомогательного оборудования для пробоподготовки.

По мнению руководства УГНТУ, успешной является кафедра, коллектив которой плодотворно работает по трем основным направлениям деятельности университета: образовательная деятельность, переподготовка кадров и НИОКР. Кафедра «Строительные конструкции» имеет по всем этим направлениям высокий рейтинг среди выпускающих кафедр УГНТУ.

Лучше всего могут охарактеризовать работу коллектива люди, в нем не работающие, но по долгу службы контактирующие с ним. В связи с 45-летием кафедры «Строительные конструкции» приведем высказывания профессионалов строительной отрасли, у которых за многие годы взаимодействия сложилось представление об эффективности работы и творческом потенциале кафедры.



Мавляров Хамит Давлетьярович, заместитель Министра строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации

От имени Минстроя и себя лично сердечно поздравляю архитектурно-строительный институт УГНТУ, особенно профессорско-преподавательский состав и студентов кафедры «Строительные конструкции» со знаменательной датой – 45-летием кафедры!

Вдвойне приятно адресовать поздравления и слова благодарности своей родной кафедре выпускником которой я был ровно 30 лет назад. Кафедра «Строительные конструкции» дала мне не просто диплом – настоящую путевку в жизнь и профессию, знания. Навыки, без которых я не состоялся бы как строитель и руководитель.

Вклад профессорско-преподавательского состава кафедры в развитие строительной науки и подготовку кадров для стройкомплекса Уфы и Республики Башкортостан, всего Приволжского федерального округа заслуживает самой высокой оценки. Подход к подготовке специалистов, основанный на новаторском духе и совершенствовании учебного процесса в соответствии с реальными потребностями

каждого нового этапа развития нашей страны и ее экономики в итоге дает блестящий результат. Молодые грамотные специалисты выпускники кафедры ежегодно вливаются в ряды башкирских строителей, инженерно-технических работников; при их поддержке и участии в строительных процессах внедряются новые современные технологии и конструкторские решения, что позволяет добиваться достойных темпов и объемов строительного производства, нового качества строительства.

Кафедра «Строительные конструкции» располагает не только высокопрофессиональным кадровым потенциалом, но и уникальной лабораторно-экспериментальной базой, аналогов которой по ряду технических характеристик нет во многих регионах России и стран мира. Своими разработками кафедра способствует решению проблем надежности, безопасности, энергоэффективности и долговечности строительных конструкций, активно занимается научно-техническим сопровождением строительства уникальных объектов вопросами экспертизы и разработки нормативной документации. Бренд УГНТУ широко известен не только в России, но и далеко за ее пределами.

Искренне желаю кафедре «Строительные конструкции» дальнейших успехов на ниве строительного просвещения. Преподавателям – новых научных открытий, талантливых благодарных учеников. Студентам – отличной учебы и активной общественной жизни в стенах архитектурно-строительного института УГНТУ – лидера строительного образования Республики Башкортостан!

Нагорный Владимир Александрович, заместитель Премьер-министра Правительства Республики Башкортостан, председатель Попечительского совета Архитектурно-строительного института УГНТУ.

Строительный комплекс Республики Башкортостан динамично развивается, несмотря на объективные сложности современного периода. В условиях дефицита инвестиций в Уфе и Республике Башкортостан по-прежнему строятся объекты самого различного назначения, в том числе уникальные, с применением новейших материалов, технологий и конструктивных решений. Обеспечить внедрение нового могут лишь новые кадры при поддержке кадров опытных, имеющих за плечами строительство сложных объектов недавних десятилетий. Ротация кадров является естественным процессом в любой отрасли. И тем важнее роль ведущего вуза Республики Башкортостан в ежегодной подпитке строительных фирм и предприятий стройиндустрии новыми специалистами.

Кафедра «Строительные конструкции» УНИ – УГНТУ за 45 лет своего существования уже обеспечила своими выпускниками 80% комплектование ИТР строительных организаций республики. Среди ее выпускников – многие первые руководители строительных организаций Республики Башкортостан.

Не сомневаюсь, что высококвалифицированный кадровый состав кафедры «Строительные конструкции», ее крепкая материальная база, следование традициям позволят и в дальнейшем сохранять позиции лидера строительного образования в Республике Башкортостан, и одной из ведущих кафедр профиля «Промышленное и гражданское строительство» в России.



Бахтизин Рамиль Назифович, ректор Уфимского государственного нефтяного технического университета, профессор.

Кафедра «Строительные конструкции» архитектурно-строительного института УГНТУ занимает достойное место (а в течение ряда лет – лидирующее) среди 36 выпускающих кафедр Уфимского Государственного нефтяного технического университета.

Выражаю уверенность, что школа основателя кафедры – профессора А.Ф.Полака, следование традициям, опыт и нацеленность на разработку и внедрение самых современных строительных технологий, позволят коллективу кафедры выйти на новые рубежи одного из лидеров строительной науки и образования России.



Махмудов Халит Махмутович, председатель Госстроя Республики Башкортостан (многолетний председатель ГАК кафедры, выпускник кафедры, ПГС – 77).

Неоценим вклад в развитие строительного комплекса Республики Башкортостан, являющегося одним из наиболее крупных в Российской Федерации, выпускников кафедры «Строительные конструкции» Архитектурно-строительного института Уфимского государственного нефтяного технического университета. Руководящие звенья строительных организаций практически полностью укомплектовываются его выпускниками. Будущим строителям, проектировщикам, научным сотрудникам предстоит решать сложные задачи развития строительной области. К ним в первую очередь следует отнести необходимость существенного обновления производственных мощностей, совершенствование техники и технологии строительства, создание новых конкурентоспособных строительных материалов, современных архитектурно-планировочных решений.

Государственный комитет по строительству и архитектуре Республики Башкортостан сердечно поздравляет преподавателей и сотрудников кафедры с 45-летием со дня образования и желает дальнейших успехов в учебной, научной, творческой и производственной деятельности, крепкого здоровья и счастья.



Вагапов Руслан Фанилевич, директор института «БашНИИстрой», председатель Башкирского НТО строителей, канд. техн. наук.

Любой человек, принявший участие в создании хотя бы одного из известных в нашей Республике брендов: Институт БашНИИстрой, кафедра «Строительные конструкции» Уфимского государственного нефтяного технического университета, Башкирское научно-техническое общество строителей, считался бы вполне состоявшимся. Все три вышеуказанные вполне авторитетные организации своим рождением и дальнейшим развитием обязаны Алексею Филипповичу Полаку.

Мамлеев Рашид Фаритович, председатель Ассоциации Саморегулируемая организация работодателей «Союз строителей Республики Башкортостан», член Совета Национального объединения СРО в строительстве.

Социально-экономическое развитие Башкортостана в решающей степени связано с ростом капитального строительства как важнейшей отрасли народного хозяйства, занимающей ведущее место в ускоренном развитии всех отраслей экономики, в создании новых производств, техническом перевооружении предприятий и быстрейшем вовлечении в производство природных ресурсов, совершенствовании материальной базы науки, обеспечения населения жильем, объектами коммунального и социально-культурного назначения.

Выражаем надежду, что настойчивость и предприимчивость, мастерство и творческий подход к делу, которым всегда отличались выпускники кафедры «Строительные конструкции» Архитектурно-строительного института Уфимского государственного нефтяного технического университета, помогут успешнее наращивать потенциал республики за счет интенсивного развития строительного комплекса.



В завершение слово заведующему кафедрой «Строительные конструкции», профессору В.М. Латыпову.



Латыпов Валерий Марказович, д-р техн. наук, профессор, академик РАЕН, почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации, заслуженный деятель науки Республики Башкортостан.

В одном из интервью меня спросили: «Что значит для вас кафедра?». Я ответил сразу: «Это вся моя жизнь». В буквальном смысле, от первого рабочего дня 02.08.1978 г. (я был распределен на кафедру после окончания УНИ–УГНТУ в 1978 г.) до настоящего времени, будучи 14 лет заведующим этой кафедрой. Прекрасно, что сейчас наконец настали времена, когда «срослись» желания и возможности. Желание способных и любознательных молодых людей, которых в каждом новом потоке абитуриентов становится все больше, желание познавать мир. И наши совсем недавно такие скромные возможности предоставить им эту возможность познавать. Сегодня я со всей ответственностью могу сказать, что в УГНТУ благодаря усилиям руководства университета и коллектива преподавателей на нашей кафедре каждый студент может получить столько «заряда», сколько захочет. Заряда интеллектуального, творческого, профессионального. С тем чтобы быть успешным во всех сферах строительства, и не только в строительстве.

Главная задача педагога высшей школы – обеспечить преемственность, заключающуюся в передаче знаний и умений от одного поколения другому. Еще, конечно, как обязательная «опция» – формирование из студента интеллигента (в самом емком смысле этого слова). И наконец, обязательная «прививка» – стремление всю жизнь искать новое и развиваться.

Мы, коллектив кафедры «Строительные конструкции» УГНТУ, стремимся к этому.

УДК 691:543.5

Л.Н. ЛОМАКИНА¹, канд. техн. наук (lomakinaln@mail.ru), Н.Б. ХАБАБУТДИНОВА¹, магистр;
Л.Я. КРАМАР², д-р техн. наук

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

² Южно-Уральский государственный университет (Национальный исследовательский университет)
(454080, г. Челябинск, просп. Ленина, 76)

Лаборатория нанотехнологий цементных систем им. профессоров А.Ф. Полака и Н.Х. Каримова УГНТУ: некоторые результаты и перспективы развития

В настоящее время невозможно проводить исследования в области строительных материалов без применения специального исследовательского оборудования. Физико-химические методы исследований структуры и свойств строительных материалов являются необходимым элементом любой материаловедческой работы, в том числе в процессе получения материалов с заданными и специальными свойствами, при оценке долговечности различных строительных материалов, при выявлении причин их коррозии и т. д. С 2011 г. в рамках гранта Министерства образования и науки РФ «Программа совершенствования и развития инновационной инфраструктуры УГНТУ» на кафедре «Строительные конструкции» функционирует высокоточный аналитический комплекс по изучению структуры и свойств строительных материалов, в первую очередь вяжущих. Широкое применение этого комплекса позволяет существенно повысить эффективность исследовательских работ, расширить их тематику, а также обеспечить подготовку специалистов строительного профиля на современном уровне.

Ключевые слова: физико-химические методы исследований, инновационный центр, растровый электронный микроскоп, синхронный термический анализ, рентгеновский дифрактометр.

L.N. LOMAKINA¹, Candidate of Sciences (Engineering) (lomakinaln@mail.ru), N.B. KHABABUTDINOVA², Master;

L.Ya. KRAMAR², Doctor of Sciences (Engineering)

¹ Ufa State Petroleum Technological University (USPTU) (1, Kosmonavtov Street, 450062, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

² South Ural State University (National Research University) (76, Lenin Avenue, 454080, Chelyabinsk, Russian Federation)

Laboratory of Nano-Technologies of Cement Systems Named after Professors A.F. Polak and N.Kh. Karimov of USPTU: Some of the Results and Prospects of Development

At present, it is impossible to conduct studies in the field of building materials without using the special research equipment. Physical-chemical studies of structures and properties of building materials are a necessary element of any material science work including the process of producing materials with set and special properties, assessing the durability of different building materials, identifying the reasons for their corrosion etc. Since 2011, within the framework of the grant of the RF Ministry of Education and Science "Program of improvement and development of the innovative infrastructure of USPTU", the high-precision analytical complex of research in structures and properties of building materials, binding ones in the first place, functions at the "Building Structures" Chair. The wide use of this complex makes it possible to significantly improve the efficiency of research works, expands their themes as well as to provide the state-of-the art training of specialists of a construction profile.

Keywords: physical and chemical methods, innovation center, scanning electronic microscope, synchronous thermal analysis, x-ray diffractometer.

С 2011 г. на кафедре «Строительные конструкции» Уфимского государственного нефтяного технического университета в дополнение к физико-механическим исследованиям активно проводятся физико-химические исследования по анализу структуры и свойств строительных и тампонажных материалов с использованием собственного уникального оборудования. Такая возможность появилась благодаря тому, что в 2010 г. университет выиграл грант Министерства образования и науки РФ «Программа совершенствования и развития инновационной инфраструктуры УГНТУ». Созданный благодаря гранту Инновационный центр УГНТУ «Лаборатория нанотехнологий цементных систем им. профессоров А.Ф. Полака и Н.Х. Каримова» базируется на двух кафедрах: «Строительные конструкции» и «Бурение нефтяных и газовых скважин» [1, 2].

В Центре преподавателями, аспирантами и магистрантами проводятся исследования по трем основным направлениям:

1. Исследование долговечности бетона и железобетона (научный руководитель – проф. В.М. Латыпов).

2. Разработка строительных материалов, исследование их структуры и свойств (научные руководители – проф. В.В. Бабков, доц. Л.Н. Ломакина).

3. Разработка тампонажных цементных материалов для крепления нефтяных и газовых скважин (научный руководитель – проф. Ф.А. Агзамов).

За 2010–2012 гг. приобретено основное оборудование, необходимое для проведения физико-химических исследований (рис. 1).

Исследования фазового состава вещества (качественный и количественный анализ); фазовых переходов, степени кристалличности проводятся с применением рентгеновского дифрактометра D2 Phaser (Bruker) (рис. 1, поз. 1–3).

Комплекс для проведения синхронного термического анализа (ТГ и ДСК) STA 449 F3 Jupiter с квадрупольным масс-спектрометром QMS 403C (Netzsch) (рис. 1, поз. 1–2) предназначен для исследований фазового состава вещества (качественный и количественный анализ); фазовых переходов. Физические изменения, регистрируемые термическим анализом, дополняются данными газового анализа в масс-спектрометре.

Морфологический анализ структуры составов с последующим элементным химическим анализом проводится на растровом электронном микроскопе (РЭМ) JEOL JSM-6610 LV с энергодисперсионным спектрометром Oxford Inca Energy (рис. 1, поз. 1).

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ФГБОУ УГНТУ «ЛАБОРАТОРИЯ НАНОТЕХНОЛОГИЙ ЦЕМЕНТНЫХ СИСТЕМ ИМЕНИ ПРОФЕССОРОВ А.Ф. ПОЛАКА И Н.Х. КАРИМОВА»

ВОЗМОЖНОСТИ ИНОЦ ТОНКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ

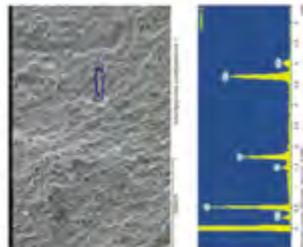
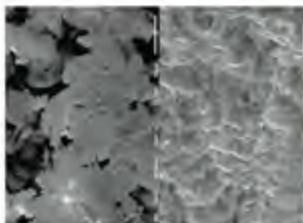
1 ОСНОВНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ - 1 2 3



1. РАЗРОВОЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МИКРОСКОП JEOL JSM-6610LV С ЭЭС OXFORD INCA ENERGY

Позволяет:
 - изучать морфологию поверхности образцов;
 - проводить измерения размеров, формы, элементный состав микро- и других параметров микро- и нанобъектов в диапазоне размеров от нескольких сантиметров до 100000 крат и более;
 - изучать ориентацию микрокристаллов, строить карты распределения химических элементов по площади образца.

2. Спектральный анализ по результатам фотосъемки



II ВСЕМОДЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ 1 2 3 4 5



Планетарная шаровая мельница Retsch PM 100

Оборудование для РФА и термического анализа



Муфельная печь L9/11/SKM



Отрезной станок Minatom

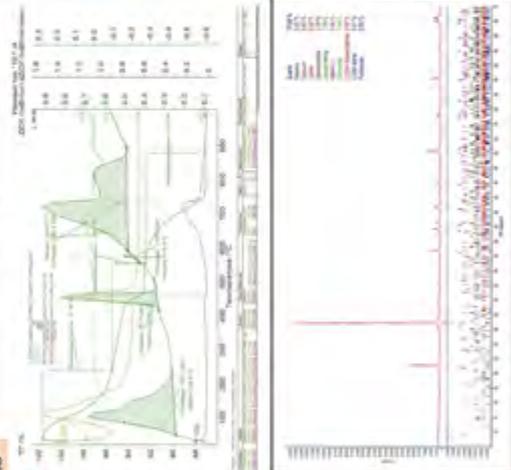
Оборудование для проведения морфологического анализа (РЭМ)



Напылительная установка JFC-1600



ПРИБОР СИНХРОННОГО ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА: ТГ + ДСК



ДСК позволяет определять и исследовать:
 Температуру и теплоты плавления и кристаллизации
 Фазовые переходы в твердом состоянии
 Полимерфазы
 Степень кристаллическости
 Стеклование
 Наличие или отсутствие примесей в образце
 Удельную теплотворность
 Термостойкость
 ТГ позволяет определять и исследовать:
 Изменение массы образца
 Температурную стабильность образца
 Режимы окислительного восстановления
 Разложение образца
 Стадии коррозии образца
 Анализ состава образца

представляет собой высококачественную настольную рентгенофлуорисцентную систему с применением инновационных технологий и конструкций. Он позволяет проводить рентгенофлуорисцентные измерения быстро, просто и получать данные высокого качества:
 Качественный и количественный фазовый анализ
 Определение степеней кристаллическости
 Определение свойств кристаллитов и напряжений решеток lattice strain
 Определение структуры кристаллита



ДИФРАКТОМЕТР D2 PHASER



Шлифовально-полировальный станок LaboForcer-3 и LaboDoser

Рис. 1. Характеристика оборудования Инновационного центра кафедры «Строительные конструкции» УГНТУ

К примеру, при исследовании коррозионной стойкости цементного ремонтного состава для защиты железобетонных конструкций сооружений водоочистки получено изображение структуры после одного года воздействия сточных вод коллектора, на котором явно визуализируются кристаллогидраты этtringита, что свидетельствует об активно развивающейся в эксплуатируемом материале сульфатной коррозии (рис. 2).

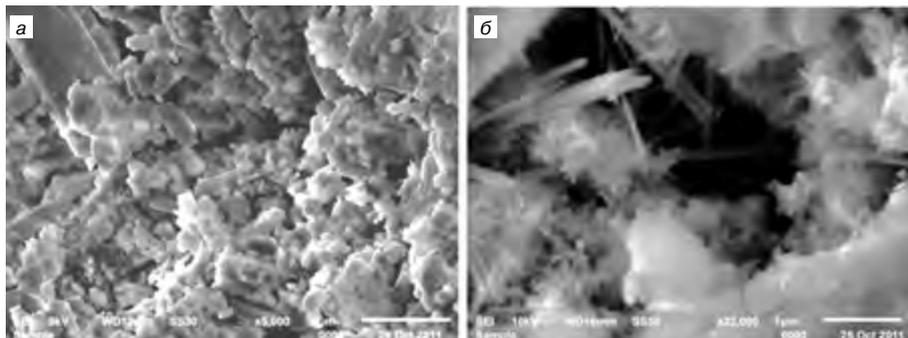


Рис. 2. Структура цементного камня ремонтного раствора: а – «здорового», $\times 5000$; б – после одного года воздействия сточных вод коллектора, $\times 22000$

За 2011–2016 гг. было проведено множество исследований, а также выполнены научные работы аспирантов, магистрантов и бакалавров кафедр «Строительные конструкции», «Бурение нефтяных и газовых скважин», «Технологические машины и оборудование», «Технология нефтяного аппаратастроения», а также Стерлитамакского филиала УГНТУ. Среди них можно выделить работы:

- исследование долговечности и разработка рекомендаций по защите железобетона в системе водоочистки и водоотведения (рук. В.М. Латыпов) [3];
- разработка строительных материалов на основе доломита (рук. Л.Н. Ломакина) [4, 5];
- подбор состава дорожно-строительного композиционного материала с применением бурового шлама (рук. Л.Н. Ломакина);
- исследование процессов коррозии цементного камня под действием кислотных компонентов пластовых флюидов (рук. Ф.А. Агзамов) [6];
- исследование долговечности футеровки железобетонных промышленных дымовых труб (рук. Л.Н. Ломакина) [7];
- исследование процессов структурообразования бетона в условиях зимнего бетонирования (рук. Ф.А. Агзамов, Л.Н. Ломакина) [8];
- разработка специальных расширяющихся тампонажных материалов (рук. Ф.А. Агзамов) [9];
- разработка защитных покрытий конструктива наружных стен этажей для обеспечения их долговечности (рук. В.В. Бабков) [10];
- разработка и внедрение составов и технологии применения высокопрочных бетонов для объектов и сооружений повышенной этажности и высотности (рук. В.В. Бабков, В.М. Латыпов) [11];
- научно-техническое сопровождение внедрения в Республике Башкортостан запатентованного немецкого материала «жидкий грунт RSS» (рук. В.М. Латыпов) [12].

Существенное влияние на результаты исследований оказывает подготовка проб к испытаниям. В центре функционирует специальное оборудование, обеспечивающее необходимую подготовку проб к испытаниям с целью получения максимально достоверных результатов. В лаборатории имеется следующее оборудование, применяющееся для подготовки проб к исследованиям:

- планетарная шаровая мельница Retsch PM 100 – для измельчения пробы для исследований на рентгеновском дифрактометре и приборе термического анализа;
- высокоточный отрезной станок Minitom – для получения срезов бетонных образцов для исследований на РЭМ;
- станок Laborol-5 с автоматическим устройством – для шлифовки и полировки металлических образцов для исследований на РЭМ;
- вакуумная напылительная установка JFC-1600, предназначенная для напыления на поверхность исследуемых материалов-диэлектриков токопроводящей пленки из платины для снятия электростатического заряда с исследуемой поверхности и обеспечения возможности проведения исследования структуры таких материалов в электронном микроскопе.

В настоящее время работу оборудования центра обеспечивают 12 аттестованных преподавателей, сотрудников и аспирантов кафедры, прошедших за период 2010–2016 гг. необходимое обучение и подготовку.

Применение высокоточного аналитического комплекса позволяет существенно повысить эффективность исследовательских работ, расширить их тематику, а также обеспечить подготовку специалистов строительного профиля на современном уровне [13].

Список литературы

1. Ломакина Л.Н., Латыпов В.М., Агзамов Ф.А., Бабков В.В. Развитие лабораторной базы УГНТУ для исследований вяжущих в области тампонажа и строительства // *Международный научный семинар «Развитие инновационной инфраструктуры университета»*. Уфа, УГНТУ. 2012.
2. Ломакина Л.Н., Латыпов В.М., Агзамов Ф.А., Бабков В.В. Лаборатория нанотехнологий цементных систем им. проф. А.Ф. Полака и Н.Х. Каримова – перспективные направления исследований вяжущих для тампонажа и строительства // *Международный научный семинар «Развитие инновационной инфраструктуры университета»*. Уфа, УГНТУ. 2011.
3. Латыпов В.М., Ломакина Л.Н., Луцык Е.В., Ахмадуллин Р.Р., Федоров П.А., Анваров А.Р., Авренюк А.Н. Исследования преподавателей и со-

References

1. Lomakina L.N., Latypov V.M., Agzamov F.A., Babkov V.V. The development of laboratory base USPTU for binding research in the field of grouting and construction. *International scientific seminar “Development the innovation infrastructure of the University”*. Ufa. USPTU. 2012. (In Russian).
2. Lomakina L.N., Latypov V.M., Agzamov F.A., Babkov V.V.. Laboratory of nanotechnology cement systems professors A.F. Polak and N.H. Karimov – perspective directions of research binders for grouting and construction. *International scientific seminar “Development the innovation infrastructure of the University”*. Ufa. USPTU. 2011. (In Russian).
3. Latypov V.M., Lomakina L.N., Lutsyk E.V., Akhmadullin R.R., Fedorov P.A., Anwarov A.R., Avrenyuk A.N. Research lecturers and staffs of the department “Building

- трудников кафедры «Строительные конструкции» УГНТУ по направлению «Повышение долговечности бетона и железобетона» // «Строительство. От науки к инновациям»: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Уфа, 2013. С. 21–30.
4. Ломакина Л.Н., Гараньков И.Н., Хабабутдинова Н.Б., Никитин И.С. Исследование возможности получения сухой строительной смеси для шпаклевочных работ с применением доломита. *III Международная научно-практическая конференция «Вопросы современных технических наук: свежий взгляд и новые решения». Секция №10. Строительство и архитектура.* Екатеринбург, 2016. С. 73–75.
 5. Ломакина Л.Н., Хабабутдинова Н.Б., Батыршина Д.С., Кинзибаева Э.А. Физико-химические исследования термического разложения доломита // *Материалы XX Международной научно-технической конференции «Проблемы строительного комплекса России».* Тезисы докладов. Уфа, 2016.
 6. Агзамов Ф.А., Ломакина Л.Н., Хабабутдинова Н.Б., Давлетшин Р.Ф., Крига А.К., Токунов Т.В. Процессы коррозии цементного камня под действием кислых компонентов пластовых флюидов. *Нефтегазовое дело.* 2015. № 4. С. 10–28.
 7. Ломакина Л.Н., Галиакбаров Р.Р., Козин А.В., Гнедов С.М., Ветров Н.И. Исследование долговечности футеровки железобетонных промышленных дымовых труб // *Промышленность и безопасность.* 2015. № 9. С. 34–36.
 8. Агзамов Ф.А., Ломакина Л.Н., Гафурова Э.А., Бикмеева (Хабабутдинова) Н.Б. Исследование процессов структурообразования бетона в условиях зимнего бетонирования // *Электронный научный журнал Нефтегазовое дело.* 2013. № 6. С. 384–400. (http://www.ogbus.ru/authors/Agzamov/Agzamov_2.pdf дата доступа 23.05.2016).
 9. Ломакина Л.Н., Бикмеева (Хабабутдинова) Н.Б., Ахмадиева Л.Р. О роли физико-химических методов при исследовании механизма и кинетики структурообразования расширяющихся и фиброармированных тампонажных цементов // *Материалы XVII Международной научно-технической конференции: Архитектура. Строительство. Коммунальное хозяйство: Тезисы докладов.* Уфа, 2013.
 10. Бабков В.В., Гафурова Э.А., Резвов О.А., Ломакина Л.Н., Асянова В.С. Состав продуктов высолообразования из наружных стен на основе вибропрессованных бетонных изделий // *Строительные материалы.* 2013. № 11. С. 74–77.
 11. Бедов А.И., Бабков В.В., Габитов Г.И., Сахибгареев Р.Р., Салов А.С. Монолитное строительство в Республике Башкортостан: от теории к практике // *Вестник МГСУ.* 2013. № 10. С. 110–121.
 12. Латыпов В.М., Тимеряев Д.В., Корнилов Д.К., Ивлев М.А. Лабораторные испытания жидкого грунта RSS // *Материалы XVI Международной научно-практической конференции «Проблемы строительного комплекса России»:* Тезисы докладов. Уфа, 2012. С. 46–48.
 13. Ломакина Л.Н. Новые возможности лабораторной базы УГНТУ // *Материалы XX Международной научно-практической конференции «Проблемы строительного комплекса России»:* Тезисы докладов. Уфа, 2016.
- construction” USPTU towards “Improving the durability of concrete and reinforced concrete”. *Construction. From science to innovation. Materials of Russian scientific-practical conference.* Ufa. 2013, pp. 21–30. (In Russian).
4. Lomakina L.N., Garankov I.N., Khababutdinova N.B., Nikitin I.S. Research the possibility of obtaining a dry mortar for plastering work with dolomite. *III International scientific-practical conference “Problems of modern engineering science: a fresh look and new solutions.” Section №10. Construction and architecture.* Ekaterinburg. 2016, pp.73–75. (In Russian).
 5. Lomakina L.N., Khababutdinova N.B., Bатыршина D.S., Kinzibaeva E.A. Physico-chemical research of the thermal decomposition of dolomite. *Materials XX International Scientific and Technical conference “Problems of the building complex of Russia” Abstracts.* Ufa. 2016. (In Russian).
 6. Agzamov F.A., Lomakina L.N., Khababutdinova N.B., Davletshin R.F., Kriga A.K., Tokunov T.V. Processes cement stone corrosion by the acidic components of formation fluids. *Neftegazovoe delo.* 2015. No. 4, pp. 10–28. (In Russian).
 7. Lomakina L.N., Galiakbarov R.R., Kozin A.V., Gnedov S.M., Vetrov N.I. Research of durability of lining concrete industrial chimneys. *Promyshlennost' i bezopasnost'.* 2015. No. 9, pp. 34–36. (In Russian).
 8. Agzamov F.A., Lomakina L.N., Gafurova E.A., Bikmееva (Khababutdinova) N.B. Investigation of concrete structure formation in the conditions of winter concreting. *The electronic scientific magazine Neftegazovoe delo.* 2013. No. 6, pp. 384–400. URL: http://www.ogbus.ru/authors/Agzamov/Agzamov_2.pdf. (In Russian).
 9. Lomakina L.N., Bikmееva (Khababutdinova) N.B., Ahmadiеva L.R. About the role of physico-chemical methods for the study of the mechanism and kinetics of structure and fiber reinforced expanding oil-well cements. *Materials XVII International Scientific and Technical conference “Problems of the building complex of Russia: Architecture. Building. Communal services”.* Abstracts. Ufa. 2013. (In Russian).
 10. Babkov V.V., Gafurova E.A., Rezvov O.A., Lomakina L.N., Asyanova V.S. The composition of the products salt stains of exterior walls on the basis of vibro-pressed concrete products. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 11. pp. 74–77. (In Russian).
 11. Bedov A.I., Babkov V.V., Gabitov G.I., Sakhibgarееv R.R., Salov A.S. Precast concrete construction in the Republic of Bashkortostan: from theory to practice. *Vestnik MGSU.* 2013. No 10, pp. 110–121. (In Russian).
 12. Latypov V.M., Timeryaev D.V., Kornilov D.K., Ivlev M.A. Laboratory tests of liquid soil RSS. *Materials XVI International scientific-practical conference “Problems of the building complex of Russia.” Abstracts.* Ufa. 2012. (In Russian).
 13. Lomakina L.N. New possibilities laboratory base USPTU. *Materials XX International scientific-practical conference “Problems of the building complex of Russia.” Abstracts.* Ufa. 2016. (In Russian).

П.А. ФЕДОРОВ, канд. техн. наук (stexpert@mail.ru), Т.З. ГИЛЬМУТДИНОВ, магистр (gilmutdinov_tz@mail.ru), А.А. АСТАФУРОВ, магистр, В.М. ЛАТЫПОВ, д-р техн. наук

Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

Совершенствование лабораторных методов исследований долговечности бетона в агрессивных газовых и жидких средах*

Бетонные и железобетонные конструкции, как правило, подвержены в течение эксплуатации процессам физико-химических видоизменений с ухудшением их эксплуатационных свойств, т.е. подвержены процессам коррозии. Поэтому изучение этих процессов для последующего прогноза долговечности и разработка мер первичной и вторичной защиты является актуальной задачей. Приведен ретроспективный обзор методов исследования коррозионных процессов, протекающих в бетоне и железобетоне в жидких и газообразных средах. Приведены конструкции разработанных авторами установок, позволяющих повысить точность моделирования процессов воздействия агрессивных сред и снизить трудоемкость лабораторных исследований.

Ключевые слова: долговечность, бетон, железобетон, агрессивная среда, установка, ускоренные испытания.

P.A. FEDOROV, Candidate of Sciences (Engineering) (stexpert@mail.ru), T.Z. GIL'MUTDINOV, Master (gilmutdinov_tz@mail.ru), A.A. ASTAFUROV, Master, V.M. LATYPOV, Doctor of Sciences (Engineering)
Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov Street, Republic of Bashkortostan, Ufa, 450062, Russian Federation)

Improving Laboratory Methods for Research in Durability of Concrete in Aggressive Gas and Liquid Environments

Concrete and reinforced concrete structures, as a rule, are subjected, during their operation, to processes of physical-chemical transformation with deterioration of their operational properties; this means that they are subjected to corrosion processes. This is because over time, concrete loses its protective properties due to the impact of aggressive environments. That's why the study of these processes for the subsequent forecast and development of measures for the primary and secondary protection is a very actual task. The retrospective review of methods for studying corrosion processes occurring in concrete and reinforced concrete in liquid and gaseous environments is presented. Recommendations on designs of units which make it possible to significantly improve the accuracy of simulation of the impact of aggressive environments without distortion of real temperature-humidity conditions are made.

Keywords: durability, concrete, reinforced concrete, aggressive environment, unit, accelerated testing.

В действующих нормах СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» отсутствует методика расчета долговечности; фактически классы агрессивности среды сведены к европейским стандартам с утратой отечественного опыта в данной области, нет данных по проектированию конструкций с применением бетонов последнего поколения. Поэтому в настоящее время исследование процесса коррозии бетона и железобетона остается актуальной задачей.

В работе В.М. Москвина [1] была сформулирована в качестве одной из основных задач обеспечения долговечности строительных конструкций задача по разработке надежных методов расчета и конструирования железобетонных изделий, работающих в агрессивных средах, различных по свойствам и степени агрессивности.

Данной проблемой успешно занимался профессор А.Ф. Полак [2]. Результатом его многочисленных исследований в области прогноза долговечности бетона или железобетона [2, 3] является вывод расчетных зависимостей глубины коррозионного поражения от времени эксплуатации конструкции в жидких и газообразных средах (уравнения 1 и 2). Эти зависимости были получены в 70–80-е гг. XX в. путем решения классического уравнения (3) с учетом ряда принятых допущений:

$$L = a \cdot t; \quad (1)$$

$$L = \sqrt{a \cdot t}, \quad (2)$$

где a – показатель агрессивности среды;

$$\frac{\partial C_i}{\partial t} = D^* \cdot \frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2} + \frac{K_i S_i}{\Pi_i} (C_{\infty} - C_i) + R_i(C), \quad (3)$$

где D^* – эффективный коэффициент диффузии; C_i – концентрация i -го вещества; R_i – функция, характеризующая скорость убыли компонента из единицы объема среды в результате реакции; K_i – константа скорости растворения твердой фазы; S_i – удельная внутренняя поверхность цементного камня; Π_i – пористость бетона.

Оценкой долговечности или коррозионной стойкости цементного бетона строители вынуждены были начать заниматься уже вскоре после его создания, т.е. с середины XIX в. Известна статья профессора Г.К. Дементьева «Коррозия бетона Баку-Шолларского водовода», (по тем временам – поистине уникального сооружения) – обрушившегося уже через несколько лет после начала эксплуатации [4]. Далее последовала целая серия работ классиков Л.А. Ле-Шателье, В.В. Кинда, Л. Михаэлиса, А.А. Байкова и многих других выдающихся ученых, исследования которых связаны с вопросами долговечности бетона. Пожалуй, наиболее точно потенциальная способность бетона как искусственного конгломерата сопротивляться внешним воздействиям, постепенно разрушаясь, сформулирована в статье академика А.А. Байкова [5]: «Все бетонные сооружения из портландцемента неизбежно должны разрушаться. Это разрушение вытекает из самой природы портландцемента. Все бетонные соору-

* Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания №2014/241. № НИР 2093.

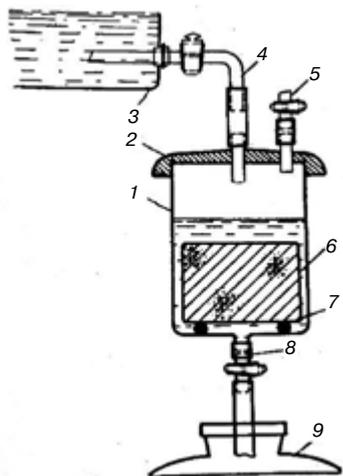


Рис. 1. Установка, разработанная проф. А.Ф. Полаком (1968 г.) [8]: 1 – стакан; 2 – крышка; 3 – емкость для агрессивного раствора; 4 – кран для поступления агрессивного раствора; 5 – кран для выпуска воздуха; 6 – бетонный образец; 7 – стеклянные подставки; 8 – кран для истечения отработанного раствора; 9 – сборник для отработанного раствора

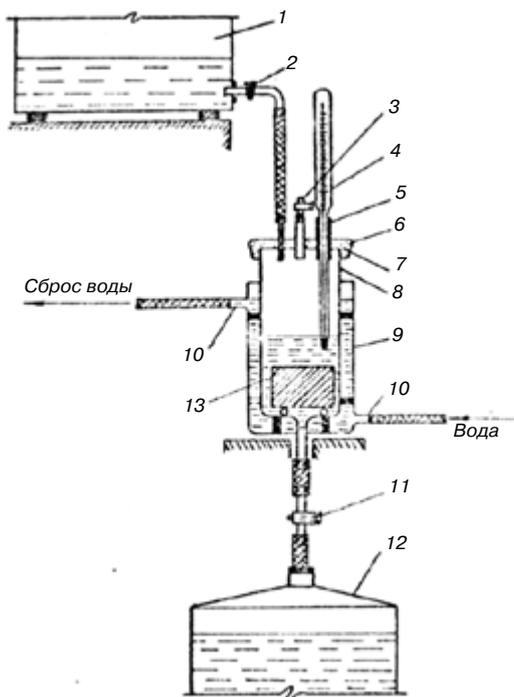


Рис. 2. Установка Института НИИПромстрой (1973 г.) [9]: 1 – сосуд с агрессивным раствором; 2, 3, 11 – краны; 4 – термометр; 5 – резиновая пробка; 6 – крышка; 7 – парафин; 8 – реакционный сосуд; 9 – наружный стакан; 10 – трубка для подвода и отвода воды; 12 – сборник для отработанного раствора; 13 – испытуемый образец

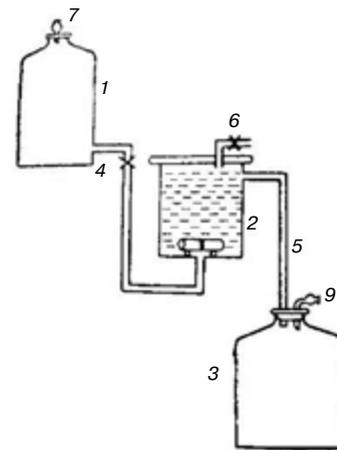


Рис. 3. Установка, разработанная в НИИЖБ (1975 г.) [10]: 1 – расходная емкость с агрессивным раствором; 2 – рабочая емкость с исследуемым образцом; 3 – емкость для слива отработанного раствора; 4, 6 – краны; 5 – шланг; 7, 9 – хлоркальциевые трубки; 8 – образец

жения находятся в стадии разрушения и окончательное их разрушение наступает по истечении довольно значительного времени лишь вследствие того, что в естественных условиях всегда имеют место некоторые обстоятельства, которые чрезвычайно замедляют процесс выщелачивания извести».

Таким образом, ответ на вопрос с какой скоростью происходит разрушение бетона? (увы, неизбежное), может дать лишь хорошо продуманный тест, т. е. испытание этого бетона. Но оно должно быть малозатратным, простым, максимально информативным.

Можно только восхищаться гениальными по простоте и эффективности методами испытания свойств

бетона, предложенными более ста лет назад (метод Сутгарда, игла Вика [6] и др.).

Эти методы работали и работают до настоящего времени (может быть, с небольшой модификацией при оценке свойств самоуплотняющихся бетонов). Кажущийся по сравнению с ними «монстром» (на фоне первых двух «изящных вещиц») прибор Михаэлиса («ведерко с дробью») трансформирован в отечественные модификации полуавтоматов МИИ-100 и последующие более автоматизированные устройства.

Таким образом, при создании метода лабораторного испытания коррозионной стойкости бетона целесообразно исходить из его простоты. И соответственно возможности реализации промышленностью лабораторных устройств. Этого, к сожалению, не удалось добиться «с первого раза» при разработке методов оценки коррозионной стойкости бетона в агрессивных газовых и жидких средах.

В 1980–1985 гг. В.М. Латыпову и В.А. Рязановой удалось собрать в лаборатории кафедры «Строительные конструкции» УГНТУ и обеспечить одновременное обслуживание 150 «установок А.Ф. Полака» при исследо-

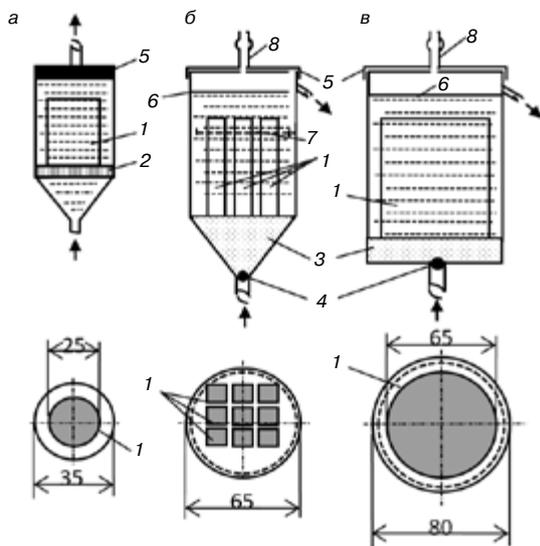


Рис. 4. Рабочие сосуды для исследования: цилиндрических образцов из цементного камня и цементно-песчаного раствора (а), прямоугольных призм (б) и цилиндрических образцов (в) [7]: 1 – образцы; 2 – пористая мембрана (фильтр Шота); 3 – засыпка из стеклянного песка; 4 – пористый коррозионно-стойкий вкладыш; 5 – крышка; 6 – уровень раствора в сосуде; 7 – решетка для крепления образцов в вертикальном положении; 8 – хлоркальциевая трубка

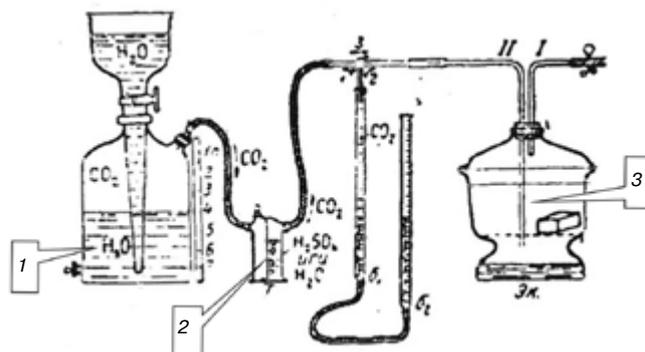


Рис. 5. Установка, разработанная в Лаборатории химической кинетики Московского государственного университета и Технохимической лаборатории Центрального института сооружений (1937 г.) [13]: 1 – газометр; 2 – склянка Тищенко; 3 – эксикатор

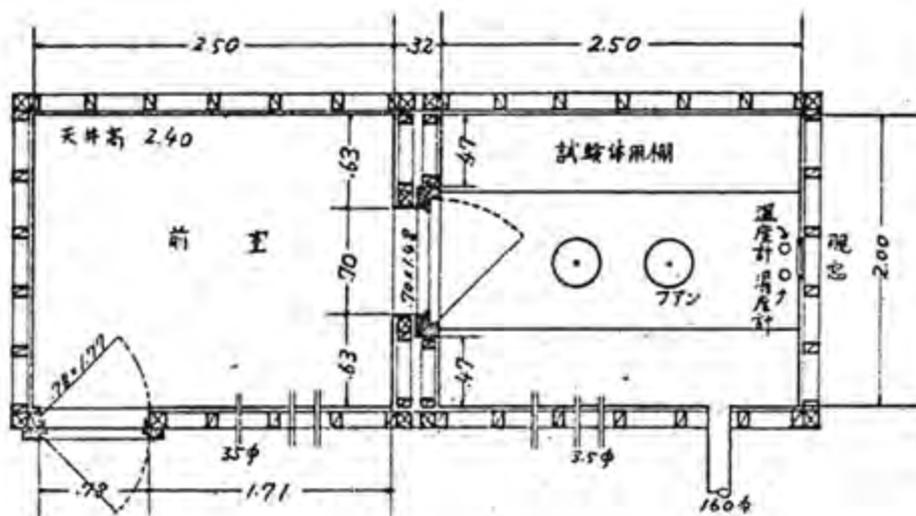


Рис. 6. Установка Архитектурного института в Японии (1955 г.)

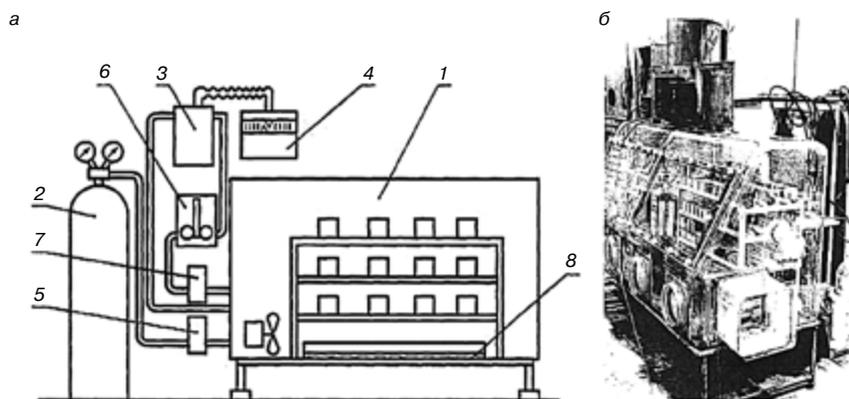


Рис. 7. Установка с автоматическим управлением, реализованная в НИИЖБ (1969 г.) [14–16]: а – схема установки; б – общий вид; 1 – камера; 2 – баллон с CO_2 ; 3 – автоматический газоанализатор; 4 – показывающий командный прибор; 5 – электромагнитный клапан; 6 – блок регулирования; 7 – побудитель расхода газа; 8 – ванна с раствором хлорида натрия

вании закономерностей сульфатной коррозии [7]. Позднее, в 90-х г. XX в., а затем в 2005–2015 гг. собирались в лаборатории по 20–30 установок для исследования стойкости бетона в кислых средах.

Этот многолетний опыт экспериментов привел к следующим выводам. Основными конструктивными недостатками существующих установок являлась необходимость постоянного регулирования скорости прохождения агрессивного раствора в реакционном сосуде. Кроме того, не было уверенности в обеспечении постоянства «действующей» у поверхности образца концентрации агрессивного раствора. Наконец, для получения результатов необходимо было иметь в штате, помимо лаборанта-исследователя, еще и профессионального химика. Видимо, по этой причине как «установки А.Ф. Полака» (рис. 1, 2, 4) [7, 8, 9], так и более позднее устройство НИИЖБ (рис. 3) [10] до настоящего времени так и не стали методом исследования, получившим широкого распространение.

В связи с этим на кафедре «Строительные конструкции» продолжают исследования по улучшению, в том числе и упрощению, уже существующей установки.

Одной из главных задач при этом является улучшение геометрических параметров реакционного сосуда (емкости), в котором происходит контакт движущейся агрессивной жидкости с тестируемым образцом. Цель такого улучшения – создание ламинарного потока агрессивного раствора, омывающего поверхность образца. При этом должно быть обеспечено следующее: постоянство концентрации агрессивного раствора у поверхности образца; возможность изменения скорости движения потока; сохранение во времени площади поверхности образца, контактирующей с агрессивным раствором, а так-

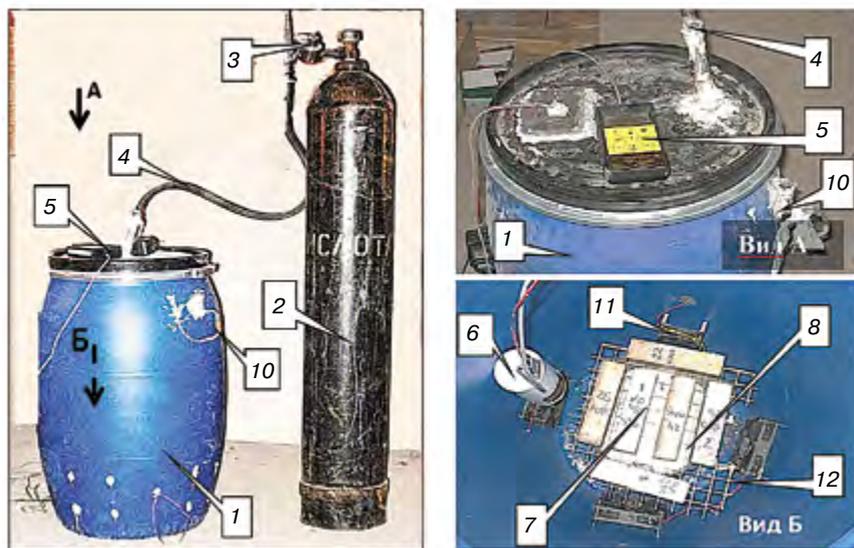


Рис. 8. Установка УГНТУ (2007 г.) [17]: 1 – герметичная камера; 2 – баллон с CO_2 ; 3 – редуктор; 4 – гибкий рукав; 5 – пульт управления автоматическим газоанализатором ОКА-Т- CO_2 ; 6 – датчик автоматического газоанализатора, установленный внутри камеры; 7 – образцы; 8 – чаша с насыщенным раствором кальциевой селитры; 9 – стеллаж; 10 – U-образная трубка; 11 – система тихоходных вентиляторов; 12 – система тихоходных вентиляторов

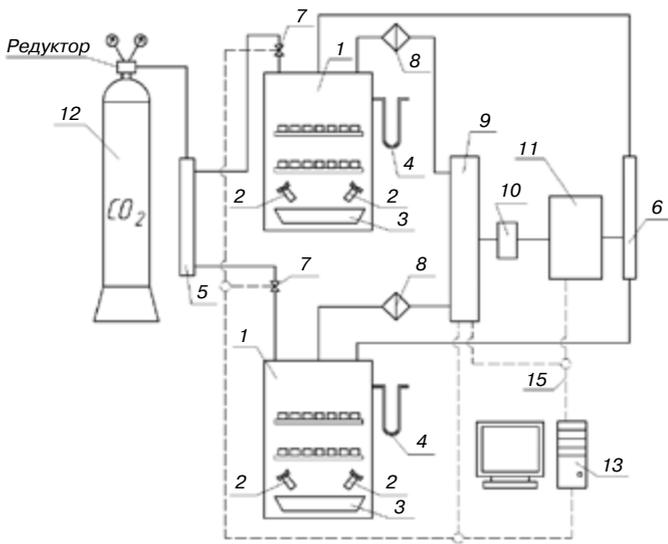


Рис. 9. Установка для исследования кинетики карбонизации бетона (2013 г.) [18]: 1 – герметичные камеры; 2 – вентиляторы; 3 – ванны с насыщенным раствором соли; 4 – U-образные трубки (манометры); 5 – впускной и 6 – выпускной газовые распределительные коллекторы; 7 – электромагнитные клапаны; 8 – фильтры для очистки воздушно-газовой среды; 9 – газовый распределительный коммутатор; 10 – побудитель расхода газа; 11 – автоматический газоанализатор; 12 – источник углекислого газа; 13 – электронно-вычислительная машина (ЭВМ); 15 – сети проводов, связывающих ЭВМ с устройствами установки

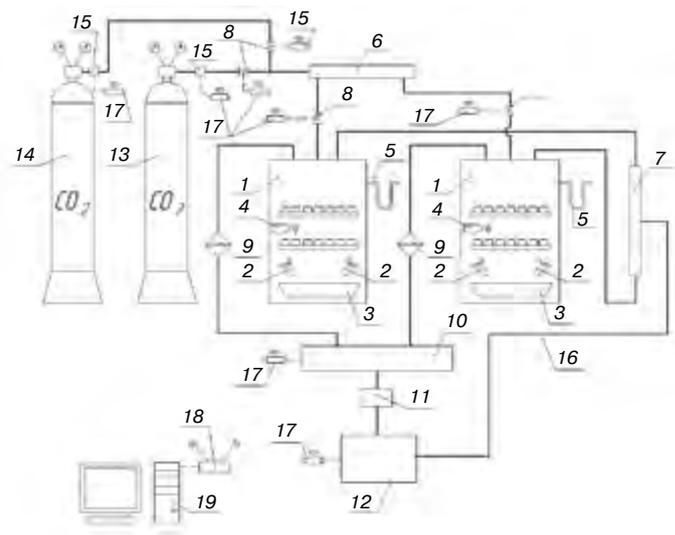


Рис. 10. Установка для исследования кинетики карбонизации бетона с беспроводной системой управления (2014 г.) [19]: 1 – герметичные камеры; 2 – вентиляторы; 3 – ванны с насыщенным раствором соли; 4 – датчики измерения давления, влажности и температуры среды со встроенной приемно-передающей антенной на каждой камере; 5 – установлены U-образные трубки, заполненные водой; 6, 7 – впускной и выпускной газовые распределительные коллекторы; 8 – электромагнитные клапаны; 9 – фильтры; 10 – газовый распределительный коммутатор; 11 – побудитель расхода газа; 12 – газоанализатор; 13 – источник углекислого газа; 14 – резервный источник углекислого газа; 15 – расходомер; 16 – трубопроводы; 17 – приемно-передающие антенны; 18 – сетевое устройство; 19 – ЭВМ

же ряд других задач. Учитывая многофакторность процесса, математическое описание режима и характера течения жидкости, омывающей цилиндрический образец, с позиции механики жидкости, а именно гидродинамики, в данном случае затруднено, поэтому влияние ряда параметров должно быть учтено эмпирическим путем [11].

Одна из первых идей в области испытания стойкости бетона в газовых средах, а именно в среде углекислого газа, была сформулирована еще в 1937 г. (рис. 5) [12]. Позднее появился целый ряд модернизированных установок [13–16]. Представляет интерес установка, реализованная в Японии, выполненная в виде деревянно-каркасной газовой камеры (рис. 6).

Установка П.В. Язева и Н.К. Розенталя образца 1969 г. (рис. 7) была положена в основу СНиП 2.03.11–85 «Защита строительных конструкций от коррозии», а позднее в ГОСТ Р 52804–2007 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испы-

тания» с небольшой последующей доработкой в части автоматизации [14–16].

Что изменилось с тех пор? В России – ничего. Ни в одном научно-исследовательском институте страны (не говоря об аккредитованных лабораториях) не проводятся исследования в соответствии с ГОСТ Р 52804–2007. Почему? Потому, что в действительности российский заказчик (или даже собственник строительного объекта) пока еще далек от реальной оценки понятия «долговечность конструкций» или «долговечность здания». Это можно рассматривать как «остаточное явление» от состояния, когда в России отсутствовал интерес знать, сколько простоит только что построенный объект. Но все возвращается «на круги своя». В России вновь нарождается слой капиталистов, которым ответ на вопрос, сколько простоит объект, является очень интересным. А как ответить на данный вопрос быстро? Установки П.В. Язева и Н.К. Розенталя по ГОСТу существует лишь в единичном варианте в НИИЖБ, судя по публикациям за последние почти 50 лет. В странах Западной Европы и Америки вопрос о стойкости бетона к воздействию углекислого газа отражен в национальных нормативах

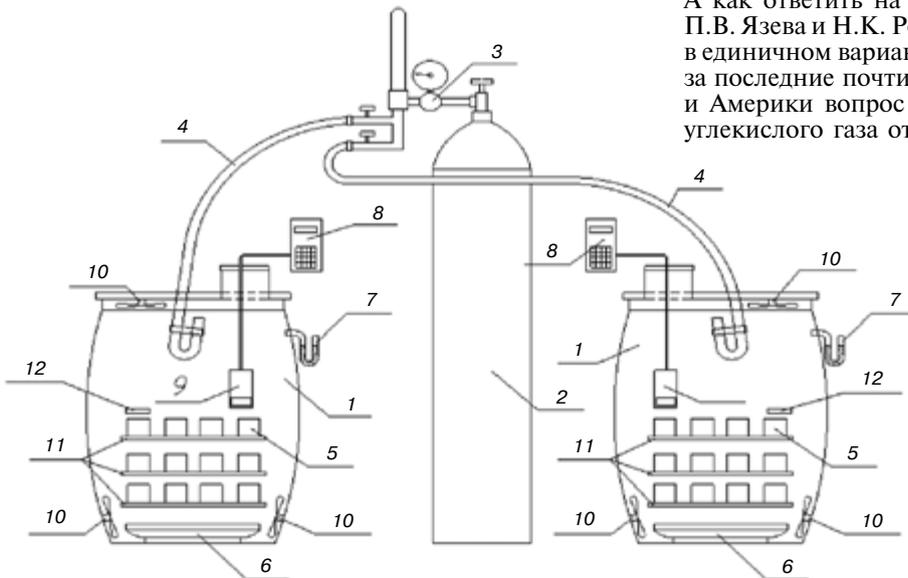


Рис. 11. Модифицированная установка, реализованная в рамках государственного задания (2015 г.): 1 – герметичная камера; 2 – баллон с CO₂; 3 – редуктор; 4 – гибкий рукав; 5 – образцы; 6 – чаша с насыщенным раствором нитрата цинка; 7 – U-образная трубка; 8 – пульт управления автоматическим газоанализатором ОКА-T-CO₂; 9 – датчик автоматического газоанализатора, установленный внутри камеры; 10 – система тихих вентиляторов; 11 – решетка для установки образцов; 12 – автономный регистратор температуры и относительной влажности EClerk-USB-RHT

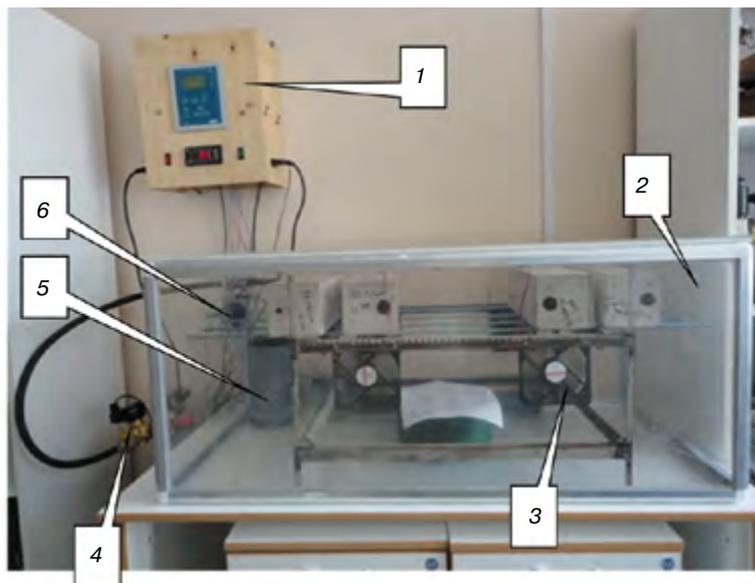


Рис. 12. Установка с автоматическим управлением, действующая на базе кафедры «Строительные конструкции» (2016 г.): 1 – блок автоматизированной системы управления, включающий контроллер и газоанализатор; 2 – герметичная «реакционная» емкость ($V=0,2 \text{ м}^3$); 3 – система тихоходных вентиляторов; 4 – электромагнитный клапан; 5 – ультразвуковой увлажнитель газовой среды; 6 – датчик влажности и температуры газовой среды

весьма подробно. Отметим, что в Китае, традиционно очень быстро реагирующем на потребности рынка, автоматизированные установки для исследования стойкости бетона к воздействию CO_2 выпускаются в невиданно (для Европы) широком ассортименте и являются достаточно дорогими. Такие установки вряд ли есть смысл закладывать в отечественный ГОСТ по причине их высокой стоимости, а значит, малой доступности для рядовых строительных лабораторий.

В 2007 г. на кафедре «Строительные конструкции» УГНТУ была собрана установка с ручным управлением, в качестве прототипа которой была выбрана установка П.В. Язева и Н.К. Розенталя [14] в усовершенствованной модификации (рис. 8).

Установка состояла из следующих основных частей: герметичной камеры ($V=0,2 \text{ м}^3$), баллона с углекислотой; редуктора; автоматического газоанализатора ОКА-Т- CO_2 ; она отличается усовершенствованной системой сброса избыточного давления и дополнительной системой тихоходных вентиляторов. Подача CO_2 в емкость осуществляется через патрубок, установленный в крышке емкости. Для предотвращения точечного воздействия на образцы потоков CO_2 на конце патрубка установлен гибкий рукав с загнутым вверх концом. Избыточное давление в камере сбрасывается через установленную в боковой стенке U-образную трубку, заполненную водой.

Для предупреждения неравномерной карбонизации бетона установка дополнена системой тихоходных вентиляторов, которые установлены внутри емкости снизу по контуру.

Однако в установке есть два существенных недостатка:

- ограниченное количество исследуемых образцов;
- отсутствие автоматизированной системы управления.

С 2010 г. авторами осуществляется поиск оптимальных конструкций установок, позволяющий повысить точность, а также осуществить масштабность проводимых исследований с целью разработки соответствующих рекомендаций. Например, были предложены два концепта установки с проводной (рис. 9) и беспроводной системой управления (рис. 10), позволяющей контролировать процесс карбонизации бетона на удалении в реальном времени [18, 19]. Данные установки обеспечены логгерами для записи температуры, влажности и давления в камере. Установка с проводной системой управления с двумя реакционными емкостями показана на рис. 11.

На основе этих концептов в 2016 г. разработана новая модель установки (рис 12). Она является конкурентоспособной с зарубежными аналогами. Отличие данной установки заключается в том, что кроме наличия автоматизированной системы управления подачей газа в камеру присутствует возможность оперативно изменять температурно-влажностный режим внутри камеры и непрерывно записывать все показатели микроклимата внутри камеры. Для поддержания влажности внутри камеры вместо чаши с солью установлены ультразвуковой увлажнитель – для увеличения относительной влажности и осушитель – для уменьшения относительной влажности. Температура регулируется с помощью воздушного ТЭНа. Управление всеми процессами осуществляет программируемый логический контроллер.

Отметим, что в данной установке был реализован проект, признанный экспертами на различных конкурсах. В частности, проект получил диплом лауреата федерального этапа на Молодежном форуме Приволжского федерального округа «iВолга–2015» и стал обладателем гранта Республиканского конкурса молодежных бизнес-проектов и бизнес-идей федерального проекта «Ты – предприниматель» в Республике Башкортостан. На полученные средства гранта удалось собрать образец установки (рис. 12), в которой в настоящее время уже проводятся дальнейшие исследования долговечности бетона в газовых средах.

Список литературы

1. Москвин В.М. К вопросу о долговечности строительных конструкций // *Сборник трудов НИИЖБ «Защита от коррозии строительных конструкций и повышение их долговечности»*. М.: Стройиздат, 1969. С. 3–9.
2. Полак А.Ф. Моделирование коррозии железобетона и прогнозирование его долговечности. *Итоги науки и техники «Коррозия и защита от коррозии»*. М.: ВИНТИ, 1989. Т. 12. С.136–184.
3. Полак А.Ф. Методика определения агрессивности жидких кислых сред по отношению к бетону // *Сборник трудов НИИпромстрой*. М.: Стройиздат. 1971. Вып. 10. С. 213–223.
4. Деметьев Г.К. Коррозия бетона Баку-Шолларского водовода: По данным исследования Азербайджанского филиала ЗИС'а за 1931–1934 гг. Баку: Азерб. фил. ЗИС'а, 1934. 133 с.
5. Байков А.А. О действии морской воды на сооружения из гидравлических растворов. *Собрание трудов*. М.: Изд. АН СССР. 1948. Т. V. 210 с.
6. Федоров П.А., Фаттахов М.М., Абдуллин М.М. Вклад Луи Жозефа Вика в изучение долговечности цементного камня // *История науки и техники*. 2012. № 6. Спец. вып. № 2. С. 10–15.
7. Латыпов В.М., Латыпова Т.В., Луцык Е.В., Федоров П.А. Долговечность бетона и железобетона в природных агрессивных средах: Монография. Уфа. РИЦ УГНТУ, 2014. 288 с.
8. А. с. СССР 280968. *Способ определения коррозионной стойкости бетона* / А.Ф. Полак; Заявл. 07.09.68. Оpubл. 03.09.1970. Бюл. № 28.

9. Методические указания по прогнозированию глубины коррозионного поражения бетона в жидких кислых средах. Уфа: Научно-исследовательский институт, промышленного строительства (НИИПромстрой). 1973. 41 с.
10. Руководство по определению скорости коррозии цементного камня, раствора и бетона в жидких агрессивных средах: НИИЖБ. М.: Стройиздат. 1975. 28 с.
11. Астафуров А.А., Латыпов В.М. Обоснование геометрических параметров установок для исследования скорости коррозии бетона в агрессивных жидких средах // *Проблемы строительного комплекса России: Материалы XX Международной научно-технической конференции*. Уфа. 2016. С. 82–85.
12. Ордынская Г.С., Петин Н.Н., Хигерович М.И. К кинетике процессов карбонизации известково-песчаных автоклавных материалов // *Журнал прикладной химии*. 1937. Т. X. № 2. С. 290–299.
13. А. с. СССР 303567. Установка для определения кинетики коррозии бетона в газовых средах / П.В. Язев, Н.К. Розенталь, С.Н. Алексеев. Заявл. 23.04.1969. Оpubл. 13.05.1971. Бюл. №16.
14. А. с. СССР 388227. Установка для определения кинетики карбонизации бетона / Н.К. Розенталь, П.В. Язев. Заявл. 25.11.1972. Оpubл. 22.06.1973. Бюл. № 28.
15. Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде. М.: Стройиздат, 1976. 205 с.
16. Розенталь Н.К. Исследование защитных свойств тяжелого бетона по отношению к стальной арматуре. Дисс... канд. техн. наук. Москва. 1969. 140 с.
17. Федоров П.А., Анваров Б.Р., Латыпова Т.В., Анваров А.Р., Латыпов В.М. О математической зависимости, описывающей процесс нейтрализации бетона // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2010. № 15 (191). С. 13–15.
18. Патент РФ 2502711. Установка для определения кинетики карбонизации бетона / В.М. Латыпов, П.А. Федоров, Б.Р. Анваров Заявл 05.07.2012. Оpubл. 27.12.2013. Бюл. № 36.
19. Патент РФ 137728. Установка для определения кинетики карбонизации бетона с беспроводной системой управления / В.М. Латыпов, П.А. Федоров, Т.З. Гильмутдинов. Заявл. 18.10.2013. Оpubл. 27.02.2014. Бюл. № 6.
5. Baikov A.A. On the action of sea water on the construction of the hydraulic fluids. Collected Works. Moscow: Publishing USSR Academy of Sciences. 1948. Vol. V. 210 p. (In Russian).
6. Fedorov P.A., Fattakhov M.M., Abdullin M.M. The contribution of Louis Joseph Wick to study the durability of cement stone. *Istorija nauki i tehniki*. 2012. No. 6. Special vol. 2, pp. 10–15. (In Russian).
7. Latypov V.M., Latypova T.V., Lucyk E.V., Fedorov P.A. Dolgovechnost' betona i zhelezobetona v prirodnyh agressivnyh sredah [Concrete and reinforced concrete in the natural aggressive media]. Ufa. USPTU. 2014. 288 p.
8. А. с. СССР 280968. Способ определения коррозионной стойкости бетона [A method of determining corrosion resistance of concrete] / Polak A.F.; Declared 07.09.68. Published 03.09.1970. Bulletin No 28. (In Russian).
9. Guidelines for predicting the depth of corrosion damage of concrete in liquid acidic environments. Ufa. Research Institute, Industrial construction (NIIPromstroy). 1973. 41 p. (In Russian).
10. Guidelines for determining the speed of corrosion of cement stone, mortar and concrete in corrosive liquids: NIIZhB. Moscow: Stroyizdat. 1975. 28 p. (In Russian).
11. Astafurov A.A., Latypov V.M. Justification of geometrical parameter setting for the study of corrosion rate of concrete in aggressive liquids. Problems of building complex of Russia. *Proceedings XX International Scientific and Technical Conference*. Ufa. 2016, pp. 82–85. (In Russian).
12. Ordynskaya G.S., Petin N.N., Higerovich M.I. Kinetics of carbonization process of lime-sand autoclave materials. *Zhurnal prikladnoj himii*. 1937. Vol. X. No. 2, pp. 290–299. (In Russian).
13. А. с. СССР 303567. Установка для определения кинетики коррозии бетона в газовых средах [Setting to determine the kinetics of concrete corrosion in gas environments] / P.V. Jazev, N.K. Rozental', S.N. Alekseev. Declared 23.04.1969. Published 13.05.1971. Bulletin No. 16. (In Russian).
14. А. с. СССР 388227. Установка для определения кинетики карбонизации бетона [Apparatus for determining the kinetics of concrete carbonation] / N.K. Rozental', P.V. Jazev. Declared 25.11.1972. Published 22.06.1973. Bulletin No. 28. (In Russian).
15. Alekseev S.N., Rozental' N.K. Korroziionnaja stojkost' zhelezobetonnih konstrukcij v agressivnoj promyshlennoj srede [The corrosion resistance of reinforced concrete structures in aggressive industrial environments]. М.: Stroyizdat. 1976. 205 p.
16. Rosenthal N.K. The study of protective properties of heavy concrete with respect to the steel reinforcement. Cand. Diss. (Engineering). Moscow. 1969. 140 p. (In Russian).
17. Fedorov P.A., Anvarov B.R., Latypova T.V., Anvarov A.R., Latypov V.M. About mathematical relationship describing concrete neutralization process. *Vestnik Juzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2010. No. 15 (191), pp. 13–15. (In Russian).
18. Патент РФ 2502711. Установка для определения кинетики карбонизации бетона [Apparatus for determining the kinetics of concrete carbonation] / Latypov V.M., Fedorov P.A., Anvarov B.R. Declared 05.07.2012. Published 27.12.2013. Bulletin No. 36. (In Russian).
19. Патент РФ 137728. Установка для определения кинетики карбонизации бетона с беспроводной системой управления [Setting to determine the kinetics of the carbonation of concrete with a wireless control system] / Latypov V.M., Fedorov P.A., Gil'mutdinov T.Z. Declared 18.10.2013. Published 27.02.2014. Bulletin No. 6. (In Russian).

References

1. Moskvina V.M. To a question about the durability of building structures. *Proceedings Research institute ferroconcrete «Corrosion protection of building structures and increase their durability»*. Moscow: Stroyizdat, 1969, pp. 3–9 (In Russian).
2. Polak A.F. Modeling of ferroconcrete corrosion and forecasting its durability. The results of science and technology «Corrosion and Corrosion Protection». Moscow: VINITI, 1989. Vol. 12. pp. 136–184. (In Russian).
3. Polak A.F. Method for determining the aggressiveness of liquid acid environments in relation to the concrete. *Collection NIIPromstroy works*. Moscow: Stroyizdat. 1971. Vol. 10, pp. 213–223. (In Russian).
4. Dement'ev G. K. Korroziya betona Baku-Shollarskogo vodovoda: po dannym issledovanija Azerbajdzhanskogo filiala ZIS'a za 1931–1934 gg. [Corrosion of concrete of Baku-Shollarskogo water pipeline: According to the Azerbaijan branch of study for ZIS'a 1931–1934]. Baku. 1934. 133 p.



главный форум производителей сухих строительных смесей состоялся в Калининграде

16–18 августа 2016 г. в Калининграде с успехом прошла 16-я Международная специализированная отраслевая конференция BALTIMIX-2016 – главный российский форум производителей сухих строительных смесей, которая ежегодно с 2000 г. становится местом встречи руководителей и ведущих специалистов предприятий производителей сухих строительных смесей, поставщиков и производителей сырьевых компонентов и строительной химии, производителей технологического оборудования, а также ученых ведущих профильных вузов.

Гостеприимный балтийский берег принял более 170 делегатов от ста предприятий и организаций из России, а также Китайской Народной Республики, Германии, Финляндии, Казахстана, Армении и Турции.

Конференцию открыли проректор МГСУ А.П. Пустовгар и заместитель министра строительства Калининградской области Е.В. Каржавых.

Приветствуя участников конференции Елена Викторовна отметила, что несмотря на санкции, стройкомплекс Калининградской области успешно преодолевает кризисные явления (в 1-м полугодии 2016 г. в Калининградской области введено в строй 519,6 тыс. м² жилья). Однако для области, которая является полуэксклавом, чрезвычайно важно развивать собственное производство строительных материалов, так как значительная доля в расходах любого предприятия при доставке стройматериалов приходится на логистическую составляющую.

На территории области работает домостроительный комбинат и ряд заводов ЖБИ, несколько заводов по производству керамического и силикатного кирпича. В 2014 г. запущено предприятие «Аэроблок» по выпуску газосиликатных блоков. Затем появился завод товарного бетона и погрузочно-разгрузочный терминал, который способен принять и обработать в год до 1 млн т сыпучих грузов. Компанией «Техносервис» на территории технопарка «ДАНОР» в Гурьевском районе ведется строительство завода по производству сухих строительных смесей (2 сентября завод был пущен в эксплуатацию. Инвестиции в строительство составили более 220 млн р. Первоначальная мощность предприятия составляет 65 тыс. т продукции. В течение 2017 г. этот показатель должен вырасти до 150 тыс. т.).

Продукция нового завода должна полностью закрыть потребность калининградских потребителей в подобных строительных материалах, которые смогут конкурировать с популярными в регионе зарубежными аналогами.



В рамках деловой программы конференции специалисты заслушали и обсудили 24 доклада, посвященные различным техническим вопросам и тенденциям рынка ССС. Состоялось два круглых стола, на которых участники обменялись мнениями о перспективах строительной отрасли в целом и рынка ССС в частности, поднимались проблемы сертификации сырья для производства сухих смесей и многие другие злободневные для отрасли вопросы.

О новых разработках, предложениях и ноу-хау в сфере оборудования рассказали компании, LAHTI PRECISION Oy, HAVER, PARGET MAKINA, Роксор Индастри, AMIT Industriesysteme GmbH, Курганский машиностроительный завод конвейерного оборудования. Компания «Реттенмайер Рус» порадовала собравшихся сообщением, что волокна целлюлозы «ARBOCEL» получают российскую прописку.

Особым интересом пользовались доклады компаний – производителей ССС – «Ремикс» («Сферы применения сухого кварцевого песка»), Самарского гипсового комбината («Перспективы гипсовых наливных полов в России») и Ажио («Реставрационные сухие смеси: особенности технологии производства и применения»).





Три актуальных вопроса – «Какие последствия для производителей ССС повлечет отмена ГОСТ 10178–85? Кто выиграл от введения обязательной сертификации цемента? Кто проиграет от введения обязательной сертификации ССС?» – осветила в своем докладе И.У. Аубакирова (канд. техн. наук, заместитель руководителя ИЦ СПбГАСУ).

Традиционно высокий интерес слушателей вызвали доклады аналитико-исследовательских компаний. Например, ведущие аналитики фирмы «Строительная информация» озвучили оценку итогов полугодия и прогнозы кратко- и среднесрочных перспектив развития российского рынка ССС, оценили состояние и перспективы рынка гипсовых материалов. Генеральный директор компании «ГС-Эксперт» А.А. Семёнов представил обзор импортных поставок оборудования для механизированного нанесения ССС.

Научный руководитель конференции BaltiMix, проректор МГСУ А.П. Пустовгар рассказал собравшимся о перспективах развития строительного комплекса РФ с точки зрения государственных органов (по материалам Госсовета от 17 мая 2016 г.) и впервые осветил тему ССС для радиационной защиты ядерных установок.

По традиции участников и гостей конференции BaltiMix ждала яркая и насыщенная культурная программа: обзорная экскурсия по городу, посещение поселка Янтарный – центра по добыче и переработке янтаря и национального парка «Куршская коса».



В поисках «солнечного» камня в Янтарном поселке

Организатор конференции BaltiMix – агентство «КВИНТЕТ» при поддержке Московского государственного строительного университета и Санкт-Петербургского государственного архитектурно-строительного университета – благодарит всех участников и приглашает на новую встречу в 2017 г.



Т.В. ЛАТЫПОВА, канд. техн. наук (stexpert@mail.ru),
Л.Н. ЛОМАКИНА, канд. техн. наук (lomakinaln@mail.ru), Р.Р. АХМАДУЛЛИН, канд. техн. наук,
Б.Р. АНВАРОВ, инженер (anvarov@mail.ru)

Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

Об эксплуатационной надежности железобетона в системах водоснабжения и водоотведения селитебных территорий

Системы водоснабжения и водоотведения относятся к категории объектов повышенной экологической опасности, поскольку аварии на них приводят к негативным последствиям разного масштаба – от малых и средних до категории техногенных катастроф, последствия которых сказываются в течение многих десятилетий. Чаще всего аварии происходят в коллекторах и камерах гашения напора, далее следуют канализационные насосные станции и резервуары городских очистных сооружений канализации. Резервуары водоснабжения также относятся к категории объектов повышенной экологической опасности, поскольку аварии на них приводят к нарушению бесперебойного снабжения города питьевой водой. В статье приводятся основные причины ускоренного коррозионного износа железобетонных конструкций в системах водоснабжения и водоотведения, а также мероприятия по повышению их эксплуатационной надежности.

Ключевые слова: система водоснабжения, система водоотведения, железобетон, коррозия, долговечность, эксплуатационная надежность.

T.V. LATYPOVA, Candidate of Sciences (Engineering) (stexpert@mail.ru), L.N. LOMAKINA, Candidate of Sciences (Engineering) (lomakinaln@mail.ru), R.R. AKHMADULLIN, Candidate of Sciences (Engineering), B.R. ANVAROV, Engineer (anvarov@mail.ru), V.M. LATYPOV, Doctor of Sciences (Engineering) Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov Street, Republic of Bashkortostan, Ufa, 450062, Russian Federation)

About Operational Reliability of Reinforced Concrete in Water Supply and Water Disposal Systems of Residential Areas

Water supply and water disposal systems are objects of increased ecological danger because their breakdowns lead to the negative consequences of various scales: from minor accidents to average, to anthropogenic catastrophes, consequences of which are felt for many decades. More often the accidents take place in collectors, stilling chambers, then at sewage pumping stations and reservoirs of urban sewage treatment works. Reservoirs of water supply are also objects of increased ecological danger because accidents at them lead to the interruption of continuous supply of the city with potable water. The article presents main reasons for accelerated wear-corrosion of reinforced concrete structures in water supply and water disposal systems, as well as measures for improving their operational reliability.

Keywords: water supply system, water disposal system, reinforced concrete, corrosion, durability, operational reliability.

Системы водоснабжения и водоотведения относятся к категории объектов повышенной экологической опасности, поскольку аварии на них приводят к негативным последствиям разного масштаба – от малых и средних до категории техногенных катастроф, последствия которых сказываются в течение многих десятилетий. Практически во всех городах-миллионниках России в течение последних десяти лет происходили и происходят аварии на сетях водоотведения. Несколько ниже аварийность в системах водоснабжения. В связи с этим неотложность принятия мер по повышению эксплуатационной надежности этих объектов становится все более актуальной.

Системы водоснабжения и водоотведения включают большое количество точечных объектов, разветвленную сеть трубопроводов малого и среднего диаметра, а также магистральные коллекторы большого диаметра значительной протяженности. На рис. 1 приведены наиболее уязвимые зоны и участки этих систем.

Емкостные полузаглубленные и заглубленные железобетонные сооружения водоснабжения представлены резервуарами. В связи с длительной эксплуатацией существующий парк этих железобетонных емкостных сооружений нуждается не только в капитальном ремонте, но и в реконструкции. В период эксплуатации железобетонные конструкции резервуаров подвергаются воздействию кислорода и углекислого газа, а в кратковременные периоды профилактической очистки (как правило, один раз в год, перед паводком – в течение 1–3 дней) поверхность конструкций подвергается воздействию saniрующих растворов, содержащих хлор, гипохлорит натрия и других химических веществ (рис. 2).

В результате проведенного авторами обследования ряда эксплуатирующихся резервуаров установлено, что скорость коррозии железобетонных конструкций в под-

водной части резервуаров «чистой» воды сопоставима или превышает скорость коррозии в надводной части резервуаров. Эти различия в фазовом составе продуктов коррозии стали предопределяют различие в возможности визуального контроля за началом процесса коррозии арматуры в железобетоне. Так, если в надводных конструкциях образующаяся даже в небольшом количестве красная ржавчина способна создавать на границе арматура–бетон значительное давление (вследствие того, что красная ржавчина значительно увеличивается в объеме), приводящее к появлению характерных трещин в защитном слое бетона вдоль арматурных стержней, то черная ржавчина, образующаяся в подводных конструкциях, в объеме практически не увеличивается. В связи с этим подводные конструкции внешне выглядят вполне благополучно даже при глубокой коррозии арматуры (до 1–2 мм). Физико-химические исследования состава продуктов коррозии стали в подводных и надводных конструкциях показали их существенное отличие: если в надводной части преобладает оксигидроксид железа $FeO(OH)$ – красная ржавчина, то в подводной части наибольшая доля продуктов коррозии представлена гидроксидом железа $Fe(OH)_3$ – черной ржавчиной (рис. 3).

Работоспособность системы водоотведения зависит от надежности работы каждого элемента. Поэтому основной целью при обследовании таких сооружений является определение наиболее уязвимых (критических) мест – «болевых точек» (рис. 1) и на этой основе разработка мер по обеспечению работоспособности именно этих участков. Статистические данные свидетельствуют, что чаще всего аварии происходят в коллекторах и камерах гашения напора (опасность 2), далее следуют канализационные насосные станции (опасность 1) и резервуары очистных сооружений канализации (опасность 3).

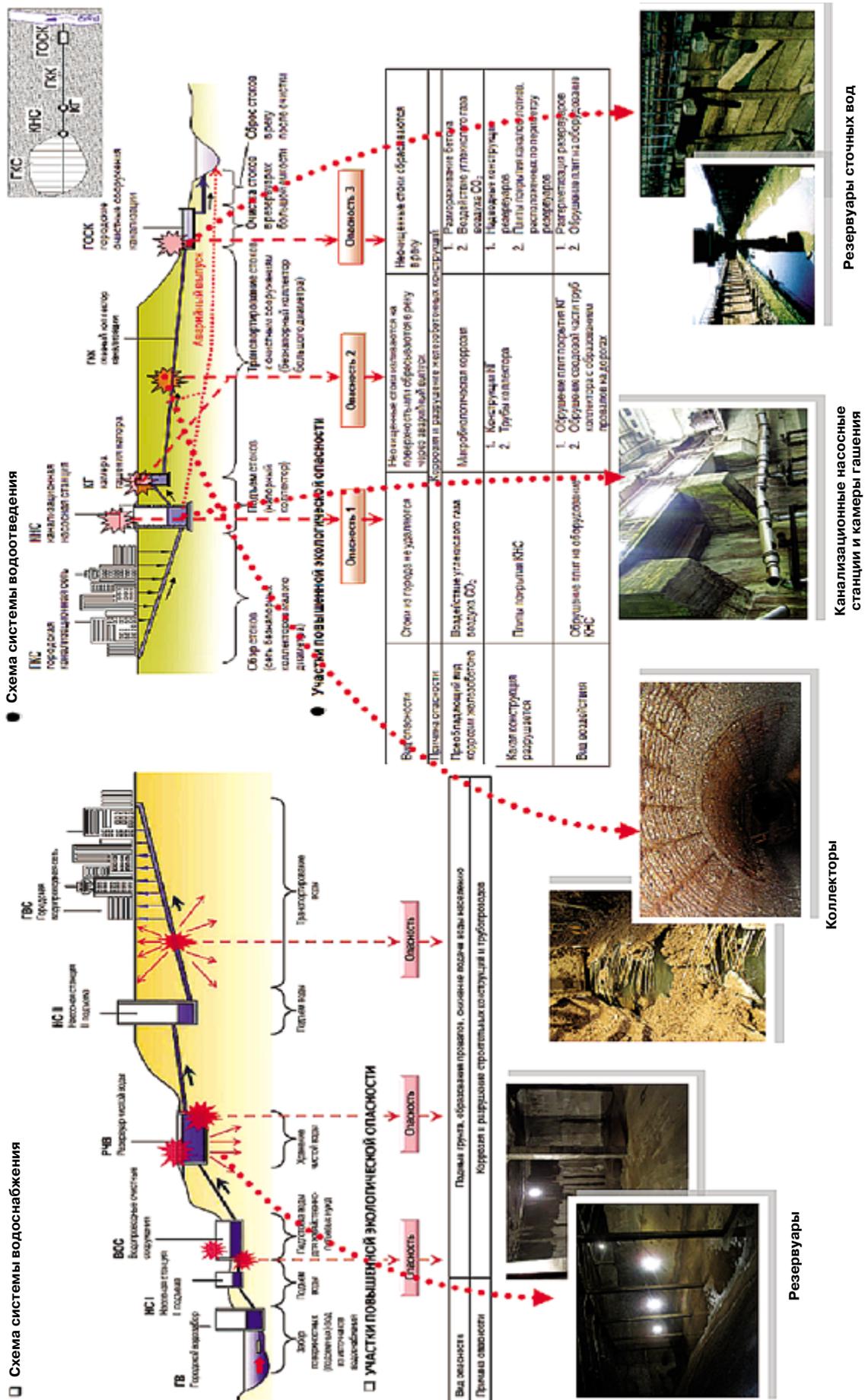


Рис. 1. Схема оценки экологической опасности городских систем водоснабжения и водоотведения

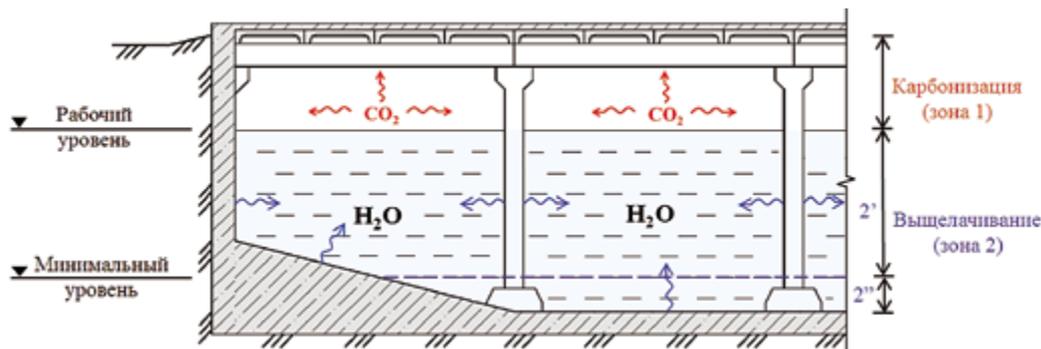


Рис. 2. Характеристика эксплуатационной среды в резервуарах чистой воды [1]: зона 1 – воздействие углекислого газа воздуха, вызывающего коррозию карбонизации бетона в надводной части; зона 2 – воздействие на бетон вод малой жесткости («чистой» воды), вызывающее коррозию выщелачивания в подводной части



Рис. 3. Скол защитного слоя бетона колонны резервуара питьевого назначения: 1 – продукты коррозии (черная ржавчина) на арматурном стержне; 2 – продукты коррозии арматуры (черная ржавчина), продиффундировавшие от арматуры в направлении внешней поверхности колонны (темно-бурый цвет); 3 – продукты коррозии арматуры (красная ржавчина), продиффундировавшие от арматуры в направлении внешней поверхности колонны (красновато-бурый цвет); 4 – обнажение заполнителя на боковой грани колонны из-за растворения цементного камня; L – глубина нейтрализации бетона

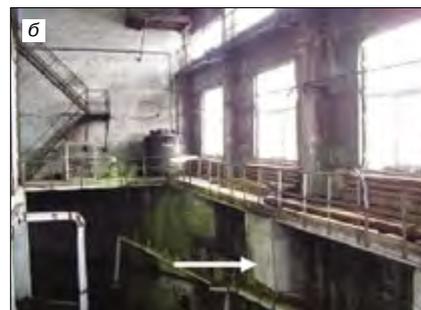


Рис. 4. Разрушение конструкций канализационных насосных станций: а – плиты покрытия; б – стены опускного колодца



Рис. 5. Образование провала на дороге из-за разрушения коллектора [2, 3]: а – образование провала и один из этапов ликвидации аварии на коллекторе; б – уменьшение стенки трубы коллектора диаметром 1000 мм со 100 до 10 мм за 30 лет эксплуатации



Рис. 6. Разрушение железобетонных труб коллектора из-за микробиологической коррозии [2]

Опасность 1

Канализационные насосные станции (КНС)

Здесь разрушению подвергаются плиты покрытия и стены канализационных насосных станций (рис. 4). Причиной ускоренного износа плит покрытия является интенсивная коррозия карбонизации в условиях повышенных значений влажности воздуха, концентрации углекислого газа и температуры. Стены КНС, расположенные ниже нулевой отметки, разрушаются из-за биокоррозии, связанной с высокой концентрацией сероводорода, выделяющегося во внутренний объем станции

через технологические проемы и отверстия в заглубленной части опускного колодца.

Основным деструктивным фактором в камерах гашения напора и коллекторах сточных вод является микробиологическая коррозия, вызываемая воздействием серной кислоты – продукта метаболизма тионовых бактерий, которые уже через несколько лет после строительства поселяются на сводовой части труб, приводя к их ускоренному разрушению (рис. 6) [2, 3]. Схема этого коррозионного процесса на примере канализационного коллектора представлена на рис. 7 [2, 3].

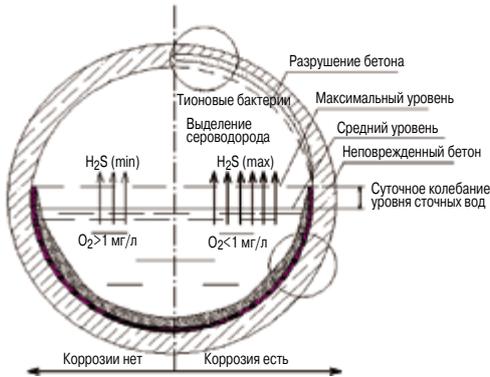


Рис. 7. Схема микробиологической коррозии бетона канализационного коллектора [2]



Рис. 9. Вторичные отстойники очистных сооружений УВИК Филиала ФГУП «НПО «Микроген» Минздрава России в Томске



Рис. 8. Городские очистные сооружения г. Уфы [14]



Рис. 10. Очистные сооружения с. Нурлино Уфимского района Республики Башкортостан



Опасность 2

Камеры гашения напора и коллекторы сточных вод

Из-за коррозии бетона сводов коллекторов и перекрытий камер гашения происходят провалы на дорогах города (рис. 5).

Опасность 3

Резервуары очистных сооружений канализации

Емкостные сооружения системы водоотведения (аэротенки, отстойники, приемные резервуары) чаще всего являются открытыми. Их конструкции подвержены ускоренному износу под действием агрессивных сред как внутри сооружений (многокомпонентные сточные воды, реагенты, активный ил), так и снаружи (грунтовые воды, климатическое воздействие).

При этом незначительной коррозии подвергаются конструкции подводной части резервуаров, а интенсивному размораживанию — надводной части резервуаров [4, 5].

Таким образом, основными причинами ускоренного коррозионного износа железобетонных конструкций в системах водоотведения являются следующие:

- недооценка агрессивности среды на этапе проектирования. Так, согласно СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» сточные воды, имеющие, как правило, $\text{pH}=6-8$, являются средой неагрессивной к бетону и железобетону; оценка же проектировщиками опасности микробиологической коррозии вследствие повышения концентрации сероводорода в настоящее время затруднена в связи с отсутствием технической возможности надежного прогнозирования этой концентрации в водоотводящей сети;
- низкое качество изготовления строительных конструкций и строительно-монтажных работ (долговечность железобетона в конечном счете определяют два параметра — толщина и плотность защитного слоя бетона, однако при строительстве объектов водоотведения практически отсутствует контроль за соблюдением проектных значений этих параметров);

- недопустимо малые объемы применения антикоррозионных материалов (в связи с тем, что даже в современных проектах отсутствуют указания о необходимости их применения либо эти материалы не были применены — по причине их дефицита в 1960–1970-х гг. — период строительства основного объема водоотводящих сетей, эксплуатирующихся ныне);
- повышение агрессивности эксплуатационной среды из-за изменения состава сточных вод (из-за увеличивающегося потребления населением белковых продуктов и моющих средств, содержащих сульфаты) и их температуры (слива в систему горячей воды из стиральных и посудомоечных машин) [6];
- «налипание» иловых отложений на поверхность конструкций — стенках и конструктивных элементах.

Повышение эксплуатационной надежности объектов систем водоотведения до уровня нормативных значений по критерию долговечности возможно за счет проведения следующих мероприятий: нормирование агрессивности среды по скорости коррозии бетона; расчетно-экспериментальное обоснование значений параметров антикоррозионной защиты; применение современных высокотехнологичных антикоррозионных наноматериалов и технологий; безусловное соблюдение параметров качества на этапах изготовления и возведения конструкций [7, 8].

Сотрудниками кафедры «Строительные конструкции» УГНТУ в период 2003–2016 гг. проведено комплексное обследование железобетонных конструкций трех крупных канализационных станций, пяти камер гашения напора, более 20 км коллекторов и 16 резервуаров на очистных сооружениях различной производительности [9]. Среди них можно выделить блоки емкостей № 1 и № 2 ГОСК г. Уфы МУП «Уфаводоканал», введенные в эксплуатацию в 1974 и 1985 гг. соответственно (рис. 8) [10–13]; блок емкостей ГОСК г. Дюртюли Республики Башкортостан МУП «Башводоканал»; очистные сооружения УВИК Филиала ФГУП «НПО «Микроген» Минздрава России в г. Томск (рис. 9); сооружения системы очистки сточных вод в с. Нурлино Уфимского района

Республики Башкортостан (рис. 10); очистные сооружения в г. Ревда Свердловской области.

По результатам этих исследований защищены четыре кандидатские диссертации [2, 3, 13, 14], разработаны «Рекомендации по оценке и обеспечению долговечности железобетона в системах водоснабжения и водоот-

ведения на этапах их проектирования, строительства, эксплуатации и ремонта». Их внедрение на вышеперечисленных объектах позволило реализовать технико-экономически обоснованные способы восстановления эксплуатационной надежности поврежденных конструкций.

Список литературы

1. Анваров Б.Р., Латыпова Т.В., Латыпов В.М., Крамар Л.Я. К вопросу о механизме повреждения железобетона при коррозии выщелачивания // *Известия вузов. Строительство*. 2015. № 2. С. 12–26.
2. Ахмадуллин Р.Р. Повышение долговечности железобетона в условиях сероводородной коррозии. Дис. ... канд. техн. наук. Уфа. 2006. 154 с.
3. Кантор П.Л. Повышение долговечности железобетона водоотводящих коллекторов. Дис. ... канд. техн. наук. Уфа. 2012. 143 с.
4. Латыпов В.М., Латыпова Т.В., Луцык Е.В., Федоров П.А. Долговечность бетона и железобетона в природных агрессивных средах. Уфа: УГНТУ, 2014. 288 с.
5. Комохов П.Г., Латыпов В.М., Латыпова Т.В., Вагапов Р.Ф. Долговечность бетона и железобетона. Приложения методов математического моделирования с учетом ингибирующих свойств цементной матрицы. Уфа: Белая река, 1988. 216 с.
6. Штарк И., Вихт Б. Долговечность бетона. Киев: Оранта, 2004. 295 с.
7. Луцык Е.В., Латыпова Т.В., Латыпов В.М., Федоров П.А., Авренюк А.Н., Тойхерт Л.А. Применение наноматериалов на цементной основе при ремонте железобетона. *Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова*. 2010. № 2. С. 20–25.
8. Латыпов В.М., Ломакина Л.Н., Латыпова Т.В., Луцык Е.В. Современные материалы для антикоррозионной защиты и гидроизоляции строительных конструкций: Справочное пособие. Уфа: УГНТУ, 2007. 213 с.
9. Латыпов В.М., Ломакина Л.Н., Луцык Е.В., Ахмадуллин Р.Р., Федоров П.А., Анваров А.Р., Авренюк А.Н. Исследования преподавателей и сотрудников кафедры «Строительные конструкции» УГНТУ по направлению «Повышение долговечности бетона и железобетона» // «Строительство. От науки к инновациям». *Материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Уфа: 2013. С. 21–30.
10. Латыпов В.М., Ломакина Л.Н. Долговечность бетона в емкостных сооружениях водоочистки. В сб.: *Проблемы прочности и долговечности бетона и железобетона. Материалы научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора А.Ф. Полака*. Уфа, 2011. С. 251–253.
11. Ломакина Л.Н., Латыпова Т.В. Эксплуатационная надежность строительных конструкций емкостных сооружений водоочистки // *Материалы XIV международной научно-технической конференции – 2010*. Уфа, 2010.
12. Латыпов В.М., Латыпова Т.В., Валишина Л.Н., Луцык Е.В., Ахмадуллин Р.Р., Анваров А.Р. Стойкость бетона и железобетона в емкостных сооружениях водоочистки // *Строительные материалы*. 2003. № 10. С. 36–37.
13. Валишина (Ломакина) Л.Н. Стойкость бетона и железобетона в емкостных сооружениях водоочистки. Дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2003. 207 с.
14. Авренюк А.Н. Восстановление бетона и железобетона после деструктивного воздействия серосодержащих соединений материалами на цементной основе. Дис. ... канд. техн. наук. Уфа, 2009. 179 с.

References

1. Anvarov B.R., Latypov T.V., Latypov V.M., Kramar L.Y. On the mechanism of reinforced concrete damaged by corrosion leaching. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 2015. No. 2, pp. 12–26. (In Russian).
2. Akhmadullin R.R. Increased concrete durability in a hydrogen sulfide corrosion. Cand. Diss. (Engineering). Ufa. 2006. 154 p. (In Russian).
3. Kantor P.L. Increased durability of reinforced concrete drainage collectors. Cand. Diss. (Engineering). Ufa. 2012. 143 p. (In Russian).
4. Latypov V.M., Latypova T.V., Lutsyk E.V., Fedorov P.A. Dolgovechnost' betona i zhelezobetona v prirodnykh agressivnykh sredakh [The durability of concrete and reinforced concrete in the natural aggressive media]. Ufa: USPTU. 2014. 288 p.
5. Komokhov P.G., Latypov V.M., Latypova T.V., Vagapov R.F. Dolgovechnost' betona i zhelezobetona. Prilozheniya metodov matematicheskogo modelirovaniya s uchetom ingibiruyushchikh svoystv tsementnoi matritsy [The durability of concrete and reinforced concrete. Application of methods of mathematical modeling based on the inhibitory properties of the cement matrix]. Ufa: Belaya reka. 1988. 216 p.
6. Stark J., Wicht B. Долговечность бетона [Concrete Durability]. Kiev: Oranta, 2004. 295 p.
7. Lutsyk E.V., Latypova T.V., Latypov V.M., Fedorov P.A., Avrenyuk A.N., Toyhert L.A. The use of nanomaterials based on cement for the repair of reinforced concrete. *Vestnik BGTU im. V.G. Shukhova*. 2010. No. 2, pp. 20–25. (In Russian).
8. Latypov V.M., Lomakina L.N., Latypova T.V., Lutsyk E.V. Sovremennyye materialy dlya antikorroziionnoi zashchity i gidroizolyatsii stroitel'nykh konstruktssii. Spravochnoe posobie [Modern materials for corrosion protection and waterproofing of building structures. Handbook]. Ufa: USPTU. 2007. 213 p.
9. Latypov V.M., Lomakina L.N., Lutsyk E.V., Akhmadullin R.R., Fedorov P.A., Anvarov A.R., Avrenyuk A.N. Research lecturers and staffs of the department “Building construction” USPTU towards “Improving the durability of concrete and reinforced concrete”. “Construction. From science to innovation”. *Materials of Russian scientific-practical conference*. Ufa. 2013. pp. 21–30. (In Russian).
10. Latypov V.M., Lomakina L.N. Durability of concrete in water treatment plants capacitive. *The Problems of strength and durability of concrete and reinforced concrete. Materials of scientific-technical conference devoted to the 100th anniversary of the birth of professor A.F. Polak*. Ufa. 2011. pp. 251–253. (In Russian).
11. Lomakina L.N., Latypova T.V. The operational reliability of building structures of capacitive structures purification. *Materials XIV International Scientific and Technical conference. Exhibition “Building. Utilities. Energy Saving–2010”*. Ufa 2010. (In Russian).
12. Latypov V.M., Latypova T.V., Valishina L.N., Lutsyk E.V., Akhmadullin R.R., Anvarov A.R. Durability of concrete and reinforced concrete in water treatment plants capacitive. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2003. No. 10, pp. 36–37. (In Russian).
13. Valishina L.N. Durability of concrete and reinforced concrete in water treatment plants capacitive. Cand. Diss. (Engineering). Ufa. 2003. 207 p. (In Russian).
14. Avrenyuk A.N. Restoration of concrete and reinforced concrete after the destructive impact of sulfur-containing compounds based on cement materials. Cand. Diss. (Engineering). Ufa. 2009. 179 p. (In Russian).

УДК 692:699.8

А.М. ГАЙСИН, канд. техн. наук (askargaisin@yandex.ru), В.В. БАБКОВ, д-р техн. наук

Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

Анализ несущих наружных стен многоэтажных жилых домов в Республике Башкортостан с позиции удельной теплозащитной характеристики

Проведен анализ конструктивных решений наружных несущих трехслойных стен многоэтажных зданий, спроектированных в Республике Башкортостан по СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» до актуализации, с точки зрения их влияния на удельную теплозащитную характеристику здания в целом. Выявлено некоторое несоответствие рассмотренных зданий современным нормам в части удельной теплозащитной характеристики в силу невысокого коэффициента теплотехнической однородности многослойных наружных стен и выделены фрагменты фасада с наибольшими потерями теплоты. Показан необходимый уровень сопротивления теплопередаче наружных стен «по глади» при существующих конструктивных решениях участков фасадов с теплотехническими неоднородностями и предложены направления улучшения проектных решений с позиции требований СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий».

Ключевые слова: многоэтажный жилой дом, приведенное сопротивление теплопередаче, теплозащитная оболочка здания, удельные потери теплоты, коэффициент теплотехнической однородности.

A.M. GAYSIN, Candidate of Sciences (Engineering) (askargaisin@yandex.ru), V.V. BABKOV, Doctor of Sciences (Engineering) Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov Street, 450062 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

Analysis of Bearing External Walls of Multistory Residential Buildings in the Republic of Bashkortostan from the Position of Specific Thermal Protection Characteristic

The analysis of structural solutions of external bearing three-layer walls of multistory buildings designed in the Republic of Bashkortostan according to SNiP 23-02-2003 "Thermal Protection of Buildings" before updating from the point of view of their influence on the specific heat protection characteristic of the building as a whole is made. Some discrepancy of buildings considered to current norms in terms of specific heat-protecting characteristic due to the low coefficient of thermal uniformity of multilayered external walls are revealed and the fragments of facades with maximal heat losses are selected. The required level of external walls resistance to heat transfer along "the surface" at existing structural decisions of the façade parts with thermal non-uniformities is shown; ways of improving the design solutions from the position of requirements of SP 50.13330.2012 "Thermal Protection of Buildings" are proposed.

Keywords: multistory residential, reduced resistance to heat transfer, heat protection shell of building, specific heat losses, coefficient of thermal uniformity.

В последние годы в Республике Башкортостан заметно увеличивается доля многоэтажных жилых домов высотой в 17–25 этажей, которые решаются по двум основным конструктивным схемам – монолитный железобетонный каркас с теплоэффективными стенами-заполнениями (как с использованием эффективной теплоизоляции, так и с использованием конструкционно-теплоизоляционных материалов) и по жесткой конструктивной схеме с несущими трехслойными стенами [1–4]. С позиции требований СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» базовое значение нормируемого сопротивления теплопередаче стен жилых домов в климатических условиях Республики Башкортостан составляет примерно $R_0^{норм} \approx 3,41 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$. В целом, как показывает анализ проектов подобных зданий, разработанных и реализованных за последние 5–10 лет в Уфе, сопротивление теплопередаче конструктивных решений трехслойных наружных стен (как несущих, так и стен-заполнений) отвечает базовому уровню, а

сопротивление теплопередаче стен-заполнений с использованием автоклавного газобетона или крупноформатных блоков из поризованной керамики несколько ниже базового уровня, но заметно выше минимально допустимого уровня с учетом регионального коэффициента $m_p = 0,63$. Возможность использования конструктивных решений наружных стен с пониженным уровнем теплозащиты, но с приемлемым показателем удельных теплопотерь была обоснована рядом авторов [5, 6].

Авторы данной статьи провели анализ конструктивных решений несущих теплоэффективных наружных стен 17–20-этажных жилых домов в г. Уфе, запроектированных по методике неактуализированной версии СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий» и возведенных 5–8 лет назад, с позиции требований СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [7], так как упомянутые проекты домов продолжают реализовываться и в настоящее время. В целом уровень сопро-

Фрагмент	$n_{t,i}$	$A_{ф,i}, \text{ м}^2$	$R_{0,i}^{pp}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	$n_{t,i} A_{ф,i} / R_{0,i}^{pp}, \text{ Вт}/\text{°C}$	%
Наружная стена	1	4914,5	2,2	2233,86	61,4
Окна и балконные двери	1	842	0,69	1220,3	33,54
Входные двери	1	8,2	0,97	8,45	0,23
Перекрытия над подвалом	0,605	500,8	3,87	78,3	2,15
Покрытие	1	500,8	5,46	91,7	2,68
Сумма	–	–	–	3632,61	100

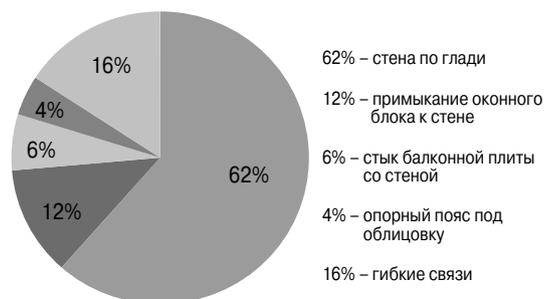


Рис. 1. Структура трансмиссионных теплопотерь через стену

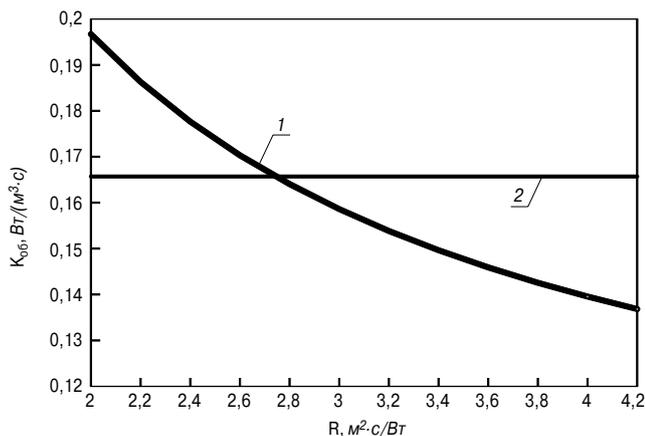


Рис. 2. Зависимость удельной теплозащитной характеристики $K_{об}$ от сопротивления теплопередаче наружных стен $R_{ст}$: 1 – удельная теплозащитная характеристика; 2 – базовая удельная теплозащитная характеристика

тивления теплопередаче ограждающих конструкций отвечает базовому нормируемому уровню для Республики Башкортостан, а по удельному расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию рассматриваемые здания можно отнести на стадии проекта к классу энергосбережения С – «нормальному». Анализ расчета удельной теплозащитной характеристики в соответствии с методикой СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» показал (см. таблицу), что наибольшие удельные теплотери через оболочку рассматриваемых зданий приходятся на наружные стены (61,4%), а также окна и балконные двери (33,5%).

Конструкция наружной теплоэффективной трехслойной стены рассматриваемых высотных зданий представляет собой следующее: несущий слой в виде комплексной кладки на основе вибропрессованных бетонных блоков толщиной 390 мм с внутренним обетонированием и армированием пустот, теплоизоляционный слой в виде минераловатных плит или вспененного пенополистирола толщиной 120–130 мм в сочетании с 40–60 мм воздушной прослойкой и облицовочный слой в виде кладки толщиной в 90–120 мм из вибропрессованных облицовочных бетонных блоков или кирпича керамического [1, 4]. В качестве гибких связей использовались плоские связевые каркасы из оцинкованной проволоки. Уровень сопротивления теплопередаче наружной стены «по глади» составил $R_0=3,47 \text{ м}^2 \cdot \text{с} / \text{Вт}$, но с учетом значительного количества теплопроводных включений в наружной стене коэффициент теплотехнической однородности «по фасаду» составил $r=0,63$, а приведенное значение сопротивления теплопередаче стены соответственно $R_0=2,2 \text{ м}^2 \cdot \text{с} / \text{Вт}$. Следует отметить, что теплотехнические неоднородности при расчете приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен учитывались по методике СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей», которая уже апробирована рядом авторов и обоснована ее достаточная точность для инженерных расчетов [8, 9]. На рис. 1 представлена структура трансмиссионных теплотерь через трехслойную несущую стену 17-этажного жилого дома.

Дальнейший анализ показал, что для рассматриваемых зданий с величиной отапливаемого объема примерно $V_{от} \approx 20\text{--}22 \text{ тыс. м}^3$ при условии соблюдения приведенного сопротивления теплопередаче окон и балконных дверей, а также чердачного перекрытия и перекрытия над неотапливаемым подвалом на базовом нормируемом уровне для удовлетворения требования



Рис. 3. Распределение температуры в сечении подоконного фрагмента трехслойной стеновой конструкции с учетом нахлеста утеплителя на раму

по удельной теплозащитной характеристике величина приведенного сопротивления теплопередаче стены «по фасаду», т. е. с учетом всех теплопроводных включений, должна составлять не ниже $2,6 \text{ м}^2 \cdot \text{с} / \text{Вт}$ (рис. 2).

А это значит, что при существующих значениях коэффициента теплотехнической однородности наружных несущих трехслойных стен рассматриваемых многоэтажных зданий в диапазоне $r=0,63\text{--}0,68$ уровень сопротивления теплопередаче стены «по глади» должен составлять уже $3,82\text{--}4,13 \text{ м}^2 \cdot \text{с} / \text{Вт}$, что потребует увеличения толщины утеплителя с коэффициентом теплопроводности $\lambda=0,042 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{с})$, до 140–160 мм. Такое изменение конструктивного решения стен, в принципе, возможно за счет сокращения толщины воздушной прослойки, но представляется нерациональным.

Как показывают исследования ряда авторов [8–10], более эффективный метод обеспечения требований по удельной теплозащитной характеристике здания – повышение теплотехнической однородности наружной стены. В нашем случае это доведение значения коэффициента теплотехнической однородности наружных несущих трехслойных стен рассматриваемых многоэтажных зданий до уровня $r=0,74\text{--}0,77$. Из рис. 1 видно, что доля общего потока теплоты через линейные и точечные элементы (теплопроводные включения) в сумме составляет 38%, т. е. резервом для повышения теплотехнической однородности наружных стен в рассматриваемых проектах является совершенствование оконных откосов, стыков балконных плит со стеной и опорных поясов под облицовку, а также переход от металлических гибких связей на стеклопластиковые.

Наши исследования узлов оконных откосов рассматриваемых наружных стен высотных зданий показали, что увеличение нахлеста утеплителя на раму при расположении оконного блока непосредственно за слоем теплоизоляции (рис. 3) на каждые 2,5 см повышает коэффициент теплотехнической однородности наружных стен «по фасаду» примерно на 3% соответственно. Замена же гибких металлических связей, выполненных в виде плоских связевых каркасов, на одиночные стеклопластиковые элементы увеличивает коэффициент теплотехнической однородности еще на 8–10%. Таким образом, анализ проектов серии многоэтажных жилых домов с несущими трехслойными стенами, запроектированных в г. Уфе в соответствии с действовавшим на тот момент неактуализированным СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», с позиции требований актуализированных нормативных документов показал, что проекты имеют право на реализацию в настоящее время, но требуют некоторой доработки в части совершенствования конструктивных узлов теплоэффективных трехслойных наружных стен с целью устранения значительного количества теплопроводных включений.

Список литературы

1. Бабков В.В., Хуснутдинов Р.Ф., Чуйкин А.Е., Гайсин А.М., Гареев Р.Р. Теплоэффективные наружные стены в практике современного строительства жилых домов и зданий другого назначения. СПб.: Недра, 2011. 180 с.
2. Бабков В.В., Кузнецов Д.В., Гайсин А.М., Резвов О.А., Морозова Е.В., Арсланбаева Л.С. Проблемы надежности наружных стен зданий из автоклавных газобетонных блоков и возможности их защиты от увлажнения // *Строительные материалы*. 2011. № 2. С. 55–58.
3. Недосеко И.В., Пудовкин А.Н., Кузьмин В.В., Алиев Р.Р. Керамзитобетон в жилищно-гражданском строительстве Республики Башкортостан. Проблемы и перспективы // *Жилищное строительство*. 2015. № 4. С. 16–20.
4. Гайсин А.М., Гареев Р.Р., Бабков В.В., Недосеко И.В., Самоходова С.Ю. Двадцатилетний опыт применения высокопустотных вибропрессованных бетонных блоков в Башкортостане // *Строительные материалы*. 2015. № 4. С. 82–85.
5. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий // *Строительные материалы*. 2010. № 3. С. 8–16.
6. Самарин О.Д. Обоснование снижения теплозащиты ограждений с использованием актуализированной редакции СНиП 23-02–2003 // *Жилищное строительство*. 2014. № 3. С. 46–48.
7. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // *Жилищное строительство*. 2011. № 8. С. 2–7.
8. Гайсин А.М., Самоходова С.Ю., Пайметькина А.Ю., Недосеко И.В. Сравнительная оценка удельных теплопотерь через элементы наружных стен жилых зданий, определяемых по различным методикам // *Жилищное строительство*. 2016. № 5. С. 36–40.
9. Умнякова Н.П., Егорова Т.С., Черкас В.Е., Белогуров П.Б., Андрейцева К.С. Повышение энергоэффективности зданий за счет повышения теплотехнической однородности наружных стен в зоне сопряжения с балконными плитами // *Строительные материалы*. 2012. № 6. С. 17–19.
10. Гагарин В.Г., Дмитриев К.А. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах // *Строительные материалы*. 2013. № 6. С. 14–16.

References

1. Babkov V.V., Khusnutdinov R.F., Chuikin A.E., Gaisin A.M., Gareev R.R. Teploeffektivnyye naruzhnyye steny v praktike sovremennogo stroitel'stva zhilykh domov i zdaniy drugogo naznacheniya [Heat efficient exterior walls in the practice of modern construction of residential buildings and buildings for other purposes]. Saint-Petersburg: Nedra. 2011. 180 p.
2. Babkov V.V., Kuznetsov D.V., Gaisin A.M., Rezvov O.A., Morozova E.V., Arslanbaeva L.S. Problems of reliability of external walls of buildings made of autoclave gas concrete blocks and possibilities of their protection against wetting. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2011. No. 2, pp. 55–58. (In Russian).
3. Nedoseko I.V., Pudovkin A.N., Kuz'min V.V., Aliiev R.R. Haydite concrete in housing and civil construction of the Republic of Bashkortostan. Problems and Prospects. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2015. No. 4, pp. 16–20. (In Russian).
4. Gaisin A.M., Gareev R.R., Babkov V.V., Nedoseko I.V., Samohodova S.Ju. Twenty year experience in application of high-hollow vibro-pressed concrete blocks in the Republic of Bashkortostan. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2015. No. 4, pp. 82–85. (In Russian).
5. Gagarin V.G. Macroeconomic aspects of substantiation of power saving measures aimed at improving the heat protection of buildings enclosing structures. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2010. No. 3, pp. 8–16. (In Russian).
6. Samarin O.D. Substantiation of reducing the heat protection of enclosures with the use of an actualized version of SNiP 23-02–2003. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2014. No. 3, pp. 46–48. (In Russian).
7. Gagarin V.G., Kozlov V.V. Requirements for thermal protection and energy efficiency in the draft of the updated SNiP “Thermal Protection of Buildings”. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2011. No. 8, pp. 2–7. (In Russian).
8. Gaisins A.M., Samokhodova S.Yu., Paimet'kina A.Yu., Nedoseko I.V. Comparative assessment of specific heat losses through elements of external walls of residential buildings determined by different methods. *Zhilishchnoe Stroitel'stvo* [Housing Construction]. 2016. No. 5, pp. 36–40. (In Russian).
9. Umnyakova N.P., Egorova T.S., Cherkas V.E., Belogurov P.B., Andreytseva K.S. Enhancement of energy efficiency of buildings due to improvement of thermotechnical homogeneity of external walls in the zone of connection with balcony slabs. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2012. No. 6, pp. 17–19. (In Russian).
10. Gagarin V.G., Dmitriev K.A. Accounting heat engineering heterogeneities when assessing the thermal protection of enveloping structures in Russia and European countries. *Stroitel'nye Materialy* [Construction Materials]. 2013. No. 6, pp. 14–16. (In Russian).

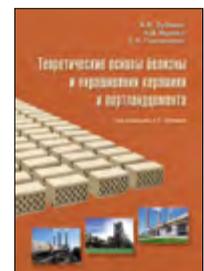
СПЕЦИАЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

Книга «Теоретические основы белизны и окрашивания керамики и портландцемента»

Авторы – Зубехин А.П., Яценко Н.Д., Голованова С.П.

В книге представлены теоретические основы белизны и окрашивания керамических строительных материалов и белого портландцемента (БПЦ) с позиции теории цветности силикатных материалов в зависимости от их фазово-минерального состава, структуры, содержания хромофоров Fe, Mn и Ti, условий обжига и охлаждения (окислительных или восстановительных).

Установлены закономерности зависимости белизны, цвета и особенности окрашивания как пигментов, так и твердых растворов бесцветных фаз ионами-хромофорами от структуры, изовалентного или гетеровалентного изоморфизма, образования окрашивающих кластеров. Разработаны эффективные способы управления белизной и декоративными свойствами строительных керамических материалов (фарфора, фаянса, облицовочной плитки, кирпича) и белого портландцемента.



Тел./факс: (499) 976-22-08, 976-20-36

E-mail: mail@rifsm.ru

удк 692.2

Е.М. ВЛАДИМИРЦЕВ¹, генеральный директор (vladimirtsev@wallsaving.com);
 В.М. ЯКИМОВ², магистр (vlyakm@icloud.com), Т.А. РАМАЗАНОВ², магистр,
 Е.Ю. КОЧАНОВА², магистр, Д.Р. НУГУМАНОВ², магистрант, В.Н. КЛИМИН², канд. техн. наук;
 С.И. КРИВЦОВ³, инженер-строитель (stexpert@mail.ru), зам. руководителя;
 В.М. ЛАТЫПОВ², д-р техн. наук (stexpert@mail.ru)

¹ ООО «Комбинат энергосберегающих материалов «Уоллсейвинг» (423602, Республика Татарстан, г. Елабуга, ул. Ш-2, корп. 4/1)
² Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)
³ ССП УГНТУ ХНИЛ «Уфимский городской центр «Стройтехэкспертиза» (450080, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Менделеева, 195)

Опыт применения и направления улучшения звукоизоляционных характеристик инновационных панелей «Уоллсейвинг»

Энергосберегающие стеновые панели «Уоллсейвинг» – это классические трехслойные панели типа «сэндвич», в которых применены нестандартные инновационные решения: для наружных обшивок – тонкие (толщиной до 6 мм) стекломagneзиевые листы, для среднего слоя – пенополистиролбетон (ППСБ). Панели «Уоллсейвинг» изготавливаются по кассетной технологии. Именно это позволяет за счет реализации распорного эффекта и использования монофракционного заполнителя из вспененных гранул полистирола получать однородную, плотную, прочную и долговечную структуру среднего слоя в отличие от ППСБ построечного изготовления, имеющего низкую прочность и долговечность. Небольшая масса панелей позволяет вести их ручной монтаж, а гладкая и ровная поверхность готова к чистовой отделке непосредственно после возведения конструкции. Одним из главных отличий «Уоллсейвинг» от панелей с металлическим наружным слоем является высокая адгезия сердечника к обшивкам, в принципе недостижимая в сэндвич-панелях с обшивками из металлического профнастила и средним слоем из минераловатных плит.

Ключевые слова: сэндвич-панели, пенополистиролбетон, энергоэффективность строительных изделий, малоэтажное и высотное строительство, тепло- и звукоизоляция.

E.M. VLADIMIRTSEV¹, General Director; V.M. YAKIMOV², Master, T.A. RAMAZANOV², Master, E.Yu. KOCHANOVA², Master, D.R. NUGUMANOV², Master's Student, V.N. KLIMIN², Candidate of Sciences (Engineering), S.I. KRIVTSOV³, Engineer-Builder, Deputy Head; V.M. LATYPOV², Doctor of Sciences (Engineering)

¹ ООО "Integrated Plant of Energy Saving Materials "Wallsaving" (ldg. 4/1, III-2 Street, 423602 Elabuga, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

² Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov Street, Republic of Bashkortostan, Ufa, 450062, Russian Federation)

³ SSP UGNTU KHNIL "Ufa City Center 'Stroytechexpertise" (195 Mendeleeva Street, 450080 Ufa, Republic of Bashkortostan, Russian Federation)

Experience in Application and Ways of Improving Sound Insulation Characteristics of Innovative Panels «Wallsaving»

Energy saving wall panels "Wallsaving" are classical three-layer panels of "sandwich" type, in which non-standard innovation solutions are used: for external claddings – thin (thickness of up to 6 mm) glass-magnesium sheets, for a middle layer – polystyrene concrete (PSC). Panels "Wallsaving" are manufactured according to the cassette technology. This makes it possible, due to the realization of thrust effect and the use of the mono-fractional filler from foamed granules of polystyrene, to obtain the homogeneous, dense, strength, and durable structure of the middle layer in contrast to PSC of site precasting, which has low strength and durability. The low weight of panels makes it possible to carry out their manual installation, and smooth and even surface is ready for fine finishing just after structure installation. One of the main differences of "Wallsaving" from the panels with metallic external layer is the high adhesion of the core to sheathings which is unobtainable, in principle, in sandwich-panels with sheathings of metal profiled sheeting and the middle layer from mineral wool slabs.

Keywords: sandwich-panels, foam polystyrene, energy efficiency of building product, low-rise and high-rise construction, heat and sound proofing.

Пенополистиролбетон (ППСБ) как строительный материал появился на рубеже 60-х гг. XX в. Однако из-за своей непрочной и недолговечной структуры этот материал построечного изготовления не получил в нашей стране признания. Причина «неудачи» ППСБ в части достижения сколько-нибудь приемлемых показателей по прочности и долговечности очевидна – гидрофобный ППС и гидрофильный цементный камень в принципе малосовместимы, т. е. между исходными компонентами ППСБ отсутствует какое-либо взаимодействие ввиду отсутствия физико-химического сродства. Поскольку надежда на химическое сцепление

гранул ППС и цементной матрицы близка к нулю, «закрепление» можно обеспечить только за счет

механического зацепления (отметим, что в железобетоне именно физико-химическое взаимодействие

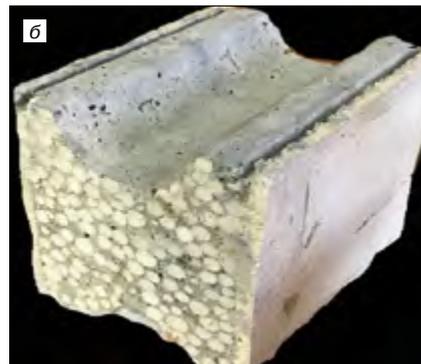


Рис. 1. Вид образцов пенополистиролбетона: а – построечного изготовления; б – в виде панели, выпускаемых по кассетной технологии (ППСБ-панели)



Рис. 2. Здания и комплексы различного назначения, возведенные с применением ППСБ-панелей (опыт КНР): а – жилые; б – общественные; в – производственные

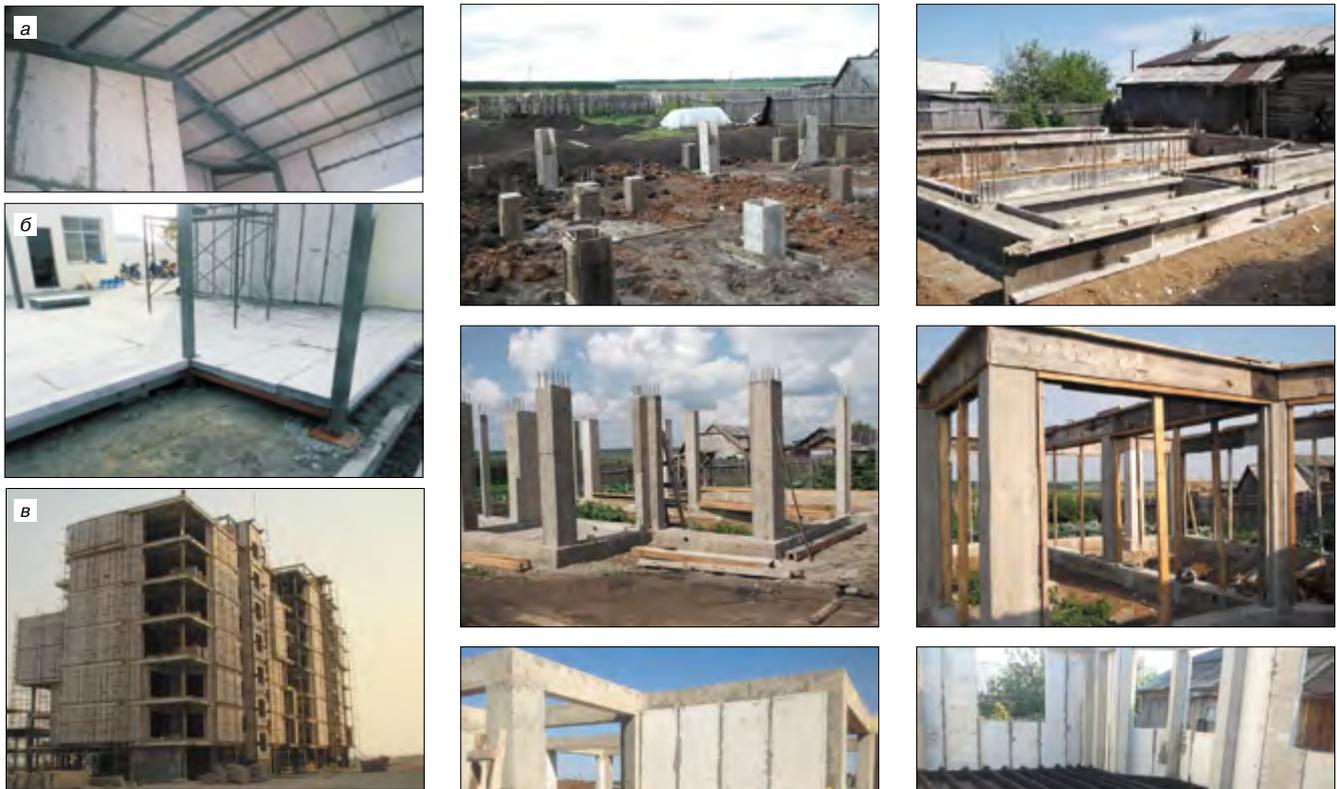


Рис. 3. Применение ППСБ-панелей (опыт КНР): а, б – в несущих и ограждающих конструкциях, перекрытиях и крышах малоэтажных зданий; в – в межкомнатных стенах, перегородках и наружных самонесущих стенах в высотном строительстве

ствие обеспечивает до 10% адгезионной прочности сцепления арматуры с бетоном и этого оказывается достаточно для исключения «проскальзывания» гладкой арматуры). Лучше всего это реализовать путем обжигания ППС-гранул расширяющейся (в стесненных условиях касетной технологии производства) цементной матрицы. Такая технология оказалась главным в ноу-хау китайских производителей, давших вторую жизнь, казалось бы, хорошо известному материалу, который до настоящего времени производится либо в построечных условиях – как теплоизоляция перекрытий и кровель (методом налива), либо в цеховых условиях – при производстве блоков размером 200×200×400 мм и крупнее (рис. 1).



Рис. 4. Этапы экспериментального строительства жилого дома в пригороде Уфы (2012 г.)

Область применения ППСБ-панелей распространяется как на жилые и общественные, так и на производственные здания и комплексы (рис. 2). Эти панели могут использоваться в качестве как несущих, так и

ограждающих конструкций стен, перегородок, перекрытий, покрытий и совмещенных (мансардных) крыш малоэтажных зданий; межкомнатных стен, перегородок и наружных стен – в высотном строительстве (рис. 3).



Рис. 5. Техническое состояние ППСБ-панелей после 4 лет эксплуатации под открытым небом. Баллы оценки: 5 – исправное состояние; 4 – работоспособное; 3 – ограниченно-работоспособное; 2 – требуется капитальный ремонт (3% панелей); 1 – требуется замена (нет)

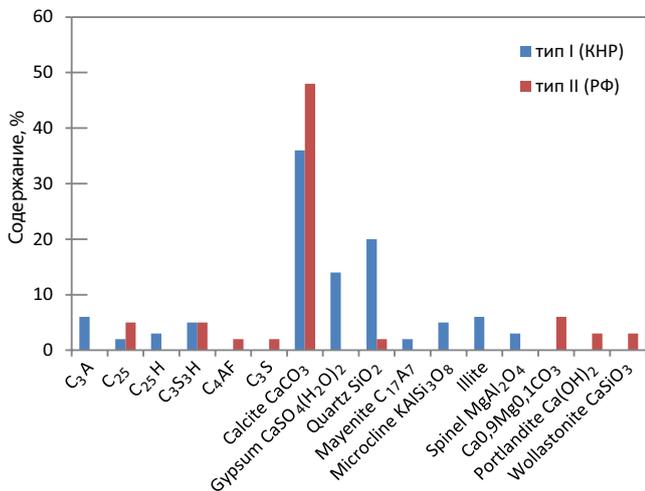


Рис. 6. Фазовый состав цементного камня образцов среднего слоя панелей из пенополистиролбетона типа I (КНР) и типа II (РФ) (по данным рентгенофазового и дифференциально-термического анализа)

В Башкирии из ППСБ-панелей производства КНР был построен опытный дом-представитель с целью отработки технологии строительства, а также наблюдения за скоростью старения панелей в климатических условиях средней полосы России (рис. 4).

За период четырехлетней эксплуатации под открытым небом (без отопления и консервации) здания, возведенного под Уфой, не выявлено каких-либо значительных повреждений в конструкциях панелей, появления трещин в стыках, а также отслоения обшивок от среднего слоя. Износ стеновых панелей за этот период составил лишь 10–15% (рис. 5).

Таким образом, на вопрос, чем в настоящее время «китайские» панели хороши для России, можно ответить: в настоящее время – всем, поскольку они в самом деле легки, прочны и долговечны, а главное, позволяют в разы уско-

рить (и облегчить) строительство здания и снизить его массу, сводя при этом к минимуму затраты на отделочные работы [1, 2].

В 2014–2016 гг. в УГНТУ проведены комплексные физико-механические и физико-химические испытания ППСБ-панелей производства КНР, включая вопросы долговечности конструкций [1, 3, 4], в результате которых установлено их соответствие российским нормативам, а по ряду показателей – существенное превышение. Выявлено, что распорный эффект реализуется за счет наличия в твердеющей цементной матрице алюминатной фазы (рис. 6), в результате увеличения в объеме которой получаемая структура цементного камня характеризуется высокой однородностью и плотностью (рис. 7).

Учитывая наличие комплекса положительных свойств ППСБ-панелей, в 2015 г. предприятием ООО «Комбинат энергосберегающих ма-

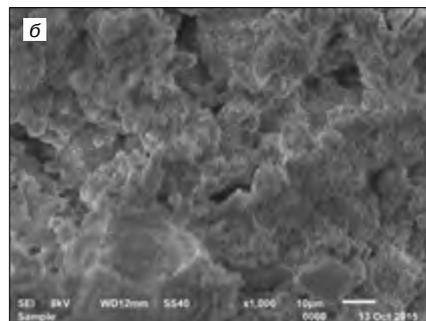
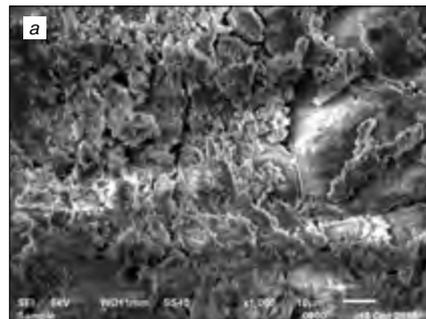


Рис. 7. Электронно-микроскопические снимки поверхности скола образцов типов I (а) и II (б), увеличение ×1000

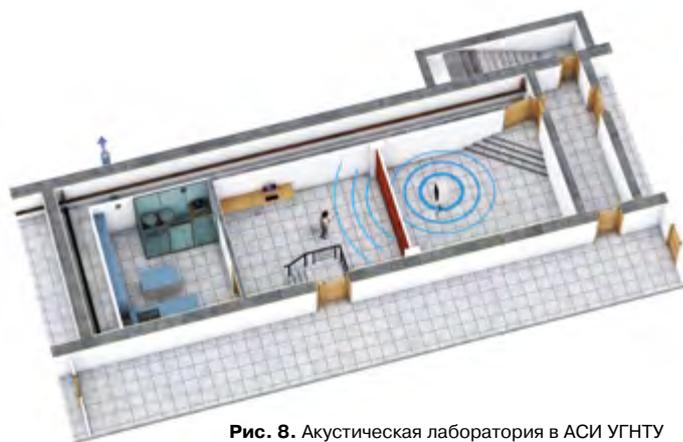


Рис. 8. Акустическая лаборатория в АСИ УГНТУ

териалов «Уоллсейвинг» освоено производство этих панелей в г. Елабуга. В рамках прототипирования осуществлено полное импортозамещение: все компоненты панелей производятся в России, зарегистрирована торговая марка панелей – «Уоллсейвинг» (Wallsaving – «энергосберегающая стена»). На выпускаемые изделия получены необходимые разрешительные документы: ТУ 5284-002-59918584–2016 «Панели стеновые трехслойные», пожарный и санитарно-гигиенический сертификаты.

На основе анализа имеющегося отечественного и зарубежного опыта в УГНТУ разработаны альбомы технических решений для проектировщиков [5, 6].

Направления улучшения акустических характеристик панелей

Этот параметр в настоящее время является ключевым, поскольку

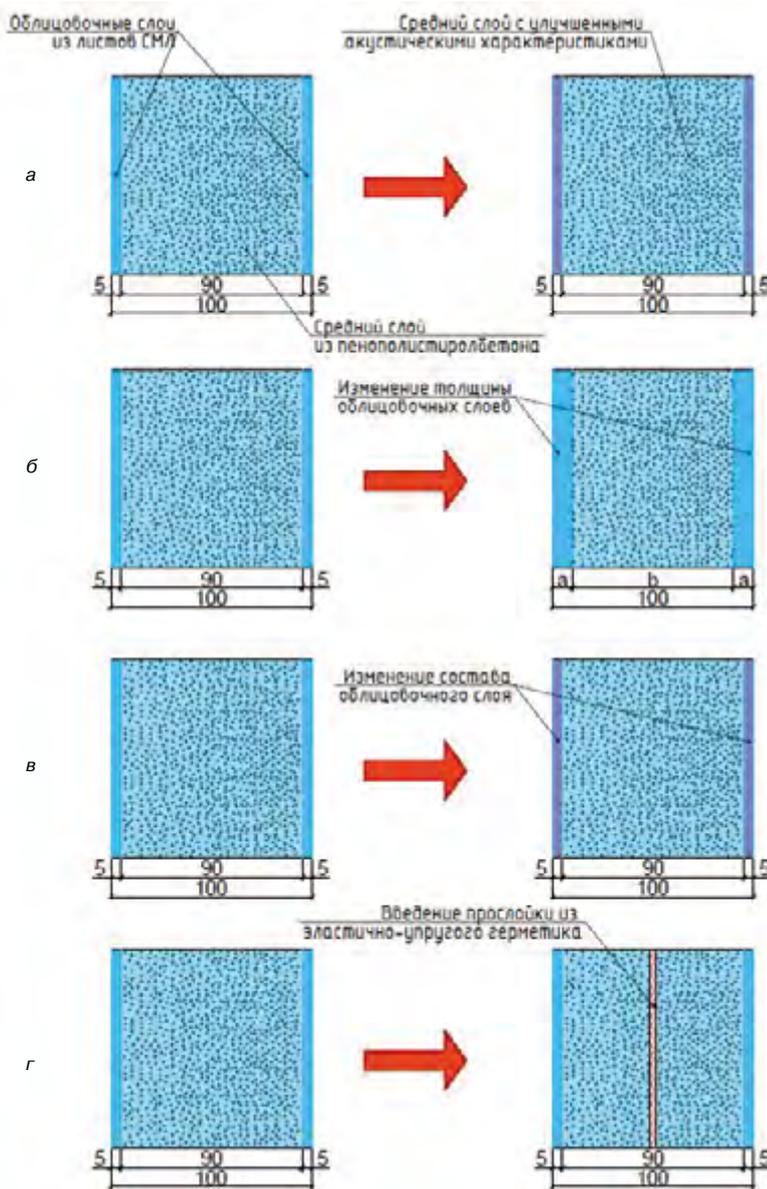


Рис. 9. Направления повышения индекса изоляции воздуха шум панелей «Уоллсейвинг»: а – изменение состава среднего слоя; б – увеличение толщины облицовочных слоев; в – изменение состава облицовочного слоя; г – введение прослойки из эластично-упругого герметика

толщина (а следовательно, масса) панелей для внутренних стен и перегородок определяется именно из условий обеспечения необходимой звукоизоляции [7].

Однослойная панель является акустически однородной конструкцией, а поэтому для выполнения нормативных требований по звукоизоляции получается достаточно массивной (таблица, п/п 1–6). В связи с этим на первом этапе освоения производства эффект по улучшению звукоизоляции стен и перегородок может быть получен за счет создания акустически неоднородных конструкций из двух «тонких» панелей с воздушным зазором либо без него (таблица, п/п 7–9). Авторами работы [8] предложена конструкция стенового раздельного ограждения, состоящая из двух одинаковых по толщине панелей с воздушным зазором между ними в 10 мм: (50+50) мм – для межкомнатного ограждения и (100+100) мм – для межквартирного ограждения. В этом случае наибольший вес одной панели толщиной 100 мм составит 119 кг, что приемлемо для ручного монтажа звеном из трех человек.

Результаты расчетов по методике работы [9] свидетельствуют, что индекс изоляции воздушного шума раздельными ограждениями типа «50+50» и «100+100», равный соответственно 45 и 53дБ, соответствует нормативным требованиям РФ для внутренних ограждающих конструкций жилых зданий, при этом вес наиболее тяжелой панели также позволяет производить работы внутри здания вручную. Общая толщина межквартирной стены типа «100+100» составляет 210 мм, что на 70 мм меньше традиционной кирпичной стены. Общая толщина межкомнатной перегородки типа



Рис. 10. Обладатели гранта Правительства Республики Башкортостан (В.М. Якимов, П.А. Федоров (руководитель коллектива), Г.К. Дербинян)

Индекс изоляции воздушного шума R_w стен из панелей «Уоллсейвинг»

№ п/п	Толщина панели, мм	Общая толщина конструкции стены (перегородки), мм	Расчетная схема конструкций стен, перегородок или перекрытий	Индекс звукоизоляции, дБ
1	50	50	Однослойная	27
2	60	60		30
3	100	100		37
4	120	120	Однослойная	40
5	150	150		43
6	180	180		46
7	50+10*+50	110	Многослойная	45
8	120+60*+120	300		52
9	100+180**	280		53

Примечание. * – толщина воздушного зазора, мм; ** – две панели «вплотную» (без воздушного зазора).

«50+50» составляет 110 мм, что на 40 мм меньше кирпичных перегородок.

На кафедре «Строительные конструкции» УГНТУ в последние годы активно проводится практическая и исследовательская работа по повышению звукоизоляционных характеристик ограждающих конструкций (рис. 8). Так, совместно с Институтом механики УНЦ РАН, отделом внедрения новых технологий Госстроя Республики Башкортостан, ООО «Тихий Дом» и ООО «Лаборатория акустики и строительной физики» разработан и внедрен республиканский норматив градостроительного проектирования Республики Башкортостан «Звукоизоляция, виброизоляция и акустический комфорт жилых и общественных зданий» (2014), при-

менение которого позволит на стадии проектирования вариативно решать вопросы применения тех или иных ограждающих конструкций. С учетом этого в настоящее время наиболее перспективными способами повышения индекса изоляции воздушного шума стеновых конструкций из панелей «Уоллсейвинг» являются следующие (рис. 9):

- улучшение акустических характеристик среднего слоя панелей;
- увеличение толщины или изменение состава наружных облицовок (при сохранении общей толщины панели);
- создание эластичной связи в середине толщины панели за счет введения эластично-упругого слоя из специального герметика (например, прототипа листов Саундлайн-dB).

Анализ успешного опыта массового применения ППСБ-панелей при строительстве различных зданий в КНР в последние годы и начальный опыт строительства домов из них в Республике Башкортостан свидетельствуют о значительных перспективах применения этих инновационных изделий в отечественном строительстве.

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Правительства Республики Башкортостан в рамках гранта молодым ученым за 2015 г. по теме: «Разработка импортозамещающей технологии энергоэффективных стеновых панелей, адаптированных к производственным и эксплуатационным условиям Республики Башкортостан» (рис. 10).

Список литературы

1. Владимирцев Е.М., Ступалов Д.Ю., Якимов В.М., Кривцов С.И., Латыпов В.М., Климин В.Н. Применение панелей «Wallsaving» в ограждающих конструкциях зданий // *Инженерные системы в строительстве и коммунальном хозяйстве*. 2015. № 2. С. 16–18.
2. Рахматуллин Т.Р., Латыпов В.М. Преимущества сэндвич-панелей // *Проблемы строительного комплекса России: Сборник трудов конференции*. Уфа. 2011. С. 51–52.
3. Нугуманов Д.Р., Якимов В.М., Дербинян Г.К., Латыпов В.М. Исследование состава и структуры среднего слоя композиционных панелей тонкими методами анализа // *Актуальные проблемы технических, естественных и гуманитарных наук*. 2015. С. 96–98.
4. Latypov V.M., Anvarov A.R., Lutsyk E.V., Fedorov P.A., Latypova T.V. Primary protection of reinforced concrete against impact of carbon dioxide. *Oriental Journal and Chemistry*. 2015. Vol. 31. No. 1, pp. 285–291. DOI <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/310132>.
5. Альбом технических решений по применению панелей Wallsaving во внутренних перегородках жилых, общественных и промышленных зданий: Материалы для проектирования. Уфа: УГНТУ, 2015. 61 с.
6. Альбом технических решений по применению панелей Wallsaving в конструкциях наружных и внутренних стен, перегородок и перекрытий в малоэтажном строительстве жилых, общественных и промышленных зданий: Материалы для проектирования. Уфа: УГНТУ, 2016. 41 с.
7. Кривцов С.И., Рамазанов Т.А., Латыпов В.М. К вопросу расчета звукоизоляции отдельных массивных стеновых конструкций // *Защита от повышенного шума и вибрации: Сборник трудов конференции*. СПб., 2015. С. 294–299.
8. Кривцов С.И., Рамазанов Т.А., Латыпов В.М. Об условиях применения стеновых панелей Wallking по критерию звукоизоляции в жилищном строительстве России // *Noise Theory and Practice*. Т. 1. № 1. С. 64–69.
9. Боголепов И.И. Строительная акустика. СПб.: Издательство политехнического ун-та, 2006. 323 с.

References

1. Vladimirtsev E.M., Stupalov D.Yu., Yakimov V.M., Krivtsov S.I., Latypov V.M., Klimin V.N. Application «Wallsaving» panels in the building envelope. *Inzhenernyye sistemy v stroitel'stve i kommunal'nom khozyaistve*. 2015. No. 2, pp. 16–18. (In Russian).
2. Rahmatullin T.R., Latypov V.M. The advantage of sandwich panels. *Problems of building complex of Russia: Conference Proceedings*. Ufa. 2011, pp. 51–52. (In Russian).
3. Nugumanov D.R., Yakimov V.M., Dербинян G.K., Latypov V.M. Investigation of the composition and structure of the middle layer of composite panels subtle methods of analysis. *Aktual'nye problemy tekhnicheskikh, estestvennykh i gumanitarnykh nauk*. 2015, pp. 96–98. (In Russian).
4. Latypov V.M., Anvarov A.R., Lutsyk E.V., Fedorov P.A., Latypova T.V. Primary protection of reinforced concrete against impact of carbon dioxide. *Oriental Journal and Chemistry*. 2015. Vol. 31. No. 1, pp. 285–291. DOI <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/310132>.
5. Album of technical solutions for the application Wallsaving panels in the interior partitions of residential, public and industrial buildings. Materials for Design (published the first official). Ufa: USPTU. 2015. 61 p. (In Russian).
6. Album of technical solutions for the application Wallsaving panels in the construction of external and internal walls, partitions and ceilings in low-rise construction of residential, public and industrial buildings. Materials for Design (Second Edition) Ufa: USPTU. 2016. 41 p. (In Russian).
7. Krivtsov S.I., Ramazanov T.A., Latypov V.M. On the question of the calculation of acoustic separate massive wall constructions *Protection from excessive noise and vibration: Proceedings of the conference*. Saint Petersburg. 2015, pp. 294–299. (In Russian).
8. Krivtsov S.I., Ramazanov T.A., Latypov V.M. Conditions for the use of wall panels Wallking on the criterion of sound insulation in housing construction Russian. *Noise Theory and Practice*. Vol. 1. No. 1, pp. 64–69. (In Russian).
9. Bogolepov I.I. *Stroitel'naya akustika* [Building acoustics]. Saint Petersburg: Publisher Polytechnic University. 2006. 323 p.

Т.З. ГИЛЬМУТДИНОВ, магистр (gilmutdinov_tz@mail.ru),
П.А. ФЕДОРОВ, канд. техн. наук (stexpert@mail.ru)

Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

Влияние трещин на кинетику карбонизации бетона

В процессе эксплуатации железобетонные конструкции подвержены воздействию разных агрессивных сред, самой распространенной из которых является углекислый газ. В результате этого физико-химического воздействия бетон теряет защитные свойства по отношению к арматуре. Положение усугубляет наличие трещин в защитном слое железобетонных конструкций, через которые ускоряется доступ углекислого газа в зону расположения арматуры. Рассмотрены основные положения по расчету глубины нейтрализации бетона под воздействием углекислого газа, как без трещин, так и при их образовании. Предложена методика учета наличия трещин в железобетонных конструкциях при определении скорости нейтрализации бетона.

Ключевые слова: бетон, железобетон, карбонизация, трещины, долговечность.

T.Z. GIL'MUTDINOV, Master (gilmutdinov_tz@mail.ru), P.A. FEDOROV, Candidate of Sciences (Engineering) (stexpert@mail.ru)
Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov Street, Republic of Bashkortostan, Ufa, 450062, Russian Federation)

Influence of Cracks on Kinetics of Concrete Carbonization

In the course of operation, reinforced concrete structures are subjected to the impact of various aggressive media, carbon dioxide is the most common among them. As a result of this physical-chemical impact, the concrete loses protective properties with regard to reinforcement. The situation is aggravated by the presence of cracks through which the access of carbon dioxide to the zone of reinforcement location is accelerated. Main provisions for calculating the depth of concrete neutralization under the impact of carbon dioxide, without cracks as well as in case of their formation, are considered. Accounting methods for the presence of cracks in reinforced concrete structures when determining the speed of concrete neutralization are proposed.

Keywords: concrete, reinforced concrete, carbonization, cracks, durability.

Наиболее распространенным агрессивным к бетону и арматуре веществом в воздухе является углекислый газ, который нейтрализует защитный слой бетона, в результате чего из-за проникновения влаги и кислорода начинается коррозия арматурной стали. Агрессивность атмосферы неуклонно возрастает: по последним данным, концентрация углекислого газа в воздухе превысила отметку 400 ppm [1] – примерно на 30% выше этих значений для прошлого столетия, на основе которых, однако, базируются нормативные документы по защите бетонных и железобетонных конструкций от коррозии.

Кинетика процесса карбонизации бетона описывается первым законом Фика, в соответствии с которым глубина нейтрализации бетона описывается уравнением вида [2]:

$$x = \sqrt{2D^*C_0\tau/m_0}, \quad (1)$$

где x – глубина карбонизированного слоя, D^* – эффективный коэффициент диффузии CO_2 в бетоне; C_0 – концентрация CO_2 в воздухе; τ – срок эксплуатации; m_0 – реакционная емкость бетона.

Для удобства расчетов зависимость (1) принято записывать в виде известного «корня квадратного от времени»:

$$x = \sqrt{at}, \quad (2)$$

где $a = 2D^*C_0/m_0$ – комплексный параметр.

На скорость карбонизации бетона в основном влияет его структура, особенно содержание капиллярных пор и количество гидроксида кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Однако немаловажное значение имеют климатические условия и (или) окружающая среда [3]. Если коэффициент a характеризует свойства самого бетона и концентрацию углекислого газа, то для учета влияния окружающей среды в работе [4], как и в работе [3], было предложено использовать коэффициенты условий работы $m_i (m_1 - m_4)$:

$$x = m_i \sqrt{at}. \quad (3)$$

Коэффициент m_i в зависимости (3) учитывает следующие условия: m_1 – уменьшение скорости карбонизации при влажном и мокром режимах эксплуатации; m_2 – уменьшение скорости карбонизации для конструкций, эксплуатируемых на открытом воздухе; m_3 – зависимость скорости карбонизации от температуры; m_4 – увеличение скорости карбонизации при повышении концентрации углекислого газа относительно нормальных условий (300 ppm).

Помимо условий эксплуатации, весьма большое влияние на кинетику процесса карбонизации может оказать наличие трещин. Как известно, действующими нормами на проектирование допускается наличие в железобетонных конструкциях трещин определенной ширины как длительного, так и кратковременного раскрытия. При этом наличие трещин до настоящего времени никак не учитывается в методике расчета карбонизации бетона и выражения (2) и (3) можно применить только к тем конструкциям, у которых в процессе эксплуатации отсутствуют какие-либо трещины. Такие конструкции встречаются крайне редко. К тому же кроме силовых трещин, согласно действующим нормам, например согласно ГОСТ 28042–2013 «Плиты покрытий железобетонные для зданий и сооружений. Технические условия», в конструкциях допускаются трещины усадочного характера до ширины раскрытия 0,1 мм.

Остается открытым вопрос об учете того факта, что в более прочном (плотном) бетоне трещины опаснее, чем в бетоне непрочном (пористом). Причина этого – уменьшение поглощающей способности стенок трещины, что приводит к ускорению распространения процесса карбонизации в глубь трещины [5].

Автор работы [6, 7] предлагает определять время нейтрализации параллельных стенок трещин в кислых газовых средах следующей зависимостью:

$$t = \frac{m_0 x^4 D^* K_n^2}{C_0 a^2 c_{\text{ср}} D_b^2 K_{\text{ф}}^2}, \quad (4)$$

где t – продолжительность раскрытия трещины; m_0 – реакционная емкость бетона; x – толщина защитного слоя

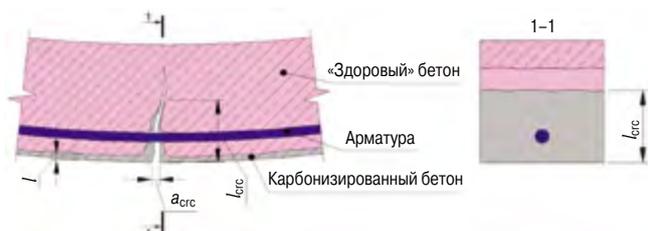


Рис. 1. Изгибаемый железобетонный элемент с трещиной

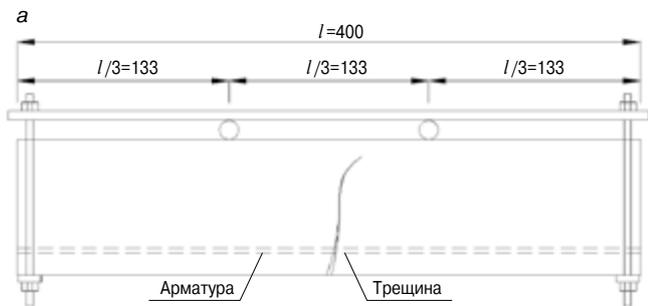


Рис. 2. Формирование трещины: а – схема изгибающего механизма; б – общий вид изгибающего механизма; в – создание отверстий вдоль трещины; г – зачеканивание отверстий цементным раствором для фиксации трещины

бетона; D^* – эффективный коэффициент диффузии кислого газа в бетоне; C_0 – концентрация кислого газа в воздухе в относительных единицах; D_B – коэффициент диффузии кислых газов в воздухе; $a_{срс}$ – ширина раскрытия трещины; $K_{и}$ – коэффициент извилистости стенок трещины; $K_{ф}$ – коэффициент формы сечения.

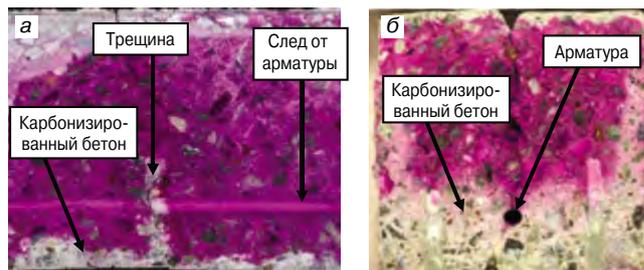


Рис. 3. Сколы образца: а – вдоль арматуры; б – вдоль трещины

Аналогичная формула присутствует и в работе [8]:

$$t = \frac{8m_0x^4D^*}{a_{срс}^2D_B^2} \cdot \frac{c_x}{(c_0 - c_x)} \quad (5)$$

где t , m_0 , x , D^* , C_0 , D_B , $a_{срс}$ – то же, что и формуле (4); c_x – содержание углекислого газа в полости трещины на границе карбонизации (относительные единицы).

Применение зависимостей (4) и (5) для практических расчетов затруднено. К тому же формулы основываются на том, что при нейтрализации стенок трещин поглощение ими кислого газа прекращается и газ поступает в глубь бетона вдоль трещины. На самом деле поглощение CO_2 происходит непрерывно.

В связи с этим авторами данной работы предлагается использовать подход, изложенный в работах [3, 4], где за основу принята известная диффузионная зависимость, но в дополнение к ранее применявшимся четырем коэффициентам $m_1 - m_4$ (m_i) влияние трещин учитывать пятым коэффициентом условия работы m_5 :

$$x = m_5 \sqrt{at} \quad (6)$$

Значение коэффициента m_5 можно вычислить эмпирическим путем, определяя отношение глубины карбонизированного слоя бетона вдоль трещины к глубине карбонизированного слоя без трещины:

$$m_5 = \frac{l_{срс}}{l} \quad (7)$$

где $l_{срс}$ – глубина карбонизированного слоя вдоль трещины; l – глубина карбонизированного слоя без трещины (рис. 1).

Экспериментальное определение коэффициента m_5 было проведено по ускоренной методике. За основу при этом была принята методика в ГОСТ 31383–2008 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний» с учетом рекомендаций, приведенных в работах [9, 10]. Испытания проводились на бетонных образцах-призмах размером $100 \times 100 \times 400$ мм, армированных металлическим стержнем вдоль нижней рабочей грани. Состав бетона подбирался исходя из требований по проектной проч-

Время, ч	Эквивалентное время, г	Глубина карбонизации бетона в трещине, рН>9, l_1 , мм	Глубина карбонизации бетона в трещине, рН<7,5, l_2 , мм	Глубина карбонизации бетона без трещины, l , мм	Отношение, $l_1/l = m_5$
24	0,14	28,22	–	–	–
72	0,41	32,92	10,02	2,37	13,89
120	0,68	34,58	12,35	6,23	5,55
192	1,1	40,35	12,19	5,18	7,79
264	1,5	50,02	16,24	5,54	9,04
300	1,71	49,08	15,75	5,45	9

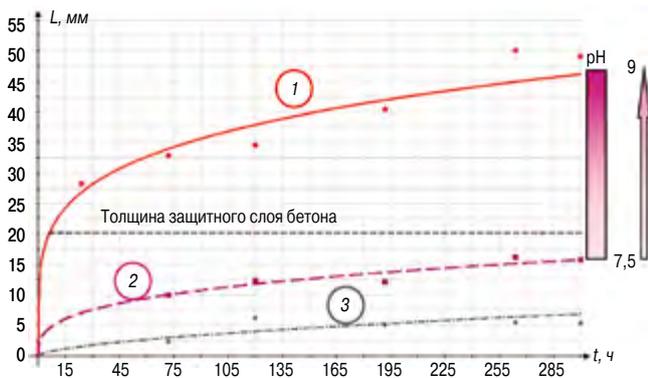


Рис. 4. Зависимость изменения глубины карбонизации бетона от времени для трещины с шириной раскрытия 0,3 мм: 1 – глубина карбонизации бетона вдоль трещины, где $pH > 9$; 2 – глубина карбонизации бетона вдоль трещины, где $pH < 7,5$; 3 – глубина карбонизации бетона без трещины

ности – класса В25 и удобоукладываемости – с осадкой конуса 5 см. Расход цемента составил 380 кг/м^3 , водоцементное отношение – $V/C=0,6$. Испытания проводились в герметичной камере с относительной влажностью $75 \pm 3\%$, температурой среды $20 \pm 5^\circ\text{C}$, концентрацией углекислого газа 2%. Перед испытанием в образцах с помощью специального натяжного устройства по прототипу, приведенному в работе [11], формировались трещины разной ширины раскрытия с дальнейшей фиксацией их в одном положении (рис. 2). Через 24, 72, 120, 192, 264 и 300 ч проводился скол вдоль арматуры образца перпендикулярно трещине и скол в самой трещине (рис. 3). Участок карбонизированного бетона определялся путем нанесения раствора фенолфталеина. Глубина карбонизированного слоя определялась на макроснимке скола в трещине и без трещины путем выделения участка размером 40 мм. Данные по кинетике карбонизации образцов с трещинами шириной раскрытия 0,3 мм приведены в таблице и на рис. 4.

Необходимо отметить, что глубина карбонизации бетона в трещине выражена не так отчетливо, как это происходит в бетоне без трещины (рис. 3). Нет той определенной границы между окрашенным в малиновый цвет «здоровым» бетоном и неокрашенным карбонизированным бетоном. Поэтому измерение глубины карбонизированного слоя бетона велось по двум границам – там, где бетон начинал окрашиваться в малиновый цвет, и там, где цвет переходил в насыщенный оттенок. Объясняется это тем, что поглощение углекислого газа стенками трещин происходит постепенно.

Анализ полученных данных свидетельствует, что коэффициент m_5 является величиной непостоянной и меняется во времени, что хорошо согласуется с выражениями (4) и (5). Для практических расчетов целесообразно принимать «установившееся» значение коэффициента m_5 . Так, для бетона В25 и при ширине раскрытия трещин 0,3 мм получено значение $m_5 \approx 9$ через 300 ч испытаний.

Основные результаты исследования и выводы:

1. Усовершенствована методика проведения ускоренных испытаний железобетонных образцов в условиях воздействия углекислого газа с учетом наличия трещин в образцах.
2. Уточнен механизм карбонизации бетона в образце с модельной трещиной. Так, при ширине раскрытия трещины 0,3 мм глубина нейтрализации бетона В25 на участке без образования трещины имеет меньшее значение по сравнению с участком с трещиной примерно в 9 раз.

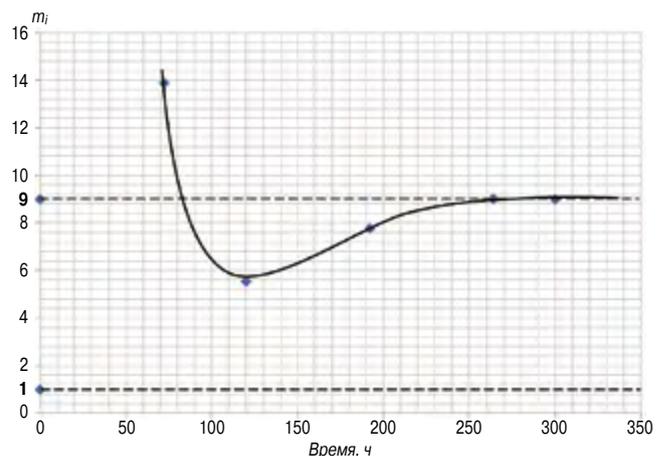


Рис. 5. Изменение во времени коэффициента m_5 для трещины с шириной раскрытия 0,3 мм

3. Предложена методика учета влияния трещин при оценке срока службы бетона и железобетона в агрессивных газозвушных средах, заключающаяся в том, что при расчете по модели «квадратного корня от времени» помимо коэффициентов условий работы, учитывающих влияние различных параметров окружающей среды (концентрация CO_2 , влажность, температура), вводится дополнительный коэффициент, учитывающий наличие трещин в конструкциях.

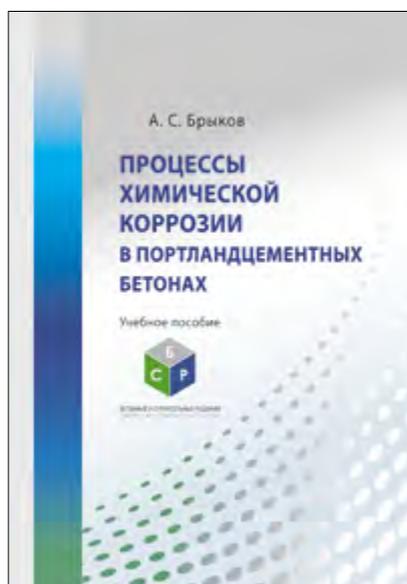
Список литературы

1. National Oceanic and Atmospheric Administration. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. URL: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html> (дата обращения: 01.07.2016).
2. Пухонто Л.М. Долговечность железобетонных конструкций инженерных сооружений: (силосов, бункеров, резервуаров, водонапорных башен, подпорных стен). М.: АСВ, 2004. 424 с.
3. Латыпов В.М., Латыпова Т.В., Луцык Е.В., Федоров П.А. Долговечность бетона и железобетона в природных агрессивных средах. Уфа: РИЦ УГНТУ, 2014. 288 с.
4. Луцык Е.В. Разработка методов обеспечения долговечности железобетона при воздействии углекислого газа воздуха. Дисс. ... канд. техн. наук. Уфа, 2005. 125 с.
5. Мигунов В.Н. Экспериментально-теоретическое исследование коррозии и долговечности железобетонных конструкций с трещинами. Ч. 1. Пенза: ПГУАС, 2013. 332 с.
6. Новгородский В.И. О допустимой ширине кратковременного раскрытия трещин // *Бетон и железобетон*. 1984. № 7. С. 41–42.
7. Новгородский В.И. Основы долговечности железобетонных конструкций. М.: Издательство «Спутник+», 2015. 362 с.
8. Мигунов В.Н. Экспериментально-теоретическое исследование коррозии и долговечности железобетонных конструкций с трещинами. Ч. 2. Пенза: ПГУАС, 2013. 304 с.
9. Федоров П.А., Анваров Б.Р., Латыпова Т.В., Анваров А.Р., Латыпов В.М. О математической зависимости, описывающей процесс нейтрализации бетона // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия Строительство и архитектура*. 2010. № 15. С. 13–15.

10. Новгородский В.И., Островский А.Б., Мигунов В.Н. Метод определения эффективности ингибиторов коррозии стали в трещинах бетона. Методические рекомендации по исследованию ингибиторов коррозии арматуры в бетоне. М.: НИИЖБ, 1980. 37 с.
 11. Москвин В.М., Подвальный А.М., Птицын О.А. Методы натурных исследований на стенде в Кольском заливе. Коррозия железобетона и методы защиты // *Труды института НИИЖБ*. Вып. 28. 1962. С. 178–187.
1. National Oceanic and Atmospheric Administration. Trends in Atmospheric Carbon Dioxide. URL: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html> (date of access 01.07.2016)
 2. Pukhonto L.M. Dolgovechnost' zhelezobetonnykh konstruksii inzhenernykh sooruzhenii: (silosov, bunkerov, rezervuarov, vodonapornyykh bashen, podpornyykh sten) [Durability of reinforced concrete designs of engineering constructions (silos, bunkers, tanks, water towers, retaining walls)]. Moscow: ASV. 2004. 424 p.
 3. Latypov V.M., Latypova T.V., Lutsyk E.V., Fedorov P.A. Dolgovechnost' betona i zhelezobetona v prirodnyh agressivnykh sredah [The durability of concrete and reinforced concrete in the natural aggressive environments] Ufa: USPTU. 2014. 288 p.
 4. Lutsyk E.V. Development of methods to ensure the durability of concrete when exposed to the air of carbon dioxide. Cand. Diss. (Engineering). Ufa. USPTU. 2005. 125 p. (In Russian).
 5. Migunov V.N. Eksperimental'no-teoreticheskoe issledovanie korrozii i dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstruksiy s treshchinami. Chast' 1 [Experimental and theoretical study of corrosion and durability of reinforced concrete structures with cracks. Part 1]. Penza: PGUAS. 2013. 332 p.
 6. Novgorodskiy V.I. About permissible width of the short-term crack opening. *Beton i zhelezobeton*. 1984. No. 7, pp. 41–42. (In Russian).
 7. Novgorodskiy V.I. Osnovy dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstruksiy. [Basics of durability of reinforced concrete structures]. Moscow: Publisher "Sputnik +". 2015. 362 p.
 8. Migunov V.N. Eksperimental'no-teoreticheskoe issledovanie korrozii i dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstruksiy s treshchinami. Chast' 2 [Experimental and theoretical study of corrosion and durability of reinforced concrete structures with cracks. Part 2]. Penza: PGUAS. 2013. 304 p.
 9. Fedorov P.A., Anvarov B.R., Latypova T.V., Anvarov A.R., Latypov V.M. About the mathematical dependence describing process of neutralization of concrete. *Vestnik Yuzhno-Ural'skogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2010. No. 15 (191), pp. 13–15. (In Russian).
 10. Novgorodskiy V.I., Ostrovskiy A.B., Migunov V.N. Metod opredeleniya effektivnosti ingibitorov korrozii stali v treshchinakh betona. [The method of determining the effectiveness of corrosion inhibitors of steel in concrete cracks]. Guidelines for the study of corrosion inhibitors in the concrete reinforcement. Moscow: NIIZhB. 1980. 37 p.
 11. Moskvin V.M. Podval'niy A.M., Ptitsyn O.A. Methods of field studies on the stand in the Kola Bay. Corrosion of reinforced concrete and methods of protection. *Proceedings NIIZhB Institute*. Vol. 28. 1962, pp. 178–187. (In Russian).

References

**СПЕЦИАЛЬНАЯ
ЛИТЕРАТУРА**



Новая книга профессора СПбГТИ А. С. Брыкова «Процессы химической коррозии в портландцементных бетонах»

В настоящем учебном пособии изложены научные представления об основных факторах химической коррозии портландцементных бетонов – выщелачивании, карбонизации, действии кислот и хлоридов, коррозии кремнеземсодержащих заполнителей в высокощелочной среде поровой жидкости бетона, сульфатной коррозии, коррозии арматуры.

В качестве вспомогательной и дополнительной информации изложены основные сведения о химии гидратации портландцемента, поровой структуре цементного камня и бетона. Отдельный раздел посвящен ультрадисперсным кремнеземсодержащим материалам-добавкам, уплотняющим структуру цементного камня и бетона и повышающим устойчивость последних к коррозионным воздействиям.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся в магистратуре по направлению 18.04.01 «Химическая технология» (дисциплины «Гидратация портландцемента», «Технология бетонов»), и будет полезно студентам, обучающимся в магистратуре по направлению 22.04.01 «Материаловедение и технологии материалов». Кроме того, данное издание представляет интерес для сотрудников лабораторий и технологов предприятий – производителей бетонов, сухих строительных смесей, специальных материалов на основе портландцементов.

**Данное учебное пособие можно приобрести
в книжном интернет-магазине СОМбука
www.sombuka.ru**

УДК 69.059.4

В.М. ЛАТЫПОВ, д-р техн. наук (stexpert@mail.ru), А.Р. АНВАРОВ, канд. техн. наук,
П.А. ФЕДОРОВ, канд. техн. наук, Е.В. ЛУЦЫК, канд. техн. наук,
Г.К. ДЕРБИНЯН, магистр техники и технологии

Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

Математическое моделирование процессов коррозии как основа реформирования норм агрессивности эксплуатационной среды по отношению к бетону и железобетону

Долговечность железобетонной конструкции согласно СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» может быть обеспечена двумя способами: на этапе изготовления конструкции – повышением плотности и толщины защитного слоя бетона; при эксплуатации – обработкой поверхности конструкции специальными защитными покрытиями и пропитками, как правило, требующими возобновления через определенный промежуток времени. Широкий ассортимент материалов для вторичной защиты железобетона, стоимость которых иногда превышает стоимость самой конструкции, не может гарантировать проектную долговечность железобетонным конструкциям, в том числе это связано с недоступностью поверхности конструкции для возобновления защитного покрытия. Таким образом, актуальной задачей развития современной нормативно-правовой базы в строительстве в области долговечности железобетона является отсутствующая до настоящего времени общепринятая нормативная методика расчетного обоснования параметров защитного слоя бетона, а именно его толщины и плотности, для обеспечения безаварийной работы конструкции на весь срок эксплуатации и надежного прогнозирования долговечности конструкции. Решение этой задачи невозможно без математического моделирования процесса коррозии бетона с учетом характера агрессивного внешнего воздействия. В статье проведен обзор математических моделей коррозии бетона и железобетона с различной кинетикой процесса, а также представлено развитие теории профессора А.Ф. Полака по уточнению расчетной зависимости глубины коррозионного поражения бетона от времени эксплуатации конструкции.

Ключевые слова: коррозия, долговечность, бетон, железобетон, математические модели.

V.M. LATUPOV, Doctor of Sciences (Engineering), A.R. ANVAROV, Candidate of Sciences (Engineering),
P.A. FEDOROV, Candidate of Sciences (Engineering), E.V. LUTSYK, Candidate of Sciences (Engineering), G.K. DERBINYAN, postgraduate student
Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov Street, Republic of Bashkortostan, Ufa, 450062, Russian Federation)

Mathematical Simulation of Corrosion Processes as a Basis for Reforming Norms of Aggressiveness of Operational Environment with Regard to Concrete and Reinforced Concrete

The durability of a reinforced concrete structure according to SP 28.13330.2012 "Protection of Building Structures" can be provided with two methods: at the stage of producing the structure – by increasing the density and thickness of the protective concrete layer; in the course of operation – by treating the structure surface with special protective coatings and impregnations which, as a rule, require renewal after a certain period of time. A wide range of materials for the secondary protection of reinforced concrete, the cost of which sometimes exceeds the cost of the structure itself, can't insure the design durability of reinforced concrete structures including the inaccessibility of the structure surface for renewing the protective coating among others. Thus, an actual problem of the development of contemporary normative-legal base of construction in the field of the durability of concrete is the absence, until the present, of standard normative practice for the design justification of parameters of the concrete protective layer, namely its thickness and density, for ensuring the trouble-free operation of the structure for the whole period of operation and reliable predicting the durability of structure. The solution of this problem is impossible without mathematical simulation of the concrete corrosion process with due regard for the nature of external aggressive impact. The article presents a review of mathematical models of concrete and reinforced concrete corrosion with different kinetics of the process as well as the development of professor A.F. Polak theory for the refinement of estimated dependence of the depth of corrosion damage of the concrete on the time of the structure operation.

Keywords: corrosion, durability, concrete, reinforced concrete.

Снижение несущей способности бетонных и железобетонных конструкций при воздействии агрессивных сред происходит, как правило, не от механических нагрузок, а вследствие повреждений бетона или арматуры, вызванных коррозионными процессами. Задачей исследований в области долговечности бетона и железобетона является в конечном счете определение условий, при которых неизбежная коррозия бетона будет протекать в контролируемые сроки t и на заданную глубину L . То есть зависимость $L(t)$ должна лежать в основе принятия решения как при проектировании новых объектов, так и при оценке остаточного ресурса эксплуатируемых конструкций (рис. 1).

Наибольшая эффективность исследования скорости коррозионных процессов (рис. 2.) может быть достигнута с использованием методов математического моделирования, которые основаны на физико-химической сущности явления коррозии бетона, что позволяет од-

новременно учитывать большинство наиболее значимых независимых параметров процесса [4].

Впервые применение методов математического описания процессов при изучении коррозии бетона и железобетона было осуществлено профессором А.Ф. Полаком [5, 6], предложившим рассматривать коррозию бетона как сумму элементарных хорошо изученных процессов с известными закономерностями физико-химической кинетики, объединяя математические описания элементарных процессов в дифференциальных уравнениях.

Данный подход использовали многие исследователи, упрощая процесс и переходя к рассмотрению взаимодействия только двух веществ, не учитывая природу полиминерального цементного камня и сложность прогнозирования параметров многокомпонентной внешней среды. А математическая модель физико-химического взаимодействия двух веществ – это дифференци-

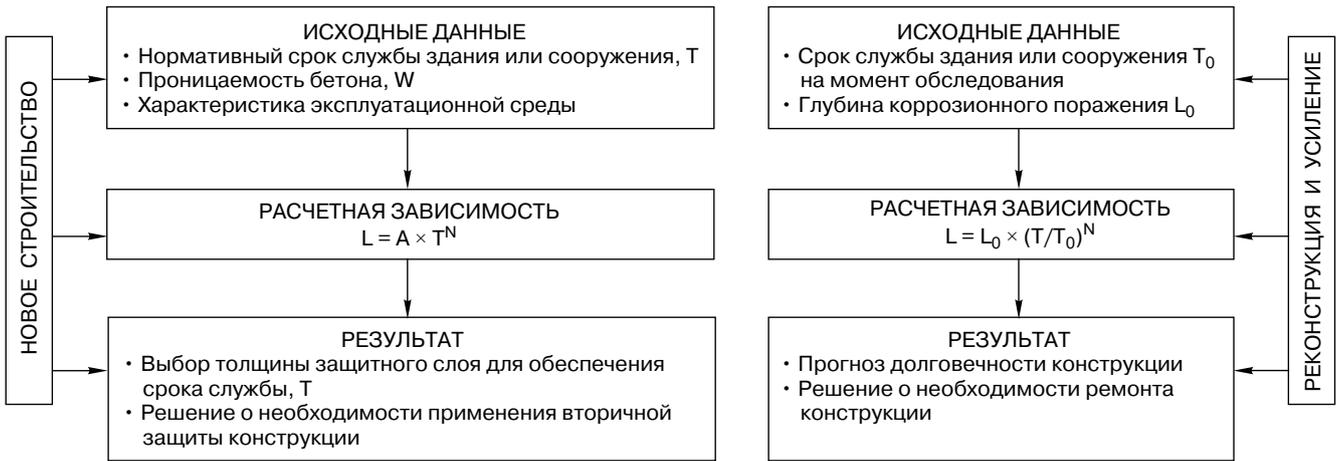


Рис. 1. Алгоритм применения расчетной зависимости $L(t)$ в различных проектных направлениях [1]



Рис. 2. Разновидности кинетики коррозии цементного камня [2, 3]

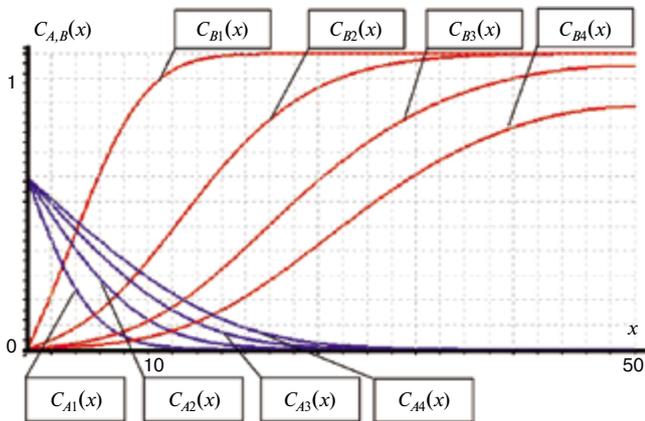


Рис. 3. Общий вид распределений $C(x)$, которые получены при численном решении системы уравнений (3) с использованием программы Maple 9.5 [1]: $C_{Ai}(x)$ – внешняя агрессивная среда A в момент времени t_i ; $C_{Bi}(x)$ – растворенный компонент цементного камня B в момент времени t_i ($t_4 > t_3 > t_2 > t_1$)

альные уравнения второго порядка в частных производных, в которых одновременно учитываются следующие элементарные процессы: диффузия, растворение и химическое взаимодействие двух составляющих: A (внешняя среда) и B (в случае коррозии бетона – это растворимые компоненты цементного камня) [7]:

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial C_A}{\partial t} &= D_A^* \frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + R(C_i) \\ \frac{\partial C_B}{\partial t} &= D_B^* \frac{\partial^2 C_B}{\partial x^2} + \frac{K_B S_B}{\Pi_B} (C_{B\infty} - C_B) + R(C_i) \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где C_i – концентрация i -го вещества; R_i – функция, характеризующая скорость убыли компонента из единицы объема среды в результате реакции; D_i^* – эффективный коэффициент диффузии; K_B – константа скорости растворения твердой фазы; S_B – удельная внутренняя поверхность цементного камня; Π_B – пористость бетона.

Характерной особенностью всех математических моделей, основанных на системе уравнений (3), было отсутствие в конечном итоге простой инженерной формулы вида $L(t)$, так как математически система (3) не имеет аналитического решения [7, 8]. А рассмотрение системы (3) с приравнением $R(C_i) \sim 0$ есть не что иное, как фактический переход к классическому уравнению, известному как второй закон Фика, имеющему аналитическое решение в виде всем знакомого в области долговечности железобетона «закона корня квадратного от времени»:

$$L = a \sqrt{t}. \quad (4)$$

Анализ разработанных на основе этих принципов отечественными и зарубежными исследователями математических моделей показывает, что они не имеют решения в виде удобной инженерной формулы или в конечном счете сводятся к выражению вида (4) (табл. 1, 2).

Необходимо отметить распространенную модель предельного состояния железобетонных конструкций при воздействии хлора, так называемую DuraCrete-модель (5), взятую за основу в нормативе [9], по которой разработаны вероятностные модели долговечности железобетона:

$$C_x = C_{sn} \operatorname{erfc} \left(\frac{x}{2\sqrt{Dt}} \right), \quad (5)$$

где x – глубина коррозии; C_x – фактическая концентрация хлоридов; C_{sn} – поверхностное содержание хлора; t – время воздействия; D – коэффициент диффузии.

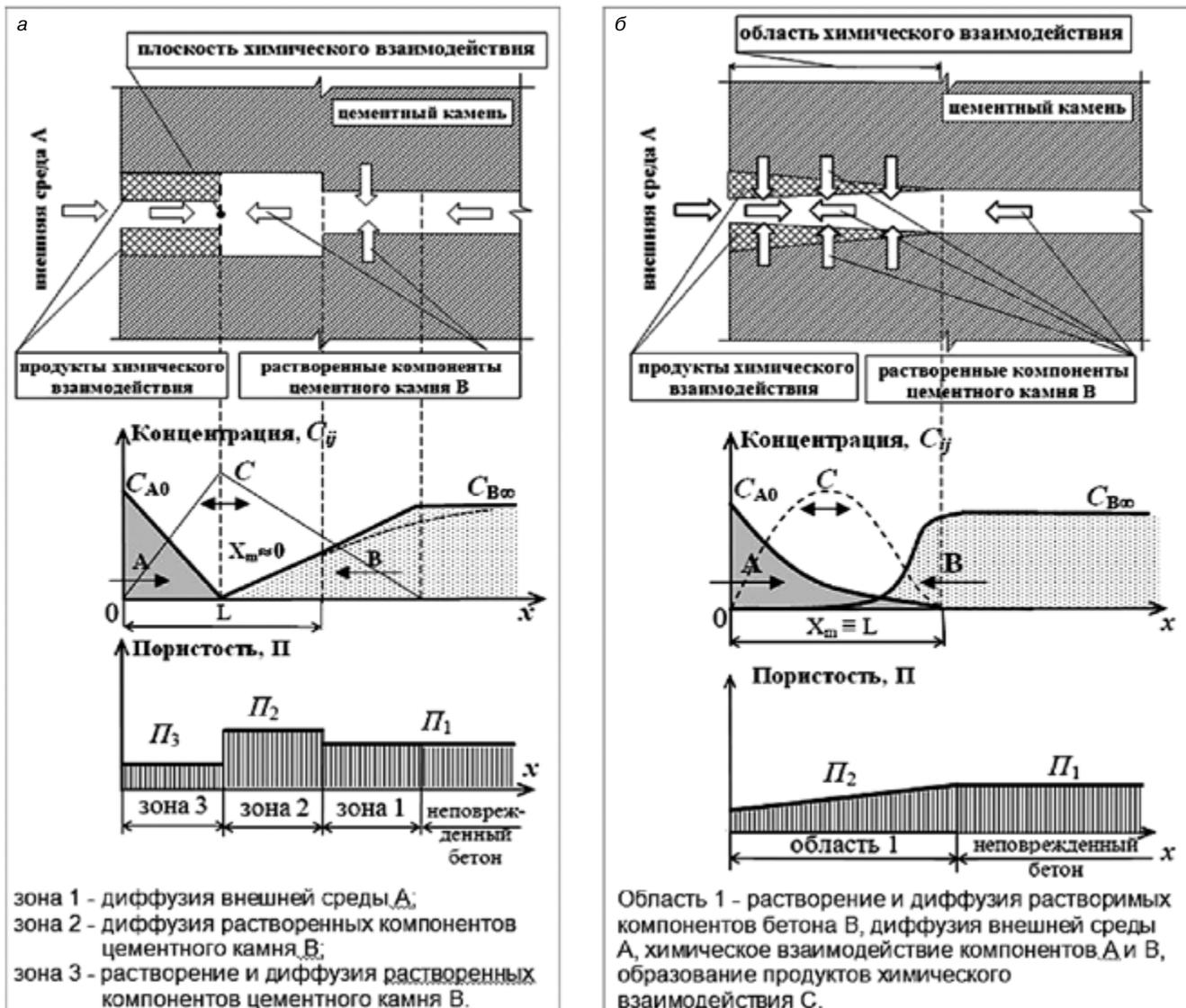


Рис. 4. Схемы процесса карбонизации бетона: а – по профессору А.Ф. Полаку [6]; б – предлагаемая согласно численному решению системы (3) [1]

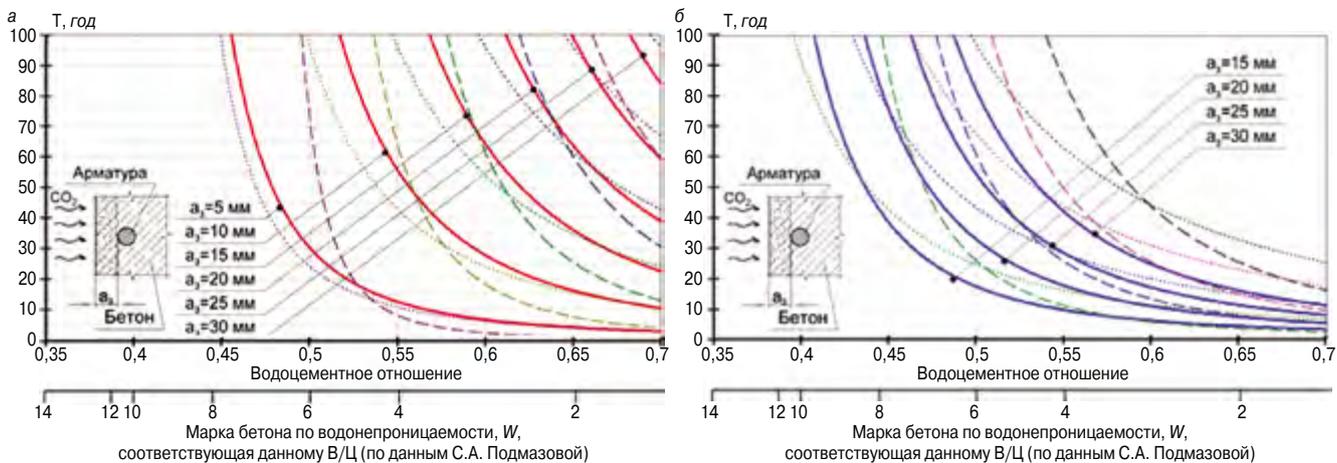


Рис. 5. Долговечность железобетонной конструкции с различной толщиной защитного слоя в зависимости от марки бетона по водонепроницаемости [10] для расчетной зависимости вида: (---) – $L = A_2 \sqrt{t}$; (- - -) – $L = A_3 \sqrt[3]{t}$; (-----) – $L = A_n \sqrt[n]{t}$: а – во влажных условиях; б – в сухих условиях

Таблица 1

Классические решения системы уравнений (3)

Наименование Авторы	С.Н. Алексеев, Н.К. Розенталь [13]	П. Шисель [14]	А.Ф. Полак [5, 6]
Дифференциальная форма записи и системы уравнения (2)	Допущение $\frac{\partial C}{\partial t} \sim 0$; $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$		Допущение $\frac{\partial C}{\partial t} \sim 0$; $\ddot{C}_1^{(2)} = 0;$ $\ddot{C}_1^{(1)} + \lambda^2(C_{1\infty} - C_1^{(1)}) = 0;$ где параметр $\lambda = \sqrt{K_0 S_1 / n_1 D_1} = n_1 / (n_1 l)$
Аналитическая модель	$C(x, t) = C_0 \left(1 - \frac{x}{2\sqrt{Dt}}\right)$		$C_1^{(2)} = C_{1\infty} \frac{x}{L+l}$ $C_1^{(1)} = C_{1\infty} \left[1 - \frac{l}{L+l} \exp(-\lambda(x-l))\right]$
Инженерная формула	$x = A_2 \times t^{\frac{1}{2}}$ где $A_2 = \sqrt{\frac{2 \cdot D' \cdot C_0}{m_0}}$	$x = K \times t^{\frac{1}{2}}$ где $K = \sqrt{2 \cdot D' \cdot a^{-1} (C_1 - C_2)}$	$x = k_1 \times t^{\frac{1}{2}}$ где $k_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot \Pi_2 \cdot D_1 \cdot C_{\infty}}{m_0}}$

Таблица 2

Современные решения системы уравнений (3)

Наименование Авторы	Б.В. Гусев, А.С. Файвусович [8]	Т. Ishida, К. Maekawa, M. Soltani [15]	А.Р. Анваров, В.М. Латыпов, Т.В. Латыпова [1]
Дифференциальная форма записи системы уравнения (2)	Допущение $\frac{\partial C}{\partial t} = 0$; $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\alpha_m}{k} (C_0 - C) - q(t)$	Допущение $\frac{\partial C}{\partial t} = 0$; $\frac{\partial S(\Theta_i)}{\partial t} + \text{div} J_i(\Theta_i, \nabla \Theta_i) - Q(\Theta_i) = 0$	$\frac{\partial C_A}{\partial t} = D_A^* \frac{\partial^2 C_A}{\partial x^2} + R(C_A)$ $\frac{\partial C_B}{\partial t} = D_B^* \frac{\partial^2 C_B}{\partial x^2} + \frac{K_B S_B}{\Pi_B} (C_{B\infty} - C_B) + R(C_B)$
Аналитическая модель	$\Theta(x, t) = \ln(F_{O_2} \cdot \varphi + 1) \sum_{n=1}^{\infty} M_n \cdot \left(\frac{1}{C_0}\right) \times \exp \left[-\left(\frac{B_i D t}{h^2} + F_{O_2} \mu_n^2\right) \right] \times \left(1 + \frac{1}{F_{O_2} \mu}\right) \times \cos \mu_n \frac{x}{l}$	Отсутствует	Отсутствует
Инженерная формула	-	-	$x = A_3 \times t^{\frac{1}{3}}$

При этом вероятность ресурсного отказа железобетонных конструкций рассчитывается с учетом большого количества учитываемых факторов (до 17 факторов) согласно [10]. Математическая модель карбонизации бетона по Gehlen [11], основанная на выражении (5), включает в себя также немалое количество переменных, учитывающих влияние факторов окружающей среды, что справедливо обосновано хорошей сходимостью с данными испытаний. Большое количество переменных в модели «утяжеляет» возможность ее удобного практического применения.

Профессором А.Ф. Полаком в 70–80-е гг. XX в. были разработаны компромиссные решения с применением метода «квазистационарного» режима и разделением корродирующего слоя на зоны [6]. Полученная формула для определения глубины коррозионного поражения цементного камня учитывала наибольшее количество

параметров процесса, но она по-прежнему являлась одной из разновидностей «закона корня квадратного от времени». Теория А.Ф. Полака получила развитие в следующих направлениях.

1. Численное решение системы дифференциальных уравнений (3) (рис. 3) с учетом химического взаимодействия агрессивной среды с растворимыми компонентами цементного камня, а также изменения пористости бетона при образовании продуктов химического взаимодействия [1]. Решения позволяют сделать вывод об изменении схемы протекания процесса (рис. 4) и вида функциональной зависимости (4) с переходом к показателю степени $n=3$ в уравнении вида (1), а именно к зависимости $L = a \cdot t^{1/3}$.

2. Определение кинетики карбонизации бетона различной плотности по многочисленным срокам воздей-

ствия углекислого газа на модифицированной установке для проведения ускоренных испытаний, созданной на кафедре «Строительные конструкции» УГНТУ. Данные исследования также позволили сделать вывод об изменении вида функциональной зависимости (4) (рис. 5) и переходу к показателю степени n в уравнении $L = a \times t^{1/n}$ в зависимости от плотности бетона от 1,9 до 3 и более в особо плотных бетонах [12].

В результате теоретических и экспериментально проведенных исследований [1, 7] установлены показатели степени n в математической модели коррозии вида (1) в естественных условиях эксплуатации.

Поскольку вид математической зависимости для различных видов коррозии в настоящее время определен, направлением дальнейшего развития математической модели коррозии бетона вида (1) являются масштабные работы по определению параметра a , который впервые описан А.Ф. Полаком как «агрессивность» среды [5] для различных видов коррозии бетона, в котором будет учтено влияние факторов окружающей среды и условия эксплуатации конструкции, что в конечном итоге необходимо для актуализации строительных норм по долговечности железобетонных конструкций.

Список литературы

1. Анваров А. Р. Обоснование достаточности средств первичной защиты для достижения проектной долговечности железобетона в естественных условиях эксплуатации. Дисс. ... канд. техн. наук. Уфа, 2007. 90 с.
2. Авершина Н.М. Закономерности кинетики коррозии и стойкость бетона с активным заполнителем. Дисс. ... канд. техн. наук. Воронеж. 1995. 123 с.
3. Рахимбаев Ш.М. Принципы выбора цемента для использования в условиях химической агрессии // *Известия вузов. Строительство*. 1996. № 10.
4. Комохов П.Г., Латыпов В.М., Латыпова Т.В., Вагапов Р.Ф. Долговечность бетона и железобетона. Приложение методов математического моделирования с учетом ингибирующих свойств цементной матрицы. Уфа: Белая река, 1998. 216 с.
5. Полак А.Ф. Моделирование коррозии железобетона и прогнозирование его долговечности. В кн.: *Итоги науки и техники. Коррозия и защита от коррозии*. Т. XI. М.: ВИНТИ, 1986. С. 136–180.
6. Полак А.Ф. Физико-химические основы коррозии железобетона. Уфа: Издание УНИ, 1982. 76 с.
7. Шервуд Т., Пигфорд Р., Уилки Ч. Массопередача. Процессы и аппараты химической технологии / Пер. с англ. М.: Химия, 1982.
8. Гусев Б.В., Файвусович А.С., Степанова В.Ф., Розенталь Н.К. Математические модели процессов коррозии бетона. М.: ИИЦ «ТИМР», 1996. 104 с.
9. Dura Crete: Brite EuRam III Project BE95-1347, ReportR4-5, Modelling of Degradation, 1998
10. Степанова А.В., Талецкий В.В., Шевченко Д.Н. Имитационное моделирование ресурса железобетонных конструкций, подверженных воздействию хлора // *Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского союза в области строительства. Сборник статей*. БНТУ. Минск, 2013. С. 185–193.
11. Gehlen C. Probabilistic Lebensdauerberechnung von Stahlbetonbauwerken – Zuver Lässigkeitsbetrachtungen zur wirksamen Vermeidung von Bewehrungskorrosion, Thesis, RWTH-Aachen, D82, 2000.
12. Федоров П.А. Оптимизация параметров первичной защиты железобетона в условиях воздействия углекислого газа воздуха. Дисс. ... канд. тех. наук. Уфа, 2010. 102 с.
13. Алексеев С.Н., Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость железобетонных конструкций в агрессивной промышленной среде. М.: Стройиздат, 1976. 205 с.

14. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М., Модры С., Шисль П. Долговечность железобетона в агрессивных средах. М.: Стройиздат, 1990. 320 с.
15. Ishida T., Maekawa K., Kishi T. Theoretically identified strong coupling of carbonation rate and thermodynamic moisture states in micropores of concrete // *Journal of Advanced Concrete Technology*. Vol. 2. No. 2, pp. 213–222.

References

1. Anvarov A.R. Justification of sufficiency of means of primary protection for achievement of design durability of reinforced concrete under natural conditions operation. Cand. Diss. (Engineering). Ufa. 2007. 90 p. (In Russian).
2. Avershina N.M. Regularities of kinetics of corrosion and firmness of concrete with active filler. Cand. Diss. (Engineering). Voronezh. 1995. 123 p. (In Russian).
3. Rakhimbaev Sh.M. The principles of the choice of cements for use in the conditions of chemical aggression. *Izvestiya vuzov. Stroitel'stvo*. 1996. No. 10. (In Russian).
4. Komokhov P.G., Latypov V.M., Latypova T.V., Vagapov R.F. Dolgovechnost' betona i zhelezobetona. Prilozheniya metodov matematicheskogo modelirovaniya s uchetom ingibiruyushchikh svoystv tsementnoi matritsy. [Durability of concrete and reinforced concrete. Applications of methods of mathematical modeling taking into account the inhibiting properties of a cement matrix]. Ufa: Belaya reka. 1998. 216 p.
5. Polak A.F. Modeling of corrosion of steel concrete and forecasting of its durability. *Results of science and equipment. Corrosion and protection against corrosion. volume XI*. Moscow: VINITI. 1986, pp. 136–180. (In Russian).
6. Polak A.F. Fiziko-khimicheskie osnovy korrozii zhelezobetona [Physical and chemical bases of corrosion of reinforced concrete]. Ufa: UNI. 1982. 76 p.
7. Sherwood T., Pigford R., Wilkie Ch. Massoperedacha. Protsessy i apparaty khimicheskoi tekhnologii [Mass transfer. Processes and devices of chemical technology]. Translation with English). Moscow: Khimiya. 1982.
8. Gusev B.V., Faivusovich A.S., Stepanova V.F., Rozental' N.K. Matematicheskie modeli protsessov korrozii betona. [Mathematical models of processes of corrosion of concrete] Moscow: TIMR. 1996. 104 p.
9. Dura Crete: Brite EuRam III Project BE95-1347, ReportR4-5, Modelling of Degradation, 1998
10. Stepanova A.V., Taleski V.V., Shevchenko D.N. Simulation modeling of resource of reinforced concrete structures exposed to chlorine. Implementation of design standards and standards of the European Union in the field of construction. *Collection of papers, national technical University*. Minsk. 2013, pp. 185–193. (In Russian).
11. Gehlen C. Probabilistic Lebensdauerberechnung von Stahlbetonbauwerken – Zuver Lässigkeitsbetrachtungen zur wirksamen Vermeidung von Bewehrungskorrosion, Thesis, RWTH-Aachen, D82, 2000.
12. Fedorov P.A. Optimization of parameters of primary protection of reinforced concrete in the conditions of influence of carbon dioxide of air. Cand. Diss. (Engineering). Ufa. 2010. 102 p. (In Russian).
13. Alekseev S.N., Rozental' N.K. Korroziionnaya stoikost' zhelezobetonnykh konstruksii v agressivnoi promyshlennoi srede. [Corrosion resistance of reinforced structures in aggressive industrial medium]. Moscow: Stroyizdat. 1976. 205 p.
14. Alekseev S.N., Ivanov F.M., Modry C., Shissl' P. Dolgovechnost' zhelezobetona v agressivnykh sredakh. [Durability of reinforced concrete in hostile environment]. Moscow: Stroyizdat. 1990. 320 p.
15. Ishida T., Maekawa K., Kishi T. Theoretically identified strong coupling of carbonation rate and thermodynamic moisture states in micropores of concrete. *Journal of Advanced Concrete Technology*. Vol. 2. No. 2, pp. 213–222.

УДК 666.972:666.9.052

А.Е. ЧУЙКИН¹, канд. техн. наук (an2100@yandex.ru), В.В. БАБКОВ¹, д-р техн. наук;
И.А. МАССАЛИМОВ², д-р техн. наук (ismail_mass@mail.ru)

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

² Башкирский государственный университет (450076, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. З. Валиди, 32)

Модифицирование цементного бетона пропиточными серосодержащими растворами

Модифицирование цементных бетонов пропиточными составами позволяет существенно снизить водопоглощение и повысить долговечность. Был разработан новый вид пропиточной композиции – водный серосодержащий раствор на основе полисульфида кальция со спиртами и ПАВ. Особенность пропитки бетонов полисульфидом кальция заключается в том, что атомы серы в составе раствора проникают в капиллярные поры цементного камня на определенную глубину. При осушении материала молекулы полисульфида кальция распадаются с образованием на поверхности пор нерастворимого в воде гидрофобного слоя элементарной серы. В отличие от пропиточных материалов и гидрофобизаторов на органической основе пропитка изделий и конструкций полисульфидом кальция придает поверхности бетона водоотталкивающие свойства на длительное время – не требуется повторной обработки.

Ключевые слова: сера, пропитка, бетон, цементный камень, пористость.

A.E. CHUIKIN¹, Candidate of Sciences (Engineering) (an2100@yandex.ru), V.V. BABKOV¹, Doctor of Sciences (Engineering);
I.A. MASSALIMOV², Doctor of Sciences (Engineering) (ismail_mass@mail.ru)

¹ Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov Street, Republic of Bashkortostan, Ufa, 450062, Russian Federation)

² Bashkir State University (32, Validy Street, Republic of Bashkortostan, Ufa, 450076, Russian Federation)

Modification of Cement Concrete with Impregnating Sulphur-Containing Solutions

Modification of cement concretes with impregnating solutions makes it possible to significantly reduce water sorption and enhance durability. A new type of impregnating composition, a water sulphur-containing solution on the basis of calcium polysulfide with spirits and surfactants, has been developed. A feature of concrete impregnation with calcium polysulfide is that sulphur atoms in the solution composition penetrate into capillary pores of cement stone to a certain depth. When the material is drying, molecules of calcium polysulfide are disintegrating with the formation of a hydrophobic layer of element sulphur insoluble in water on the pore surfaces. Unlike impregnating materials and hydrophobizers on the organic base, the impregnation of products and structures with calcium polysulfide gives the concrete surface water repellency for a long time, retreatment is not needed.

Keywords: sulphur, impregnation, concrete, cement stone, porosity.

Существенное увеличение объемов отходов различных производств, в том числе серы в нефтегазовой промышленности, требует решения современной наукой задач по поиску новых направлений их утилизации, что должно улучшить экологическую ситуацию как в России, так и в мировом масштабе.

Использование отходов в качестве строительных материалов вторичных ресурсов позволяет не только снижать и предотвращать загрязнение окружающей среды, но и обеспечивать экономию основного сырья.

Как известно, сера в качестве побочного продукта нефте- и газопереработки, в частности переработки сернистых нефтей, получаемая при коксовании, при сжигании угля, выплавке меди, является одним из широко распространенных и многотоннажных промышленных отходов [1]. Значительному улучшению экологической ситуации в местах хранения серы, получаемой из отходов, может способствовать ее применение в производстве строительных материалов и строительной индустрии.

Существующие области применения серы в технологии бетонов: использование серы в виде расплава при температуре 140–155°C как вяжущего в производстве серных бетонов, растворов, мастик, герметиков; пропитка бетонных изделий расплавом серы. Однако эти способы связаны с известными технологическими трудностями [2, 3].

Авторами разработан способ использования серы для получения пропиточных составов на основе водного раствора – полисульфида кальция, содержащих спирты и поверхностно-активные вещества (ПАВ) для более глубокой пропитки материалов [4]. Пропиточные составы имеют следующие технические характеристики: концентрация 10–35%; плотность 1,1–1,32 г/см³, вязкость 3–4 сПз; значение рН 8–9.

Приготовление пропиточных составов включает грубый помол сухих компонентов (сера, оксид кальция, добавки) в шаровой мельнице; тонкий помол в дезинтеграторе; загрузку в химический реактор с мешалкой; добавление воды; нагрев и доведение до нужной концентрации; добавление ПАВ и спиртов, фильтрацию и упаковку в тару (рис. 1).

Предложенные серосодержащие пропиточные составы позволяют осуществлять пропитку цементных бетонов при комнатной температуре с целью снижения их водопоглощения, повышения морозостойкости, водонепроницаемости, прочности и долговечности [5–7].

Для решения проблемы увеличения долговечности бетона за счет предотвращения проникновения воды в его поровую структуру отечественными и зарубежными



Рис. 1. Оборудование для размол исходного сырья и получения серосодержащего пропиточного состава: а – шаровая мельница; б – химический реактор с мешалкой

Таблица 1

Образец	Общий объем пор*, %	Снижение объема пор, %	Водопоглощение по массе, W_m , %	Снижение W_m , %
Контрольный (необработанный) образец бетона (класса В10)	11,732	21,1	9,35	52,2
Пропитанный образец бетона (класса В10)	9,254		4,47	

Примечание. *Согласно данным ртутной порометрии.

исследователями предлагаются технологии, основанные на изготовлении низкопористых бетонов, а также на применении пропитки полимерами или поверхностной обработки бетона химическими продуктами (гидрофобизаторами) на органической основе, придающими бетону водоотталкивающие свойства [2, 3, 8–13].

Недостатком органических защитных покрытий и пропиток для бетона является возможность их деградации под действием атмосферных факторов, микроорганизмов, солнечной радиации и, как следствие, низкая долговечность такой защиты.

Другим методом долговременной защиты бетонов в условиях статического воздействия воды является применение материалов проникающей гидроизоляции бетона на минеральной основе, таких как Пенетрон, Ксайпекс, Кальматрон, Лахта и др. [11–13]. Повышение долговечности и улучшение гидроизоляционных свойств бетона при этом происходит за счет заполнения трещин и пор бетона нерастворимыми разветвленными игольчатыми кристаллами. Однако названные гидроизоляционные материалы относительно дороги, а также следует учитывать, что заполнение порового пространства продуктами реакции свободных соединений кальция, присутствующих в бетоне, с растворенными в воде химически активными компонентами материала требует определенного времени.

Достоинством рассматриваемых в работе серосодержащих пропиточных составов по сравнению с пропиткой бетонов композициями на органической основе (полимерами), а также с проникающей гидроизоляцией бетона является неорганическая химическая природа серы, что предопределяет долговечность эффекта модифицирования бетона, относительно низкая стоимость производства и простота применения [4]. Также предложенный способ модифицирования бетона является (технологически) более простым и менее энергоемким по сравнению с горячей пропиткой бетонов в расплаве серы.

Известно, что физико-механические и эксплуатационные свойства цементных бетонов в основном определяются структурой порового пространства, содержанием и распределением пор, обусловленных структурообразованием цементного камня матрицы на разных стадиях твердения бетона. Снижение объема капиллярных пор, а также более равномерное распределение пор по размерам, предопределяет снижение водопоглощения, повышение долговечности и прочности цементного камня и цементных бетонов.

Низкая вязкость пропиточных составов на основе полисульфида кальция позволяет при пропитке бетонных изделий молекулам серы в форме водного раствора проникать в поровое пространство цементного камня матрицы бетона на определенную глубину. При последующем естественном или принудительном осушении пропитанных бетонных изделий в порах цементного камня происходит распад молекул полисульфида кальция с образованием на поверхности пор нерастворимого в воде гидрофобного слоя из частиц элементной серы. Этот механизм модификации порового пространства бетона был подтвержден определением характеристик частиц, образующихся в поровой структуре пропитанного полисульфидом кальция известняка-ракушечника ($CaCO_3$), принятого в качестве модели мелкозернистого бетона. Частицы серы выделялись при растворении пропитанного образца известняка-ракушечника в растворе соляной кислоты. Выпавший в осадок высокодисперсный порошок желтого цвета был промыт дистиллированной водой и высушен. Измерения размеров частиц осадка на лазерном анализаторе Shimadzu Wing SALD 7101 показали на наличие наночастиц со средними размерами 20 нм. Химический анализ подтвердил, что частицы, выпавшие в осадок из полисульфидного раствора, являются элементной серой, а рентгеновский дифракционный анализ на рентгеновском дифрактометре Rigaku Ultima IV по-

Таблица 2

Обработка образцов	Прочность на сжатие, МПа	Упрочнение, %	Водопоглощение по объему, %	Снижение водопоглощения по объему, %
Образцы цементно-песчаного раствора (В/Ц=0,5)				
Контрольные	15,3	–	18,2	–
1-й цикл пропитки	23,1	51	13,2	27,5
2-й цикл пропитки	28,2	84,3	9,1	50
3-й цикл пропитки	31,2	104	5,6	69,2
Образцы виброформованного цементного камня (В/Ц=0,25)				
Контрольные	56,5	–	21,5	–
1-й цикл пропитки	86,5	53,1	14,1	34,5
2-й цикл пропитки	89,6	58,5	12,6	41,3
3-й цикл пропитки	91	61,1	11	48,8

Таблица 3

Образцы	Водопоглощение по массе, % по ГОСТ 12730.3–78	Снижение водопоглощения по массе, %	Марка по морозостойкости по ГОСТ 10060–2012	Повышение марки по морозостойкости
Контрольные	3,6	–	F300	–
Модифицированные	1,7	47	F500	1,7 раза

казал на наличие орторомбической структуры, свойственной элементной сере.

Кроме того, данные, полученные с помощью сканирующего мультимикроскопа СММ-2000Т, показывают, что в результате обработки образцов бетона пропиточным составом на поверхности пор цементного камня матрицы появляются образования из наночастиц серы с поперечными размерами 20–150 нм и высотой 2–10 нм [7].

Исследования влияния пропитки составами на основе полисульфидов на структуру пористости цементного камня и бетона показали, что высокая проникающая способность пропиточного состава обеспечивает проникновение раствора в поры цементного камня матрицы бетона радиусом от 5 до 100 нм. Так, для образцов мелкозернистого цементного бетона класса по прочности на сжатие В10, модифицированных путем погружения их на 4 ч в ванну с пропиточным составом, методом ртутной порометрии с использованием прибора «Порозиметр 2000» были произведены исследования поровой структуры модифицированного бетона с контролем водопоглощения по массе. Результаты показывают, что пропитка образцов мелкозернистого бетона позволяет модифицировать как капиллярные (размером 10^2 – 10^4 нм), так и гелевые поры (размером менее 10^2 нм), достичь улучшения дифференциальной пористости цементной матрицы, снижения общего объема пор на 22%, при этом снижение водопоглощения составило 50–55% (табл. 1).

Таким образом, модифицирование цементного бетона пропиточными серосодержащими растворами позволяет регулировать структуру капиллярной пористости цементного камня, обеспечивая снижение водопоглощения и повышение морозостойкости и долговечности бетона за счет частичного запечатывания пор и покрытия поверхности пор всех рангов гидрофобным слоем стабильной во времени твердой фазы на основе наночастиц элементной серы, препятствующим проникновению воды в поровую структуру. При этом глубина пропитки и параметры порового пространства модифицированных бетонов зависят от длительности и количества циклов пропитки, температуры пропиточного состава и режима вакуумной пропитки.

Результаты, иллюстрирующие эффективность одно-, двух-, трехкратной пропитки водным раствором полисульфида кальция (плотностью $1,22 \text{ г/см}^3$) малоразмерных образцов (кубы $2 \times 2 \times 2 \text{ см}$) виброформованного цементного камня и образцов (кубы $4 \times 4 \times 4 \text{ см}$) цементно-песчаного раствора (состав 1:3) методом полного погружения на 4 ч, приведены в табл. 2.

Данные табл. 2 показывают, что для модифицирования более пористой структуры цементно-песчаного раствора с $V/C=0,5$ необходима 2–3-кратная пропитка образцов, что обеспечивает снижение водопоглощения по объему на 50–70% и двукратное повышение прочности малоразмерных образцов (при пропитке на глубину 16–20 мм). Для модифицирования структуры виброформованного цементного камня с $V/C=0,25$ достаточно 1–2-кратной пропитки, обеспечивающей снижение водопоглощения по объему на 35–40% и повышение прочности малоразмерных образцов при пропитке на глубину 8–10 мм на 50–60%.

В табл. 3 приведены данные по эффективности модифицирования структуры тяжелого цементного бетона

Список литературы

1. Хохлов А.В. Справочные материалы по географии мирового хозяйства. Тула: Консалтинговая компания Влант, 2011. 142 с.
2. Баженов Ю.М. Бетонполимеры. М.: Стройиздат, 1983. 472 с.
3. Патуроев В.В. Полимербетоны. М.: Стройиздат, 1987. 286 с.
4. Патент РФ 2416589. Состав для обработки строительных материалов и способ их обработки /



Рис. 2. Пропитка бетонных бордюрных камней в условиях ОАО «Башкиравтодор»

(кубы $10 \times 10 \times 10 \text{ см}$) класса по прочности на сжатие В25 водным раствором полисульфида кальция плотностью $1,22 \text{ г/см}^3$ в течение 4 ч.

Пропитка образцов полным погружением позволяет достичь снижения водопоглощения по массе до 47%, повышение марки по морозостойкости – в 1,7 раза.

На основании анализа результатов проведенных исследований разработана и рекомендована для производства использования технология модифицирования бетонных стеновых и дорожных изделий водными растворами полисульфида кальция полным погружением в ванну, которая предусматривает естественную сушку изделий, их погружение в ванну с пропиточным раствором на 3–4 ч и пропитку на глубину 15–30 мм, естественное осушение изделий на складе предприятия (рис. 2). Удорожание пропитываемых бетонных изделий составляет 6–10% от их стоимости при повышении долговечности в 1,5–2 раза.

По данной технологии в производственных условиях на базе ООО «Берлек Плюс» треста БНЗС и ОАО «Башкиравтодор» были выпущены опытные партии тротуарных изделий, которые используются при благоустройстве территорий ряда объектов в Уфе.

Модифицирование поверхности бетонных изделий и железобетонных конструкций в условиях строительной площадки может производиться 2–3-кратным кистеванием. Глубина пропитки бетона в этом случае составляет от 10 до 15 мм, что позволяет достичь снижения водопоглощения по массе на 30–35%, повышения долговечности в 1,5 раза.

Повышенные показатели плотности, водонепроницаемости, морозостойкости, химической стойкости и долговечности бетонов, модифицированных серосодержащими растворами, позволяют прогнозировать их успешное использование в широком спектре направлений строительной индустрии, в том числе в дорожном и водохозяйственном, например для пропитки железобетонных лотков, труб, арок засыпных мостов, дорожных плит, тротуарной плитки мощения и других изделий и конструкций, что обеспечит значительный экономический эффект за счет повышения сроков их эксплуатации.

References

1. Khokhlov A.V. Spravochnye materialy po geografii mirovogo khozyaistva [Background materials on the geography of the world economy]. Tula: Konsaltingovaya kompaniya Vlant. 2011. 142 p.
2. Bazhenov Yu.M. Betonopolimery [Polymers of concrete]. Moscow: Stroyizdat. 1983. 472 p.
3. Paturuev V.V. Polimerbetony [Polymer concrete]. Moscow: Stroyizdat. 1987. 286 p.

- Массалимов И.А., Бабков В.В., Мустафин А.Г. Заявл. 23.09.2009. Опубл. 20.04.2011. Бюл. № 11.
5. Массалимов И.А., Волгушев А.Н., Чуйкин А.Е., Хусаинов А.Н., Мустафин А.Г. Долговременная защита строительных материалов покрытиями на основе наноразмерной серы // *Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал*. 2010. № 1. С. 45–58. http://www.nanobuild.ru/ru_RU/journal/Nanobuild_1_2010_RUS.pdf (дата обращения 01.06.2016).
 6. Массалимов И.А., Мустафин А.Г., Чуйкин А.Е., Волгушев А.Н., Массалимов Б.И., Хусаинов А.Н. Упрочнение и увеличение водонепроницаемости бетона покрытиями на основе наноразмерной серы // *Нанотехнологии в строительстве: научный интернет-журнал*. 2010. № 2. С. 54–61. http://www.nanobuild.ru/ru_RU/journal/Nanobuild_2_2010_RUS.pdf (дата обращения 01.06.2016).
 7. Massalimov I.A., Yanakhmetov M.R., Chuykin A.E., Mustafin A.G. Protection of building constructions with sulfur impregnating solution // *Study of Civil Engineering and Architecture (SCEA)*. 2013. Vol. 2. Is. 2, pp. 19–24.
 8. Atcin P.-C. High performance concrete. CRC Press. 2011. 624 p.
 9. Day K.W., Aldred J., Hudson B. Concrete mix design, quality control and specification, fourth edition. CRC Press. 2013. 352 p.
 10. French C. Durability of concrete structures. *Structural Concrete*. 2003. Vol. 4, No. 3, pp. 101–107.
 11. Patent US №5728428 A. *Composition for protecting a body of concrete, a process for preparing same, and a method for the protection of a body of concrete*. Rusinov A., Rusinov N., Rusinov H. Declared 01.06.1995. Published 17.03.1998.
 12. Темников Ю.Н. Кальматрон – верное средство в борьбе с водой // *Строительные материалы*. 2002. № 12. С. 42–43.
 13. Гидроизоляция «Лакхта» на фоне зарубежных аналогов // *Строительные материалы*. 2002. № 1. С. 6–7.
 4. Patent RF 2416589. *Sostav dlya obrabotki stroitel'nykh materialov i sposob ikh obrabotki* [Composition for treatment of construction materials and method of their processing]. Massalimov I.A., Babkov V.V., Mustafin A.G. Declared 23.09.2009. Published 20.04.2011. Bulletin No. 11. (In Russian).
 5. Massalimov I.A., Volgushev A.N., Chuikin A.E., Khusainov A.N., Mustafin A.G. Long-term protection of building materials coatings based on nanoscale sulfur. *Nanotekhnologii v stroitel'stve: scientific Internet-journal*. 2010. No. 1, pp. 45–58. (http://www.nanobuild.ru/ru_RU/journal/Nanobuild_1_2010_RUS.pdf date of access 01.06.2016). (In Russian).
 6. Massalimov I.A., Mustafin A.G., Chuikin A.E., Volgushev A.N., Massalimov B.I., Khusainov A.N. The hardening and increasing of the water resistance of concrete coatings based on nanoscale sulfur. *Nanotekhnologii v stroitel'stve: scientific Internet-journal*. 2010. No. 2, pp. 54–61. (http://www.nanobuild.ru/ru_RU/journal/Nanobuild_2_2010_RUS.pdf date of access 01.06.2016). (In Russian).
 7. Massalimov I.A., Yanakhmetov M.R., Chuykin A.E., Mustafin A.G. Protection of building constructions with sulfur impregnating solution. *Study of Civil Engineering and Architecture (SCEA)*. 2013. Vol. 2. Is. 2, pp. 19–24.
 8. Atcin P.-C. High performance concrete. CRC Press. 2011. 624 p.
 9. Day K.W., Aldred J., Hudson B. Concrete mix design, quality control and specification, fourth edition. CRC Press. 2013. 352 p.
 10. French C. Durability of concrete structures. *Structural Concrete*. 2003. Vol. 4, No. 3, pp. 101–107.
 11. Patent US №5728428 A. *Composition for protecting a body of concrete, a process for preparing same, and a method for the protection of a body of concrete*. Rusinov A., Rusinov N., Rusinov H. Declared 01.06.1995. Published 17.03.1998.
 12. Temnikov Yu.N. Kal'matron is the correct tool in the fight against water. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2002. No. 12, pp. 42–43. (In Russian).
 13. Waterproofing «Lakhta» compared to foreign analogues. *Stroitel'nye Materialy* [Construction materials]. 2002. No. 1, pp. 6–7. (In Russian).

24–27 января 2017 | Красноярск



ПРИГЛАШАЕМ ПРИНЯТЬ УЧАСТИЕ В
XXV СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ВЫСТАВКЕ

СТРОИТЕЛЬСТВО АРХИТЕКТУРА

ВЕДУЩАЯ СТРОИТЕЛЬНАЯ И ИНТЕРЬЕРНАЯ ВЫСТАВКА
СИБИРИ И ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

Одновременно пройдет выставка строительной и складской техники
и оборудования «ТехСтройЭкспо. Дороги»

В ПРОГРАММЕ:

- VI Архитектурно–строительный форум Сибири
- Сибирский фестиваль архитектуры



МВДЦ «Сибирь», ул. Авиаторов, 19
тел.: (391) 22-88-405, 22-88-611
build@krasfair.ru, www.krasfair.ru



УДК 666.941

В.И. ВИННИЧЕНКО¹, д-р техн. наук (vvinnichenko@ukr.net);
А.Н. РЯЗАНОВ², канд. техн. наук (aryazanov@hotmail.com);
Н.Ю. ВИЦЕНКО³, канд. техн. наук (vitsenko.n@ukr.net)

¹ Харьковский национальный университет строительства и архитектуры (61002, Украина, г. Харьков, ул. Сумська, 40)

² Уфимский государственный нефтяной технический университет (450062, Россия, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

³ Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры (49600, Украина, г. Днепропетровск, ул. Чернышевского, 24а)

Термодинамическая оценка условий образования первичных клинкерных минералов при обжиге доломитсодержащей шихты

Проведен анализ возможности снижения энергетических затрат на обжиг доломитового клинкера путем оценки теоретических затрат энергии на процесс. Рассмотрены изменения энтальпии химических реакций образования основных минералов. Установлено, что наибольшей термодинамической вероятностью характеризуются реакции, продуктами которых являются: двухкальциевый силикат, трехкальциевый алюминат и моноалюминат кальция. Присутствие органики в сырьевой смеси способствует уменьшению изменения энтальпии химических реакций. Термодинамическая оценка вероятности образования первичных клинкерных минералов при низкотемпературном обжиге двухкомпонентной кремнеземисто-доломитной шихты с использованием топливосодержащих отходов углеобогащения показала, что при наличии в сырьевой смеси органической составляющей синтез двухкальциевого силиката и трехкальциевого алюмината термодинамически возможен с меньшими затратами энергии на образование указанных клинкерных минералов.

Ключевые слова: доломитовый цемент, обжиг клинкера, двухкальциевый силикат, доломитовый отсев, отходы обогащения углей.

V.I. VINNICHENKO¹, Doctor of Sciences (Engineering) (vvinnichenko@ukr.net); A.N. RYAZANOV², Candidate of Sciences (Engineering) (aryazanov@hotmail.com); N.Yu. VITSENKO³, Candidate of Sciences (Engineering) (vitsenko.n@ukr.net)

¹ Kharkiv National University of Construction and Architecture (40, Sumska Street, Kharkov, 61002, Ukraine)

² Ufa State Petroleum Technological University (1, Kosmonavtov Street, Republic of Bashkortostan, Ufa, 450062, Russian Federation)

³ Prydniprov'ska State Academy of Civil Engineering and Architecture (24a, Chernyshevskogo Street, Dnipropetrovsk, 49600, Ukraine)

Thermodynamic Evaluation of Formation Conditions of Primary Clinker Minerals When Burning Dolomite-Containing Charge

On the basis of the analysis of literature sources, advantages and disadvantages of magnesium binders in comparison with Portland cement are presented. Among advantages are a low temperature of burning, better grindability, high strength, fast hardening, reducing the energy cost for heat treatment. The cost of magnesium cement production is approximately two times lower than the cost of Portland cement. The main disadvantage is a need for mixing not with water but with water solutions of salts. Scientific studies which conducted in the last years are devoted to the creation and improvement in properties of magnesium cements mixed with salt solutions. The theoretical analysis of possibility to obtain clinker minerals which are able to gain strength in interaction with water has been made. Changes in the enthalpy of chemical reactions of the formation of minerals are considered. It is established that reactions, products of which are belit, tricalcium aluminate, and calcium monoaluminate, are characterized by the greatest thermodynamic probability. The comparative analysis of proceeding of reactions among mineral components and at addition of an organic component in the raw mixture is made. It is shown that the presence of organics in the raw mixture contributes to increasing the thermodynamic probability of proceeding of chemical reactions.

Keywords: dolomite cement, clinker burning, thermodynamic probability, chemical reactions, heat energy, energy efficiency, enthalpy, belit, dolomite screenings, waste of coal beneficiation, burning, reducing heat input.

Широко распространенная в мире технология производства портландцемента является одной из наиболее энергозатратных, поскольку получение клинкера предполагает обжиг до спекания компонентов сырьевой шихты [1].

В последнее время внимание исследователей привлекают доломитовые цементы [2–4], которые требуют значительно меньше энергозатрат на обжиг, чем портландцемент [5–7].

Производство магнезиальных вяжущих из доломитов имеет ряд технологических преимуществ по сравнению с производством портландцемента, а именно более низкую температуру обжига, лучшую размальваемость, исключение из производственного цикла процесса тонкой гомогенизации сырьевой шихты. К достоинствам вяжущих следует отнести высокую прочность, быстрое схватывание и твердение. Себестоимость производства доломитового цемента приблизительно в два раза ниже, чем портландцемента.

В то же время основными недостатками магнезиальных вяжущих являются их низкая водостойкость и необходимость затворения не водой, а водными растворами солей $MgCl_2$, $MgSO_4$, $FeCl_2$, $FeSO_4$ и др., что ограничивает и удорожает их применение, снижает конкурентные свойства на рынке минеральных вяжущих.

Поэтому разработка способов повышения водостойкости магнезиальных вяжущих и обеспечения их твердения при затворении водой представляет собой актуальную научную проблему.

Одним из возможных способов качественного изменения механизма твердения доломитового цемента является его получение из поликомпонентных искусственных силикатно-алюминатно-карбонатных сырьевых смесей. При этом в качестве кремнеземисто-глиноземистого сырья предлагается использовать гравитационные отходы обогащения углей (ООУ), а магнезиальным компонентом может служить доломитовый отсев фракциями 0–10 мм. Указанные сырьевые материалы относятся к крупнотоннажным отходам горнодобывающей промышленности. Примечательной особенностью ООУ является повышенное содержание в их составе угольных частиц (до 20% и выше). Присутствие топливных включений предопределяет выраженные теплотворные свойства отходов и сырьевых составов на их основе.

Анализ результатов проводившихся в этой области исследований показал, что научные подходы к созданию магнезиальных цементов были направлены на получение вяжущих, которые не набирали прочность при

Формула	$\Delta H^{\circ}_{298,15}$, ккал/ моль	$\Delta G^{\circ}_{298,15}$, ккал/ моль	$C_p = f(t)$		
			a	$b \cdot 10^3$	$c' \cdot 10^{-5}$
CaCO ₃	288,45	269,78	24,98	5,24	-6,2
MgCO ₃	266	246	18,62	13,8	-4,16
Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂ ·2H ₂ O	984	907,4	57,47	35,3	-7,86
β-2CaO·SiO ₂	551,74	524,19	36,25	8,83	-7,24
MgO·SiO ₂	370,25	349,48	24,56	4,74	-6,23
Al ₂ O ₃	400,48	378,2	27,4	3,06	-8,47
CO ₂	94,05	94,26	10,55	2,16	-2,04
H ₂ O	68,315	56,687	12,65	11,38	1,73
SiO ₂	217,75	204,75	11,22	8,2	-2,7
MgO·Al ₂ O ₃	546,054	549,9	36,8	6,4	-9,78
MgO	143,84	136,13	10,18	1,74	-1,48
Al ₂ O ₃ ·SiO ₂ андалузит	619,57	584,72	41,22	6,24	-12,22
Al ₂ O ₃ ·SiO ₂ кианит	620,11	585,91	41,05	6,98	-12,46
Al ₂ O ₃ ·SiO ₂ силлиманит	618,83	583,75	39,3	8,04	-11,02
3Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	1631,62	1539,98	115,9	11,2	-37
Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	807,46	758,46	7,06	5,1	-4,87
CaO·Al ₂ O ₃	556,18	527,7	36,01	9,98	-7,96
3CaO·Al ₂ O ₃	851	808,4	62,28	4,58	-12,09
CaO·MgO·2SiO ₂	765,46	723,837	52,87	7,84	-15,74
CaO·MgO·SiO ₂	540,88	512,776	34,54	9,21	6,81
2CaO·MgO·2SiO ₂	926,66	879,49	60,9	11,4	11,4
3CaO·Al ₂ O ₃ ·2SiO ₂	1091,64	1037,332	72,97	11,96	14,44
2CaO·Al ₂ O ₃ ·SiO ₂	945,55	898,74	53,73	17,68	-0,89

смешивании с водой, а требовали в качестве затворителей использования соляных растворов [8–13].

Внимания комплексному подходу с оценкой энергоэффективности производства таких вяжущих почти не уделяется.

Целью настоящих исследований явились:

– термодинамическая оценка вероятности образования клинкерных минералов β-C₂S, C₃A, CA при обжиге доломитсодержащей шихты;

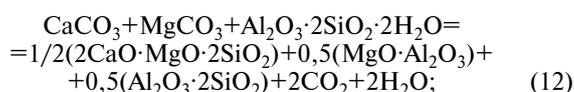
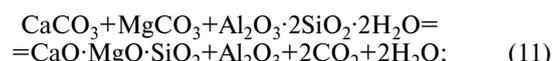
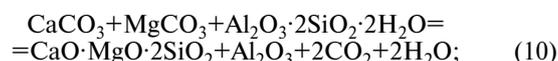
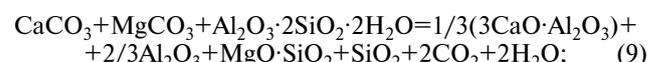
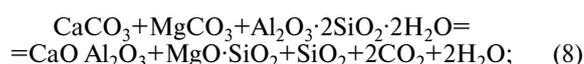
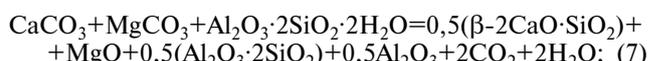
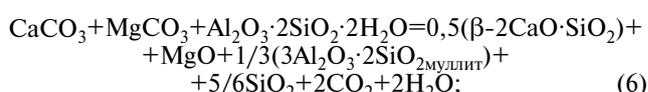
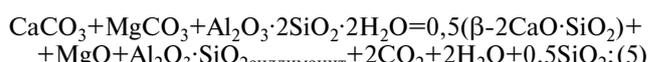
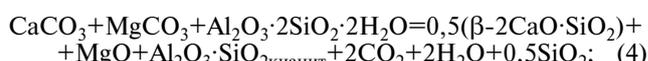
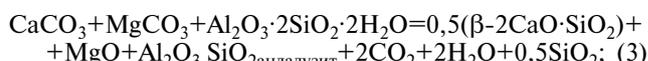
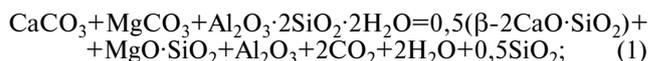
– анализ возможности снижения энергетических затрат на обжиг путем оценки теоретических затрат энергии на процесс образования первичных клинкерных минералов, придающих доломитовому цементу способность к гидратационному твердению.

С этой целью рассматривались изменения энтальпии химических реакций образования основных минералов, способных придать магнезиальному вяжущему способность к гидратационному твердению с образованием гидросиликатов и гидроалюминатов кальция.

Необходимые условия сравнения термодинамической вероятности образования минералов при протекании химических реакций сформулированы в [14]. Суть условий в том, что для всех реакций, которые рассматриваются, в левой части уравнений химических реакций берут одинаковое количество исходных веществ. Тогда значение изменений энтальпии реакций конечных продуктов становится таким, что их можно сравнить.

Термические константы веществ, использованных при осуществлении анализа, представленные в таблице, взяты из [14–17].

Для определения термодинамической вероятности протекания химических реакций составлены уравнения (1–14), в которых рассмотрено взаимодействие только минеральных составляющих смеси:



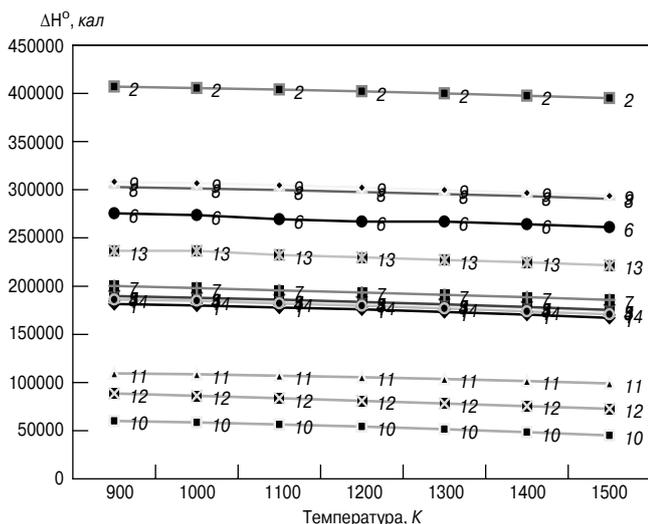
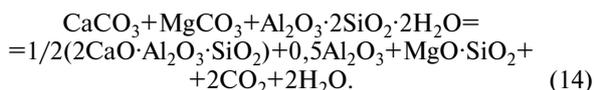
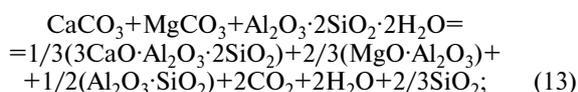


Рис. 1. Влияние температуры на изменение энтальпии реакций 1–14



Проанализировав рис. 1, можно заключить, что наиболее вероятно течение реакций 2, 9 и 8, продуктами которых являются двухкальциевый силикат, трехкальциевый алюминат и моноалюминат кальция. Это свидетельствует о том, что в смеси отходов доломита и отходов обогащения угля возможно образование клинкерных минералов, которые обладают способностью затвердевать при использовании воды как затворителя.

С целью установления влияния органической составляющей смеси на процесс протекания реакций в минеральной составляющей той же смеси при различной температуре приведены реакции (15–28) и рис. 2.

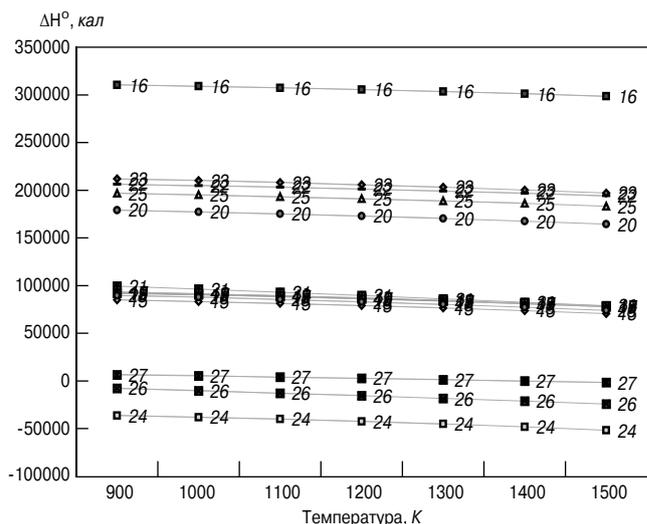
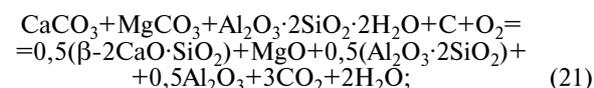
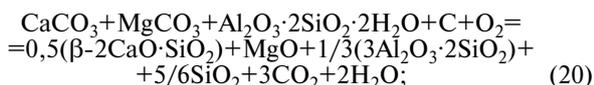
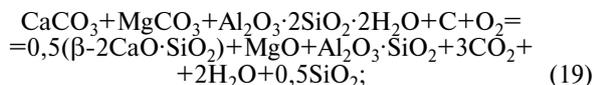
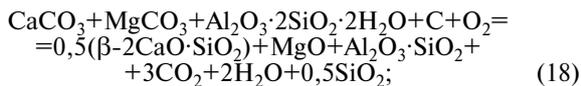
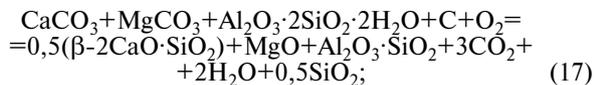
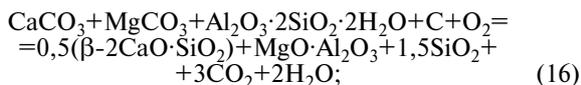
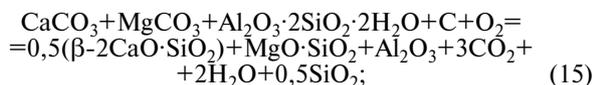
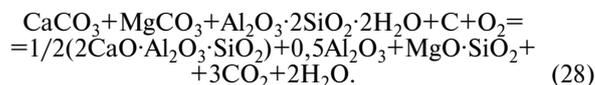
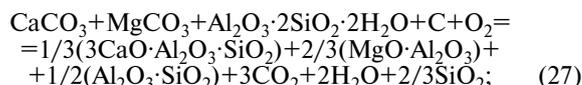
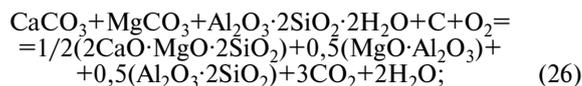
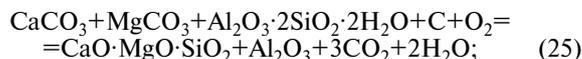
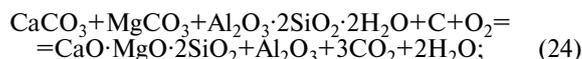
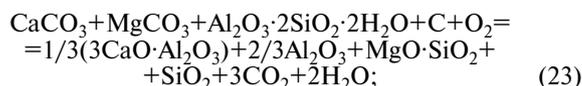
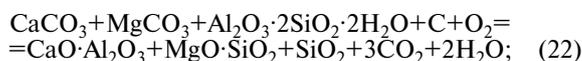


Рис. 2. Влияние температуры на изменение энтальпии реакций 15–28



Если рассмотреть, например, линию 2 (рис. 1) и сравнить ее с линией 16 (рис. 2), то становится понятно, что создание тех же твердых продуктов реакций в случае появления органики в сырьевой смеси способствует уменьшению изменения энтальпии химической реакции.

Кроме названных реакций и все остальные реакции требуют меньше тепловой энергии для осуществления.

Сравнив между собой полученные результаты термодинамического анализа, можно сказать, что наличие в сырьевой смеси органической составляющей способствует уменьшению энтальпии химических реакций образования первичных клинкерных минералов.

Поскольку при переводе энтальпии химических реакций минералов в единицу кДж/кг клинкера эта величина становится теоретическим удельным расходом тепла на обжиг 1 кг клинкера, можно сделать вывод, что фактические расходы тепла на обжиг доломитового клинкера также будут снижены.

Таким образом, термодинамическая оценка вероятности образования первичных клинкерных минералов при низкотемпературном обжиге двухкомпонентной кремнеземисто-доломитовой шихты с использованием

топливосодержащих отходов углеобогащения показала, что при наличии в сырьевой смеси органической составляющей синтез двухкальциевого силиката и трех-

кальциевого алюмината термодинамически возможен с меньшими затратами энергии на образование указанных клинкерных минералов.

Список литературы

1. Duda Walter H. Cement-Data-Book. Wiesbaden: Bauverlag. 1977, pp. 363–365.
2. Зырянова В.Н., Бердов Г.И., Тюленева Н.И. Композиционные магнезиальные вяжущие материалы // *Актуальные проблемы в строительстве и архитектуре. Образование. Наука. Практика: Материалы Всероссийской научно-технической конференции.* Самара. 2007. С. 189.
3. Шабанова Г.Н., Тараненкова В.В., Смал Г.Л., Кузменков Е.Д. Исследование продуктов гидратации магнезиального вяжущего на основе каустического доломита // *Вестник НТУ «ХПИ».* 2012. № 32. С. 184–188.
4. Шабанова Г.Н. Высокоэффективные магнезиальные вяжущие материалы на основе отечественного сырья // *Сборник научных трудов.* Вып. 138. Харьков: УкрГАЗТ, 2013. С. 148–154.
5. Борисов И.Н., Винниченко В.И., Рязанов А.Н. Энергоэффективные строительные материалы на основе доломита и угольных отходов // *Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: Межвуз. сб. статей БГТУ им. В.Г. Шухова.* 2013. Вып. XII. С. 98–107.
6. Плугин А.А., Винниченко В.И., Борзяк О.С., Рязанов А.Н. Доломитовый цемент, затворяемый водой // *Сборник научных трудов.* Вып. 143. Харьков: УкрГАЗТ, 2014. С. 87–97.
7. Рязанов А.Н., Винниченко В.И., Плугин А.А. Теоретическое обоснование комплексного использования доломита и угольных отходов для получения строительных материалов // *Сборник научных трудов.* Вып. 138. Харьков: УкрГАЗТ, 2013. С. 77–85.
8. Sorel S. Improved composition to be used as a cement and as a plastic material for molding various articles. United States Patent Office. Patent 53/092. 6 March 1866. Paris. France.
9. Байков А.А. Каустический магнезит, его свойства и отвердевание // *Журнал русского металлургического общества.* 1913. № 1. С. 207.
10. De Wolff P.M., Walter-Levy M.L. Hydratations prozesse und Erhartungs eigenschaften in Systemen MgO–MgCl₂ // *Zement-Kalk-Gips.* 1953. No. 4, pp. 125–137.
11. Kasai J., Ichiba M., Nakanara M. Mechanism of the hydration of magnesia cement // *Bulletin of the Chemical Society of Japan.* 1956. Vol. 63. No. 7, pp. 1182–1184.
12. Волженский А.В. Минеральные вяжущие вещества // М.: Стройиздат, 1986. 464 с.
13. Mazuranic C., Biliuski. H., Matcovic B. Magnesium oxychloride cement obtained from partially calcined dolomite // *Journal of the American Ceramic Society.* 1982. Vol. 65. No. 10, pp. 523–526.
14. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мchedlov-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. М.: Госстройиздат, 1965. 352 с.
15. Глушко В.П. Термические константы веществ. Справочник в десяти выпусках. Выпуск IV (С, Si, Ge, Sn, Pb). Ч. I: Таблицы принятых значений. М.: ВИНТИ, 1970. 510 с.
16. Ландия Н.А. Расчет высокотемпературных теплоемкостей твердых неорганических веществ по стандартной энтропии. Тбилиси: Изд. АН ГрузССР, 1962. 223 с.
17. Наумов Г.Б., Рыженко Б.Н., Ходаковский И.Л. Справочник термодинамических величин (для геологов). М.: Атомиздат, 1971. 240 с.

References

1. Duda Walter H. Cement-Data-Book. Wiesbaden: Bauverlag. 1977, pp. 363–365.
2. Zyryanova V.N., Berdov G. I., Tyuleneva N. I. Composite magnesia binders. *Current problems in construction and architecture. Education. The science. Practice: Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference.* Samara. 2007. 189 p.
3. Shabanova G.N., Taranenkova V.V., Smal G.L., Kuzmenkov E.D. Study of hydration products based on magnesia binder caustic dolomite. *Vestnik NTU «KPI».* 2012. No. 32. pp. 184–188. (In Ukraine).
4. Shabanova G.N. Highly magnesia binders based on domestic raw materials. *Collection of scientific works.* Vol. 138. Kharkov: UkrGAZHT. 2013. pp. 148–154. (In Ukraine).
5. Borisov I.N., Vinnichenko V.I., Ryzanov A.N. Energy-efficient building materials on the basis of dolomite and coal waste. *Energy-saving technological systems and equipment for the production of building materials. Interuniversity collection of articles BSTU named after V.G. Shukhov.* 2013. Vol. XII, pp. 98–107. (In Russian).
6. Plugina A.A., Vinnichenko V.I., Borzyak O.S., Ryzanov A.N. Dolomite cement, water soluble. *Collection of scientific works.* 2014. Vol. 143. Kharkov: UkrGAZHT, pp. 87–97. (In Ukraine).
7. Ryzanov A.N., Vinnichenko V.I., Plugina A.A. Theoretical substantiation of complex use of dolomite and coal waste to produce building materials. *Collection of scientific works.* 2013. Vol. 138. Kharkov: UkrGAZHT, pp. 77–85. (In Ukraine).
8. Sorel S. Improved composition to be used as a cement and as a plastic material for molding various articles. United States Patent Office. Patent 53/092. 6 March 1866. Paris. France.
9. Baykov A.A. Caustic magnesite, its properties and solidification. *Zhurnal russkogo metallurgicheskogo obshchestva.* 1913. No. 1, p. 207. (In Russian).
10. De Wolff P.M., Walter-Levy M.L. Hydratations prozesse und Erhartungs eigenschaften in Systemen MgO–MgCl₂. *Zement-Kalk-Gips.* 1953. No. 4, pp. 125–137.
11. Kasai J., Ichiba M., Nakanara M. Mechanism of the hydration of magnesia cement. *Bulletin of the Chemical Society of Japan.* 1956. Vol. 63. No. 7, pp. 1182–1184.
12. Volzhenskiy A.B. Mineralnyye vyazhushchiye veshchestva [Mineral binders]. Moscow: Stroyizdat. 1986. 464 p.
13. Mazuranic C., Biliuski. H., Matcovic B. Magnesium oxychloride cement obtained from partially calcined dolomite. *Journal of the American Ceramic Society.* 1982. Vol. 65. No. 10, pp. 523–526.
14. Babushkin V.I., Matveyev G.M., Mchedlov-Petrosyan O.P. Termodinamika silikatov [Thermodynamics of silicates]. Moscow: Gosstroyizdat. 1965. 352 p.
15. Glushko V.P. Termicheskiye konstanty veshchestv. Spravochnik v desyati vypuskakh. Vypusk IV (S. Si. Ge. Sn. Pb). Chast I – Tablitsy prinyatykh znacheniy [Thermal constants of substances. Directory in ten editions. Edition IV (C, Si, Ge, Sn, Pb). Part I – Tables of accepted values]. Moscow: VINITI. 1970. 510 p.
16. Landiya N.A. Raschet vysokotemperaturnykh tpeloyemkostey tverdykh neorganicheskikh veshchestv po standartnoy entropii [Calculation of high-temperature heat capacities of solid inorganic substances at the standard entropy]. Tbilisi: Univ. Academy of Sciences of the Georgian SSR. 1962. 223 p.
17. Naumov G.B., Ryzhenko B.N., Khodakovskiy I.L. Spravochnik termodinamicheskikh velichin (dlya geologov) [Handbook of thermodynamic quantities (geologists)]. Moscow: Atomizdat. 1971. 240 p.

М.А. ГОНЧАРОВА, д-р техн. наук (magoncharova777@yandex.ru), И.А. ТКАЧЕВА, инженер
Липецкий государственный технический университет (398600, г. Липецк, ул. Московская, 30)

Практический опыт применения щебеночно-мастичного асфальтобетона с использованием активированного минерального порошка

В работе приведен опыт применения активированного минерального порошка в составе щебеночно-мастичного асфальтобетона (ЩМА). Проведены и показаны результаты лабораторных испытаний различных составов ЩМА. В заключение описаны основные преимущества асфальтобетона, выявленные в процессе укладки смеси и эксплуатации асфальтобетонного покрытия, а именно хорошие физико-механические свойства смеси, отсутствие колейности и других разрушений покрытия.

Ключевые слова: щебеночно-мастичный асфальтобетон, активированный минеральный порошок, опыт устройства.

M.A. GONCHAROVA, Doctor of Sciences (Engineering) (magoncharova777@yandex.ru), I.A. TKACHEVA, Engineer
Lipetsk State Technical University (30, Moskovskaya Street, 398600, Lipetsk, Russian Federation)

Practical Experience in Applying the Crushed Stone-Mastic Asphalt Concrete with the Use of Activated Mineral Powder

The article presents the experience in using the activated mineral powder in the composition of crushed stone-mastic asphalt concrete (CMA). Results of the laboratory tests of various composition of CMA are presented and shown. In conclusion, main advantages of asphalt concrete identified in the process of concrete mix placing and operation of the asphalt concrete pavement are described; they are good physical-mechanical properties of the mix, absence of rutting and other pavement distresses.

Keywords: crushed stone-mastic asphalt concrete, activated mineral powder, experience in making.

Щебеночно-мастичный асфальтобетон (ЩМА) стали применять на территории России начиная с 2000-х гг. для устройства верхних слоев покрытий автомобильных дорог. Уже в 2002 г. вышел ГОСТ 31015 «Смеси асфальтобетонные и асфальтобетон щебеночно-мастичные», регламентирующий основные параметры, технические требования и методы контроля материалов и асфальтобетонной смеси. К настоящему времени уложено более 25 млн м² покрытий такого вида [1–4].

Опыт устройства дорожных покрытий из ЩМА в Липецкой области развивается в нескольких направлениях. Так, в 2012 г. разработаны и оптимизированы составы ЩМА на основе шлакового щебня, которые применили при капитальном ремонте пр. Победы в Липецке. В 2015 г. в городе был произведен ремонт асфальтобетонного покрытия по ул. Катукова с заменой верхнего слоя щебеночно-мастичным асфальтобетоном марки ЩМА-20.

К основным материалам, применяемым для производства ЩМА, относятся щебень различных фракций (до 80 мас. %), отсеv дробления каменного материала, битумное вяжущее, минеральный порошок, адгезионная добавка и стабилизирующая добавка как обязательный компонент. Для экспериментального исследования были выбраны битум вязкий дорожный БНД 60/90, гранитный щебень фр. 5–20 мм, песок из отсеv дробления гранитного щебня фр. 0–5 мм, активированный минеральный порошок марки МП-1ГФ, адгезионная добавка ДАД-С, стабилизирующая добавка «Стилобит».

При выборе марки минерального порошка учтен опыт работы с неактивированным минеральным порошком. В качестве объекта исследования выбрана горячая плотная мелкозернистая смесь типа Б марки П. В результате проведения пробных замесов выявлено снижение количества битума на 0,5% при применении активированного минерального порошка.

На основе вышеперечисленных материалов разработано пять составов асфальтобетонной смеси с различным содержанием минерального порошка для проведения эксперимента. Количество материалов в каждом составе приведено в табл. 1.

В качестве наполнителя выбран активированный минеральный порошок, так как он лучше смачивается битумом (имеет улучшенную адгезию), не впитывает влагу, т. е. обладает гидрофобными свойствами, не слеживается при хранении и транспортировании, обладает пониженной пористостью.

Сущность активации минерального порошка марки МП-1ГФ на основе известнякового щебня заключается в том, что процесс измельчения исходного сырья сопровождается его обработкой активирующими веществами: катионными поверхностно-активными веществами (ПАВ) и битумом. Устанавливаются прочные химические связи на поверхности частиц размером 70 мк, обработанных активатором. Впрыснутое в измельчительную камеру особым образом вещество обволакивает каждую частицу минпорошка пленкой толщиной порядка 15 нм. В результате вся масса наполнителя приобретает новые свойства.

Основные показатели и характеристики порошка представлены в табл. 2.

В качестве стабилизирующей добавки выбран материал марки «Стилобит» на основе комбинированного минерального волокна – хризотилового и базальтового, пропитанного битумным вяжущим. Данная добавка повышает усталостную прочность асфальтобетона, имеет высокую термостойкость (до 700°C), следовательно, не меняет своих свойств при перегреве и при повышенной влажности, что увеличивает срок ее хранения и использования.

Подобранные составы были испытаны на основные показатели, такие как средняя плотность, водонасыщение, предел прочности при сжатии при 20 и 50°C (табл. 3).

В результате проведенных испытаний был выбран состав № 3 вследствие наилучших значений по всем показателям для проведения дальнейшего комплекса исследований (табл. 4).

Оптимальный состав взят за основу при строительстве дорожного полотна по ул. Катукова в Липецке (в количестве 500 т). При производстве щебеночно-мастичной асфальтобетонной смеси тщательно следили

Таблица 1

Составы ЦМА-20

Наименование материалов, %	1	2	3	4	5
Битум БНД 60/90	6,2	6	5,8	5,6	5,4
Щебень гранитный фр. 5–20 мм	75	75	75	75	75
Отсев дробления гранитный фр. 0–5 мм	22	21,5	21	20,5	20
Минеральный порошок активированный марки МП-1ГФ	3	3,5	4	4,5	5
Адгезионная добавка ДАД-С	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Стабилизирующая добавка «Стилобит»	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35

Таблица 2

Основные физико-химические показатели активированного минерального порошка марки МП-1ГФ

Наименование показателей	По требованиям ГОСТ Р 52129	Фактическое значение
Зерновой состав, мас. %:		
≤ 1,25 мм	Не менее 100	100
≤ 0,315 мм	Не менее 90	100
≤ 0,071 мм	Не менее 80	88,42
Пористость, %	Не более 30	17
Набухание образцов из смеси порошка с битумом, %	Не более 1,8	0,5
Средняя плотность, г/см ³	Не нормируется	2,14
Истинная плотность, г/см ³	Не нормируется	2,57
Влажность, мас. %	Не нормируется	0,2
Показатель битумоемкости, г	Не нормируется	31
Удельная эффективная активность естественных радионуклидов, Бк/кг	Не более 740	0,25
Коэффициент водостойкости	Не нормируется	0,9
Содержание полуторных окислов (Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃), мас. %	Не более 7	1–1,5

Таблица 3

Физико-механические показатели смесей ЦМА-20

Наименование показателей	1	2	3	4	5	Требование ГОСТ 31015
Средняя плотность, г/см ³	2,37	2,37	2,38	2,38	2,36	–
Водонасыщение, % по объему	2,7	2,7	2,5	2,6	2,2	1–4%
Предел прочности при сжатии, МПа: при 20°C при 50°C	2,2 0,7	2,3 0,7	2,5 0,9	2,4 0,9	2,4 0,8	Не менее 2,2 Не менее 0,65

за температурным режимом ($t < 170^\circ\text{C}$) как для битума, так и для минеральной части смеси, так как перегрев мог привести к старению битума и последующему повышению хрупкости и уменьшению пластичности. У асфальтобетона снизилась бы трещиностойкость, ухудшились технологические свойства. Точное дозирование компонентов, а именно стабилизирующей добавки, количества пыли, правильная подача смеси в кузов автомобиля для предотвращения расслоения (сегрегации смеси) и минимальное время для транспортирования

Таблица 4

Физико-механические показатели смеси ЦМА-20

Наименование показателей	Среднее значение	Требование ГОСТ 31015
Средняя плотность, г/см ³	2,38	
Пористость минеральной части, %	16,6	15–19
Остаточная пористость	3,5	1,5–4,5 %
Водонасыщение по объему, %	2,4	1–4%
Прочность при сжатии, МПа: при 20°C при 50°C	2,5 0,9	Не менее 2,2 Не менее 0,65
Водостойкость при длительном водонасыщении	0,87	Не менее 0,85
Сдвигустойчивость по коэффициенту внутреннего трения	0,94	Не менее 0,93
Сдвигустойчивость по сцеплению при сдвиге при температуре 50°C, МПа	0,2	Не менее 0,18
Трещиностойкость по пределу прочности при растяжении при расколе при температуре 0°C, МПа	3,1	Не менее 2,5, не более 6
Сцепление битума с поверхностью минеральной части	Выдерживает	
Стекание вяжущего, %	0,08	От 0,07 до 0,15



Структура ЦМА-20 в керне

ния смеси обеспечили необходимое качество смеси на месте укладки.

Укладка производилась в августе при температуре воздуха 20°C. Нижний слой покрытия был ровным, чистым, сухим. Все дефекты заделаны. Подгрунтовка была выполнена эмульсией ЭБК-1 через распределительную систему автогудронатора под давлением. Скорость асфальтоукладчика при укладке составляла 2–3 м/мин. Последующая укатка осуществлялась с помощью гладковальцовых катков в статическом режиме (без вибрации), так как было возможно разрушение отдельных зерен каменного материала или всего скелета. Масса катков составляла 8–10 т; скорость 5–6 км/ч; производилось 4–6 проходов по одному следу.

Вид поверхности и структура ЦМА-20 представлены на рисунке. Отличительной чертой ЦМА от обычного асфальтобетона является ужесточение допуска на размер применяемого щебня. Это обусловлено наличием в щебеночном скелете большого объема пустот, заполняемых битумной мастикой. Каркас или макроструктуру

составляет фракционированный (одномерный) щебень кубовидной формы размером 5–10, 10–15 или 15–20 мм в количестве 70–80% по массе. Именно наличие в зерновом составе двух составляющих позволяет ШМА одновременно обеспечивать оптимальную плотность, повышенную шероховатость поверхности и низкую водонепроницаемость слоя [4–8].

При последующем наблюдении за участком выявлено возникновение битумных пятен. Их появление могло быть вызвано несколькими причинами: недостаточным количеством стабилизирующей добавки, большим количеством вяжущего, недостаточным количеством мелкого щебня (отсева), чрезмерно высокой температурой смеси или повышенной влажностью основания. Но после остывания смеси каких-либо разрушений или появления колеиности не обнаружено.

Таким образом, опыт использования ШМА при устройстве верхних слоев покрытий дал положительные результаты. Были выявлены такие основные преимущества, как хорошие физико-механические показатели, высокая долговечность. Кроме того, укладка подобной смеси не требует дополнительного ручного труда, т. е. возможна без доработки. Результатом станет увеличение межремонтных сроков службы дорожного полотна.

Список литературы

1. Корнеев А.Д., Гончарова М.А., Андриянцева С.А., Комаричев А.В. Оптимизация строительно-технических свойств асфальтобетонов с применением отходов металлургического производства // *Фундаментальные исследования*. 2015. № 2–8. С. 1620–1625.
2. Гончарова М.А., Копейкин А.В., Ачкасов М.А. Исследование физико-механических свойств карбонатной породы // *Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура*. 2014. № 38. С. 34–39.
3. Гончарова М.А. Использование шлаков черной металлургии в составах асфальтобетонов // *Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе*. 2014. Т. 1. С. 395–398.
4. Ивливанов В.Ю., Салихов М.Г. Исследование долговечности модифицированного щебеночно-мастичного асфальтобетона при действии агрессивной среды // *Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Лес. Экология. Природопользование*. 2013. № 2 (18). С. 38–45.
5. Иноземцев С.С., Королев Е.В. Эксплуатационные свойства наномодифицированных щебеночно-мастичных асфальтобетонов // *Вестник МГСУ*. 2015. № 3. С. 29–39.
6. Салихов М.Г., Вайнштейн В.М., Вайнштейн Е.В. Обоснование применения в щебеночно-мастичных асфальтобетонах отсева дробления малопрочных известняков // *Современные наукоемкие технологии*. 2008. № 4. С. 74–76.
7. Батракова В.П. Особенности применения, технологии приготовления и укладки щебеночно-мастичного асфальтобетона // *Вестник ХНАДУ*. 2009. № 47. С. 22.
8. Ядыкина В.В., Гридчин А.М., Тоболенко С.С. Стабилизирующая добавка для щебеночно-мастичного асфальтобетона из отходов промышленности // *Строительные материалы*. 2012. № 8. С. 64–65.

References

1. Korneev A.D., Goncharova M.A., Andriyantseva S.A., Komarichev A.V. Optimization of the composition and properties of asphalt concrete from waste dust produc-

- tion. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2015. No. 2–8, pp. 1620–1625. (In Russian).
2. Goncharova M.A., Kopeikin A.V., Achkasov M.A. Research of physical and mechanical properties of carbonate rock. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arkhitektura*. 2014. No. 38 (57), pp. 34–39. (In Russian).
3. Goncharova M.A. Use of ferrous slags in the compositions of the asphalt concrete. *Modernizatsiya i nauchnye issledovaniya v transportnom komplekse*. 2014. Part 1, pp. 395–398. (In Russian).
4. Iivlanov V.Y., Salikhov M.G. Investigation of the durability of the modified stone mastic asphalt under the action of aggressive environment. *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Les. Ekologiya. Prirodopol'zovanie*. 2013. No. 2 (18), pp. 38–45. (In Russian).
5. Inozemtsev S.S., Korolev E.V. Operational properties of nanomodified stone mastic asphalt. *Vestnik MGSU*. 2015. No. 3, pp. 29–39. (In Russian).
6. Salikhov M.G., Vainshtein V.M., Vainshtein E.V. Justification of application in crushed-stone and mastic asphalt concrete of eliminations of crushing of low-strong limestones. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*. 2008. No. 4, pp. 74–76. (In Russian).
7. Batrakova V.P. Features of application, technology and placement of stone mastic asphalt. *Vestnik KhNADU*. 2009. No. 47, pp. 22. (In Russian).
8. Yadykina V.V., Gridchin A.M., Tobolenko S.S.. The stabilizing additive for stone mastic asphalt from industry waste. *Stroitel'nye Materialy [Construction Materials]*. 2012. No. 8, pp. 64–65. (In Russian).

**Подписка
на электронную версию**



Актуальная информация для всех работников
строительного комплекса



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



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

организует III Веймарскую гипсовую конференцию



Гипс в строительстве, и не только

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

г. Веймар (Германия)

14–15 марта 2017 г.

Основные темы конференции:

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

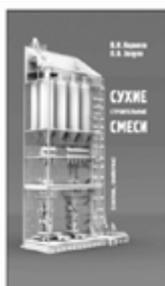
В рамках конференции будет проходить специализированная выставка.

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

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

Планируется синхронный перевод: немецкий, английский, русский.

ibausil@uni-weimar.de ibausil@uni-weimar.de ibausil@uni-weimar.de



В.И. Корнеев, П.В. Зозуля

СУХИЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ СМЕСИ СОСТАВ, СВОЙСТВА

М.: РИФ «СТРОЙМАТЕРИАЛЫ», 2010. – 320 с.

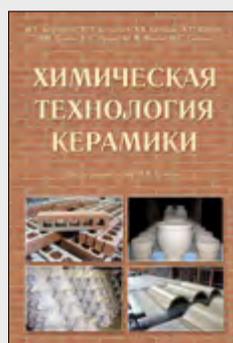
Изложены основы современных представлений о сухих строительных смесях и растворах.

Приведены основные определения и классификации сухих смесей. Охарактеризованы составляющие: вяжущие, заполнители, наполнители, функциональные добавки. Показана методика проектирования составов. Описаны основные группы ССС, их состав и свойства. В приложении даны основные применяемые термины и определения, наиболее употребляемые единицы измерения, перечень российских и зарубежных стандартов и др.

Допущено учебно-методическим объединением в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов».

Стоимость одного экземпляра 900 р. без учета доставки

По вопросам приобретения книги обращаться
по тел./факсу: (499) 976-22-08, 976-20-36
E-mail: mail@rifsm.ru



Химическая технология керамики

Авторы – коллектив ученых
РХТУ им. Д.И. Менделеева
под редакцией И.Я. Гузмана

Издание 2-е, исправленное
М.: РИФ «СМ». 2012 г. 494 с.

В пособии освещены вопросы современного состояния технологии основных видов керамических изделий строительного, хозяйственно-бытового и технического назначения, а также различных видов огнеупоров. Книга соответствует программе общего курса химической технологии керамики и огнеупоров при наличии также курсов соответствующих специализаций. Подробно изложены характеристика сырья, проблемы подготовки керамических масс и их формование, особенности механизмов спекания, а также дополнительные виды обработки керамики: металлизация, глазурирование, декорирование, механическая обработка.

Описаны механические, деформационные, теплофизические, электрофизические свойства керамических изделий, в том числе при высоких температурах.

Учебное пособие рассчитано на студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов» и специалистов, работающих в области технологии керамики и огнеупоров.

Тел./факс: (499) 976-22-08; 976-20-36
www.rifsm.ru

Как подготовить к публикации научно-техническую статью



Журнальная научно-техническая статья — это сочинение небольшого размера (до 3-х журнальных страниц), что само по себе определяет границы изложения темы статьи.

Необходимыми элементами научно-технической статьи являются:

- постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными или практическими задачами;
- анализ последних достижений и публикаций, в которых начато решение данной проблемы и на которые опирается автор, выделение ранее не решенных частей общей проблемы, которым посвящена статья;
- формулирование целей статьи (постановка задачи);
- изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных результатов;
- выводы из данного исследования и перспективы дальнейшего поиска в избранном направлении.

Научные статьи рецензируются специалистами. Учитывая открытость журнала «Строительные материалы»® для ученых и исследователей многих десятков научных учреждений и вузов России и СНГ, представители которых не все могут быть представлены в редакционном совете издания, желательно представлять одновременно со статьей отношение ученого совета организации, где проведена работа, к представляемому к публикации материалу в виде сопроводительного письма или рекомендации.

Библиографические списки цитируемой, использованной литературы должны подтверждать следование автора требованиям к содержанию научной статьи.

НЕ РЕКОМЕНДУЕТСЯ:

1. Включать ссылки на федеральные законы, подзаконные акты, ГОСТы, СНИПы и др. нормативную литературу. Упоминание нормативных документов, на которые опирается автор в испытаниях, расчетах или аргументации, лучше делать непосредственно по тексту статьи.

2. Ссылаться на учебные и учебно-методические пособия; статьи в материалах конференций и сборниках трудов, которым не присвоен ISBN и которые не попадают в ведущие библиотеки страны и не индексируются в соответствующих базах.

3. Ссылаться на диссертации и авторефераты диссертаций.

4. Самоцитирование, т. е. ссылки только на собственные публикации автора. Такая практика не только нарушает этические нормы, но и приводит к снижению количественных публикационных показателей автора.

ОБЯЗАТЕЛЬНО следует:

1. Ссылаться на статьи, опубликованные за последние 2–5 лет в ведущих отраслевых научно-технических и научных изданиях, на которые опирается автор в построении аргументации или постановке задачи исследования.

2. Ссылаться на монографии, опубликованные за последние 5 лет. Более давние источники также негативно влияют на показатели публикационной активности автора.

Несомненно, что возможны ссылки и на классические работы, однако не следует забывать, что наука всегда развивается поступательно вперед и незнание авторами последних достижений в области исследований может привести к дублированию результатов, ошибкам в постановке задачи исследования и интерпретации данных.

ВНИМАНИЕ! С 1 января 2014 г. изменены требования к оформлению статей. Обязательно ознакомьтесь с требованиями на сайте издательства в разделе «Авторам»!

Статьи, направляемые для опубликования, должны оформляться в соответствии с техническими требованиями изданий:

- текст статьи должен быть набран в редакторе Microsoft Word и сохранен в формате *.doc или *.rtf и не должен содержать иллюстраций;
- графический материал (графики, схемы, чертежи, диаграммы, логотипы и т. п.) должен быть выполнен в графических редакторах: CorelDraw, Adobe Illustrator и сохранен в форматах *.cdr, *.ai, *.eps соответственно. Сканирование графического материала и импорт его в перечисленные выше редакторы недопустимо;
- иллюстративный материал (фотографии, коллажи и т. п.) необходимо сохранять в формате *.tif, *.psd, *.jpg (качество «8 – максимальное») или *.eps с разрешением не менее 300 dpi, размером не менее 115 мм по ширине, цветовая модель CMYK или Grayscale.

Материал, передаваемый в редакцию в электронном виде, должен сопровождаться: рекомендательным письмом руководителя предприятия (института); лицензионным договором о передаче права на публикацию; **распечаткой, лично подписанной авторами**; рефератом объемом не менее 100 слов на русском и английском языках; подтверждением, что статья предназначена для публикации в журнале «Строительные материалы»®, ранее нигде не публиковалась и в настоящее время не передана в другие издания; сведениями об авторах с указанием полностью фамилии, имени, отчества, ученой степени, должности, контактных телефонов, почтового и электронного адресов (заполненная информационная карта). Иллюстративный материал должен быть передан в виде оригиналов фотографий, негативов или слайдов, распечатки файлов.

В 2006 г. в журнале «Строительные материалы»® был опубликован ряд статей «Начинающему автору», ознакомиться с которыми можно на сайте журнала www.rifsm.ru/files/avtoru.pdf

Подробнее можно ознакомиться с требованиями на сайте издательства <http://www.rifsm.ru/page/7>



КОМПОЗИТ-ЭКСПО

Десятая международная специализированная выставка

28 февраля - 2 марта
2017

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 1

Основные разделы выставки:

- Сырье для производства композитных материалов, компоненты: Наполнители и модификаторы
- Стеклопластик (пластик, армированный стекловолокном), углепластик (пластик, армированный углеродным волокном), графитопластик, базальтопластик, базальтовые волокна, древесно-полимерный композит (ДПК), искусственный камень, искусственный мрамор, металлокомпозиты, нанокомпозиты, биокompозиты и т.д.
- Полуфабрикаты (препреги)
- Инженерные пластики
- Промышленные (готовые) изделия из композитных материалов
- Оборудование и технологическая оснастка для производства композитных материалов
- Инструмент для обработки композитных материалов
- Измерительное и испытательное оборудование
- Компьютерное моделирование

Специальный раздел выставки: КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



выставка участник системы



независимый выставочный аудит

Параллельно проводится выставка:

ПОЛИУРЕТАНЭКС
Девятая международная специализированная выставка
www.polyurethanex.ru

Информационная поддержка:



Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд, дом 7, строение 10, офис 507
Тел.: 8 495 988-1620 | E-mail: info@composite-expo.ru | Сайт: www.composite-expo.ru

YouTube youtube.com/user/compoexporusia @compoexporus

Организаторы:



ПОЛИУРЕТАНЭКС

Девятая международная специализированная выставка

28 февраля - 2 марта
2017

Россия, Москва,
ЦВК «Экспоцентр», павильон 1

Основные разделы выставки:

- Сырье для производства полиуретанов
- Оборудование и станки для производства и переработки полиуретанов
- Обслуживание
- Тестовое оборудование
- Конечная продукция
- Производство лакокрасочных материалов (ЛКМ)
- Использование полиуретанов в:
 - машиностроении, - автомобилестроении, - строительстве (теплоизоляция),
 - железнодорожном транспорте (вкл. вагоностроение), - авиационном транспорте, - трубопроводном транспорте, - электротехнике, - изготовлении товаров бытового назначения, - обувной промышленности, - легкой промышленности, - медицине, - мебельной промышленности, - химической промышленности, - строительной индустрии, - горнообогатительной промышленности, - металлургии.

Специальный раздел выставки: КЛЕИ И ГЕРМЕТИКИ



выставка участник системы



независимый выставочный аудит

Параллельно проводится выставка:

КОМПОЗИТ-ЭКСПО
10-я международная специализированная выставка
www.composite-expo.ru

Информационная поддержка:



Дирекция:

Выставочная Компания «Мир-Экспо»
115230, Россия, Москва, Хлебозаводский проезд, дом 7, строение 10, офис 507
Тел.: 8 495 988-1620 | E-mail: info@polyurethanex.ru | Сайт: www.polyurethanex.ru

YouTube youtube.com/user/polyexporu @polyexporu

Организатор:



Мир-Экспо
Выставочная компания

EVO2 EXTRUDER

НОВЫЙ ЭКСТРУДЕР EVO2 ХОРОШАЯ МАШИНА СТАЛА ЕЩЕ ЛУЧШЕ

Экструдер EVO 2, наилучший выбор для производства преднапряженных пустотных плит.



УЛУЧШЕННОЕ КАЧЕСТВО
КОНЕЧНОГО ПРОДУКТА
СНИЖЕННАЯ СТОИМОСТЬ
ОБСЛУЖИВАНИЯ
ЛЕГКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ
И УПРАВЛЕНИЕ МАШИНОЙ
НОВЫЙ ДИЗАЙН