

Уважаемые читатели!

Вы держите в руках журнал
«Строительные материалы»® №6-2006,
завершающий ПЕРВОЕ подписное полугодие 2006 года.

Чтобы получить журнал
«Строительные материалы»® №7-2006
и все другие выпуски журнала во ВТОРОМ полугодии,
а также все приложения,
Вам необходимо оформить подписку.

Сделать это сейчас можно только через редакцию!

Воспользуйтесь нашим купоном.

Заполните заявку на оформление подписки: ↓

Просим оформить подписку
на научно-технические журналы «Строительные материалы»® с
приложениями

(Н Е Н У Ж Н О Е З А Ч Е Р К Н У Т Ь)

Комплект 1

Цена комплекта* на 6 месяцев – 2600 рублей

№7 (июль)	№8 (август)	№9 (сентябрь) + приложение «СМ-наука»	№10 (октябрь)	№11 (ноябрь) + приложение «СМ-technology»	№12 (декабрь)
-----------	-------------	---	---------------	---	---------------

Комплект 2

Цена комплекта* на 6 месяцев – 2600 рублей

№7 (июль)	№8 (август) + приложение «СМ-бизнес»	№9 (сентябрь)	№10 (октябрь) + приложение «СМ-архитектура»	№11 (ноябрь)	№12 (декабрь)
-----------	--	---------------	---	--------------	---------------

Комплект 3

Цена комплекта* на 6 месяцев – 2800 рублей

№7 (июль)	№8 (август) + приложение «СМ-бизнес»	№9 (сентябрь) + приложение «СМ-наука»	№10 (октябрь) + приложение «СМ-архитектура»	№11 (ноябрь) + приложение «СМ-technology»	№12 (декабрь)
-----------	--	---	---	---	---------------

* – цена приведена без учета стоимости почтовых услуг

Название организации с указанием формы собственности _____

ИНН

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Юридический адрес: _____

Телефон/факс: () _____

Фамилия, имя, отчество получателя: _____

Почтовый адрес доставки: _____

Отправьте заявку в редакцию по факсу: (495) 124-32-96, 124-09-00

Оплатите счет, журналы вместе с документами Вы будете получать по почте.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ®

Подписаться на журнал «Строительные материалы» можно всегда!

6 номеров
журнала
«Строительные
материалы»



Подписной индекс
по объединенному
каталогу

«Пресса России»

70886



6 номеров
журнала
«Строительные
материалы»



Подписной индекс
по объединенному
каталогу

«Пресса России»

87723



6 номеров
журнала
«Строительные
материалы»



Подписной индекс
по каталогу
агентства

«РОСПЕЧАТЬ»

79809



6 номеров
журнала
«Строительные
материалы»



Подписной индекс
по каталогу
агентства

«РОСПЕЧАТЬ»

20461



6 номеров
журнала
«Строительные
материалы»



Подписной индекс
по каталогу

«Издания органов
научно-технической
информации»

61970



Подписка через редакцию с любого месяца,
на любой период в любой комплектации

СОДЕРЖАНИЕ

Учредитель журнала:
ООО Рекламно-издательская
фирма «Стройматериалы»

**Главный редактор
издательства**
РУБЛЕВСКАЯ М.Г.

Журнал зарегистрирован
Министерством РФ по делам
печати, телерадиовещания
и средств массовой информации
ПИ №77-1989

Главный редактор
ЮМАШЕВА Е.И.

Редакционный совет:
РЕСИН В.И.
(председатель)

БАРИНОВА Л.С.
БУТКЕВИЧ Г.Р.
ВАЙСБЕРГ Л.А.
ВЕРЕЩАГИН В.И.
ГОРНОСТАЕВ А.В.
ГРИДЧИН А.М.
ГУДКОВ Ю.В.
КОВАЛЬ С.В.
КОЗИНА В.Л.
ЛЕСОВИК В.С.
ПИЧУГИН А.П.
СИВОКОЗОВ В.С.
УДАЧКИН И.Б.
ФЕДОСОВ С.В.
ФЕРРОНСКАЯ А.В.
ФИЛИППОВ Е.В.
ШЛЕГЕЛЬ И.Ф.

Авторы
опубликованных материалов
несут ответственность
за достоверность приведенных
сведений, точность данных
по цитируемой литературе
и за использование в статьях
данных, не подлежащих
открытой публикации

Редакция
может опубликовать статьи
в порядке обсуждения,
не разделяя точку зрения автора

Перепечатка
и воспроизведение статей,
рекламных и иллюстративных
материалов из нашего журнала
возможны лишь с письменного
разрешения главного редактора

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламы и объявлений

Адрес редакции:
Россия, 117997, Москва,
ул. Кржижановского, 13
Тел./факс: (495) 124-3296
124-0900
E-mail: mail@rifsm.ru
http://www.rifsm.ru

Ячеистые бетоны: наука и практика

А.С. СЕМЧЕНКОВ, Т.А. УХОВА, Г.П. САХАРОВ

О корректировке равновесной влажности и теплопроводности ячеистого бетона 4

Показано, что теплопроводность ячеистого бетона существенно зависит от его влажности. Приведены сравнительные данные нормируемой теплопроводности в сухом состоянии отечественных и зарубежных стандартов и фактической теплопроводности при различной влажности, а также результаты натурных обследований зданий из ячеистого бетона, построенных в разных регионах в разные годы. Результаты анализа данных доказывают, что в стандарте организации СТО 00044807-001-2006, разработанном Российским обществом инженеров строителей, обоснованно снижены значения эксплуатационной влажности ячеистого бетона для условий эксплуатации А – 4% и для В – 5%.

В.А. БЕРЕГОВОЙ, Е.В. КОРОЛЕВ, А.И. ЕРЕМКИН, А.М. БЕРЕГОВОЙ, Т.А. БОЛТЫШЕВА

Разработка составов и экспериментальной технологической установки по производству пористых материалов на композиционных вяжущих 8

Приведены рецептуры составов поробетонов для изготовления моно- или полифункционального материала, имеющего высокопористую структуру. Спроектирована экспериментальная опытно-промышленная установка, позволяющая осуществлять регулировку процесса перемешивания и воздухововлечения.

М.Н. ГИНДИН, В.И. СИНЯНСКИЙ, С.И. БУТЕЛЬСКИЙ, И.Д. ЖБАДИНСКИЙ

Автоматизированная технологическая линия по производству изделий из ячеистого бетона 10

На Кишиневском комбинате строительных материалов ОАО «МАКОН» введена в эксплуатацию автоматизированная технологическая линия по производству изделий из пенобетона со средней плотностью 700–900 кг/м³ мощностью 300 м²/сут.

А.И. СЕЛЕЗСКИЙ, З.Б. САДЫКОВ, И.А. ОДИНЦОВ, Р.А. ГИЗЗАТУЛИН

Повышение качества строительных изделий из газобетона в условиях рыночного производства 12

Разработана унифицированная система контроля и адаптивного управления технологическим процессом, которой может быть оснащен любой технологический комплекс по производству изделий из ячеистого бетона как автоклавного, так и неавтоклавного твердения.

«Кунайстройсервис»: всегда учитывать потребности клиента 14

Г.Б. ОСАДЧИЙ

Гелиокамера ускоренного твердения ячеистого бетона 16

Показана принципиальная возможность использования аккумулированной солнечной энергии для производства строительных материалов. Приведена принципиальная схема камеры.

С.Б. ПРОХОРОВ, Л.Ф. ВАГИНА

Новые алюминиевые газообразователи 18

Рассмотрены вопросы, связанные с применением в качестве газообразователя для ячеисто-бетонной смеси алюминиевых гидрофильных паст марок «Газобетолэйт», «Газобетолюкс», «Газобетопласт», имеющих ряд преимуществ перед традиционно применяемыми пудрами ПАП-1 и ПАП-2.

Г.Ф. БАЛМАСОВ, П.И. МЕШКОВ

Пенообразователь FoamСem для ячеистого бетона 20

Приведены возможности использования реагента ФоамСем при производстве неавтоклавного ячеистого бетона. Рассмотрены особенности его состава и механизмы воздействия в ячеисто-бетонной смеси. Предложены ориентировочные рецептуры пенобетона различной плотности.

Л.В. МОРГУН, В.Н. МОРГУН

О жидкокристаллической природе агрегативной устойчивости пенобетонных смесей 22

Показано, что агрегативной устойчивостью могут обладать только такие пенобетонные смеси, в которых в период преобладания вязких связей между твердыми компонентами, ПАВ и вода представлены жидкокристаллической фазой.

А.Ф. МАСЛОВ, Н.П. МУХИН

Некоторые вопросы физики поробетонов 24

Рассматривается возможность сокращения времени отверждения бетона, сокращение энергозатрат на производство изделий при использовании в качестве генератора тепловой энергии внутри массива СВЧ-поля.

Я.Б. ЯКИМЕЧКО

Некоторые особенности использования негашеной извести в ячеистых бетонах 26
 Рассмотрено влияние технологических свойств негашеной извести на эксплуатационные характеристики газосиликатных изделий. Показано, что для приготовления известково-песчаного вяжущего необходимо проводить их раздельный помол. При этом тонкость помола извести должна быть такой, при которой обеспечивается максимальная подвижность газосиликатного раствора.

А.А. ПАК, Р.Н. СУХОРУКОВА, Н.Н. ГРИШИН

Особенности технологии композиционных изделий из полистиролгазобетона и теоретическое обоснование зависимости их теплопроводности от плотности и слоистости материала 28
 Изложены особенности технологии композиционных многослойных материалов на основе газобетона и пенополистирола. Благодаря монолитности структуры и оптимальности технологических решений формования изделий, достигается существенное улучшение теплопроводности ограждающей конструкции.

С.А. УДОДОВ, В.Ф. ЧЕРНЫХ

Штукатурные составы для ячеистых бетонов 31
 Изложены принципы разработки штукатурных смесей для ячеисто-бетонных оснований. Приведены основные физико-технические характеристики полученных смесей.

Химические превращения сырьевой смеси из цемента, извести, кварца и гипса в ходе автоклавной обработки при производстве ячеистого бетона 34

Опыт производства и применения автоклавного ячеистого бетона обсуждался в Минске 36

Информация

Начинающему автору. 6. Написание и правка черновика статьи 38

Российская академия архитектуры и строительных наук подвела итоги за 2005 г. 41

X Академические чтения РААСН 42

Ceramitec-2006. 10-я Международная выставка машин и оборудования для керамической промышленности 44

Строительная выставка в столице Казахстана – отражение динамичного развития экономики страны 47

Международный строительный форум «Интерстройэкспо-2006» 50

Материалы и конструкции

Тотальное озеленение кровли 54
 Компания «ТехноНИКОЛЬ» представляет материал для гидроизоляции зеленых кровель Техноэласт Грин. В статье описаны основные свойства нового материала, технология крепления и использования.

И.А. МЕХНЕЦОВ

Критерии выбора утеплителей для навесных вентилируемых фасадов 56
 В статье рассмотрены теплотехнические и пожарно-технические качества навесных фасадов. Приведены основные воздействия, которым подвергается утеплитель в процессе эксплуатации в системах навесных фасадов. Представлен анализ методики теплотехнического расчета, разработанной под руководством В.Г. Гагарина. Определены оптимальные критерии выбора теплоизоляционных материалов по показателям их свойств.

Б.М. ШОЙХЕТ, В.Ф. КАСЬЯНОВ, А.С. БАГИН

Теплоизоляция ISOVER в навесных вентилируемых фасадах 60
 Представлены основные составляющие навесных вентилируемых фасадов и материалы, которые при этом могут использоваться. Отмечены преимущества вентилируемых фасадов. Рассмотрены волокнистые теплоизоляционные материалы в качестве теплоизоляции навесных фасадов в соответствии с требованиями СП 23-102 «Проектирование тепловой защиты зданий». К применению в НВФ рекомендуются волокнистые теплоизоляционные материалы плотностью не менее 80–90 кг/м³. Отмечены особенности работы теплоизоляции ISOVER в конструкции НВФ «Марморок».

П.С. КРЫЛОВ

Высококачественный крепеж EJOT® для скатной и плоской крыши 63
 Долговечность кровли из рулонных материалов зависит от многих факторов, в том числе от способа крепления и используемого вида крепежа. Фирма EJOT HOLDING GmbH & Co. KG поставляет на российский рынок высококачественный крепеж для любых типов кровель – металлочерепицы, профилированных листов, рулонных материалов. Приведены различные типы крепежа, их особенности и технические характеристики.

А.П. ПУСТОВГАР, М.А. КОСТИКОВ

Грунтовки на основе водных дисперсий полимеров 64
 Приведен перечень нормативной документации России для грунтовок и их применения в строительстве. Определены основные виды грунтовок и основные характеристики, имеющие наибольшее значение для определения качества. Представлены результаты испытаний свойств грунтовок, выпускаемых отечественными и зарубежными производителями, – связующей способности, адгезионного коэффициента, глубины проникновения в основание.

А.И. БЕК-БУЛАТОВ

Морозозащищенные фундаменты мелкого заложения 68
 Проанализирован опыт проектирования и применения экструдированного пенополистирола при устройстве мелкозаглубленных фундаментов малоэтажных зданий на пучинистых грунтах. Приведены схемы расположения теплоизоляции и тепловых потоков подземных частей зданий.

Юбилеры отрасли

В.В. НАСЕДКИН

Перлит как наполнитель легких бетонов (историческая хроника и перспективы на будущее) 70
 Показана история развития перлитовой отрасли в СССР и ее современное состояние в России. Приведены данные по мировому производству перлита и структуре его потребления. Описаны достоинства и недостатки перлита как наполнителя для бетонов.

Пористые заполнители и материалы на их основе

Л.В. АЛЕКСЕЕВА

Перспективы производства и применения вспученного перлита как заполнителя для легких бетонов 74

Показаны особенности перлитового сырья и технологий производства вспученного перлита в России. Основные требования к вспученному перлиту для легких бетонов – прочность, низкое водопоглощение, однородный гранулометрический состав. Возможность производства такого перлита из сырья различных, в том числе российских, месторождений по двухстадийной технологии.

С.Ю. НАЦИЕВСКИЙ

Перлит в современных бетонах, сухих строительных смесях и теплоизоляционных изделиях 78

Приводится краткий анализ состояния производства перлитовых строительных материалов в Украине и России. Показаны перспективы применения в России вспученного перлита для мелкоштучных бетонных изделий, монолитного бетона, кладочных и штукатурных растворов, теплоизоляционных изделий.

Я.И. БЕРОВ, С.П. ПЕТРОВ, В.В. НАСЕДКИН

Некоторые аспекты использования перлитобетона в строительстве 82

Представлены практические рецептуры и технологии получения легких бетонов на вспученном перлитовом песке и гравии. Приведено сравнение свойств бетонов на различных пористых заполнителях.

П.П. УВАРОВ, В.М. ГОРИН, С.А. ТОКАРЕВА, М.К. КАБАНОВА

Эффективные строительные материалы из местного сырья для северных регионов 84

Показано, что для строительства в Северных регионах наиболее перспективным материалом является керамзитобетон, из которого можно возводить надежные легкие однослойные конструкции, обеспечивающие необходимое сопротивление теплопередаче. Представлены работы НИИКерамзит для Республики Саха (Якутия) по исследованию сырьевой базы и разработке технологии производства легкого керамзита.

А.И. КУДЯКОВ, Н.А. СВЕРГУНОВА

Зернистый пористый материал из микрокремнезема 86

Показана возможность получения пористого материала из микрокремнезема, который может быть использован в качестве сыпучего теплоизоляционного материала, легкого заполнителя для бетонов при производстве штучных изделий.

Д.Р. ДАМДИНОВА

Определение характера зависимости средней плотности пеностекла от химико-технологических факторов 88

Показана эффективность использования составов на основе стеклобоя с подшихтовкой из щелочных алюмосиликатных пород, подвергнутых механо- и щелочной активации для получения строительного теплоизоляционного пеностекла. Комплексное использование горных пород и стеклобоя способствует экономии природного сырья и снижению экологической нагрузки на окружающую среду.

О.Н. КРАШЕНИННИКОВ

Пористые заполнители из вспучивающихся сланцев Кольского полуострова 90

Приводится анализ сырьевой базы вспучивающихся сланцев Кольского полуострова, описана технология получения пористых заполнителей и возможности получения их на существующих предприятиях, приведены свойства полученного продукта.

Результаты научных исследований

В.И. КАЛАШНИКОВ, В.Л. ХВАСТУНОВ, Н.И. МАКРИДИН, А.А. КАРТАШОВ

Новые геополлимерные материалы из горных пород, активированные малыми добавками шлака и щелочей 93

Показана возможность получения высокопрочного вяжущего из модифицированных дисперсных горных пород – полевошпатовых, силицитовых и глауконитовых.

А.А. ЕРОФЕЕВА, Е.А. МОРОЗОВ, В.Н. ШИШКИН, В.Т. ЕРОФЕЕВ

Каркасные полимербетоны на основе модифицированных эпоксидных вяжущих 96

Показана эффективность использования каркасных полимербетонов на модифицированных эпоксидных вяжущих. Предложено в качестве модификаторов использовать карбамидную смолу марки КФЖ и амидопроизводные соединения типа «Телаз». Исследованы процессы структурообразования модифицированных эпоксидных композитов. Получены зависимости изменения прочности, деформативности, истираемости от количественного содержания модифицирующих добавок и вида заполнителя.

И.Э. КОНДАКОВА, Л.С. ЯУШЕВА, А.Д. БОГАТОВ, В.Н. ШИШКИН, В.Т. ЕРОФЕЕВ

Эпоксидно-каменноугольные полимербетоны 99

В статье приводятся результаты экспериментальных исследований по разработке составов на эпоксидно-каменноугольных связующих, пригодных для эксплуатации в условиях воздействия воды, водных растворов кислот, щелочей и микроскопических организмов, обладающих повышенными значениями прочности, деформативности и трещиностойкости.

Д.И. ГЛАДКОВ, Л.А. СУЛЕЙМАНОВА, А.Г. СУЛЕЙМАНОВ

К оценке морозостойкости бетона 102

Показано, что методика оценки морозостойкости бетона по ГОСТ 10060-95 нуждается в совершенствовании, обоснованы конкретные предложения по ее изменению с целью обеспечения более высокой надежности железобетонных зданий и сооружений, подвергающихся воздействию отрицательных температур.

А.И. ВЕЗЕНЦЕВ, С.М. НЕЙМАН, Е.А. ГУДКОВА

Превращения и изменения свойств хризотил-асбеста под влиянием различных факторов 104

Проанализированы научные работы, направленные на изучение волокон, выделяющихся из асбестосодержащих материалов. Показано, что под влиянием различных химических веществ и факторов окружающей среды на волокна хризотил-асбеста радикально изменяются их химический состав, структурная формула и физико-химические свойства.

О корректровке равновесной влажности и теплопроводности ячеистого бетона (поз. 198–205) Приложения «Д»/СП-23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты»

Повышенные требования к теплозащите ограждающих конструкций зданий приводят к значительному ограничению возможностей применения материалов, которые до недавнего времени считались наиболее эффективными для ограждающих конструкций. Это в первую очередь относится к ячеистым бетонам.

Одной из важнейших характеристик ячеистого бетона является его теплопроводность (λ), которая зависит от структуры пористости (формы, размера и замкнутости пор) твердой фазы материала (матрицы), а также влажности материала. Значения теплопроводности ячеистого бетона в сухом состоянии нормируются ГОСТ 25485–89 [1].

При экспериментальном определении теплопроводности влияние влагопереноса в материале, обусловленного температурным градиентом, не учитывается.

В табл. 1 приведены значения теплопроводности ячеистого бетона, представленные в ГОСТ 25485–89, стандартах северных стран «Nord concrete», корпорациями «Сипорекс», «Лохья» (Финляндия), а также в DIN 4108 (Германия) и других источниках. Из таблицы видно, что значения теплопроводности ячеистых бетонов средней плотности 400–700 кг/м³ в сухом состоянии в рассмотренных нормативных документах практически одинаковы.

В табл. 2 приведены значения теплопроводности ячеистых бетонов разной плотности и влажности. Из приведенных данных видно, что в зарубежных нормах теплопроводность ячеистого бетона возрастает примерно на 4% на один процент влажности материала.

Расчетные значения коэффициентов теплопроводности, приведенные в отечественных нормах проекти-

Таблица 1

Значения коэффициентов теплопроводности ячеистого бетона в сухом состоянии

Источник информации	Теплопроводность ячеистого бетона Вт/(м·°C) при марке по средней плотности				
	300	400	500	600	700
ГОСТ 25485–89	0,07	0,09	0,1	0,12	0,15
DIN 4108	0,05	0,06	0,1	0,12	0,15
«Сипорекс»	–	0,08	0,1	0,12	0,14
«Nord concrete»	–	0,07	0,09	0,12	0,148
Великобритания	0,06	–	0,1	0,13	0,15
Германия «ЕДАМА» (пенобетон)	–	0,08	0,1	0,14	0,15
Республика Беларусь		0,1	0,12	0,14	0,18
ТСН-64-301–2002 Свердловской обл.	0,07	0,09	0,12	0,14	0,18

Таблица 2

Теплопроводность ячеистого бетона при различной влажности

Источник информации	Марка ячеистого бетона по средней плотности, кг/м ³	Теплопроводность Вт/(м·°C) ячеистого бетона при влажности, массовая доля (%)				
		0	2,5	5	10	15
London AC Wagner G [3, 4]	500	0,09	0,098	0,11	0,12	0,145
London AC Wagner G [3, 4]	700	0,12	0,13	0,14	0,16	
London AC Wagner G [3, 4]	800	0,14	0,15	0,17	0,21	
«Сипорекс»	500	0,112	0,116	0,13	0,144	
«Сипорекс»	400	0,095	0,107	0,119	0,138	
«Сипорекс»	600	0,12	0,14	0,162	0,206	
Р.Л. Серых [2]	800	0,18	0,205	0,235	0,284	0,32
Республика Беларусь [13, 14]	400	0,1	0,12	0,13		
	700	0,18	0,23	0,24		
ОАО ЗЖБИ «Бетфор» (Свердловская область)	700	0,19	0,22	0,23		

Таблица 3

Влажность ячеистых бетонов в ограждающих конструкциях зданий

Источник информации	Регион строительства	Характеристика ячеистого бетона					Влажность, массовая доля (%), через лет эксплуатации								
		Вид	Средняя плотность, кг/м ³	Режим твердения	Марка по прочности	В/Т	После изготовления	После хранения на складе	1	2	3	5	10	20	30
Г.Я. Ахманицкий, А.А. Воробьев, С.Н. Левин [5]	Москва	газобетон	700	автоклав	35	0,37	20,4	17	6,4	4,2	4	–	–	–	–
Т.К. Нигол, Х.А. Кульдма [6]	Эстония	газосланце-золотобетон	700	автоклав	35	0,42	23	–	–	4,5	–	–	–	–	
В.А. Пинскер, Ж.Б. Соловей [7]	Санкт-Петербург	газобетон	650	автоклав	35	0,45	22	19	–	5,2	4,5	–	–	3,8	–
В.И. Брель, З.В. Лапо [9]	Белоруссия	газосиликат	600	автоклав	35	–	21,4	17,11	8	6,5	–	–	–	–	–
Р.К. Скатынский [12]	Украина	газобетон	700	автоклав	–	0,28	–	–	–	4	–	–	3,4	–	–
В.А. Пинскер, А.Г. Потченко [8]	Пенза Павлодар	пенобетон газобетон	700 850	автоклав	50	–	–	–	–	–	–	–	5 2,4	–	–
Е.С. Силаенков	Екатеринбург [10, 11] Пермь [13, 14]	газозолобетон	700	автоклав	35	–	35	–	–	–	15	–	–	–	–
		газобетон	700		35	–	25	–	12	–	–	–	–	–	–

рования, выше приведенных в зарубежных нормах. Это превышение составляет 1–5% для бетонов средней плотности 1000 кг/м³ и 10–23% для бетонов средней плотности 600–800 кг/м³.

При проектировании стен теплофизические показатели материала выбирают в зависимости от влажностного режима помещений и климатической зоны по СП 23-101–2004 «Проектирование теплозащиты зданий».

В этих нормах для условий эксплуатации А принято значение равновесной влажности ячеистого бетона, равное 8%, а для условий Б – 12%, что не соответствует реальным условиям эксплуатации зданий.

Еще в 1977 г. ввиду существенных различий физико-технических свойств и области применения ячеистых бетонов и бетонов на пористых заполнителях в Лондоне Европейским и Международным комитетами по бетону была создана рабочая группа по автоклавному ячеистому бетону, которая эксплуатационную влажность ячеистого бетона признала одним из важнейших показателей. Было принято, что влажность по массовой доле составляет 4–5% и устанавливается через один-два года эксплуатации.

По результатам исследований ведущих зарубежных фирм по производству ячеистых бетонов «Хебель», «Итонг», «Верхан», «Грейзел» (Германия), «Сипорекс» (Швеция), «Калсилоткс» и «Дюрокс» (Нидерланды), «Селком» (Великобритания) эксплуатационная влажность по массовой доле составляет 3–5%.

В табл. 3 приведены результаты натурных обследований влажностного состояния стен из ячеистого бетона жилых домов. Наибольший опыт эксплуатации таких домов имеется в Санкт-Петербурге, где построено огромное число жилых домов высотой от 1 до 15 этажей по различным сериям типовых проектов со стенами из ячеистого бетона [7]. Город находится в климатической зоне с относительной влажностью в холодный период года около 90% и большим числом оттепелей (периодическим переходом температуры наружного воздуха через 0°C). Кроме того, атмосферные условия Санкт-Петербурга характеризуются агрессивными вредными выделениями промышленности и транспорта.

Автовский ДСК-3, вступивший в строй в 1959 г., был первым крупным заводом ячеистых бетонов в стране. Первым домам, построенным из этого материала в

Санкт-Петербурге, свыше 45 лет. Обследования этих домов, выполненные В.А. Пинскером, Ж.Б. Соловей и др. [7], показали, что случаев аварийного состояния ограждающих конструкций домов не имеется. Микроклимат жилых помещений оказался лучше, чем в других домах.

Обследования, проведенные в Санкт-Петербурге [15], показали, что уже через 3 года средняя равновесная влажность ячеистого бетона в наружных стенах составляет 4–5%. Перепады температур по высоте помещений составили 1,1–1,5°C (при норме 2,5°C), по горизонтали – 0,4–0,7°C (норма 2°C). Обследования показали, что из всех домов массового строительства в Санкт-Петербурге самыми теплыми являются дома со стенами из ячеистого бетона. Экспериментальные исследования с помощью тепловизора выявили наименьшие перепады температур и отсутствие температур ниже точки росы.

По результатам обследования наружных стеновых панелей из ячеистого бетона Люберецкого комбината строительных материалов и конструкций, проведенных специалистами ВНИИЖелезобетона Г.Я. Амханицким и С.Н. Левиным [5], установлено, что влажность панелей, смонтированных с технологической влажностью 17–19%, после первого года эксплуатации составляла 6,4%, а после второго – 4,2%. В осенне-зимний период влажность панелей повышается на 1,5–2,5%. Наибольшую влажность имеют средние слои панелей с некоторым смещением влажности к их внутренней поверхности.

Обследования состояния 220 ячеисто-бетонных стеновых панелей 70 жилых домов, выполненные Е.С. Силаенковым в гг. Свердловске [10, 11] и Перми, со сроком эксплуатации домов от одного года до 18 лет показали, что через 3,5 года влажность ячеистого бетона (газозолотобетона и газобетона) в стенах не превышает 6% [12, 13].

Натурные обследования, выполненные УП «Институт НИИСМ» (Белоруссия) на объектах в гг. Гродно, Сморгонь и Могилев, показали, что величина эксплуатационной влажности наружных стен из ячеистого бетона этих объектов не превышает 5 мас. %.

На основании комплекса лабораторных и натурных исследований, выполненных УП «Институт НИИСМ» [14] по определению эксплуатационной влажности, в строительные нормы Белоруссии СНБ 2.01.01.93 было

Таблица 4

№ пп	Материал	Показатели материала в сухом состоянии		Расчетное массовое содержание влаги в материале, %		Расчетные коэффициенты теплопроводности, Вт/(м·°С), при условии эксплуатации по прил. 3	
		Плотность, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	А	Б	А	Б
1	Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	700	0,18	4	5	0,23	0,24
2	Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	600	0,14	4	5	0,18	0,19
3	Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	500	0,12	4	5	0,15	0,16
4	Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	400	0,1	4	5	0,12	0,13
5	Газо- и пенобетон, газо- и пеносиликат	300	0,08	4	5	0,1	0,12

Таблица 5
Теплопроводность кладки стен из ячеистого бетона [14] Б

Точность размеров изделий, мм	Средняя плотность, кг/м ³	Теплопроводность, Вт/(м·°С) кладки стен из ячеистого бетона при толщине кладочных швов, мм	
		1,5–2 (на клеевом составе)	10 (на цементно-песчаном растворе)
Более 2	500	–	0,22
	600	–	0,26
	700	–	0,315
Менее 2	350	0,115	–
	400	0,13	–
	500	0,16	–
	600	0,175	–
	700	0,23	–

внесено изменение № 1, введенное в действие 01.10.97, которое установило величину эксплуатационной влажности ячеистого бетона марок по средней плотности D300–D700 для условий эксплуатации А и Б соответственно 4–5% массовой доли, а для ячеистого бетона марок по средней плотности D800–D1000 для условий эксплуатации А и Б соответственно 6 и 7% массовой доли.

В табл. 4 приведены нормативные показатели теплопроводности ячеистого бетона, установленные нормами Республики Беларусь СНБ 2.04.01–97 «Строительная теплотехника».

Внесение указанных изменений позволило снизить величину расчетного коэффициента теплопроводности ячеистого бетона в среднем на 23%.

На основании отечественных и зарубежных опытных данных представляется целесообразным и в нормах России принять более низкие значения равновесной влажности для условий эксплуатации А и Б соответственно 4 и 5%. Этим значениям влажности соответствуют значения теплопроводности, приведенные в табл. 4.

Технико-экономические преимущества возведения стен из ячеистых бетонов наиболее полно проявляются при применении высокоточных изделий и высокой культуре выполнения строительных работ, в частности ведения кладочных работ на клеевых составах при толщине швов 1,5–2 мм.

В табл. 5 приведены коэффициенты теплопроводности кладки стен толщиной 375 мм из ячеистого бетона на клеевом и цементно-песчаном растворе (при эксплуатационной влажности 4–5%).

Результаты исследований теплофизических свойств ограждающих конструкций из ячеисто-бетонных блоков показали, что устройство швов толщиной 2 мм снижает термическое сопротивление теплопередаче стены на 4–5%, устройство швов толщиной 10 мм – на 20%, а устройство швов толщиной 20 мм – на 30–32% [16].

Изложенное выше позволяет признать объективно обоснованной корректировку равновесной влажности и теплопроводности ячеистого бетона и кладки стен из мелких ячеисто-бетонных блоков на клеевом и строительном растворах, нашедшую отражение в стандарте СТО 00044807-001–2006 «Теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий», разработанном Российским обществом инженеров-строителей (РОИС) с участием А.С. Семченкова и Т.А. Уховой и введенном в действие 01.03.2006.

Список литературы




- ГОСТ 25485–89 «Бетоны ячеистые. Технические условия». Стандартиздат, 1989.
- Серых Р.Л. К вопросу о нормировании коэффициента теплопроводности ячеистых бетонов. Труды IV Республиканской конференции. Таллинн. 1987.
- London A.C. Effect of moisture concrete in thermal conductivity. Autocl. Aer. Concr. Moist. and Proper. Amsterdam. 1983.
- Hums D. Relation between humidity and heat conductivity in aerated concrete Autocl. Aer. Concr. Moist. and Proper. Amsterdam. 1983.
- Ахманицкий Г.Я., Воробьев А.А., Левин С.Н. Влажность изделий из вибрированного газобетона и кинетика ее изменения в условиях эксплуатации. Труды II Республиканской конференции. Таллинн. 1992.
- Нигол Т.К., Кульдма Х.А. Основные дефекты ячеисто-бетонных конструкций жилых и общественных зданий. Труды III Республиканской конференции. Таллинн. 1978.
- Пинскер В.А., Соловей Ж.Б., Почтенко А.Г., Кесли Э.О., Чуркина В.А. Опыт эксплуатации домов с ячеисто-бетонными ограждениями. Труды V Республиканской конференции. Таллинн. 1984.
- Пинскер В.А., Почтенко А.Г. Опыт эксплуатации многоэтажных цельногазобетонных домов. Труды IV Республиканской конференции. Таллинн. 1981.

9. Брель В.И., Лано З.В., Галуза Г.С. Эксплуатационные свойства газосиликатных панелей наружных стен жилых зданий в Белоруссии. Труды IV Республиканской конференции. Таллинн. 1981.
10. Силаенков Е.С., Флорова М.Р. Влияние отпускной влажности изделий из ячеистых бетонов на надежность их теплофизических свойств и долговечности. Труды VI Республиканской конференции. Таллинн. 1987.
11. Силаенков Е.С., Захарикова Г.М. Исследование сорбционных характеристик ячеистых бетонов для оценки влажностного состояния ограждающих конструкций. Труды IV Республиканской конференции. Таллинн. 1981.
12. Скатынский В.И., Чикота Е.И., Финкельштейн С.М. Опыт эксплуатации зданий с конструкциями из плотного и ячеистого конструктивно-силикатных бетонов. Труды IV Республиканской конференции. Таллинн. 1981.
13. Чернышов Е.М., Акулова И.И., Кухтин Ю.А. Эффективность применения ячеистого бетона в жилищном строительстве. Сб. Автоклавный ячеистый бетон: производство, проектирование, строительство, бизнес. Минск. 2003.
14. Гарнашевич Г.С., Гончарик В.Н. О теплофизических свойствах ячеистых бетонов. Сб. Автоклавный ячеистый бетон: производство, проектирование, строительство, бизнес. Минск. 2003.
15. Соловей Ж.Б., Кесли О.Э. Исследования теплофизических качеств ограждающих стен из ячеистого бетона домов в Ленинграде. Сб. Применение ячеистых бетонов в жилищно-гражданском строительстве. Ленинград. 1991.
16. Семченков А.С., Семечкин А.Е., Литвиненко Д.В. Проектирование наружных стен. Комплексный подход // Строительная инженерия. 2005. № 5. С. 48–55.

МОНАСИЛ
гидратированный силикат натрия

Впервые в России
жидкое стекло
в сухом виде и в гранулах

ООО "ВитаХим"
ЗАО "Волховский химический завод"
187400 Ленинградская обл., г. Волхов
Волховский пр., 17
тел.: (81363)28-008, 26-921, 27-927
www.nevolux.ru nevo@lens.spb.ru

**РНТО строителей, ассоциация «Недра»,
Московский государственный горный университет
приглашают на 12-ю международную конференцию**

**«Технология, оборудование и сырьевая база горных предприятий
промышленности строительных материалов»**

6–8 сентября 2006 г. **Москва**

Тематика конференции:

- минеральные и альтернативные ресурсы, охрана окружающей среды;
- технология горных работ;
- технология переработки различных видов сырья;
- новое горное оборудование и приборы;
- требование потребителей к продукции горных предприятий.

На вопросы об участии в конференции вам ответят по телефону (495) 915-11-03, 915-22-56

УДК 691.32–41

В.А. БЕРЕГОВОЙ, канд. техн. наук, Е.В. КОРОЛЕВ, д-р техн. наук,
А.М. БЕРЕГОВОЙ, д-р техн. наук, А.И. ЕРЕМКИН, канд. техн. наук,
Т.А. БОЛТЫШЕВА, инженер, Пензенский государственный
университет архитектуры и строительства

Разработка составов и экспериментальной технологической установки по производству пористых материалов на композиционных вяжущих*

В результате исследований, проведенных в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства, были разработаны рецептуры составов поробетонных различного назначения (табл. 1). Материалы имеют высокопористую структуру, формируемую в результате процесса воздухововлечения при перемешивании растворов, содержащих анионоактивные пенообразующие ПАВ.

Начальная фиксация параметров и устойчивость макроструктуры ячеистой смеси обеспечивалась за счет введения разработанной биполимерной добавки, состоящей из водоразбавляемого полимера фенолоформальдегидной группы и синтетического латекса. После создания и первоначальной фиксации параметров макроструктуры составы твердели в естественных условиях (поробетоны) или в условиях высокотемпературного нагрева (пеночерамические материалы). Для материалов, изготавливаемых по пенной технологии, характерно значительное влияние конструктивных особенностей перемешивающего и воздухововлекающего оборудования на качество материала.

Для производства разработанных пористых материалов спроектирована экспериментальная опытно-промышленная установка, позволяющая осуществлять регулировку отдельных параметров процесса высокоскоростного перемешивания и воздухововлечения. С этой целью технологическое оборудование дополнительно оснащено электронным блоком точной регулировки скорости вращения ротора, рабочими лопатками ротора с изменяемыми геометрическими параметрами, компрессором, воздухововлекающими и дозирующими устройствами высокой точности. Конструктивные особенности основных аппаратов придают спроектированной линии универсальный характер, который заключается в возможности быстрого перехода от выпуска одного типа пористого материала к другому.

При этом важно на основании опыта, приобретаемого в ходе промышленной апробации материалов, вносить

дальнейшие коррективы в конструкцию экспериментального оборудования с целью обеспечения надлежащего качества и основных технико-экономических показателей материалов, созданных в условиях лаборатории.

В зависимости от средней плотности и состава разработанные поробетоны могут быть использованы в качестве моно- или полифункционального материала: теплоизоляционного, теплоизоляционно-конструкционного, жаростойкого; теплоаккумулирующего и радиационно стойкого.

Эффективность пористых материалов как структурированных систем целесообразно оценивать по критерию теплоизолирующей способности. Приемлемый уровень других показателей общестроительных и специальных свойств (прочность, термостойкость, трещиностойкость и т. д.) обеспечивается проведением оптимизации по локальным критериям на уровне подсистем: растворная часть; армирующий компонент; модификаторы поверхности раздела твердых фаз. Количественным показателем критерия эффективности теплоизоляционной способности материала является величина его коэффициента теплопроводности. Доминирующее влияние на теплопроводящие свойства минеральных ячеистых материалов оказывают факторы, обусловленные как параметрами макроструктуры (средняя плотность, диаметр и распределение пор, анизотропность строения и др.), так и параметрами микроструктуры (состав растворной части, наличие микропор и дефектов).

Обобщенная зависимость теплопроводности, а также прочности разработанных составов от величины средней плотности приведена на рис. 1. Анализ экспериментальных кривых показал, что для создания эффективных теплоизоляционных материалов величина средней плотности поробетона должна быть не более 250 кг/м³. В рассматриваемом диапазоне плотностей в системе пористого материала наблюдается дефицит вяжущего, который приводит к формированию более дефектной структуры

Таблица 1

Основные показатели разработанных пористых материалов

Материал	Прочность при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м ³	Максимальная температура, °С	Теплостойкость	Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·°С)	Сорбционное увлажнение, %	Коэффициент водостойкости	Растекаемость, см
Пеночермика жаростойкая строительная	0,6–1,2 > 0,5	300–320 >150	1250 900	10 –	0,09 0,06	– –	– –	– –
Пенобетонные композиции	0,3–0,4	> 200	–	–	0,06	8–10	–	–
Пористые составы для изготовления наливных полов или межкомнатных перегородок [1]	10–15	1200	–	–	–	–	0,6	20–25

* Финансирование исследований осуществляет Фонд содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере в рамках государственного контракта.

Таблица 2

Выбор доминирующего варианта при проектировании специальных ячеистых материалов

Варианты решения	Основные критерии		Дополнительные критерии, K_n	Вывод о доминирующем решении (S_n)
	по теплопроводности (λ)	по прочности (R)		
S_1	$\lambda(S_1)$	$R(S_1)$	$K_n(S_1)$	да
S_2	$\lambda(S_2)$	$R(S_2)$	$K_n(S_2)$	нет
....
S_n	$\lambda(S_n)$	$R(S_n)$	$K_n(S_n)$	нет

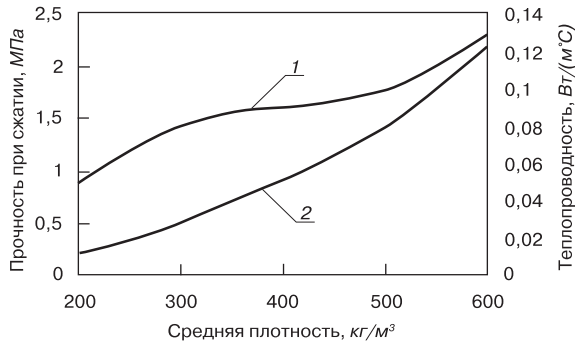


Рис. 1. Зависимость прочности при сжатии (1), теплопроводности (2) от средней плотности ячеистого материала

межпоровых перегородок и сопровождается снижением их прочности. Экспериментальные данные показывают, что неавтоклавный пенобетон на клинкерном вяжущем с плотностью 300 кг/м³ имеет прочность при сжатии более 0,5 МПа, при этом уменьшение средней плотности всего на 20% при сохранении рецептуры и технологии вызывает уменьшение прочности на 40–50%.

В отличие от распространенных в настоящее время полимерных аналогов теплоизоляционные материалы на минеральной основе могут значительно изменять свои теплофизические свойства (теплопроводность, теплоемкость) при воздействии факторов, возникающих в процессе эксплуатации, которые необходимо учитывать при расчете ограждающих и специальных конструкций. К наиболее заметным воздействиям окружающей среды, значительно влияющим на теплопроводность неорганических ячеистых материалов, относятся влажность и температура среды эксплуатации (рис. 2).

Для сравнения на рис. 2 кроме экспериментальных зависимостей приводятся расчетные зависимости теплопроводности по формуле Леба и по предложенной авторами:

$$\lambda_{эфф}^{ПБЖ} = \frac{\alpha_t \cdot \lambda_p \cdot \left(1 - \sqrt[3]{V_{возд}} + V_{возд}\right) + \lambda_p^2 \cdot \left(\sqrt[3]{V_{возд}} - V_{возд}\right)}{\alpha_t \cdot \left(1 - \sqrt[3]{V_{возд}}\right) + \lambda_p \cdot \sqrt[3]{V_{возд}}}$$

где $\alpha_t = \lambda_{возд}^{20} \cdot (1 + 2,172 \cdot 10^{-3} \cdot T) + d \cdot (h'_c + \sigma \cdot \varepsilon \cdot G \cdot T^3)$; $V_{возд} = P_{общ} = 1 - \rho_m / \rho$; $\lambda_{возд}^{20}$ – теплопроводность воздуха при температуре 20°C ($\approx 0,025$ Вт/(м·°C)); d – средний диаметр воздушных ячеек в структуре материала, м; λ_p – коэффициент теплопроводности растворной части поробетона; T – температура эксплуатации, °C; h'_c – коэффициент конвективной теплоотдачи внутренней поверхности воздушной ячейки ($\approx 0,5$ Вт/(м²·°C)); σ –

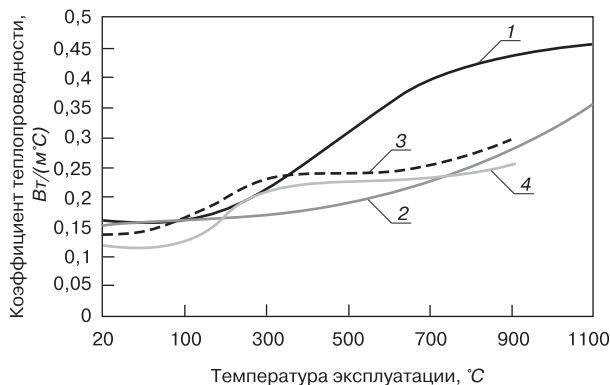


Рис. 2. Зависимость теплопроводности высокопористых материалов от температуры нагрева, построенная по расчетным и экспериментальным данным, приведенным в [2]: 1 – расчетные значения теплопроводности по формуле Леба; 2 – то же по предлагаемой авторами зависимости (1); 3 – экспериментальные значения теплопроводности для легковесов марки «МПСЛ-0,5»; 4 – экспериментальные значения теплопроводности для легковесов марки «ПШЛБ-0,5»

постоянная Стефана-Больцмана; ε – степень черноты внутренней поверхности воздушной ячейки ($\approx 0,7-0,8$); G – геометрический фактор (для воздушных пор шарообразной формы равен 0,7).

Наибольшую опасность для потери устойчивости несущего каркаса ячеистого материала при нагружении представляют растягивающие напряжения, возникающие в наиболее тонких, вертикальных, участках поробетона на месте межпоровых ламелл пены. Поэтому повышение прочности при растяжении материала растворной части разрабатываемых поробетонов рассматривалось в качестве основной задачи, решение которой было достигнуто следующими способами:

- введением в растворную часть полимерных компонентов: водоразбавляемых смол фенолоформальдегидной группы и карбамидной смолы;
- введением армирующих волокон или тонкодисперсных веществ;
- дополнительной термической или термовлажностной обработкой;
- введением в состав клинкерных пенобетонов дополнительных расширяющихся минеральных компонентов, демпфирующих собственные усадочные деформации цементного камня.

Таким образом, при разработке ячеистых материалов оптимизацию составов необходимо проводить одновременно по двум показателям. Первым критерием оптимизации является показатель основного функционального свойства любого теплоизоляционного материала – коэффициент теплопроводности, вторым критерием – прочность.

В настоящее время существуют различные методики оценки оптимальности многовариантного решения задачи. Можно полагать, что при разработке составов ячеистых теплоизоляционных неорганических материалов первостепенное значение имеют две методики – формирование множества доминирующих решений (множества Парето) и последовательный выбор уступок.

На первом этапе создания эффективных поробетонов первостепенное значение имеет поиск нескольких возможных вариантов рецептур и технологических решений изготовления материалов с экстремально высоким значением общей пористости ($P_{общ} \rightarrow \max$), при которых соблюдается условие допустимого изменения его прочности ($R \geq R_{min}$). При таком подходе наиболее приемлемым решением задачи выбора оптимальных вариантов составов и технологических решений является использование принципа Парето (табл. 2).

Последовательное сравнение строк табл. 2 позволяет определить лучшее сочетание показателей λ_n , R_n , K_n (S_n) и выбрать оптимальный вариант решения задачи проектирования составов на первом этапе. Если при этом получаются несколько вариантов решения, имеющих приблизительно одинаковое соотношение показателей, то возможно введение дополнительных ограничений K_n , которыми могут быть себестоимость

компонентов, наличие существующих технологий производства и др.

После определения приемлемого рецептурно-технологического решения задачи получения теплоизоляционного материала с требуемым показателем функционального свойства возможно дополнительное улучшение общестроительных характеристик материала за счет допустимых уступок по показателю теплопроводности. В этом случае ставится задача нахождения решения, близкого к экстремуму (R_2), при $\lambda_2 = \lambda_{\min} - \Delta\lambda$, где $\Delta\lambda$ — количественное выражение уступки по критерию теплопроводности. В дальнейшем возможна оптимизация и по критерию K_n , однако необходимо учитывать принятые допуски по критериям λ и R .

Как показывает наработанный авторами опыт проектирования составов, в результате оптимизации решения задачи на втором этапе, когда требуемое значение теплопроводности материала уже достигнуто, улучшение прочности материала может быть обеспечено за счет корректировки состава растворной части. При этом уменьшение теплопроводности материала сопро-

вождается не снижением, а увеличением его прочности, что особенно характерно для проектирования составов на основе отвердевших стеклянных расплавов, предназначенных для изготовления теплозащитных элементов ограждающих конструкций в районах строительства с повышенным фоном радиоактивного излучения.

Результаты выполненных исследований обеспечивают возможность создания и последующего использования новых эффективных импортозамещающих строительных материалов и технологий при решении проблемы ресурсо- и энергосбережения в строительстве.

Список литературы

1. *Береговой В.А., Прошин А.П., Береговой А.М. Саксонова Е.Н и др.* Составы для устройства конструктивных слоев монолитных полов и межкомнатных перегородок // *Строит. материалы.* 2005. № 6. С. 44–47.
2. *Самедов А.М.* Деформирование и разрушение конструкций при термосиловых воздействиях. М.: Стройиздат. 1989. 432 с.

удк 69

М.Н. ГИНДИН, канд. техн. наук, В.И. СИНЯНСКИЙ, канд. техн. наук, ОАО «ВНИИСТРОМ» им. П.П. Будникова (п. Красково Московской обл.), С.И. БУТЕЛЬСКИЙ, генеральный директор, И.Д. ЖБАДИНСКИЙ, технический директор ОАО «МАКОН» (г. Кишинэу, Молдова)

Автоматизированная технологическая линия по производству изделий из ячеистого бетона

Повышение требований по теплозащите зданий привело к тому, что их строительство из традиционных стеновых материалов стало нецелесообразным, так как потребовалось значительное увеличение толщины стен.

Традиционные изделия в ограждающих конструкциях уступают место более теплоэффективным строительным изделиям, из которых одним из наиболее перспективных является ячеистый бетон.

Ячеистый бетон наряду с высокими теплоизоляционными показателями имеет достаточно высокие прочностные характеристики (прочность при сжатии до 40 МПа). Особенно эффективными являются изделия из ячеистого бетона для малоэтажного строительства или многоэтажного каркасного строительства.

На Кишиневском комбинате строительных материалов ОАО «МАКОН» введена в эксплуатацию автоматизированная технологическая линия по производству изделий из пенобетона неавтоклавно твердения. Внедрение линии явилось результатом совместной работы ОАО «МАКОН», ОАО «ВНИИСТРОМ», ООО «АВИС» и немецкой фирмы «НЕОПОР».

На линии производятся изделия плотностью 700–900 кг/м³ с прочностью 2,5–4 МПа. Технология предусматривает формование массивов размером в плане 1200×1500 мм, высотой 600 мм с последующей их разрезкой на изделия требуемых размеров. Отклонение размеров изделий от номинальных после резки составляет ±1,5 мм. Резка массива производится колеблющимися витыми струнами, длина которых составляет 1400 и 1700 мм. Осуществление резки на формовочном поддоне позволяет снизить требования к прочности массива при резке. Линия рассчитана на выпуск в сутки до 100 м³ изделий. Имеются модификации линии для выпуска в сутки до 300 м³ изделий.

Схема линии показана на рис. 1.

Цемент и песок из расходных бункеров поступают в весовые дозаторы, вода подается через весовой дозатор жидкости. Весовые дозаторы, установленные на линии, объединены системой управления, обеспечивающей набор требуемого количества сырьевых компонентов и разгрузку дозаторов в смеситель в заданной последовательности. Компоненты перемешиваются до получения гомогенного раствора, затем в смеситель подается техническая пена, получаемая в пеногенераторе.

Пеногенератор позволяет получать пену требуемого качества, а количество пены, подаваемой для получения бетона заданной плотности, определяется временем подачи пены.

Объем смесителя подобран таким образом, чтобы объем замеса был равен объему формы. В линии используется смеситель объемом 1,4 м³, что позволяет заполнять форму объемом 1,1 м³. Из смесителя масса заливается в форму. Формы после заливки устанавливаются в туннельную камеру, где поддерживается температура 30–40°С. Время выдержки массива в формах до разрезки составляет 4,5–6 ч.

После набора массивом распалубочной прочности борта снимаются с поддона и манипулятором переносятся на тележку возврата опалубки, которая перемещается по рельсам, расположенным параллельно линии формирования.

Поддон с массивом после съема опалубки перемещается на резательный комплекс (рис. 2). Поддон-вагонетка зажимается, и на массив опускается рама с установленными на ней механизмами продольной и поперечной резки. Массив разрезается колеблющимися струнами одновременно в поперечном и продольном направлениях. Частота колебаний струн

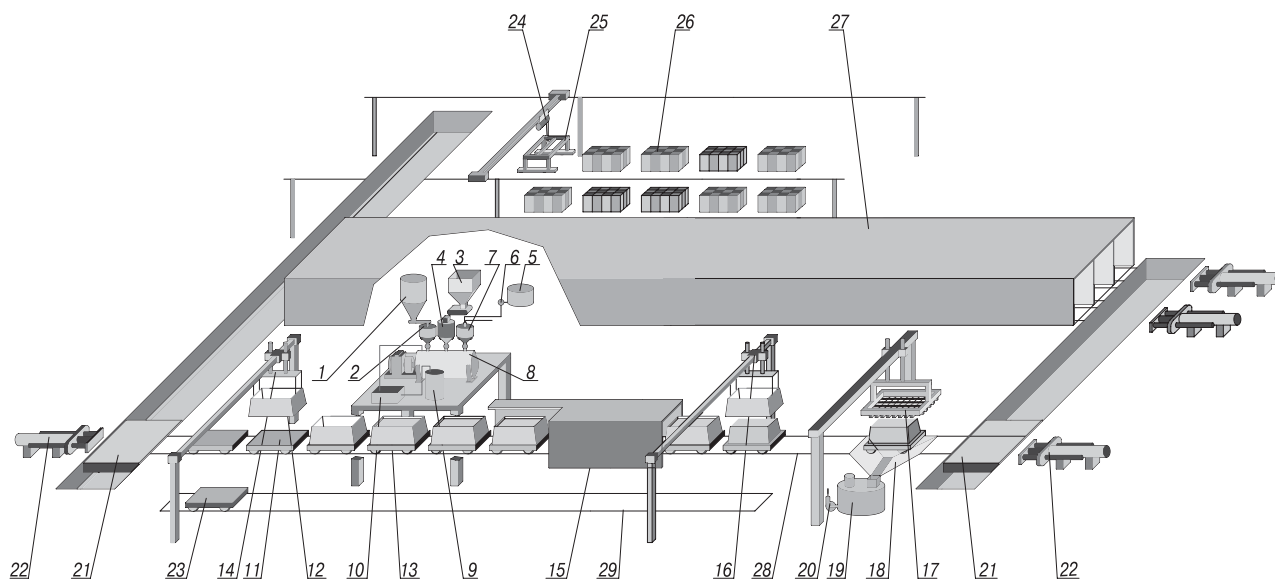


Рис. 1. Автоматизированная линия по производству изделий из пенобетона неавтоклавного твердения: 1 – склад цемента; 2 – дозатор цемента; 3 – расходный бункер песка; 4 – дозатор песка; 5 – бассейн шлама отходов; 6 – насос перекачки шлама; 7 – дозатор воды и шлама отходов; 8 – смеситель; 9 – емкость раствора пенообразователя; 10 – пеногенератор; 11 – формовочный поддон; 12 – съемный колпак; 13 – форма в сборе; 14 – манипулятор сборки форм; 15 – камера выдержки; 16 – манипулятор снятия опалубки; 17 – резательный комплекс; 18 – установка сбора отходов; 19 – смеситель переработки отходов; 20 – насос перекачки шлама в шламбассейны; 21 – тележка передаточная; 22 – система толкателей; 23 – тележка возврата опалубки; 24 – кран отгрузки продукции; 25 – захват съема изделий; 26 – склад готовой продукции; 27 – камера твердения; 28 – пути перемещения поддонов; 29 – пути перемещения тележки возврата опалубки

60–120 двойных ходов в мин. Амплитуда колебаний струн 14 мм. Подъем и опускание рамы со струнами производится электромеханическим приводом.

Питание приводов резательного комплекса осуществляют от преобразователя частоты, что позволяет изменять частоту колебания струн поперечной и продольной разрезки, позволяет снижать скорость опускания и подъема рамы в момент входа струн в массив и при выходе из него, обеспечить точную остановку подъемной рамы в конечных положениях.

После разрезки массива образуются отходы от обрезки боковых сторон, которые собираются на поддоне и стлавываются толкателем на ленточный конвейер. Отходы от разрезки конвейером подаются в смеситель переработки отходов и разбавляются водой. Собранный шлам дозируется и подается в смеситель приготовления пенобетона.

После разрезки массива поддон освобождается от фиксации и проталкивается на электропередаточный мост. Мост работает в автоматическом режиме и обеспечивает передачу поддона с массивом в одну из трех камер термообработки. Для проталкивания поддонов с массивами перед камерами установлены толкатели. Камеры

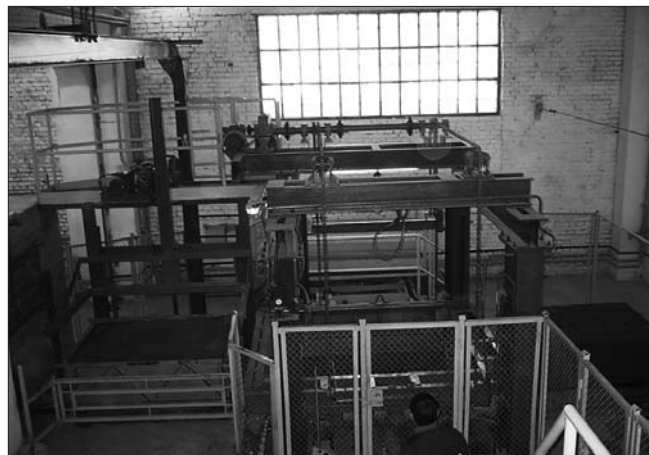


Рис. 2. Резательный комплекс

закрыты с двух сторон подъемными дверями, что обеспечивает поддержание в них требуемого режима термообработки за счет тепла от гидратации цемента в массивах.

Выходящие из камер массивы имеют прочность не менее 1 МПа, что позволяет осуществить распалубку изделий захватом, не прибегая к ручной перекладке блоков. Захватом изделия устанавливаются на транс-портный поддон и обвязываются упаковочной лентой. Упакованные изделия поступают на склад готовой продукции.

Бортоснастка, снятая с массива, возвращается к началу линии формования, смазывается и манипулятором устанавливается на поддоны, которые после съема с них изделий возвращаются на линию формования.

При изготовлении блоков используется цемент М400Д20, песок с модулем крупности 1,2–1,5 и пенообразователь фирмы «НЕОПОР». Минимальный цикл работы линии определяется временем приготовления и заливки бетона в формы. Эксплуатация линии показала, что при использовании применяемых на комбинате материалов и оборудования цикл работы смесителя может составлять 7–8 мин. Для обеспечения времени выдержки в камере для набора прочности изделий, необходимой для распалубки, исходя из имеющихся на комбинате габаритов цеха цикл работы оборудования принят 15 мин. Суточный выпуск изделий при таком цикле работы составляет 100 м³.

Автоматизированная система управления позволила до минимума сократить численность рабочих. На технологической линии, включая вспомогательных рабочих, занятых упаковкой и складированием готовых изделий, работает шесть человек в смену.

Таким образом совместными усилиями специалистов создана и освоена на Кишиневском комбинате строительных материалов современная автоматизированная технологическая линия по производству изделий из неавтоклавного ячеистого бетона. Линия позволяет выпускать изделия с высокой геометрической точностью, качество изделий отвечает самым высоким требованиям. Линия может иметь различную конфигурацию, что позволяет размещать ее в стесненных условиях имеющегося производственного корпуса и существенно снизить затраты на строительство.

А.И. СЕЛЕЗСКИЙ, генеральный директор ЗАО «Силбетиндустрия» (Москва),
 З.Б. САДЫКОВ, д-р техн. наук, КГТУ им. А.Н. Туполева, И.А. ОДИНЦОВ, ст. науч. сотрудник,
 Р.А. ГИЗЗАТУЛИН, ведущий инженер ОКБ «НИПТ» (Казань)

Повышение качества строительных изделий из газобетона в условиях поточного производства

В индустрии производства строительных материалов все большее место занимает производство изделий из газобетона. Возникшая конкуренция между производителями постоянно поднимает планку требований к качеству поставляемых изделий – снижению средней плотности газобетона, повышению прочности при сжатии, повышению морозостойкости и к предельным отклонениям геометрических размеров изделий. При этом важным фактором является высокая повторяемость данных параметров в поточном производстве. Соблюдение указанных требований сопряжено напрямую с себестоимостью выпускаемых изделий, что в условиях рынка требует нового подхода к организации работы технологических линий.

Сложность воспроизведения заданных свойств изделий, выпускаемых на технологических линиях по производству ячеистых бетонов, определяется несоответствием поставляемых сырьевых материалов (песок, известь, цемент) технологическим требованиям по физико-химическим составам и их нестабильностью от партии к партии. Итоговым решением для повышения и сохранения качества изделий из газобетона является введение в состав технологической линии системы адаптивного управления техпроцессом.

ЗАО «Силбетиндустрия» совместно с Бологовским заводом «Строммашина» и Опытно-конструкторским бюро наукоемких инновационных производственных технологий КГТУ им. А.Н. Туполева и Академии наук РТ проектирует и поставляет комплексные технологические системы для заводов ячеистого бетона автоклавного и неавтоклавного твердения с введением в их состав унифицированной системы контроля и адаптивного управления техпроцессом (АСКУ). Блок-схема контроля и управления техпроцессом производства изделий из газобетона представлена на рис. 1.

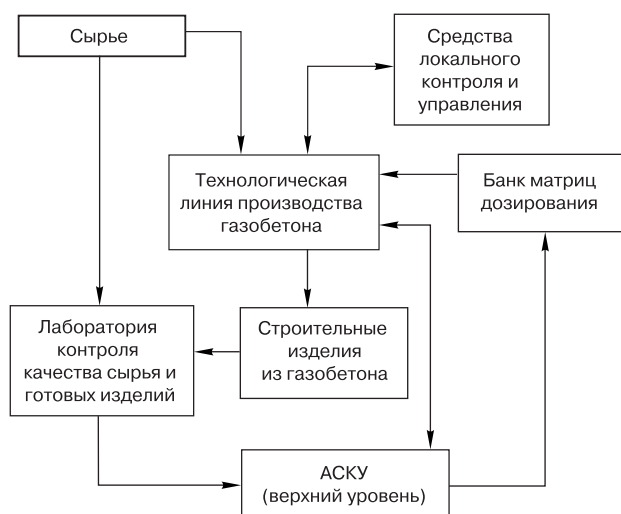


Рис. 1. Блок-схема контроля и управления техпроцессом производства изделий из газобетона

Основным звеном, определяющим качество получаемых изделий из газобетона, является матрица (рецептура) дозирования исходных компонентов, учитывающая водотвердое отношение смеси, активность и скорость гашения извести, качество цемента, соотношение цемента и извести в вяжущем, качество помола песка и извести, «стартовую» температуру смеси в момент подачи порообразователя – алюминиевой суспензии, время перемешивания комплексной смеси, динамику заливки в форму и ударную обработку после заливки.

АСКУ при обслуживании техпроцессом является замыкающим звеном в цепи обратной связи – адаптивной коррекции матрицы дозирования по комплексу параметров (физико-химических свойств, температуры, реологии смеси в процессе ударной обработки). Схема адаптивного ведения техпроцесса представлена на рис. 2

Введение в АСКУ текущих параметров осуществляется перед каждым дозированием (средства локального контроля и управления) и периодически, по данным заводской лаборатории (получение данных о сырье, тонине помола, нормализации шлама песка и по анализу готовой продукции). АСКУ проводит коррекцию исходной матрицы дозирования по номограммам, полученным по расчетным и практическим данным, и оптимизирует соотношение цемента и извести, водотвердое отношение для каждой заливки. Необходимо отметить, что применение ударной технологии и снижение водотвердого отношения смеси, а также оптимизация по составу вяжущего позволяют снизить потребление цемента при производстве газобетонных изделий и, как следствие, уменьшают себестоимость продукции.

Модульность в построении АСКУ и многоуровневая реализация (ряд элементов техпроцесса адаптивно настраивается при изменении возмущающих воздействий, например изменение параметров ударной обработки, амплитуды и частоты воздействий с учетом реологии смеси) позволили применить высоконадежную и эффективную систему контроля и управления с возможностью ее трансформирования при изменении типоминералов строительных изделий из газобетона.

Такое построение АСКУ обеспечивает ведение техпроцесса на всех его стадиях с высокой надежностью, фиксируя действия операторов, что повышает ответственность персонала и позволяет устранить повторное появление субъективных ошибок, а также ускорить отработку техпроцесса на стадии запуска производства и в процессе отработки новых рецептов изготовления газобетона.

АСКУ при нарушениях напряжения питания обеспечивает фиксацию параметров техпроцесса на момент прерывания питания, исключая возможность самозапуска оборудования линии при подаче напряжения питания.

Надежность работы АСКУ обеспечивается периодическим и текущим (по основным параметрам работы автоклавов, весоизмерительных и дозирующих устройств) самоконтролем каналов связи, а также тестированием всей программы ведения техпроцесса.

Аппаратная реализация АСКУ и ее программное обеспечение позволяют:



Рис.2. Схема адаптивного ведения технологического процесса

- иметь библиотеку рецептов изготовления газобетона;
- производить перерасчет составов выбранной рецептуры с учетом текущих параметров составляющих газобетонной смеси (температура, влажность, гранулометрический состав, активность извести по данным заводской лаборатории и по оперативному контролю активности вяжущего с помощью встроенного прибора, а также другие параметры). При этом все корректирующие изменения фиксируются в электронной и твердой копиях ведения техпроцесса;
- вести учет расходуемого сырья и выхода изделий из газобетона (сутки, месяц, год);
- обеспечивать выдачу рекомендаций операторам по устранению тех или иных отклонений параметров на линии;
- производить корректировку параметров техпроцесса, выборку накопленной информации только по паролю технолога, отвечающего за техпроцесс; при этом исключается возможность несанкционированного доступа;
- адаптировать АСКУ для подключения к централизованной системе (АСУ) предприятия в целом, с созданием постов контроля за работой технологической линии производства газобетона руководством предприятия.

В целом введение АСКУ в состав технологической линии позволит обеспечить качество выпускаемой продукции и его воспроизводимость в условиях поточного производства.

Реализация АСКУ производится с максимальной унификацией по первичным преобразователям (датчикам) и вторичным преобразователям, выпускаемым отечественной промышленностью, что позволяет повысить эксплуатационные показатели АСКУ, а также резко снизить ее стоимость и обеспечить адаптацию к существующему оборудованию (при реконструкции существующих предприятий, производящих строительные материалы).

ЗАО «СИЛБЕТИНДУСТРИЯ»

Создано в 1992 г. при участии НИПИСиликатобетон (г. Таллинн, Эстонская Республика) и Бологовского завода «Строммашина»

Осуществляет проектирование, изготовление, поставку и шеф-монтаж технологических линий нового поколения для выпуска изделий из автоклавного газобетона.

В проектах линий реализуются:

- раздельный помол песка и извести до оптимальных и контролируемых удельных поверхностей;
- рациональная система технологической транспортировки сырьевых компонентов;
- гидродинамический принцип смесеприготовления;
- ударное формование массивов;
- локальное пароприготовление при помощи парогенераторов;
- система автоматизированного контроля и управления технологическим процессом.

Приглашаем к сотрудничеству всех, кто заинтересован в развитии растущего и перспективного рынка автоклавного газобетона.

ЗАО «СИЛБЕТИНДУСТРИЯ»

Россия, Москва, Рязанский проспект, д. 26, офис 304
Телефон: (495) 174-01-56, e-mail: silbetblok@mtu-net.ru

ООО «Строммашина»

Россия, г. Бологое, Тверская область, ул. Горская, 120
Телефон: (48238) 2-25-53

«Кунайстройсервис»: всегда учитывать потребности клиента

Компания «Кунайстройсервис» – официальный держатель лицензии «Neopor System GmbH» (Германия), на протяжении ряда лет является лидером среди производителей оборудования и пеноконцентрата «Унипор» для производства неавтоклавногo ячеистого бетона. Этому предшествовали тщательное изучение отечественного и зарубежного опыта, кропотливый поиск наиболее оптимальных конструктивных решений.

Помимо выпуска оборудования и пеноконцентрата компания разрабатывает и поставляет целые технологические комплексы с использованием технологии «Унипор».

Выпускаемые компанией универсальные установки предназначены для приготовления модифицированных бетонов как в стационарных условиях цеха, так и на стройках. Имея небольшую массу, они легко транспортируются, надежны и просты в эксплуатации, подходят как для организаций, для которых выпуск изделий из бетона является абсолютно новым делом, так и для действующих заводов ЖБИ, поскольку установки легко вписываются в структуру работающего бетонорасторного узла.

В настоящее время ощущается большой дефицит в дешевом, скоростном и качественном строительстве, которое, в свою очередь, отвечало бы таким требованиям, как капитальность и долговечность. Всем этим требованиям соответствует технология «Унипор».

Производимое компанией оборудование с производительностью 1–10 м³ пенобетона в час позволяет изготавливать шесть видов бетонов и растворов во всем спектре плотностей. Уникальным наше оборудование можно назвать потому, что для выбора требуемой плотности изделия необходимо только изменить пропорцию используемых материалов, а объем получаемого бетона зависит от выбора той или иной установки согласно ее технической характеристике.

«Сердцем» любого бетоносмесительного комплекса является пеногенератор.

Пеногенератор ПГ-1 вырабатывает пену, используемую как суперпластификатор при производстве тяжелых бетонов и как порообразователь при производстве легких, ячеистых и теплоизоляционных бетонов. Принципиальное отличие нашего пеногенератора от аналогов заключается в точном дозировании подаваемого количества пены и, как следствие, соблюдении рецептуры. Конструкция

пеногенератора позволяет получать сверхустойчивую пену заданной плотности. Аппарат снабжен системой поддержания точности массы и объема выдаваемой пены, что позволяет контролировать расход пеноконцентрата.

Пеноконцентрат «Унипор» получен на основе гидролиза протеина. Приготовленная пена является микропористой, устойчива и характеризуется хорошей водоудерживающей способностью. Пена сохраняет пористость структуры и взвешенное состояние песка и цемента в виде суспензии до затвердевания цементной массы без изменения объема. Также следует добавить, что в отличие от синтетических пеноконцентратов в «Унипор» не добавляются для устойчивости пены хлориды, поэтому он полностью подходит для производства конструктивных изделий.

В зависимости от характера и условий выполняемых работ специалисты могут подобрать оптимальный вариант бетоносмесительного комплекса.

Например, при широком спектре работ в ограниченном пространстве, наилучшим в данном случае будет использование пеногенератора ПГ-1 в комплексе с установкой СБН-100 «Спрут». Установка компактна и имеет небольшую массу, поэтому хорошо подходит как для работы на открытой площадке, так и внутри помещения. Установка «Спрут» предназначена для приготовления и подачи готовых бетонных и растворных смесей к месту укладки. Она изготавливает тяжелые бетоны на мелкозернистом заполнителе с фракцией до 5 мм, а также легкие бетоны, пенобетоны, изоляционные бетоны и растворные смеси для кладочных и штукатурных работ. Производительность установки до 2 м³/ч. Установка способна подавать готовые бетонные смеси на высоту до 30 м. Бесспорным преимуществом использования в строительных работах установки «Спрут» является возможность механизировать все виды отделочных работ.

При работах в отдаленных и труднодоступных местах, а также в случаях частого перемещения бетоносмесительного комплекса оптимальным будет применение мобильного комплекса КРН-1000 МЭ. Комплекс предназначен для полного цикла работ по дозировке компонентов, приготовлению и укладке пенобетонной смеси. Мощность данного комплекса до 15 м³ бетона в час, производится при этом 6 видов бетона со средней плотностью от 200 до 1800 кг/м³. Встроенная насосная система обеспечивает



Установка СБН-100 «Спрут»



Мобильный комплекс КРН-1000 МЭ



Механизированный бетоносмесительный узел

подачу бетонов без их расслоения по шлангам на расстояние до 200 м и по вертикали до 30 м. Комплекс может быть использован при монолитном и сборно-монолитном строительстве, обеспечивая до 95% необходимых стеновых материалов.

В состав комплекса входит передвижной ленточный конвейер КПЛ-60, предназначенный для объемной дозировки сыпучих компонентов (цемент, песок), используемых для приготовления бетона и подачи их в смеситель, а также бетоносмеситель объемом 1,2 м³ и бетононасос БН-15. Оголовок транспортера предназначен для стыковки конвейера с горловиной загрузочного люка смесителя через переходной «чулок».

Для проведения объемных строительно-монтажных работ наиболее рациональным будет использование механизированного бетоносмесительного узла. В его состав помимо уже описанного пеногенератора ПГ-1 и комплекса КПН-1000МЭ входят весовой питатель песка и склад цемента.

Узел предназначен для полного цикла работ по производству тяжелых и модифицированных бетонов и растворов, начиная с приема, складирования, весового дозирования и подачи сырьевых материалов и заканчивая выдачей готовых бетонных смесей по шлангам к месту укладки. Узел обеспечивает бесперебойную работу с производительностью до 15 м³/ч. Используется при

организации производства изделий из бетонов различной плотности в монолитном и сборно-монолитном строительстве.

Входящий в комплекс склад цемента имеет объем силоса 27 м³. Предназначен для приема, хранения и подачи цемента в весовое устройство.

Питатель песка применяется как мобильная весовая установка, имеющая накопительные емкости для трех фракций песка объемом 30 м³. Весовой бункер песка предназначен для накопления взвешенной дозы песка по фракциям. Бункер через регулируемые талрепы и коромысло подвешивается на 3 силоизмерительных датчиках. Пульт управления служит для управления всем технологическим режимом работы установки.

В статье рассмотрено несколько примеров комплексов. Однако технология «Унипор» позволяет варианты исходя из потребности клиента, с учетом его планируемых объемов, сложившейся структуры производства, наличия и параметров сырья и т. д. При желании заказчика организовать у себя производство мелкоштучных блоков фирма обеспечит поставку стальных форм и опалубку практически любых размеров, включая особые закладные элементы для производства строительных материалов любой конфигурации: мелких стеновых блоков, архитектурных элементов, лестничных маршей, декоративного отделочного камня, тротуарной плитки, бордюров и бортовых камней и т. п.

Формы могут применяться на открытых и закрытых площадках объектов промышленного, гражданского и сельского строительства.

Необходимо отметить, что пеногенератор ПГ-1 и пеноконцентрат «Унипор» являются ноу-хау компании «Кунайстройсервис». Выпуск продукции производится с 1998 года. За эти годы накоплен большой опыт работы с клиентами, которыми стали более 200 фирм и организаций из ближнего и дальнего зарубежья. Партнерами фирмы неоднократно отмечалось высокое качество оборудования и пеноконцентрата, что стало возможным благодаря использованию комплектующих от таких всемирно известных производителей, как HITACHI, LAPP, WALTHER, MOELLER и др., а также внедрение в производство прогрессивных технологий и решений.

Ю.Н. Козлов

КУНАЙ



оборудование для производства пенобетонов:

- пеногенераторы и пеноконцентрат;
- бетононасосы и мобильные смесители;
- автоматизированные БСУ

все для строительства из пенобетона:

- опалубка для сборных изделий и элементов декора;
- опалубка для монолитных стен и перегородок;
- опалубка для монолитных перекрытий и колонн

Более 10 лет на рынках
стройиндустрии СНГ

Технология «Унипор»

ТОО «КУНАЙСТРОЙСЕРВИС»

Республика Казахстан, г. Костанай, пр. Абая, 1а

тел. /3142/ 26-64-09, факс 26-12-62

kunai@list.ru

Гелиокамера ускоренного твердения ячеистого бетона

К настоящему времени КБ «ВоДОмет» в рамках проекта «Альтернативная энергетика» разработано направление энергосбережения и самоэнергообеспечения в ЖКХ за счет использования солнечной энергии вплоть до 60° северной широты [1, 2, 3].

В периодической литературе, освещающей производство строительных материалов, в частности неавтоклавно ячеистого бетона, указывается на использование тепловая обработки в камерах [4, 5].

Для уменьшения затрат органического топлива при производстве строительных материалов предлагается система альтернативного обогрева для ускоренного твердения ячеистого бетона, сушки кирпича-сырца и других изделий строительной индустрии — гелиокамера.

Гелиокамеру располагают в солнечном соляном пруду. Пруд размещают с южной стороны здания, ограждающая конструкция которого увеличивает поступление солнечного излучения в солнечный соляной пруд.

Солнечные пруды — это аккумуляторы и концентраторы энергии с развитой сетью примитивных отражателей, например стен зданий, окрашенных блестящей краской, окон, покрытых на летний период алюминиевой фольгой, способных отражать и направлять в акваторию пруда сотни киловатт солнечной энергии. Их можно использовать вплоть до 60° северной широты, т.е. зона эффективного применения гелиотермообработки включает в себя Ленинградскую, Пермскую, Свердловскую, Тюменскую, Томскую области, Красноярский край, Иркутскую область, Хабаровский край.

Осуществление термообработки, например, ячеистого бетона в формах в гелиокамере осуществляется следующим образом (см. схему).

Корпус теплового коллектора 1 и его внутреннее пространство постоянно нагреты от прямой 2 и отраженной от поверхности стены 3 солнечной энергии, запасенной солнечным соляным прудом 4. Форма-вагонетка 5 с ячеистым бетоном закатывается внутрь корпуса теплового коллектора 1 из зоны загрузки 6, после чего внутренний объем коллектора герметизируется крышками 7. Термообработка изделия — его нагрев осуществляется излучением от нагретой до 85–90°С внутренней поверхности теплового коллектора 1 за счет конвективного теплообмена между потоком воздуха внутри коллектора 1 и поверхностями изделия. Скорость подъема температуры бетона будет зависеть от площади открытой поверхности изделия (бетона) и теплопроводности стенок формы-вагонетки 5.

Если технологическим регламентом предусмотрен ускоренный подъем температуры, то его можно осуществить за счет подачи в коллектор 1 воды с температурой окружающей среды. Поступающая вода (дозированный объем) при контакте с прогретыми стенками коллектора 1 будет испаряться и конденсироваться на поверхностях бетона и формы, отдавая теплоту фазового перехода изделию. Еще более ускоренный подъем температуры изделия (при необходимости) будет, если паровоздушную смесь вытеснить, приоткрыв крышки 7, до заполнения коллектора 1 чистым паром (туманом) с температурой 75–85°С.

После пропаривания, например, керамзитобетона его влажность может достигать 19–20%, а отпускная влажность должна быть 5–6%. Для доведения изделий до необходимой влажности можно провести их обработку теплым воздухом, для этого достаточно открыть крышки 7.

После термообработки бетона форму-вагонетку 5 выкатывают в зону выгрузки 8, и цикл повторяется.

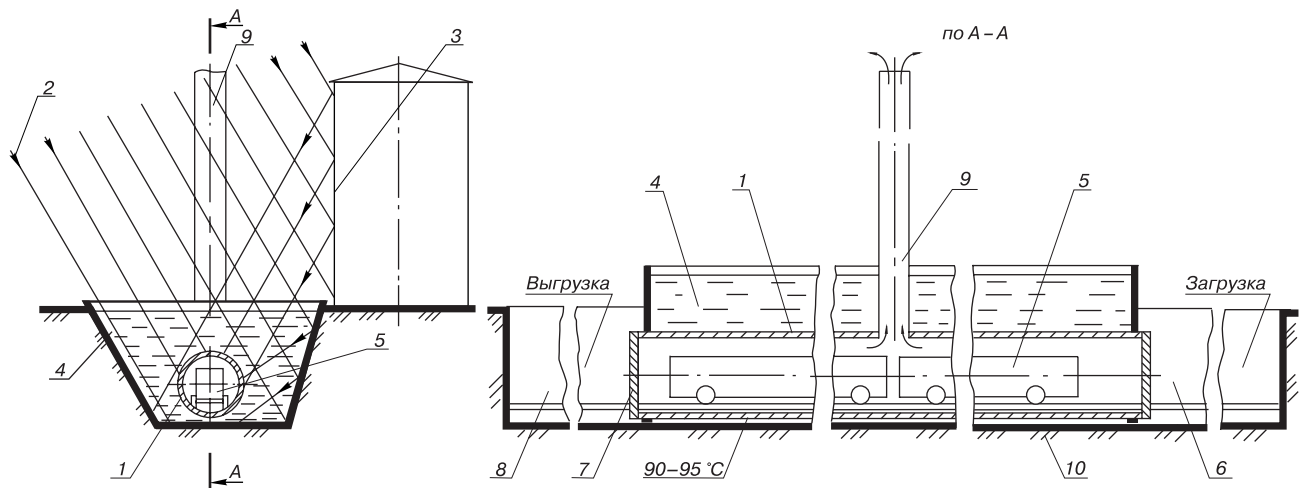


Схема гелиокамеры ускоренного твердения ячеистого бетона: 1 — корпус теплового коллектора; 2 — солнечное излучение; 3 — отражающая поверхность; 4 — солнечный соляной пруд; 5 — форма-вагонетка с изделием (ячеистым бетоном); 6 — зона загрузки; 7 — крышка; 8 — зона выгрузки; 9 — вытяжная труба; 10 — грунт

Гелиокамера для эффективного и постоянного удаления паровоздушной смеси из коллектора 1 при сушке, например, кирпича-сырца может быть снабжена вытяжной трубой 9.

Поскольку предлагаемая камера нова не только по своему устройству, но и не исследовано температурное поле в коллекторе 1, ее внедрение потребует комплекса теплотехнических исследований и натурных испытаний, отработки приемов и методов регулирования распределения температуры по объему коллектора.

Однако с полной определенностью можно сказать, что поскольку в гелиокамере температура придонного слоя пруда стабильна в течение суток гелиокамера будет обеспечивать производство бетонных изделий с требуемым недобором прочности, даже если погода вдруг резко ухудшится, в том числе во время дождя. Ведь гидродинамический солнечный соляной пруд — это не только аккумулятор, но и мощный концентратор солнечной энергии. Плотность тепловой энергии в пруду (при известной инерционности и технологии использования теплосодержания) в 100000 раз выше солнечной постоянной (1300 Вт/м²) [6]. При аккумуляции солнечной энергии придонным рассолом пруда 4 прогревается и грунт 10, при этом образуется существенный запас теплоты — петрогеотермальный ресурс — гарантия бесперебойной работы в пасмурные дни.

Главное преимущество использования солнечной энергии для термообработки бетонных изделий состоит в совпадении максимумов ее поступления и сезонных потребностях строительной отрасли в материалах.

Гелиокамера весьма эффективна для работы в средней полосе России, поскольку здесь наблюдается наибольшая инсоляция за день — 7 кВт/м² (или с учетом рассеянной составляющей 8,4 кВт/м²), в тропиках — 7,1 (8,3), на экваторе — 6,5 (7,5). Такое повышение инсоляции при увеличении широты связано со значительным возрастанием продолжительности дня. Так, в июне продолжительность дня в средней полосе России более 16 ч, а в тропиках всего 12 ч.

Широкое применение гелиотермообработки в средней полосе России значительно сократит расходы топлива, позволит улучшить экологическую обстановку, поднять энергозащищенность производителей строительных материалов и повысить их энергетический суверенитет.

Список литературы

1. *Осадчий Г.Б.* Система альтернативного электроснабжения// *Машиностроитель*. 2001. № 8. С. 36–37.
2. *Осадчий Г.Б.* Гелиоэнергетика для жилых зданий// *Жилищное строительство*. 2000. № 11. С. 14–16.
3. *Осадчий Г.Б.* Техничко-экономические показатели системы комплексного использования солнечной энергии// *Промышленные регионы России*. 2004. № 6. С. 19–22.
4. *Бутельский С.И., Жбадинский И.Д., Свирипа Н.А.* Об опыте производства ячеистого бетона// *Строит. материалы*. 2005. № 1. С. 36.
5. *Иванов К.С., Иванов Н.К.* Неавтоклавные ячеистые бетоны на основе шлакощелочных вяжущих и диатомита// *Строит. материалы*. 2004. № 8. С. 42.
6. *Янтовский Е.И.* Потоки энергии и эксергии. М.: Наука. 1988.

ИНФОРМАЦИЯ

«НААГ» – российский автоклавный газобетон ориентирован на будущее

В конце апреля в Москве прошло совещание учредителей и подписание учредительных документов новой организации «Национальная ассоциация «Автоклавный газобетон» («НААГ»). Членами новой организации стали фирмы «Кселла-Аэроблок-Центр-Можайск» (Московская обл.), «Аэрок-Санкт-Петербург», «Воскресенский газосиликатный комбинат» (г. Воскресенск Московской обл.), «Теплит» (п. Рефтинский Свердловской обл.), «Стромтрейдинг» (Москва). Учредителями ассоциации выступили предприятия-изготовители и компания-распространитель изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения.

Одной из целей «НААГ» является отстаивание научно-технических и конкурентно-правовых интересов производителей и организаций, реализующих изделия из автоклавного газобетона (АГБ) в России. Планируется, что эта новая структура — некоммерческое партнерство будет решать вопросы установления европейского стандарта качества на газобетон, оценивать состояние рынка и ставить задачи для всей индустрии производства АГБ. Ассоциация будет представлять интересы ее членов перед административными органами власти, другими союзами и ассоциациями, которые тем или иным образом связаны с производством пористого бетона и строительством, комитетами по нормоконтролю.

Особое внимание представители заводов-изготовителей уделили вопросу качества продукции и технологии производства. В планах ассоциации — продолжение работы по дальнейшему снижению плотности конструктивно-теплоизоляционного бетона до 350–400 кг/м³.

Предполагается работа по внесению изменений в ГОСТ 21520–89 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие. Технические условия»: значение отпускной влажности бетона на песке необходимо увеличить до 35% по массе для литевой технологии, в одни таблицы внести новые марки, из других таблиц исключить, устранив несоответствия. Кроме того, предстоит рассмотреть предложенную НИИЖБ новую методику испытания ячеистого бетона на морозостойкость.

Участники совещания отметили необходимость дальнейшего продвижения эффективных каркасных систем, в которых наружные стены выполняются из АГБ плотностью 350–500 кг/м³.

Новой ассоциации совместно с российскими научными институтами предстоит разработать полный комплект нормативно-технической документации, обеспечивающей проектирование и строительство энергоэффективных зданий из автоклавного газобетона. Предполагается издать материалы по производству и применению ячеистого бетона, данные о результатах научных исследований в других странах.

В Европе существует Международная ассоциация производителей автоклавного газобетона, включающая национальные ассоциации других стран. В сентябре 2005 г. в Лондоне состоялась международная конференция, в которой приняли участие руководители организаций — учредителей НААГ. Руководство Европейской ассоциации производителей АГБ изъявило готовность рассмотреть вопрос о принятии в свои ряды новой российской Национальной ассоциации «Автоклавный газобетон».

Новые алюминиевые газообразователи

В производство ячеистых бетонов за последние десятилетия внедрен ряд отечественных научно-технических достижений и зарубежных технологий, позволивших значительно повысить технический уровень предприятий строительной индустрии и расширить номенклатуру выпускаемых изделий. Однако эти изменения практически не коснулись основного компонента, формирующего пористую структуру материала, – алюминиевого газообразователя.

Если внимательно проанализировать данные о влиянии газообразователя на свойства конечного продукта, то станет ясно: имея трех–пятипроцентную долю в себестоимости газобетона, газообразователь определяет на равных с основными компонентами такие технические характеристики, как однородность структуры, плотность, тепло- и звукопроводность.

Ситуация, сложившаяся сегодня на рынке газообразователей, кажется на первый взгляд устойчивой и спокойной. Пудры ПАП-1 и ПАП-2, изготовленные в соответствии с ГОСТом, – вот необходимое и достаточное условие для использования их в качестве газообразователя. Можно убедительно доказать, что показатели, указываемые в ГОСТе, в большинстве своем вторичные признаки качественного газообразователя, так как пигментные пудры ПАП-1 и ПАП-2 ориентированы в основном для лакокрасочной промышленности.

Пигментные пудры имеют ряд существенных недостатков. Основными из них являются гидрофобность и пыление продукта, что усложняет технологию производства газобетона (вводится дополнительная операция обработки продукта растворами поверхностно-активных веществ) и делает ее взрывоопасной (производство ячеистых бетонов отнесено к взрывоопасной категории А).

Кроме того, в силу своего назначения, пигментная пудра характеризуется полидисперсным составом, что ухудшает структуру ячеистого бетона и вызывает перерасход газообразователя, так как мелкая фракция почти полностью взаимодействует уже в процессе приготовления смеси, а следовательно, бесполезно теряется. В свою очередь, крупные частицы выделяют водород после схватывания массы и разрушают сформировавшуюся структуру материала, что понижает качество изделий.

Известно, что алюминиевый газообразователь с оптимальными свойствами должен соответствовать следующим требованиям:

- монодисперсный состав в достаточно узком интервале распределения частиц по размерам;
- регламентируемое начало выделения газа;
- гидрофильная поверхность частиц;
- отсутствие пыления;
- стабильность свойств во времени.

Исходя из этих требований были разработаны специализированные газообразователи в виде гидрофиль-

ных паст, составы которых запатентованы.

Однако серийный выпуск газообразователей для ячеистых бетонов не был организован. До промышленного внедрения доведено только производство гидрофильной пасты, содержащей помимо газообразующего компонента до 15% вздувовлекающей поверхностно-активной органической добавки с условным названием «Поризатор».

Опыт использования гидрофильной пасты на ОАО «Завод ЖБИ «Бетфор» в Екатеринбурге показал ее преимущество по сравнению с пигментной пудрой ПАП-1:

- устраняется пыление, а следовательно, взрывоопасный очаг на заводе и улучшаются санитарно-гигиенические условия труда;
- исключается операция обработки растворами ПАВ;
- легкость перемешивания с образованием качественной суспензии;
- стабильность свойств при длительном хранении в виде суспензии;
- расширение возможности соблюдения основного правила получения качественной структуры материала (соответствие процессов газовыделения и схватывания), что приводит к отсутствию ранних выхлопов на поверхности массивов, их осадки, расслоений на боковых поверхностях и трещин в изделиях до резки;
- повышение трещиностойкости высоких массивов при транспортировке;
- мелкопористая структура бетона.

Марка	Внешний вид	Содержание активного алюминия, %	Смачиваемость	Остаток на сите, %, не более	
				+008	+0045
Газобетолайт (Gasobetolight)	Паста слабо пылит	88–89	Очень хорошая, тонет и хорошо перемешивается в холодной воде, без образования агрегатов	1	15
Газобетолюкс (Gasobetoluxe)	Паста не пылит	82–83		1	15
Газобетопласт (Gasobetoplast)	Паста не пылит	80–82		1	15

Указанные преимущества обусловлены наличием в составе пасты добавки «Поризатор», которая является регулятором гашения извести и активным структурообразующим компонентом за счет дополнительного воздухововлечения и поверхностно-активного действия, препятствующего слиянию образующихся газовых пузырьков. Органическая добавка способствует снятию электростатического слипания частиц алюминия, а следовательно, многократно увеличиваются центры взаимодействия алюминия с известью и уменьшается расход газообразователя. Поэтому ячеистый бетон характеризуется мелкой равномерно распределенной замкнутой пористостью без ярко выраженных сфер и ячеек.

Учитывая накопленный нашим предприятием опыт и научно-технические разработки, филиал «СУАЛ-ПМ-Красноурьинск» ООО «СУАЛ-ПМ» выпустил опытные партии новых алюминиевых газообразователей в виде гидрофильных паст (см. таблицу).

Выбор газообразователя зависит от способа его дозировки. Гидрофильные пасты предназначены для

заводов, применяющих порционное взвешивание заранее приготовленной алюминиевой суспензии. Для заводов, использующих весовые дозаторы сухого взвешивания, из-за возможности налипания в трубах и шнеке специально разработан облегченный вариант пасты — «Газобетолит».

Испытания новых гидрофильных паст марок «Газобетопласт» и «Газобетолит» проведены в условиях технологии и на оборудовании ООО «Рефтинское объединение «Теплит» и получены следующие результаты:

- отсутствие пыления в процессе подачи газообразователя в суспензатор и при перемешивании суспензии;
- исключена дополнительная операция обработки ПАВ;
- ускоряется гомогенизация алюминиевой суспензии;
- понижается осадка массивов;
- повышается пластичность свежесформованных массивов;
- повышается устойчивость массива при транспортировке.

Эти испытания выявили и некоторые недостатки. Применение

пасты «Газобетопласт» не привело к полному устранению раковин в массиве, а паста «Газобетолит» имеет резкий запах при приготовлении суспензии и слабое пыление.

Учитывая положительные результаты промышленных испытаний, целью нашей работы является организация промышленного производства качественного газообразователя, обеспечение нормативно-технической базы для его внедрения в реальное производство газобетона.

Все это требует координации действий разработчиков, производителей и потребителей алюминиевых газообразователей по всем направлениям: сбор первичной информации, ее обработка, привязка к производственному процессу изготовления с внесением изменений в существующие нормативные документы и, безусловно, оперативная обратная связь.

С целью подбора оптимального газообразователя для конкретной технологии и вида изделий необходимо обращаться в координационный центр по разработке и внедрению новых газообразователей — ООО «НСК-ТЕК».



Надежность
Своевременность
Качество

Координационный центр по разработке и внедрению новых видов газообразователей

Специализированные газообразователи для ячеистого бетона "Газобетолит", "Газобетолукс", "Газобетопласт"

Основные преимущества:

- устраняется пыление, а следовательно, взрывоопасный очаг на заводе
- улучшаются санитарно-гигиенические условия труда
- исключается операция обработки растворами ПАВ
- паста легко перемешивается, образуя качественную суспензию
- стабильность свойств при длительном хранении в виде суспензии
- повышается трещиностойкость высоких массивов при транспортировке
- уменьшается расход по сравнению с пудрой ПАП-1
- конечная продукция характеризуется качественной однородной структурой

ООО "НСК-ТЕК"

г. Екатеринбург, e-mail: nsk@tkural.ru, www.nsk.tkural.ru
тел.: (343) 373-73-36, 345-46-79, 216-46-48

УДК 666.972.168

Г.Ф. БАЛМАСОВ, канд. хим. наук, зам. генерального директора по химии группы компаний «Единая Торговая Система» (Санкт-Петербург),
 П.И. МЕШКОВ, руководитель направления «Строительная химия»,
 ООО «ЕТС-М» (Москва)

Пенообразователь FoamСem для ячеистого бетона

История бетонов на основе портландцементов насчитывает более 150 лет. Ячеистые бетоны имеют большое значение для ограждающих и несущих конструкций зданий. Из всех технологий по их производству первой в промышленном масштабе была автоклавная, основанная на вспенивании цементно-песчаного раствора за счет реакции алюминиевой пудры с известью, в результате которой выделяется водород. Этот способ требует больших энергозатрат и производственных помещений высшей категории взрыво- и пожаробезопасности. Водород остается в структуре затвердевшего газобетона, выпиленных из него блоков и построенных из них стен.

Неавтоклавная технология пенобетона позволяет организовать малотоннажное производство без больших энергетических и транспортных затрат.

Группа компаний «Единая Торговая Система» предлагает материалы и технологии для производства неавтоклавного пенобетона – экологически чистого строительного материала с высокими тепло- и звукоизолирующими свойствами. Реагент FoamСem (ФоамСем) изготавливается итальянской фирмой Laston SPA из гидролизованного протеина, то есть из натурального белкового сырья с добавками безопасных для человека антибактериальных инсектофунгицидов, которые нужны во избежание биодegradации и старения бетона. По технологии фирмы Laston SPA гидролиз аминокислот производится не полностью, а частично, что обеспечивает большую стабильность пены. Кроме основного компонента в состав реагента ФоамСем входят небольшие коли-

чества изобутанола, хлорида кальция и инертного минерального наполнителя.

ФоамСем поставляется в Россию в бочках по 230 кг, то есть при использовании одной бочки можно изготовить 150–180 м³ высококачественного пенобетона.

ФоамСем замерзает при температуре –15°С, поэтому допускается его зимняя транспортировка и хранение. Но применять этот пеноконцентрат следует при положительной температуре, в противном случае нельзя давать воде затвердения бетона замерзнуть, а также требуется обеспечить приемлемую скорость гидратации цемента. При жаркой погоде прочность пены снижается.

Вспенивание бетона можно сравнить с процессом флотации минеральных руд. И действительно, были попытки вовлечь воздух в бетон с помощью ксантогената натрия и других флотореагентов. Но самым действенным для строительных материалов оказался гидролизированный белок, пена которого держит большую массу цементно-песчаного теста.

Преимуществами пенобетона являются не только пожаробезопасность и простота технологии, но и закрытость пор, обеспечивающая очень низкое водопоглощение, и возможность производить вспененный материал различной плотности. Благодаря закрытым порам легкий пенобетон не тонет в воде и не требуется введения гидрофобизаторов. При использовании пеноконцентрата ФоамСем можно изготовить пенобетон по рецептурам, приведенным в таблице.

Плотность, кг/м ³	Песок:цемент = 3:1, кг/м ³		Песок:цемент = 2:1, кг/м ³		Песок:цемент = 1:1, кг/м ³		Цемент, кг/м ³	ФоамСем, л/м ³
1600	1145	380						0,46
1500	1075	360						0,56
1400	995	330						0,64
1300	930	310						0,72
1200	860	290						0,8
1100			690	345				0,88
1000			630	315				0,96
900			560	280	410	410		1,03
800					365	365		1,12
700					320	320	580	1,14
650							540	1,07
600							495	1,11
550							455	1,15
500							415	1,18
450							375	1,21
400							330	1,25
350							290	1,28
300							250	1,32

Для обеспечения прочности пенобетона при сжатии, сопоставимой с аналогичным показателем для газобетона, вводятся также мелкие наполнители – зола ТЭС, микрокремнезем, туф, диатомит и др. Необходимость применения последних следует проверять собственными опытами.

В климатических условиях большей части территории России должны использоваться стеновые материалы с высокими физико-техническими характеристиками. Для получения морозостойкости пенобетона не менее F50–F100 необходим цемент марок ПЦ 400–500. Кварцевый песок следует применять неокатанный, с выровненной ситовой характеристикой, не содержащий глины, гумуса и органических примесей.

Реагент ФоамЦем аэрируется с водой в пеногенераторе до концентрации 2%, плотность пены составляет примерно 70 г/л. Фирма Laston SPA поставляет как химикаты, так и пеногенераторы. В России установки для производства пенобетона изготавливает, в частности, ООО «АДС-Совби» (Санкт-Петербург).

Отмечено, что чем ниже жесткость воды, тем эластичнее получается пенобетон.

Пена ФоамЦем смешивается с бетонным раствором до получения однородной массы, в объеме которой находятся воздушные пузырьки диаметром 0,2–0,6 мм. Преимуществом пеноконцентрата ФоамЦем перед другими продуктами того же назначения является то, что за время твердения цемента потеря воздуха незначительна и структура вспененного бетона сохраняется как в пластичном, так и в отвердевшем состоянии.

Вспененный бетон с реагентом ФоамЦем изготавливается с различной плотностью в зависимости от назначения: от 200 до 400 кг/м³ для теплоизоляции, от 400 до 1000 кг/м³ для теплоизоляционных и конструктивных элементов, в том числе плит и перемычек; от 1000 до 1600 кг/м³ для несущих блоков. Благодаря тому что реагент ФоамЦем создает равномерную пенную структуру бетона, допускается возведение зданий высотой 2–3 этажа из пенобетона марки Д-700. Прочность при сжатии такого пенобетона составляет 2–3 МПа. Этот показатель требует проверки у производителей, так как он существенно зависит от правильного ведения технологического процесса.



Установка для изготовления пенобетона ООО «АДС-Совби»

Для выполнения требований СНиП П-3-79 «Строительная теплотехника» пенобетон можно использовать как в ограждающих, так и в несущих конструкциях. Пенобетон имеет низкую теплопроводность. Коэффициент теплопроводности сухого конструкционного пенобетона Д-700 составляет 0,18 Вт/(м·°С), у керамического кирпича 0,8 Вт/(м·°С), у плотного бетона 2,1 Вт/(м·°С). Пенобетон, изготовленный с применением реагента ФоамЦем, имеет плотность 200 кг/м³, теплопроводность 0,06 Вт/(м·°С), что всего в два раза больше, чем у пенополистирола.

Вспенивание бетона с реагентом ФоамЦем, естественно, повышает его паро- и газопроницаемость. Так, если паропроницаемость обычного бетона составляет 0,7 мг/м·ч·Па, то у пенобетона марки Д-600 этот показатель равен 3 мг/м·ч·Па. Такое обстоятельство приводит к необходимости дополнительной защиты стальной арматуры от коррозии из-за агрессивных газов. Для этого вполне достаточно обмазка арматуры цементным гидроизолирующим шпалом.

Группа компаний «Единая Торговая Система» импортирует и другие химические продукты для производства строительных материалов – широкую гамму реагентов для лаков, красок, сухих смесей, бетонов.



От замысла до производства

Разработка, изготовление и ввод в эксплуатацию оборудования и производственных комплексов по выпуску тонкодисперсного сырья

ООО НПО «АкмеТехнология» – научно-производственная инновационная компания предлагает:

- вибромельницы • роторные мельницы • классификаторы воздушные • сушилки барабанные.

Вибромельница ВМ-200 предназначена для измельчения (сухого или мокрого) сыпучих материалов в непрерывном режиме. Конструкция мельницы отличается простотой и надежностью. В качестве мелющих тел используются стержни или шары.

Техническая характеристика	
Производительность, не более, кг/ч.....	1500
Крупность исходного материала, не более, мм.....	10
Тонина помола:	
- стержневой.....	75%, менее 0,2 мм
- комбинированный.....	80%, менее 0,1 мм
- тонкий.....	95%, менее 0,063 мм
Потребляемая мощность, кВт.....	12–18
Габаритные размеры (длина/ширина/высота), мм.....	2480/1000/1680
Масса с мелющими телами, кг.....	2230
Стоимость (в зависимости от комплектации), тыс. руб.....	348–400

Области применения вибромельницы ВМ-200

- Истирание материалов и пигментов для лакокрасочного производства
- Измельчение строительных материалов и компонентов для сухих смесей
- Истирание, смешение и гомогенизация многокомпонентных составов
- Домол цемента, повышение их марки

Вибромельница ВМ-200 — исключительная надежность



ООО НПО «АкмеТехнология», Россия, 630090 Новосибирск, ул. Институтская, 3, оф. 163
Тел./факс: (383) 333-20-44, 330-88-01 E-mail: akme@akmetech.ru www.akmetech.ru

О жидкокристаллической природе агрегативной устойчивости пенобетонных смесей

Проблемам агрегативной устойчивости пенобетонных смесей посвящено значительное количество работ, однако до настоящего времени нет общепризнанной теории структурообразования и не сформулированы научные принципы проектирования таких материалов. Для эффективного продвижения в направлении совершенствования технологии пенобетонов следует рассмотреть особенности взаимодействия компонентов на наноуровне. Достижения современной физики и химии позволяют приблизиться к пониманию реальных процессов, обеспечивающих возможность создания пеноматериалов с требуемыми свойствами.

Пенобетонные смеси состоят из композиционной дисперсионной среды (водного раствора ПАВ) и композиционной дисперсной фазы, включающей пузырьки газа и твердые частицы вяжущего и заполнителя. В таких смесях сосуществуют различные дисперсные системы от молекулярно-дисперсных до грубодисперсных. Раствор ПАВ в воде является дисперсионной средой для газовой и твердой фаз. Плотности воды и ПАВ весьма близки друг другу. Плотность же дисперсных фаз (воздуха, цемента, заполнителя) различается более чем на два математических порядка. Причем два из перечисленных компонентов (цемент и воздух) способны в период начального структурообразования пенобетонной смеси изменять свои геометрические размеры и таким образом влиять на величину вязких сил сцепления между частицами, а следовательно, и на агрегативную устойчивость.

Известно, что средняя толщина водных пленок на частицах твердой фазы в агрегативно устойчивых цементосодержащих смесях без ПАВ составляет примерно 0,1 мкм [1], а при наличии вовлеченной раствором ПАВ газовой фазы увеличивается до 0,5–1,5 мкм [2]. Что является причиной столь существенного изменения количества физически связанной воды в смесях, содержащих практически одни и те же компоненты? Для получения ответа на поставленный вопрос был проведен следующий эксперимент.

Приготовили две бетонные смеси, одинаковые по рецептуре. Перемешивание первого замеса осуществлялось осторожно, с тем чтобы компоненты были равномерно распределены по объему, а воздухововлечение оставалось минимальным. Перемешивание второго замеса осуществлялось в турбулентном смесителе при скорости рабочего органа 80 с⁻¹. Визуально однородные смеси были уложены в отдельные стеклянные цилиндры на высоту 600 мм. Расслоение бетонной смеси с низким содержанием газовой фазы произошло в течение 20 минут. Пенобетонная смесь, приготовленная в смесителе, не расслоилась.

Эксперимент показал, что дисперсные системы, в составе которых ПАВ перемешаются из объема дисперсионной среды на поверхность раздела газ–жидкость, будучи термодинамически неравновесными, оказались способными к достижению агрегативной устойчивости в результате вовлечения дисперсной газовой фазы. Это значит, что пленки ПАВ на границах раздела газ–жид-

кость физически связывают какую-то часть от общего объема влаги, содержащейся в системе.

Из физики растворов известно [3], что ПАВ располагаются в воде следующим образом: при низких концентрациях – слоями, в плоскости которых отдельные молекулы располагаются хаотично; при повышенных концентрациях – в виде мицелл. Раствор ПАВ на макроуровне однороден, а на наноуровне гетероген. Молекулы ПАВ существенно больше молекул воды, имеют вид стержня, на одном конце которого расположена полярная группа, а большая часть стержня представляет собой гибкую гидрофобную углеводородную цепь [4, 5].

Анализ особенностей формирования структуры пенобетонной смеси при перемешивании позволит установить причины повышения агрегативной устойчивости пеносмесей при насыщении их объема газовой фазой. Перемешивание компонентов в любом бетоно-смесителе состоит из кратковременных механических воздействий на отдельные фрагменты смеси, что приводит к их сдвигу относительно друг друга. При сдвиге фрагментов смеси дисперсионная среда (водный раствор ПАВ) испытывает напряжения растяжения. Поскольку ПАВ понижают поверхностное натяжение воды, то минимальным сопротивлением растяжению при сдвиге будут обладать именно те фрагменты смеси, которые расположены в плоскости молекул ПАВ.

Слои молекул ПАВ при перемешивании бетонных смесей периодически оказываются в энергетически неоднородной области на границах раздела газ–жидкость. Вектор движения компонентов дисперсных фаз в смесительном агрегате постоянно меняется. Изменение направления движения обуславливает появление в жидкой фазе дисперсионной среды изгибающих и крутящих напряжений. Результатом проявления таких напряжений является искривление поверхности раздела фаз газ–жидкость. В энергетически неоднородной области гидрофильной части ПАВ выгодно погрузиться в

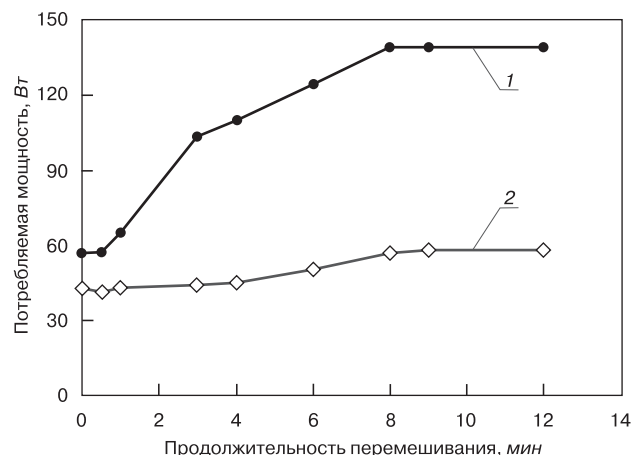


Рис. 1. Зависимость потребляемой мощности от продолжительности перемешивания [2]: 1 – скорость 4,4 м/с; 2 – скорость 6,6 м/с

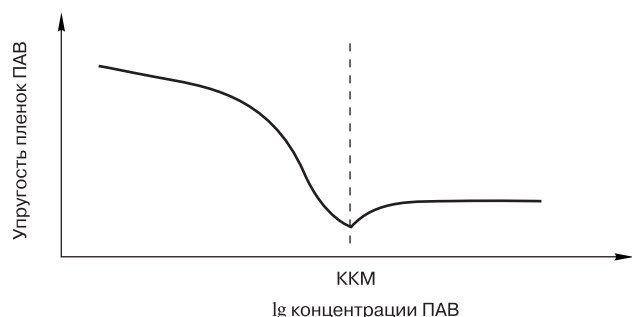


Рис. 2. Влияние критической концентрации мицеллообразования (ККМ) на упругость пленок ПАВ [4]

воду, а гидрофобной — в газовую фазу. Таким образом, происходит воздухововлечение, в результате которого растет суммарная поверхность раздела фаз и агрегативная устойчивость пенобетонных смесей.

Сохранение газовой фазы внутри пленок ПАВ возможно только в том случае, если пленки обладают свойством упругости. Для пленок ПАВ характерно проявление анизотропии по вязкости, плотности и другим физическим свойствам, поэтому в физике их называют лиотропными жидкими кристаллами. Лиотропные жидкие кристаллы пленок ПАВ обладают свободой вращения лишь в одной плоскости [3]. Вязкость воды в них увеличена, и поэтому пленки ПАВ обладают свойствами твердых тел до тех пор, пока в дисперсной системе наблюдается термодинамическое равновесие.

Свойство, присущее только жидким кристаллам и отличающее их от обычных изотропных жидкостей, — это статическая упругость кручения. При наличии напряжения кручения в жидком кристалле возникает не течение, как в обычной жидкости, а конечная деформация. Поэтому способность жидких кристаллов, из которых состоят пленки ПАВ, проявлять ограниченную деформативность, предопределяет:

- возможность накопления и сохранения в пенобетонных смесях дисперсной газовой фазы;
- повышение агрегативной устойчивости пенобетонных смесей при их насыщении газовой фазой.

Процесс накопления в смесях газовой фазы обуславливает перевод межчастичной влаги из объема пенобетонной смеси в состав жидких кристаллов, расположенных на границах раздела газ—жидкость. В связи с этим количество межчастичной влаги в межпоровых перегородках уменьшается. Поэтому в пенобетонных смесях частицы твердой фазы приближаются друг к другу, растут силы вязкого сцепления между ними, и повышается их агрегативная устойчивость.

Повышение сил вязкого сцепления между компонентами твердой фазы в пенобетонных смесях хорошо иллюстрируется ростом потребляемой мощности на валу бетоносмесителя (рис. 1). График показывает, что в течение 1 минуты перемешивания с ПАВ потребляемая мощность практически не изменяется (или имеет тенденцию к некоторому уменьшению). Можно полагать, что это время необходимо ПАВ для равномерного распределения в объеме жидкой фазы.

Затем в течение нескольких минут наблюдается рост потребляемой мощности. Увеличение мощности связано с тем, что в результате воздухововлечения большая часть молекул ПАВ (по данным В.Т. Перцева [2], до 99%) из водного раствора перемещается на границу газ—жидкость. Этот процесс обусловил повышение вязкости пенобетонной смеси не только потому, что уход ПАВ привел к повышению межчастичной воды в связи с включением ее в структуру пленок при формировании жидких кристаллов.

Рост потребляемой мощности (рис. 1) при изготовлении пенобетонных смесей наблюдается до тех пор,

пока жидкая фаза дисперсной системы способна адсорбировать дополнительное количество газовой. Как только адсорбционные способности раствора ПАВ исчерпаны, то есть установилось соответствие между концентрацией ПАВ в дисперсионной среде и пленках на границах раздела газ—жидкость, рост мощности прекращается, а система утрачивает способность к дополнительному воздухововлечению.

До настоящего времени в технологии пенобетонных однозначно не определен перечень факторов, управляющих процессом сохранения газовой пористости. Почему накопленная при перемешивании компонентов газовая фаза стабильно существует до тех пор, пока не образуется камень? Что является причиной разрыва пленок ПАВ и расслоения смесей?

Термодинамическое равновесие, обретаемое бетонной смесью в ходе перемешивания, подвергается энергетической атаке со стороны различных сил сразу после прекращения внешнего механического воздействия. Причиной атаки являются не только гравитационные силы, транспортирующие слабо связанную влагу, но и адсорбционная и химическая диспергация минералов вяжущего. На этом этапе структурообразования диспергация частиц вяжущего ведет к перераспределению форм связи воды внутри дисперсной системы. Увеличение суммарной поверхности раздела фаз способствует переводу части влаги из объемной в поверхностную. Поверхностная влага обладает повышенной плотностью и прочно связана с частицами твердой фазы, она не содержит в себе ПАВ [2]. Поэтому концентрация ПАВ в объемной части жидкой фазы пенобетонной смеси неизбежно возрастает и нарушается ранее достигнутое соответствие между количеством ПАВ в пленках и межчастичной жидкости.

Если концентрация ПАВ в межчастичной жидкости достигает критической концентрации мицеллообразования (ККМ), то наблюдается скачкообразное понижение (рис. 2) упругости пленок [5], что приводит к их разрыву (коалесценции). В том случае, когда между частицами твердой фазы сформированы упругие связи и их прочность достаточно развита для сохранения структуры, коалесценция не имеет негативных последствий. Если же между компонентами твердой фазы сформированы только вязкие связи, то развитие коалесценции закономерно приводит к разрыву межпоровых перегородок, расслоению и осадке пенобетонной смеси. Учитывая, что соотношение между количеством ПАВ в межчастичной жидкости и пленках составляет примерно 1:100 [2], следует признать, что приращение концентрации ПАВ в жидкости на 1 молекулу требует изменения количества ПАВ в пленках на 100. Такое подвижное соответствие, отмеченное еще Гиббсом [4], указывает на необходимость определения расхода ПАВ не по отношению к количеству вяжущего в дисперсной системе, как рекомендуют СН 277—80, а по отношению к количеству свободной воды, поскольку агрегативная устойчивость пенобетонных смесей предопределяется устойчивостью тех жидкокристаллических структур, которые формируются на этапе их раннего структурообразования.

Список литературы

1. Блещик Н.П. Структурно-механические свойства и реология бетонной смеси и прессвакуумбетона. Минск: Наука и техника. 1977. 231 с.
2. Управление процессами технологии, структурой и свойствами бетонов. Воронеж: ГАСУ. 2002. 344 с.
3. Веденов А.А. Физика растворов. М.: Наука. 1984. 112 с.
4. Гиббс Дж.В. Термодинамические работы. Госхимиздат. 1950. 421 с.
5. Русанов А.И. Мицеллообразование в растворах поверхностно-активных веществ. СПб: Химия. 1992. 280 с.

А.Ф. МАСЛОВ, д-р техн. наук, Н.П. МУХИН, канд. воен. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

Некоторые вопросы физики поробетонов

С точки зрения физических характеристик поробетоны – композиционные строительные материалы со сниженной плотностью и теплопроводностью. Достижение минимальных значений этих физических характеристик содержит противоречие требованию обеспечения высокой прочности, так как подразумевает уменьшение объемной доли вяжущих в пользу наполнителей, характеризующихся, как правило, минимальными или даже нулевыми напряжениями разрушения. Именно наличие значительного количества наполнителей обеспечивает получение требуемых исходных характеристик материала, а его прочность достигается в основном за счет высокого качества вяжущих.

Водно-цементные смеси, обеспечивая высокие прочностные характеристики материала и минимальную его стоимость, имеют между тем весьма существенный недостаток – малую скорость набора прочности. Этот недостаток находится в явном противоречии с требованием интенсификации производства и, безусловно, является крайне не желательным, поэтому далее остановимся на возможностях его ликвидации или заметного ослабления. Значительный рост скорости твердения водно-цементной смеси может быть достигнут за счет увеличения ее температуры. Однако повышение температуры сформованных поробетонных блоков – задача, существенно отличающаяся от таковой в случае обычных, не содержащих пор блоков. Дело в том, что в принятых в настоящее время технологиях тепловлажностной обработки бетона тепловая энергия доставляется в толщу образца за счет механизма теплопроводности. При этом общее время теплового воздействия на материал складывается из времени прогрева образца, времени выдержки при заданной температуре и времени остывания.

Для поробетонов, обладающих низкой теплопроводностью, требуемое время прогрева оказывается, безусловно, намного большим, чем для обычного (монокристаллического) бетона, поэтому потребуются и большие энергетические затраты. Следовательно, для разогрева поробетонов более предпочтительны технологии, которые способны обеспечить доставку тепла вглубь обрабатываемых образцов материала без использования механизма теплопроводности. Таковыми являются технологии, основанные на использовании в качестве перенос-

чиков тепловой энергии микроволновых электромагнитных излучений сантиметрового или дециметрового диапазона длин волн.

Волны этих диапазонов отличаются от используемых в общепринятых тепловых технологиях волн инфракрасного диапазона значительно большей глубиной проникновения в диэлектрики, каковыми является большинство строительных материалов, включая поробетоны. Известно, что при распространении в таких диэлектриках электромагнитные волны приводят в движение заряженные частицы, возбуждая электрический ток. Последний и выступает в роли посредника при преобразовании энергии электромагнитных волн в тепловую. Таким образом, по мере продвижения электромагнитной волны в веществе амплитуда ее убывает, а вещество разогревается. Количественно этот эффект принято характеризовать величиной коэффициента поглощения Γ (дБ) или удельного поглощения Γ_1 (дБ/м), связанной с коэффициентом затухания электромагнитных волн α простым соотношением:

$$\Gamma = 20 \cdot 1g \left| \frac{E}{E_0} \right| = 20 \cdot 1g \cdot e^{-\alpha R} = -8,6\alpha R, \Gamma_1 = 8,6\alpha, (1)$$

где E_0 – амплитуда электрического поля у границы диэлектрика; E – амплитуда электрического поля в диэлектрике на расстоянии R от его границы;

$$\alpha = \left[\frac{\omega^2 \epsilon_a \mu_a}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + \left(\frac{\sigma}{\omega \epsilon_a} \right)^2} \right) \right]^{\frac{1}{2}}, (2)$$

где ω – частота колебаний электромагнитного поля; $\epsilon_a = \epsilon_0 \epsilon$, $\mu_a = \mu_0 \mu$ – абсолютные электрическая и магнитная проницаемости диэлектрика соответственно; σ – проводимость диэлектрика [1].

Как видно из приведенных соотношений, коэффициент удельного поглощения Γ_1 довольно сложным образом зависит от частоты. На рисунке приведены графики частотной зависимости Γ_1 (дБ) для некоторых наиболее часто встречающихся в природе поглощающих сред.

Электродинамические характеристики некоторых составляющих земной поверхности приведены в таблице.

Вид земной поверхности или покрова	f, МГц	ϵ	σ° , См/м
Морская вода	Менее $3 \cdot 10^2$	75	1–6
	Менее $3 \cdot 10^3$	70	1–6
	Менее $3 \cdot 10^4$	65	10–20
	Менее $3 \cdot 10^5$	10	10–20
Пресная вода рек, озер	Менее $3 \cdot 10^2$	80	10^{-2} – $3 \cdot 10^{-2}$
	Менее $3 \cdot 10^3$	75	1–2
	Менее $3 \cdot 10^4$	65	10–20
	Менее $3 \cdot 10^5$	10	–
Влажная почва	Менее $3 \cdot 10^2$	20–30	$2 \cdot 10^{-2}$ – $3 \cdot 10^{-1}$
	Менее $3 \cdot 10^3$	20–30	$5 \cdot 10^{-1}$ –1
	Менее $3 \cdot 10^4$	10–20	1–3
Сухая почва	Менее $3 \cdot 10^2$	3–6	10^{-5} – $2 \cdot 10^{-3}$
	Менее $3 \cdot 10^3$	3–6	10^{-2} – $7 \cdot 10^{-2}$
	Менее $3 \cdot 10^4$	3–6	10^{-1} – $2 \cdot 10^{-1}$

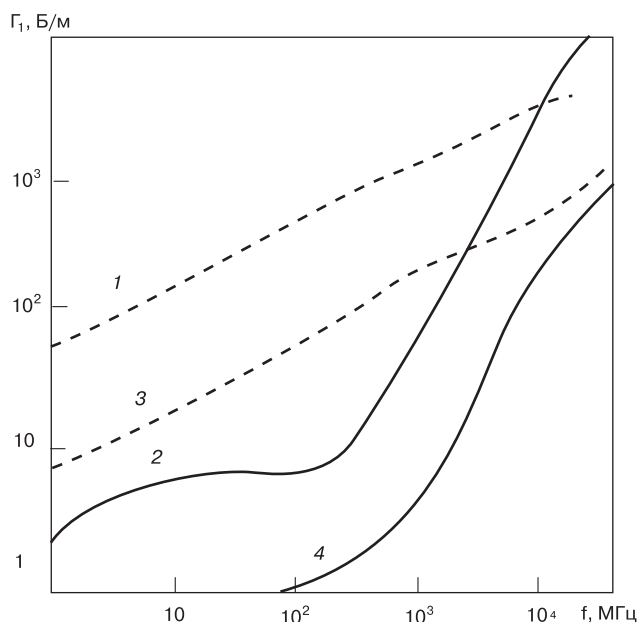


График частотной зависимости коэффициента удельного поглощения: 1 – морская вода; 2 – пресная вода; 3 – влажная глина (влажность 15%); 4 – сухой песок (влажность 4%)

Принятые в качестве стандартных в СВЧ-энергетике частоты 900 МГц и 2450 МГц располагаются на оси абсцисс графика вблизи точки 10^3 МГц. Снятые на установке, созданной в университете, электродинамические характеристики только что извлеченного из формы пенобетона на частоте 2450 МГц наиболее близки к приведенным в таблице характеристикам сухой почвы. Этим характеристикам соответствует кривая 4 на рисунке. Следовательно, коэффициент удельного поглощения электромагнитной волны в пенобетоне на частоте 2450 МГц составляет примерно 10 дБ/м. На частоте 900 МГц он будет еще меньше. Последнее означает, что при распространении в пенобетонных блоках на расстояния, характерные для их размеров, амплитуда электромагнитных волн упомянутых диапазонов уменьшится всего в полтора-два раза. Что же касается волн инфракрасного диапазона (тепловых), то на шкале частот они располагаются в диапазоне выше (10^5 – 10^6) МГц и затухание их в упоминавшихся веществах настолько огромно, что их энергия практически полностью поглощается лишь в поверхностном слое толщиной единицы-десять микрон. Таким образом, коренное отличие СВЧ-технологий от обычных тепловых состоит в том, что первые способны доставлять тепловую энергию внутрь поробетонных блоков практически мгновенно; вторые же требуют для решения этой задачи значительного времени. Внедрение СВЧ-технологий в производство поробетона дает следующие преимущества:

- резкое сокращение времени отверждения и, следовательно, сокращение производственных затрат на формовочные работы. Предварительные опыты показали, что время твердения пенобетонного блока в СВЧ-поле до состояния, при котором он без деформаций извлекается из формы, может быть меньше 1 ч;
- при прочих равных условиях сокращение энергозатрат. Сравнение энергозатрат на сушку, например, керамических изделий, зерна и древесины тепловым и СВЧ способами показало, что при сушке керамики в СВЧ-поле энергозатраты сокращаются примерно в 15–20 раз, при сушке зерна – в 13–14 раз, при сушке древесины – в 6–8 раз. Столь внушительные цифры экономии объясняются резким уменьшением теплового сопротивления материалов при их объемном разогреве и, как следствие, таким же резким сокращением времени сушки. Так, например, изделия художественной кера-

мики без сколько-нибудь заметных деформаций высушивались СВЧ-полем за 40–50 мин вместо традиционных 7–10 дней в естественных условиях;

- естественная адаптивность процесса нагрева материала СВЧ-полем. Суть этого явления состоит в следующем. При распространении электромагнитных волн в поглощающем материале их амплитуда убывает по экспоненциальному закону. Естественно, что при равномерном распределении влаги в материале она будет более интенсивно убывать из слоев, расположенных ближе к источнику энергии. Учитывая, что именно вода в основном обеспечивает подвижность ионов материала, ее удаление означает более интенсивное снижение проводимости уже обработанных полем слоев, уменьшение потерь в них, а значит, и более благоприятные условия для разогрева глубже расположенных слоев;
- минимальные потери энергии поля в стенках СВЧ-камер, если стенки камеры выполнить из хорошо проводящего материала (металла).

С целью экспериментальной проверки выдвинутых выше положений были проведены опыты по ускорению отверждения пенобетона в СВЧ-поле. Опытные образцы помещались в микроволновую печь со специально подобранным режимом на 50 мин и далее выдерживались 1 ч без воздействия электромагнитного поля при комнатной температуре. Этой обработке оказалось вполне достаточно для того, чтобы образец можно было извлечь из формы. После двухнедельной выдержки нами была определена плотность и прочность полученного образца пенобетона. Плотность его составила 875 кг/м^3 . Испытания на прочность показали, что она полностью соответствует нормативным требованиям для пенобетона такой марки. Далее были проведены эксперименты по изучению возможностей СВЧ-разогрева керамзитобетонных блоков в металлических формах с целью увеличения скорости их твердения. Эти эксперименты еще не завершены, однако из уже полученных к настоящему времени результатов можно сделать заключение о целесообразности и перспективности подобных работ.

Оценивая потенциальные возможности энергосбережения при проведении процедур ускоренного твердения бетонов в СВЧ-поле, хочется отметить еще одно немаловажное обстоятельство. Механизм генерации СВЧ-полем тепловой энергии внутри диэлектриков с потерями рассматривается в основном как следствие ускорения движения в них свободных зарядов, т. е. электронов и ионов. Именно удельное содержание свободных зарядов и определяет удельную проводимость вещества. Однако увеличение скорости движения молекул и атомов вещества возможно также за счет механизмов электродипольного и магнитодипольного взаимодействия. Суть этих механизмов состоит в том, что диполи вещества, находясь в отличие от свободных зарядов на своих местах, колеблются. При этом скорость их теплового движения также увеличивается, приводя к ускорению химических реакций. Однако в отличие от первого этот механизм может быть возбужден только переменным электромагнитным полем, и носит ярко выраженный резонансный характер. Следовательно, для каждого вещества и реакции существуют резонансные частоты, воздействие на которых способно производить весьма существенные эффекты в нем при совершенно незначительных по амплитуде внешних воздействиях. Использование этого пока еще недостаточно изученного с технологических позиций механизма обещает получение более существенного энергосбережения.

Литература

1. Марков Г.Т., Петров Б.М., Грудинская Г.П. Электродинамика и распространение радиоволн // Советское радио. 1979. С. 304–306.

Некоторые особенности использования негашеной извести в ячеистых бетонах

Одним из компонентов при производстве автоклавного ячеистого бетона является строительная известь. В основном известно два способа ее использования – в виде гидратной извести и молотой негашеной извести по так называемой кипелочной схеме. При применении негашеной извести увеличивается скорость вспучивания, возрастает коэффициент использования алюминиевой пудры, сокращается время выдерживания массива до достижения им необходимой пластической прочности. Установлено [1], что при автоклавировании изделий, приготовленных из негашеной извести, происходит более полное связывание $\text{Ca}(\text{OH})_2$, при этом прочность на 30–55% выше, чем в изделиях на гидратной извести.

Дополнительным компонентом вяжущей композиции в газосиликатах является портландцемент. Портландцемент незначительно повышает конечную прочность газосиликата, особенно в количествах до 10% [2]. Однако в формовочных смесях портландцемент повышает прочность массива, за счет чего сокращается время его выдерживания до резки. При использовании ударной технологии влияние цемента на прочностные характеристики является также незначительным, и его роль в этом случае – сокращение времени созревания ячеисто-бетонного массива [3].

Следует отметить, что эффективность применения цемента зависит от его минералогического состава. Так, для высококалитовых цементов автоклавная обработка менее эффективна, чем твердение в нормальных условиях. Когда применяется смешанное известково-цементное вяжущее, предпочтение необходимо отдавать цементу с максимальным содержанием белита и минимальным количеством алюминатных минералов. Отсюда следует, что определяющее влияние на свойства автоклавного газосиликата оказывает качество извести и условия ее гашения в газосиликатной смеси.

В настоящей работе рассмотрен механизм гидратации извести, исследованы условия, при которых возможно получение ячеистых бетонов с улучшенными эксплуатационными характеристиками.

В технологии силикатных бетонов основная роль извести – образование цементирующего вещества за счет взаимодействия с кремнеземистыми компонентами при повышенной температуре. Вместе с тем в ячеистых бетонах негашеная известь выполняет задачу стабилизации ячеистой структуры в результате гидратационного твердения, способствует связыванию воды, что увеличивает прочность сырца и готового продукта. Однако на многих предприятиях этот эффект используется не в полной мере, в результате чего в состав смеси вводят повышенное количество портландцемента для придания массиву определенных технологических свойств.

Кипелочная схема производства газосиликата предусматривает измельчение негашеной извести с песком естественной влажности при соотношении один к одному. Полученное таким образом вяжущее в дальнейшем смешивается с песчаным шламом с целью получения газобетонной смеси. При такой схеме измельчения вяжущего происходит частичное гашение извести. Расчеты показывают, что при средней влажности песка 5% степень гидратации извести составит 18,3%. Влажность песка может составлять 10% и более в зависимости от погодных условий, и тогда практически половина активного CaO оказывается превращенной в гидратную форму.

В настоящей работе исследовались свойства вяжущего Обуховского завода пористых изделий (Киевская обл.). Вяжущее характеризовалось удельной поверхностью $250 \text{ м}^2/\text{кг}$. При исследовании извести, содержащейся в вяжущем, под электронным микроскопом установлено, что ее основная масса состоит из частиц неправильной формы размерами 15–45 мкм и некоторая часть – из гексагональных кристалликов гидроксида кальция с размерами 1–5 мкм. Очень часто наблюдаются слипшиеся листообразные агрегаты. Удельная поверхность извести в вяжущем составляет $700 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Аналогичные электронно-микроскопические исследования были проведены с композицией, полученной путем смешивания тонкомолотой негашеной извести и пес-

чаного шлама. Негашеная известь измельчалась в шаровой мельнице до полного прохождения через сито № 008. В последующем ее смешивали с молотым песком и гасили при водоизвестковом отношении, равном 0,6. Установлено, что большая часть $\text{Ca}(\text{OH})_2$ оптически аморфна и не действует на поляризационный свет оптического микроскопа. Средние размеры кристалликов гидрата не превышают 0,05–0,5 мкм. Удельная поверхность полученного продукта составила $1100 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Определение текучести известково-песчаных растворов, полученных различными способами, показало, что одинаковая подвижность 20 см (по прибору Суттарда) для совместно молотой извести достигается при В/Т, равном 0,59. В то же время для композиции, полученной смешиванием тонкомолотой извести и песчаного шлама, водотвердое отношение составило 0,52. Такое различие связано с присутствием в первом случае некоторого количества гидратной извести, которая заметно ухудшает подвижность смеси.

Интересные результаты получены при определении текучести известково-песчаных растворов на негашеной извести с различной удельной поверхностью (рис. 1). Видно, что возрастание удельной поверхности извести приводит к увеличению подвижности растворов. Это во многом предопределяется внутренней макроструктурой известковых частиц. Обожженная известь состоит из отдельных оплавленных агрегатов с многочисленными внутренними каналами. Причем размер агрегатов и каналов и соответственно величина внутренней поверхности зависят от температуры обжига известняка (рис. 2). При

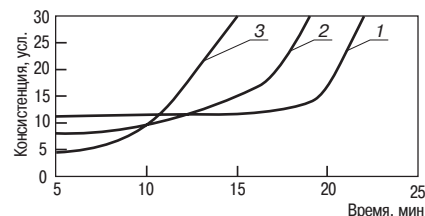


Рис. 1. Консистограммы известково-песчаных суспензий на негашеной извести с различной удельной поверхностью: 1 – $S=300 \text{ м}^2/\text{кг}$; 2 – $S=450 \text{ м}^2/\text{кг}$; 3 – $S=800 \text{ м}^2/\text{кг}$

Тонкость помола извести, м ² /кг	В/Т	Подвижность смеси по Сут-тарду, см	Прочность при сжатии, МПа	Средняя плотность, кг/м ³
300	0,48	17	4,15	556
450	0,46	18	4,09	545
600	0,44	18	4,72	520
800	0,46	17	4,52	534
900	0,47	16	4,4	542

Примечание. Образцы изготовлены по виброударной технологии (запаривание по режиму 2+8+2,5 при давлении 1,2 МПа).

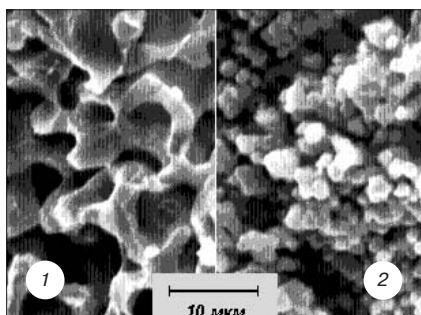


Рис. 2. Микроструктура извести, обожженной при различных температурах: 1 – 1150°C; 2 – 850°C

уменьшении размеров частиц негашеной извести сокращается объем внутренних пустот и соответственно количество дополнительной воды для их заполнения, что сказывается на подвижности растворов.

При совместном помоле извести с влажным песком снижается не только температура гашения композиции, но и увеличивается время достижения композицией максимального значения температуры (рис. 3), что связано с особенностями гидратации СаО в среде с недостаточным количеством воды.

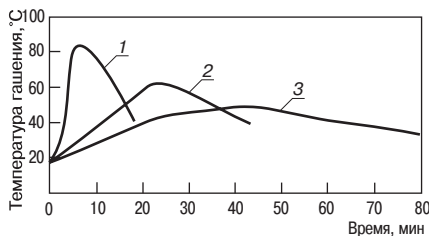


Рис. 3. Влияние способа измельчения извести на температуру композиции и время гашения газобетонной смеси: 1 – молотая негашеная известь; 2 – раздельный помол извести и смешение с песчаным шламом; 3 – совместный помол извести с песком естественной влажности

Так, согласно [4] на поверхности частиц СаО образуется плотный слой гидроксида кальция, карбонизация которого существенно увеличивает его толщину и плотность, что затрудняет проникновение воды во внутренние слои, снижая тем самым скорость гидратации извести.

Было изучено влияние тонкости помола негашеной извести на физико-механические характеристики газосиликата. Удельная поверхность извести изменялась от 220 до 950 м²/кг. Полученные ре-

зультаты (см. таблицу) свидетельствуют о том, что с возрастанием удельной поверхности негашеной извести прочность газосиликата увеличивается. Повышенная подвижность газосиликатной массы создает благоприятные условия для роста массива, при этом характер пор становится более однородным. Следует отметить, что при высокой удельной поверхности извести устраняется отрицательное влияние пережога. Это позволяет увеличить ее количество в газосиликатной смеси до 90–110 кг на 1 м³ газобетона.

Таким образом, для более полного использования эффекта гидратационного твердения СаО в ячеистых бетонах необходимо проводить раздельный помол негашеной извести до оптимальной удельной поверхности, величина которой зависит от вида извести. При раздельном помоле представляется возможным регулировать удельную поверхность извести и тем самым оптимизировать реологические свойства газобетонных смесей.

Список литературы

1. Воробьев Х.С. Вяжущие материалы для автоклавных изделий. М.: Стройиздат. 1972. 287 с.
2. Боженков П.И. Технология автоклавных материалов. Л.: Стройиздат. 1978. 368 с.
3. Сажнев Н.П., Гончарик В.Н., Гарнашевич Г.С. и др. Производство ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика. 2-е изд., доп. Минск: Стринко. 2004. 384 с.
4. Wolter A., Luger S., Schaefer G. The kinetic of the hydration of quicklime // ZKG International. 2004. № 8. P. 60–68.

специальная литература

Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Соколовский Л.В., Сажнев Н.Н.

Применение ячеисто-бетонных изделий. Теория и практика.

Минск: Изд. «Стринко». 2006. 448 с.

В книге представлены физико-технические характеристики ячеистого бетона автоклавного твердения, дано описание элементов и конструкций, приведены результаты исследований, выполненных в УП «Институт БелНИИС» в области деформационно-прочностных показателей кладки, армированных изделий и конструкций с их применением, основные положения по проектированию несущих ограждающих конструкций зданий, обобщен опыт строительства и эксплуатации зданий, намечены направления дальнейших исследований.

Книга содержит значительный объем справочной информации, богато иллюстрирована. Она предназначена для инженерно-технических работников проектных организаций, также может быть полезна для преподавателей и студентов вузов.



НП ООО «Стринко»

Адрес: Республика Беларусь, 220114, Минск, ул. Ф. Скорины, д.15
Тел./факс: (+375 - 17) 263-66-20, 264-61-75 E-mail: bsr@telecom.by

А.А. ПАК, канд. техн. наук, Р.Н. СУХОРОУКОВА, научн. сотрудник,
Н.Н. ГРИШИН, д-р хим. наук, Институт химии и технологии
редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева
Кольского научного центра РАН (г. Апатиты Мурманской обл.)

Композиционные изделия из полистиролгазобетона и обоснование зависимости их теплопроводности от плотности и слоистости материала*

Анализ технических решений повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций зданий показывает, что наиболее эффективными являются многослойные композиционные стеновые изделия с применением высококачественных теплоизоляционных материалов, преимущественно волокнистых и пенопластовых. По такому пути идут в большинстве развитых стран. В США, странах Западной и Северной Европы около 60% ограждающих конструкций зданий возводится с применением волокнистых утеплителей и примерно 20% – с использованием пенопластов [1]. Чаще всего многослойные конструкции состоят из одного или нескольких несущих слоев и одного теплоизоляционного слоя. В большинстве случаев для образования несущего конструкционного слоя используются виброуплотняемые тяжелый или легкий бетоны, что не обеспечивает требуемого снижения теплопроводности.

Очевидно, что нужен иной подход к получению многослойного композиционного материала, обеспечивающего помимо всех необходимых физико-механических и эксплуатационных свойств снижение теплопроводности не менее чем в 1,5 раза, а также надежное сцепление между конструктивными слоями. Для этого необходимо использовать высокоэффективный теплоизоляционный материал, а формирование всех конструктивных слоев производить в одну стадию, с плотным прижатием контактирующих материалов друг к другу. Исходя из этого, предложен новый способ изготовления многослойных строительных изделий, состоящих из газобетона и суспензионного (бисерного) полистирола. Отличительные особенности предложенной технологии состоят в следующем:

- оба материала при повышении температуры увеличиваются в объеме; при температурах свыше 35–40°C газобетонная смесь вспучивается, увеличиваясь в объеме в 1,3–2 раза, а при температурах 85–100°C бисерный полистирол вспенивается с увеличением объема в 20–30, иногда до 50 раз;
- для ускорения твердения газобетон подвергается тепловлажностной обработке в пропарочной камере при температуре 85–100°C, что совпадает с температурами вспенивания бисерного полистирола;
- при послойной укладке газобетонной смеси и полистирола в форму и в процессе тепловлажностной обработки (ТВО) уложенные в форму материалы, расширяясь, будут плотно прижиматься друг к другу, обеспечивая надежное сцепление между ними; таким образом, композиционное многослойное изделие будет формироваться в едином технологическом цикле ТВО с образованием монолитного сечения.

Существенному снижению теплопроводности композиционного материала будет способствовать использование одного из эффективных теплоизоляционных материалов – и газобетонная смесь и полистирольный полимер с началом температурного воздействия резко и многократно увеличиваются в объеме. И так как эти процессы протекают в жестко замкнутом пространстве закрытой формы, происходит прижатие и самопрессование слоев друг к другу. Образующиеся гранулы пенополистирола вдавливаются в контактную поверхность твердеющего газобетона и обеспечивают прочное сцепление взаимодействующих слоев изделия. Кроме того, вследствие взаимного прессования слоев в структуре газобетона образуются газозаполненные поры не круглой, как в традиционном газобетоне, а преимущественно эллипсоидной формы. В результате этого увеличивается механическая прочность несущего газобетонного слоя относительно нагрузки, направленной вдоль больших осей эллипсоидных пор.

Раздельная укладка слоев позволяет легко управлять плотностью и другими свойствами изделия изменением толщины бетонного и полистирольного слоев, тем самым обеспечивается изготовление изделий широкой номенклатуры – от особо легких теплоизоляционных материалов плотностью 100–300 кг/м³ до конструкционно-теплоизоляционных – плотностью 500–1000 кг/м³ с улучшенными физико-механическими показателями. Плотность и прочность композиционного материала в основном регулируются плотностью и толщиной газобетонного слоя.

Экспериментальными исследованиями отработана технология двух- и трехслойных стеновых блоков из полистиролгазобетона (ПГБ). При изготовлении двухслойных блоков могут использоваться бисерный (невспененный) или частично вспененный полистирол, а для получения трехслойных блоков – только частично вспененный полистирол. Кроме того, для улучшения сцепления утеплителя с бетоном, а также устройства пароизоляции внутри блока для исключения увлажнения утеплителя между газобетоном и пенополистиролом может укладываться лист рулонного материала на осно-

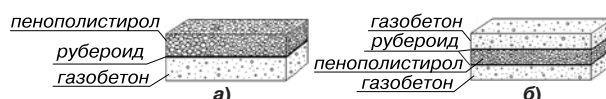


Рис. 1. Конструктивная схема стеновых блоков из полистиролгазобетона: а – двухслойные; б – трехслойные

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «Ведущие научные школы» № НШ-4383.206.3.

Свойства	Полистиролгазобетон расчетной плотностью, кг/м ³			Газобетон расчетной плотностью, кг/м ³			
	300	400	500	400	500	700	800
Средняя плотность, кг/м ³	302	426	491	384	504	707	851
Водопоглощение, % массовое объемное	48,7 11,9	50,4 13,5	55,5 13,3	123,8 45,8	83,7 41,3	57,4 37,5	48,3 37,8
Капиллярный подсос, %	19,8	15,8	8,9	25,5	14,5	14,4	–
Прочность при сжатии, МПа: фактическая приведенная	1,5 1,5	2,8 2,5	2,6 2,7	1 1	2 1,9	4,7 4,6	7,9 6,9
Прочность при изгибе, МПа фактическая приведенная	0,87 0,86	1,48 0,83	1,77 1,84	0,48 0,52	0,98 0,96	1,55 1,52	1,19 1,05
Морозостойкость, циклы	25	50	75	5	25	50	75
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,058	0,06	0,063	0,088	0,1	0,148	0,175

ве органического вяжущего (рубероид, пергамин, толь). В процессе термообработки отформованного изделия органическое вяжущее разжижается, а при снижении температуры вновь затвердевает и плотно склеивает контактирующие материалы. На рис. 1 представлена конструктивная схема стеновых блоков из ПГБ, а в таблице – некоторые физико-механические свойства ПГБ в сравнении с традиционным газобетоном.

Процессы тепломассопереноса, происходящие в структуре материала при градиенте температур на противоположных поверхностях изделия, носят многофакторный и неравновесный характер. Ранее исходя из представлений теплопереноса в пористых керамических материалах как неравновесного процесса получено аналитическое выражение для коэффициента теплопроводности [2], преобразованное к удобному для практического использования виду [3]:

$$\lambda = A_0 + A_1 \cdot \rho + A_2 \cdot \rho^2, (1)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К); ρ – плотность кажущаяся, 10³ кг/м³; коэффициенты A_0, A_1, A_2 – функции параметров фонов-фононного, фонов-фотонного взаимодействия, взаимодействия фононов с дефектами решетки, чужеродными атомами и т. д.

Для строительных материалов: бетоны на природных пористых заполнителях (керамзито-, шунгизито-, перлитов-, шлакопемзо-, аглопоритов-, вермикулитобетоны), ячеистые бетоны, цементные, известковые и гипсовые растворы, кирпичная кладка, теплоизоляционные материалы (минераловатные, стекловолокнистые, пенополистирольные, пенополиуретановые) формула (1) приобретает вид [3]:

$$\lambda = 0,032 + 0,12\rho + 0,11\rho^2. (1')$$

Это выражение справедливо для однослойных материалов, для многослойных материалов требуется обоснование его применимости. В многослойных плоских теплоизолирующих ограждениях температура теплоизолирующего материала на расстоянии δ_i от нагретой поверхности без учета теплопередачи в окружающую среду и без внутренних источников тепла определяется уравнением [4]:

$$\frac{T_2 - T_i}{T_1 - T_2} = \frac{R_i}{R_{общ}}, (2)$$

где T_1 – температура холодной поверхности; T_2 – температура горячей поверхности; T_i – температура в толще материала на расстоянии δ_i от горячей поверхности; R_i – термосопротивление на расстоянии δ_i от горячей поверхности; $R_{общ}$ – термосопротивление всего теплоизолирующего ограждения, здесь

$$R_{общ} = \sum_j^n \frac{\delta_j}{\lambda_j}, (3)$$

δ_j – толщина j -того слоя; λ_j – коэффициент теплопроводности j -того слоя; n – число слоев теплоизолирующего материала с различными теплопроводностями λ_j и соответственными толщинами слоев δ_j .

Уравнение (2) может быть представлено в следующей форме:

$$\frac{T_i}{T_2} + \frac{R_i}{T_2 R_{общ}} = 1. (4)$$

Это уравнение является уравнением прямой в отрезках:

$$\frac{x}{a} + \frac{y}{b} = 1, (5)$$

где

$$a = T_2; b = \frac{T_2 R_{общ}}{T_1 - T_2}.$$

Таким образом, температура T_i является линейной функцией термосопротивления R_i . На этой закономерности построен принцип определения коэффициента теплопроводности в стационарном тепловом потоке.

Согласно уравнению теплопроводности Фурье тепловой поток пропорционален разности температур:

$$q = -\lambda \frac{T_1 - T_2}{\delta}, (6)$$

где δ – толщина слоя теплоизоляции; q – средняя плотность теплового потока, проходящего через образец.

Для многослойного материала:

$$q = \frac{T_1 - T_2}{\sum_j \frac{\delta_j}{\lambda_j}}. (7)$$

Из экспериментальных данных определяется эквивалентная теплопроводность многослойной теплоизоляции $\lambda_{экв}$ [5]:

$$q = \frac{\lambda_{экв}}{\sum_j \delta_j} (T_1 - T_2), (8)$$

где

$$\lambda_{экв} = \frac{\delta}{\sum_j \frac{\delta_j}{\lambda_j}}; (9)$$

δ – суммарная толщина многослойной теплоизоляции. Подставив (1) в (9) получим:

$$\lambda_{экв} = A_0 + A_1 \cdot \rho + A_2 \cdot \rho^2. (10)$$

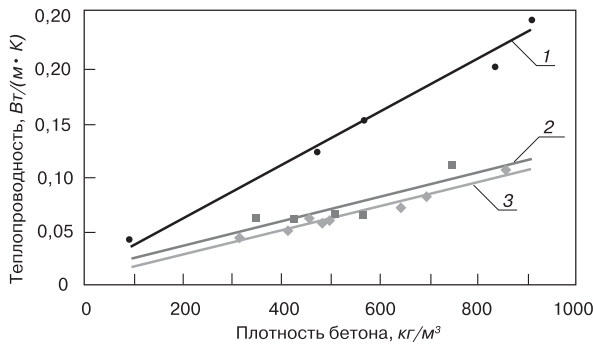


Рис. 2. Зависимость теплопроводности от плотности бетона: 1 – контрольный газобетон (однослойный); 2 – двухслойный полистиролгазобетон; 3 – трехслойный полистиролгазобетон

Для строительных материалов согласно (1') формула (10) примет вид:

$$\lambda_{э\text{кв}} = 0,032 + 0,12\rho + 0,11\rho^2. (10')$$

Таким образом, коэффициент эквивалентной теплопроводности многослойной теплоизоляции (10, 10') имеет зависимость от кажущейся плотности, аналогичную однослойной теплоизоляции (1'). Такая зависимость открывает возможность экспериментальной проверки теплоизолирующей способности многослойных материалов по совпадению или отклонению от зависимости (10'). Возможности приложениа разработанных подходов по оценке теплоизолирующей способности слоистых композиций проверены нами на многослойных образцах из полистиролгазобетона размерами 250×250×50 мм на установке типа КТСМ для определения коэффициента теплопроводности строительных материалов.

На рис. 2 представлена зависимость коэффициента теплопроводности от вида и плотности композиционного материала.

Как следует из рис. 2, зависимость теплопроводности от плотности двух- и трехслойных полистиролгазобетонных образцов различается незначительно. В полном соответствии с формулами (1) и (10) все три прямые при стремлении ρ к нулевому значению сходятся в одной точке (A_0), которая оказывается близка теплопроводности воздуха $A_0 = 0,032$ Вт/(м·К). При этом абсолютное значение $\lambda_{э\text{кв}}$ однослойного (газобетон) и многослойных полистиролгазобетонных образцов различаются вдвое. Такое существенное различие теплопроводности вызвано в первую очередь отражательной способностью слоя пенополистирола и в меньшей степени — межслойным теплосоппротивлением в виду хорошего контакта между слоями формируемого по предлагаемой технологии одновременного вспучивания газобетона и полистирола. На малый вклад межслойного термосопротивления указывает наложение прямых 2 и 3 на рис. 2. Выполненные экспериментальные и теоретические исследования показывают, что слоистое строение способствует существенному снижению теплопроводности композиционного материала.

Список литературы

1. *Завадский В.Ф., Косач А.Ф.* Производство стеновых материалов и изделий. Новосибирск: НГАСУ. 2001. 168 с.
2. *Гладков С.О.* Физика пористых структур. М.:Наука. 1997. 175 с.
3. *Гришин Н.Н., Белогурова О.А., Иванова А.Г.* Экспериментально-теоретическое изучение теплопроводности и ее влияния на термостойкость форстеритовых огнеупоров // Огнеупоры и техническая керамика. 2003. № 12. С. 4–15.
4. Теория тепломассообмена / Под ред. А.И. Леонтьева. М.: Высшая школа. 1979. 495 с.
5. *Михеев М.А., Михеева И.М.* Основы теплопередачи. М.: Энергия. 1973. 319 с.

Компания "ВНИР"

Компания "ВНИР" поставляет оборудование для промышленных лабораторий различного профиля:



Строительные лаборатории
Дорожно-строительные лаборатории
Мостостроительные лаборатории
Лаборатории неразрушающего качества
Материаловедческие и металлургические лаборатории
Лаборатории механических, температурных и климатических испытаний
Спектральные и химические лаборатории
Оборудование для механических испытаний

Твердомеры
Оборудование для климатических испытаний
Оборудование для температурных испытаний
Приборы для испытания цемента, бетонных смесей
Приборы для испытаний бетонных и железобетонных конструкций



Испытание лакокрасочных материалов
Весовое оборудование
Приборы неразрушающего контроля качества
Приборы для измерения температуры и влажности
Геодезическое оборудование
Приборы для испытания грунтов.
Приборы для испытания битумов

Приборы для испытания битумов
Приборы для испытания заполнителей
Приборы для испытания асфальтобетона
Приборы для контроля параметров автомобильных и железных дорог
Оборудование для выбуривания кернов



Комплексные передвижные лаборатории



Отдел продаж: тел./факс +7 (095) 735-6531, 437-9800, 430-0428, 437-2274
Отдел сервиса и метрологического сопровождения: тел./факс +7 (095) 437-5110
Адрес: 119361 г. Москва, ул. Озерная, д.44
Internet: www.vnir.ru E-mail: vnir@aha.ru
Режим работы: с 9:30 до 18:00, выходные - сб, вскр.
Условия работы: 100% предоплата, отгрузка со склада в Москве.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ЛАБОРАТОРНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

С.А. УДОДОВ, инженер, В.Ф. ЧЕРНЫХ, канд. техн. наук,
Кубанский государственный технологический университет (Краснодар)

Штукатурные составы для ячеистых бетонов

Эффективным стеновым материалом является ячеистый бетон, как автоклавного, так и безавтоклавного твердения. Наиболее эффективен ячеистый бетон в качестве стенового материала в однослойном наружном ограждении. Теплотехническая однородность, отсутствие теплопроводных включений, обеспечивающие благоприятный температурно-влажностный режим наружных ограждений, монолитная связность сечения и долговечность, технологичность и сравнительно небольшая трудоемкость изготовления — это те преимущества, которыми обладают ячеистые бетоны в однослойных ограждениях [1].

Пено- и газобетоны, равно как и любые другие виды ячеистых бетонов в составе однослойной конструкции или в наружном слое многослойной стены, рекомендуется защищать отделочными составами.

Основное требование, предъявляемое к отделке фасадной поверхности кирпичных стен и стен из плотных бетонов, — декоративность [2]. Срок, в течение которого сохраняется декоративность, определяет долговечность отделки.

Высокая пористость ячеистого бетона, дающая ему ряд преимуществ перед другими материалами, обуславливает одновременно его повышенную деформативность при эксплуатационных воздействиях, значительную влагоемкость, паро-, влаго- и газопроницаемость. Поэтому отделка фасадной поверхности ячеистобетонных изделий должна отвечать более широким требованиям, нежели те, которые предъявляются к отделке изделий из обычного бетона или к отделке кирпичных стен.

Опыт применения стеновых конструкций из неавтоклавного ячеистого бетона показывает недостаточ-

ную долговечность традиционных цементно-песчаных штукатурок. После нескольких лет эксплуатации штукатурный слой покрывается трещинами, отслаивается от основания. Традиционно это объясняют повышенными усадочными деформациями неавтоклавных пено- и газобетонов при высыхании. Однако известны случаи [2], когда цементно-песчаная штукатурка отслаивается и от автоклавного ячеистого бетона, усадочные деформации при высыхании которого в 4–5 раз ниже, чем у неавтоклавного.

Это явление может объясняться различием в коэффициентах температурных деформаций плотной штукатурки и ячеисто-бетонного основания. Коэффициент температурных деформаций ячеистого бетона в диапазоне температуры от -40 до $+40^{\circ}\text{C}$ в среднем составляет $8 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$, тогда как тот же показатель для цементно-песчаного раствора состава 1:3 — $10,4 \cdot 10^{-6}$ град $^{-1}$. Таким образом, при изменении температуры от -20 до $+30^{\circ}\text{C}$ линейные деформации основания составят $0,4$ мм/м, а деформации отделки — $0,52$ мм/м. Подобные неравноценные деформации из-за суточных, сезонных, годовых колебаний температуры являются одним из факторов потери сцепления отделочного слоя с пенобетонным основанием.

Коэффициент температурных деформаций искусственных каменных материалов зависит от природы заполнителя, количества цемента, структуры и средней плотности материала. Таким образом, максимально приблизив отделочный раствор по структуре и средней плотности к пенобетонному основанию, можно прогнозировать их более длительную совместную работу.

Анализ литературных данных и обширного опыта изготовления и применения облегченных каменных материалов показывает, что сложилось два наиболее распространенных способа получения растворов пористой структуры на основе цемента:

- вовлечение воздуха или образования воздушных пор непосредственно в растворе;
- приготовление раствора с введением легкого пористого заполнителя.

Возможность и целесообразность применения воздухововлекающих добавок была исследована

экспериментально. Учитывая, что средняя плотность обычного цементно-песчаного раствора в затвердевшем состоянии составляет 1600 – 1800 кг/м 3 , а плотность раствора для отделки пенобетона рекомендуется принимать в диапазоне 800 – 1000 кг/м 3 , объем вовлеченного воздуха должен составлять около 90% от первоначального объема смеси. Для этой цели было принято решение использовать пенообразователи, применяемые для производства пенобетона. Пенообразователь вводится в состав смеси в жидком виде, дальнейшее воздухововлечение производится посредством перемешивания смеси.

В качестве основы для приготовления пористой смеси применялась готовая сухая смесь для кладки ячеистобетонных блоков на основе порландцемента. Сухая смесь затворялась водой, гомогенизировалась. Затем вводился пенообразователь ПБ-2000 в жидком виде в количестве $0,3\%$ от массы цемента в уже перемешанную смесь и производилась поризация.

В результате эксперимента удалось снизить среднюю плотность раствора в сухом состоянии с 1610 до 1219 кг/м 3 . Зависимость средней плотности образцов от времени воздухововлечения представлена на рис. 1.

График на рис. 1. имеет нелинейный характер, который свидетельствует о том, что снижение средней плотности с увеличением времени воздухововлечения замедляется. Учитывая характер замедления, можно сделать вывод, что минимально возможная при данных условиях средняя плотность раствора вероятнее всего будет находиться в пределах 1100 – 1150 кг/м 3 .

Также было отмечено, что на стабильность пористой структуры оказывает значительное влияние момент введения пенообразователя и поризации смеси.

При введении ПБ-2000 вместе с водой затворения смесь поризовалась уже при первом перемешивании. Однако по окончании поризации наблюдалось разрушение сформированных воздушных пузырьков. Разрушение, хотя и в меньшей степени, происходило и при введении ПБ-2000 на этапе повторного перемешивания. Практически полностью избежать этого отрицательного явления оказалось возможным,



Рис. 1. График зависимости средней плотности затвердевшего раствора от времени поризации смеси

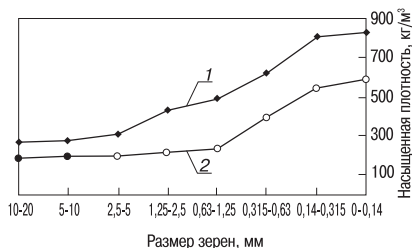


Рис 2. График зависимости насыпной плотности от размера зерен заполнителя, полученного из двух видов ячеистого бетона: 1 – автоклавный газобетон; 2 – неавтоклавный пенобетон

вводя пенообразователь и производя воздухововлечение лишь через 3–5 мин после второго перемешивания исходной смеси.

Согласно ГОСТ 28013–98 подвижность штукатурного раствора в грунтовочном слое при ручном нанесении должна составлять 7–8 см. В ходе экспериментов приготавливалась исходная смесь, подвижность которой по погружению конуса составляла в среднем по всем образцам 8,6 см при $V/T = 0,27$. После введения пенообразователя производилась поризация и снова определялась подвижность, которая возросла и составила в среднем 10,5 см по погружению конуса. Примечательно тот факт, что независимо от времени воздухововлечения (60, 120 или 180 с) прирост подвижности для всех смесей оказался приблизительно равным.

Для снижения конечной подвижности раствора была предпринята попытка поризации изначально менее пластичной смеси. Замеренная после поризации подвижность смеси, несмотря на минимально возможное количество воды, составила 10 см.

Таким образом, даже при минимальном с технической точки зрения водосодержании конечная подвижность раствора все же оказалась весьма значительной, что технически не позволяет произвести отделку вертикальной поверхности.

Приведенные эксперименты показали, что приготовление облегченных штукатурных смесей с помощью воздухововлечения встречает ряд трудностей, избежать которых можно с помощью другого способа создания пористой структуры раствора – приготовления смеси на основе легкого пористого заполнителя.

В качестве такого заполнителя может применяться керамзит, перлит, вермикулит, шунгизит, шамот, гранулированный шлак, пенополистирольные гранулы, древесные опилки, бой ячеистого бетона, пемзы, пеностекло и др. Применение каждого из заполнителей имеет свои особенности. Для решения поставленной задачи целесообразно использовать отходы, полученные при

производстве и применении ячеистого бетона в силу следующих причин:

- раствор на основе отходов ячеистого бетона наиболее близок по структуре и свойствам к основанию;
- в составе молотого ячеистого бетона содержатся преимущественно ксонотлит и тоберморит – гидраты кристаллической или аморфной структуры, определяющие теплозащитные свойства на микроуровне;
- сырье из отходов производства и применения ячеистого бетона является дешевым и не требует сложных процессов переработки.

Изначально в качестве сырья был выбран бой газосиликатного блока плотностью 500–600 кг/м³. Средством дробления был получен заполнитель крупностью до 20 мм. Полученный заполнитель был рассеян на фракции с определением насыпной плотности каждой фракции. Графически зависимость насыпной плотности от размера зерен заполнителя представлена на рис. 2 (кривая 1).

Из графика следует, что с уменьшением крупности зерна насыпная плотность возрастает, причем рост этот неравномерный.

Для снижения плотности цементно-песчаного раствора предпочтительны те фракции пористого песка, в зернах которого сохраняется структура исходного ячеистого бетона. Следовательно, для того чтобы повысить эффективность применения продуктов дробления ячеистого бетона, необходимо скачок насыпной плотности сместить в сторону более мелких фракций.

Для подтверждения этого положения был получен заполнитель из пенобетона плотностью 250–300 кг/м³. Размер пор преимущественно 0,5–0,7 мм. Заполнитель был просеян аналогичным образом с определением насыпной плотности каждой фракции (рис. 2, кривая 2).

Повышение насыпной плотности заполнителя вплоть до фракции 0,63–1,25 мм включительно носит плавный характер. Насыпная плотность резко возрастает лишь в момент, когда размер зерна становится приблизительно равен диаметру пор (фракция 0,315–0,63).

Для изготовления сухой смеси были использованы зерна крупностью менее 5 мм.

Был подобран состав сухой смеси. Смесь содержит пористый заполнитель, цемент, водоудерживающую добавку на основе сложных эфиров целлюлозы и добавку редуцируемого порошка. Полученный раствор в затвердевшем состоянии имел следующие показатели: $R_{изг} = 1,01$ МПа, $R_{сж} = 1,49$ МПа, $\rho_0 = 716$ кг/м³. Испы-

тания проводились на образцах-балочках 40×40×160 мм.

Наиболее эффективным для применения в составе однослойных стен является пенобетон марок по плотности D600–D800. Разработанная отделочная смесь близка к пенобетону не только по структуре, но и по средней плотности, что должно обеспечить равные коэффициенты температурных деформаций.

Раствор обладает небольшой прочностью при сжатии, что вполне допустимо для отделочного слоя.

Разработанная смесь совместно с другими отделочными составами была испытана на прочность сцепления с ячеисто-бетонным основанием. Основание перед нанесением отделочных слоев увлажнялось. Толщина слоя для всех составов 13–15 мм. Испытания проводились в возрасте 28 сут по аналогии с методикой ГОСТ 28089–89. Результаты испытаний приведены в таблице.

Как следует из данных таблицы, штукатурки на основе сухих смесей имеют лучшее сцепление с основанием, что объясняется наличием в их составе полимерных добавок. Характер отрыва при этом преимущественно когезионный, что указывает на высокую степень монолитности соединения. Примечательно, что доля адгезионного разрушения по контакту раствора с основанием у плотной смеси выше, чем у смеси на пористом заполнителе. Учитывая, что содержание полимерных добавок в обоих растворах приблизительно равно, снижение прочности сцепления может объясняться тем, что для плотного раствора $R_{сж} = 9,09$ МПа, тогда как прочность основания – 2,35 МПа. Таким образом, вследствие сопровождающих процесс твердения раствора линейных деформаций связь с основанием могла несколько ослабнуть.

Невысокая прочность раствора на пористом заполнителе способствовала сохранению в процессе твердения плотного контакта с основой. Для всех образцов этого состава при испытании на отрыв было характерно практически стопроцентное когезионное разрушение.

Для разработанного состава характерен также небольшой разрыв в показаниях пределов прочности при сжатии и при изгибе образцов-балочек. Отмечено [4], что для повышения долговечности отделочного слоя модуль упругости штукатурки должен быть ниже модуля упругости основания. Косвенным показателем упругих свойств каменного материала может служить отношение прочности при изгибе к прочности при сжатии. Для тяжелых бетонов этот показатель в среднем составляет

0,1–0,17, для легкого неавтоклавного бетона на керамзите – 0,22–0,3, на перлите – 0,25–0,45 [5], для ячеистого автоклавного бетона на кварцевом песке – 0,2–0,35 [6]. У разработанного состава этот показатель составляет 0,68, что свидетельствует о его низких упругих свойствах.

Высокое отношение $R_{изг}/R_{сж}$ свидетельствует также о пониженной склонности материала к трещинообразованию. Трещинообразование отсутствует, если $R_{изг}/R_{сж} \geq 0,29$. При испытаниях образцов-балочек размером 40×40×160 мм на изгиб способность разработанного состава к поглощению трещин наблюдалась визуально: в момент разрушения кратковременное раскрытие трещины на растянутой грани составило около 1,5 мм, тогда как на сжатой грани признаки разрушения материала отсутствуют.

Были проведены испытания разработанной отделочной смеси на морозостойкость в соответствии с методикой ГОСТ 5802–86 «Растворы строительные. Методы испытаний». Установлено, что морозостойкость смеси соответствует нормируемой величине для наружных отделочных составов F25, при этом потеря прочности составила 16%.

Также были проведены испытания отделочной смеси на водопоглощение


Тип слоя	Средняя прочность сцепления, кПа	Характер отрыва (площадь), %		
		По контакту раствора с основанием	По раствору	По основанию
Цементно-известковая штукатурка, Ц:И:П = 1:3:9	88	90	10	–
Цементно-песчаная штукатурка, Ц:П = 1:3	117	81	19	–
Штукатурка из сухой смеси на основе цемента, кварцевого песка (Ц:П = 1:3), полимерных добавок	249	8	92	–
Штукатурка из сухой смеси на основе цемента, пористого заполнителя, полимерных добавок	271	3	–	97

в соответствии с «Рекомендациями по применению стеновых мелких блоков из ячеистых бетонов» (ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко), которые показали, что пятнадцатимиллиметровый отделочный слой за 24 ч непрерывного нахождения в воде пропустил воду только на 1/3 толщины слоя. Влажность ячеистобетонного основания оставалась неизменной.

Список литературы

1. *Силаенков Е.С.* Напрасно отвернулись от однослойных стен // Строит. материалы. 1999. № 9. С. 38.
2. *Силаенков Е.С.* Долговечность изделий из ячеистых бетонов. М.: Стройиздат. 1986. С. 175.

3. *Мешков П.И., Мокин В.А.* Способы оптимизации составов сухих строительных смесей // Строит. материалы. 2000. № 5. С. 12–14.
4. *Урецкая Е.А., Жукова Н.К., Филлипчик З.И., Плотникова Е.М., Кухта Т.Н., Конюшок И.О.* Модифицированные сухие смеси «Полимикс» в современном строительстве // Строит. материалы. 2000. № 5. С. 36–38.
5. *Бужевич Г.А.* Легкие бетоны на пористых заполнителях. М.: Стройиздат. 1970. 272 с.
6. *Макаричев В.В., Левин Н.И.* Расчет конструкций из ячеистых бетонов. М.: Госстройиздат. 1961.




СПЕЦИАЛЬНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО
СКБ СТРОЙПРИБОР
ПРИБОРЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Лицензия Госстандарта РФ на изготовление средств измерений №000110-ИР
Приборы сертифицированы, имеют энергонезависимую память, режим связи с ПК.


ПГМ-100 / ПГМ-500 / ПГМ-1000

Прессы испытательные гидравлические малогабаритные на 100, 500 и 1000 кН. Снабжены электрическим приводом (сеть 220 В, 50 Гц) и тензометрическим силоизмерителем. Диапазон нагрузок 1...100 / 5...500 / 10...1000 кН




ПОС-30(50)МГ4 "Отрыв"

Измерители прочности бетона методом отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690.
Диапазон.....5... 100 МПа
Максимальное усилие вырыва анкера:
ПОС-30МГ4.....29,4 кН(3000кгс)
ПОС-30МГ4.....49,0 кН(5000кгс)




ИПС-МГ4.03

Измеритель прочности бетона, раствора методом ударного импульса по ГОСТ 22690. Расширенный режим измерений с возможностью выбора вида заполнителя, возраста и условий твердения бетона.
Диапазон измерения прочности.....3...100 МПа




ПСО-МГ4

Измерители прочности сцепления защитных и облицовочных покрытий с основанием по ГОСТ 28089, ГОСТ 28574, а также усилия вырыва анкерных болтов и тарельчатых дюбелей. Максимальное усилие отрыва:
ПСО-2,5МГ4.....2,45кН (250кгс)
ПСО-5МГ4.....4,9кН (500кгс)
ПСО-10МГ4.....9,80кН (1000кгс)




ПОС-50МГ4 "Скол"

Измерители прочности бетона методами скалывания ребра и отрыва со скалыванием по ГОСТ 22690. Диапазон:
методом скалывания ребра.....10... 70 МПа
методом отрыва со скалыванием.....5... 100 МПа




Влагомер-МГ4У

Измеритель влажности древесины, бетона, сыпучих по ГОСТ 16588 и ГОСТ 21718. Может комплектоваться зондовым преобразователем.
Диапазон измерения влажности1...60%




ПОС-2МГ4П

Измеритель прочности ячеистых бетонов методом вырыва спирального анкера. Предусмотрена возможность корректировки результатов испытаний в зависимости от влажности бетона.
Диапазон.....0,5... 8 МПа




ИПА-МГ4

Измеритель защитного слоя бетона, расположения и диаметра арматуры железобетонных конструкций магнитным методом по ГОСТ 22904. Диапазон измерения защитного слоя.....3... 100 мм
При диаметре стержней.....3... 40 мм



ИТП-МГ4 «100/250»

Измерители теплопроводности и термического сопротивления материалов при стационарном режиме по ГОСТ 7076 и методом теплового зонда по ГОСТ 30256.
Диапазон.....0,02...1,5 Вт/м·К



Измерители теплопроводности, плотности тепловых потоков, параметров вибрации, влажности стройматериалов. Термометры, гигрометры, анемометры, пирометры, толщинометры, твердомеры, дефектоскопы, лазерные дальнометры.

454084, г. Челябинск, а/я 8538, ул. Калинина, 11г, тел./факс (351) 790-16-85, 790-16-13,
г. Москва, тел.(095) 964-95-63, 220-38-58 сот. 8912-479-58-81
E-mail: stroypribor@chel.surnet.ru http://www.stroypribor.ru

Предлагаемая читателям статья является сокращенным переводом публикации из журнала «Zement-Kalk-Gips International». Заинтересованный специалист, несомненно, найдет определенную новизну в, казалось бы, хорошо известной системе.

Химические превращения сырьевой смеси из цемента, извести, кварца и гипса в ходе автоклавной обработки при производстве ячеистого бетона

Georg Schober /Die chemischen Umsetzungen bei der Herstellung von Porenbeton: Aus Zement, Kalk, Gips und Quarzsand wird Porenbeton // Zement-Kalk-Gips International. 2005. № 7. P. 63-70.

Введение

Ячеистый бетон автоклавного твердения является одним из основных видов используемых в Германии стеновых материалов. Уже более десяти лет он непрерывно увеличивает свой сегмент рынка.

Параллельно возрастает интерес к пониманию химических процессов, протекающих при формировании ячеистого бетона. До 90-х годов прошлого века научные исследования в основном касались процессов, протекающих при получении силикатного кирпича [1]. По мнению автора данной статьи, результаты исследований и опыт, относящийся к силикатному кирпичу, трудно перенести на производство ячеистого бетона. Одними из первых научных публикаций, посвященных ячеистому бетону, являются работы Т. Mitsuda [2, 3].

Данная статья представляет сжатое изложение результатов тринадцатилетней работы автора в промышленности ячеистого бетона.

Сырьевые материалы и формирование сырьевой смеси

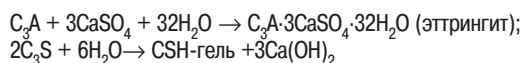
Известно, что ячеистый бетон обычно производится с использованием молотого кварцевого песка (66%), портландцемента (18%), негашеной извести (12%) и гипса или ангидрита (3,9%), тонко измельченного алюминия в виде суспензии (0,1%) в качестве призмующей добавки.

С момента затворения водой происходят химические превращения исходных компонентов, которые продолжают в течение 12–20 ч.

Химические реакции в сырьевой смеси

Наиболее активными компонентами сырьевой смеси для ячеистого бетона являются негашеная известь и алюминий. Первыми химическими новообразованиями при производстве ячеистого бетона являются портландит $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и газ водород, а также гидраргиллит $\text{Al}(\text{OH})_3$.

По сравнению с известью цемент является относительно более медленно реагирующим компонентом сырьевой смеси. Такие клинкерные минералы, как C_3A и C_3S^* , являются наиболее активными и обуславливают поведение сырьевой смеси, сходное с твердением бетонных смесей. Однако в сырьевой смеси для ячеистого бетона преобладают другие условия. В начале перемешивания температура составляет 35–50°C. Реакции с участием извести и алюминия обуславливают ее повышение в течение первого часа (разогрев массива). Дополнительное наличие в сырьевой смеси сульфата не играет существенной роли. Часто ввод гипса или ангидрита втрое выше, чем количество сульфата, вносимое с цементом.



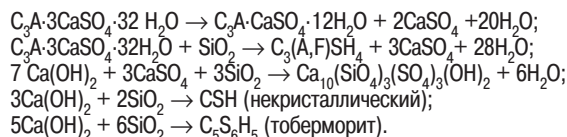
Уравнения реакции показывают, что основные новообразования связаны с вводом цемента (эттрингит, CSH-гель и портландит). C_2S и ферритная фаза цементного клинкера в сырьевой смеси и в сырье также претерпевают превращения. В зависимости от технологии получения ячеистого бетона и типа готового продукта ячеисто-бетонный сырец остается в формах в течение 1–5 ч. В это время непрерывно проте-

кают химические реакции. В отличие от обычного бетона в ячеистом бетоне из-за недостатка сульфата эттрингит не образуется.

На рисунке (I) представлены результаты исследования изменения во времени количественного фазового состава материалов сырьевой смеси, выполненного с помощью рентгеновской дифрактометрии. Однако с помощью этого метода нельзя определить количество продуктов реакции. Они рассчитываются исходя из расхода исходных материалов [4]. Смесь, для которой выполнен расчет, несколько отличается от используемой в производственных условиях, она содержит больше вяжущего и сульфата и меньше кварца.

Изменение материалов в начале обработки паром

Целью автоклавирования является превращение ячеисто-бетонного сырца в прочное изделие. Рост температуры в начале гидротермальной обработки, с одной стороны, обуславливает ускорение проходящих реакций, то есть образование CSH-геля, а с другой — ведет к всесторонним изменениям и формированию новых фаз. Например, эттрингит, образовавшийся на ранних стадиях этого процесса, при повышенных температурах оказывается нестабильным. Формируются новые сульфатсодержащие фазы — моносульфоалюминат $\text{C}_3\text{A}\cdot\text{CaSO}_4\cdot 12\text{H}_2\text{O}$ и гидроксилэлластадит $\text{Ca}_{10}(\text{SiO}_4)_3(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_2$. Другим продуктом взаимодействия является гидрогранат $\text{C}_3(\text{A},\text{F})\text{SH}_4$. Существенным результатом повышения температуры является растворение кварца. Растворенный кремнезем взаимодействует с гидроксидом кальция, который также находится в насыщенном растворе, с образованием новых CSH-фаз; некоторые из них не закристаллизованы и высоко насыщены известью; во все возрастающих количествах кристаллизуется тоберморит.



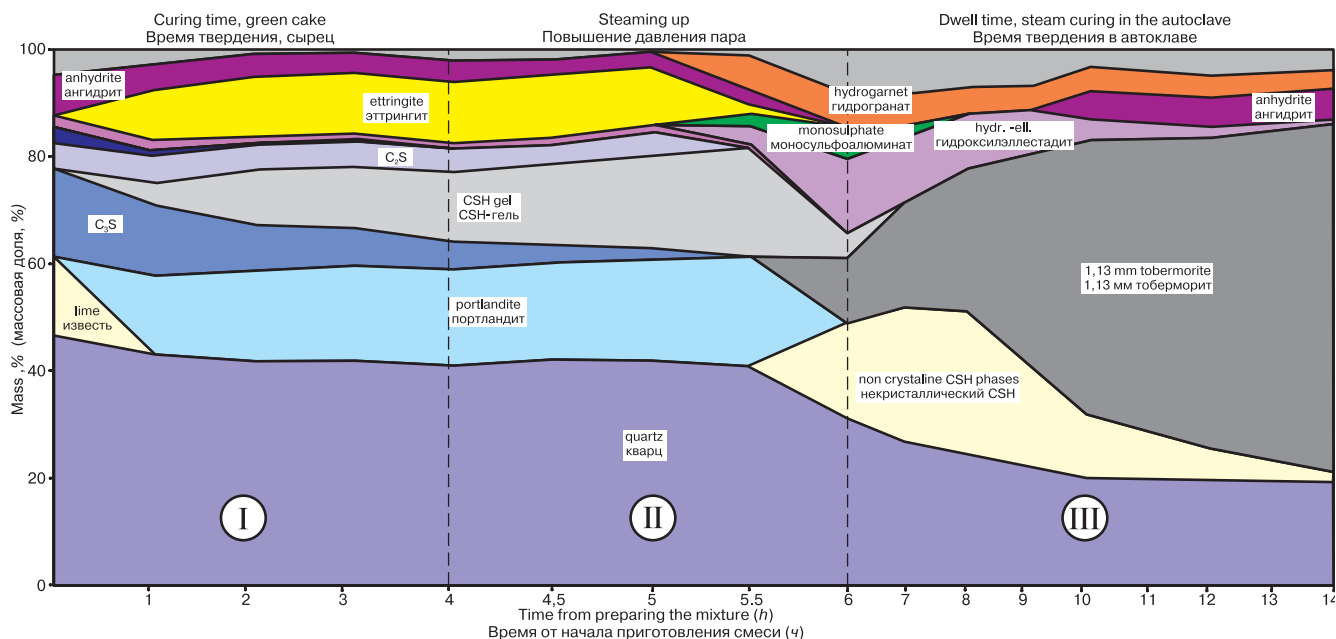
На рисунке (II) представлена схема изменений фазового состава в начале обработки паром. Температура в материале возрастает от 80 до 180°C. Начиная с 130°C происходит интенсивное изменение сульфатных фаз. При температуре выше 180°C ускоряется образование тоберморита.

Фазовый состав продукта автоклавной обработки

После достижения необходимого давления и заданной температуры ячеисто-бетонный сырец выдерживают в автоклаве в течение нескольких часов при постоянных условиях.

В это время продолжается растворение кварца и образование тоберморита. Для формирования новых порций тоберморита являются новые источники: прямое взаимодействие гидроксида кальция и растворенного кремнезема, кристаллизация некристаллического CSH, в ходе которой связывается дополнительное количество SiO_2 и происходит формирование тоберморита из гидроксилэлластадита $\text{Ca}_{10}(\text{SiO}_4)_3(\text{SO}_4)_3(\text{OH})_2$, который в автоклавных условиях при наличии растворенного кремнезема диссоциирует с образованием ангидрита и тоберморита.

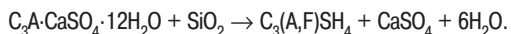
* Приняты обозначения: C—CaO, S— SiO_2 , A— Al_2O_3 , F— Fe_2O_3 , H— H_2O .



Изменения состава сырьевой смеси для получения ячеистого бетона: I – в течение первых 4 ч после приготовления; II – в начале обработки паром в автоклаве; III – в процессе автоклавной обработки

Если влажную смесь сырьевых материалов, включающую кварцевый песок, известь и гипс в стехиометрическом соотношении гидроксилэлластадита, подвергают процессу твердения, аналогичному традиционному процессу твердения ячеистого бетона, образуется только гидроксилэлластадит.

Вторая сульфатная фаза: моносulfоалюминат в процессе твердения вновь превращается в гидрогранат и ангидрит:



Основными конечными продуктами химических превращений в ходе автоклавной обработки при производстве ячеистого бетона являются тоберморит, некристаллический CSH, ангидрит и гидрогранат. В зависимости от продолжительности фазы твердения и количества имеющегося сульфата в состав этих продуктов может входить и гидроксилэлластадит. На рисунке (III) представлена схема изменения содержания фаз в процессе автоклавного твердения.

Особенностью производимого в Германии ячеистого бетона является его белый цвет. Это объясняется тем, что тоберморит, составляющий более половины массы ячеистого бетона, представлен относительно мелкими кристаллами. Эти мелкие кристаллы имеют форму тонких планок, лент и пластин. Свет отражается от множества гладких поверхностей этих кристаллов во всех направлениях. Ячеистый бетон может иметь различный цвет, если вместо кварцевого песка в нем использованы другие вещества.

Реакции, протекающие при получении ячеистого бетона, достаточно сложны. В процессе твердения и автоклавирования появляется ряд промежуточных соединений, и даже конечный продукт содержит две фазы, которые в действительности не нужны, а именно ангидрит и гидрогранат.

С химической точки зрения такие сырьевые компоненты, как цемент и гипс, можно было бы исключить из смеси. В результате упрощенных реакций сформировались бы необходимые минералы – тоберморит и сходные с CSH фазы.

Однако для использования цемента имеются причины, обусловленные технологическим процессом. При использовании в сырьевой смеси цемента получается ячеисто-бетонный сырец, который в ходе технологического процесса обладает запасом прочности, что способствует получению качественного изделия. Значение такого сырьевого компонента, как гипс или ангидрит, состоит в том, что он влияет на такие важные характеристики изделия, как прочность и усадка при сушке.

Изучение механизма действия сульфата имеет длинную историю, так как в технологии бетона он является регулятором схватывания. Важная работа, связанная с эффектом сульфата в гидротермальных услови-

ях, опубликована Z. Säumann, исследовавшим образование гидроксилэлластадита при автоклавной обработке составляющих силикатного кирпича еще в 1979 г. [5].

Таким образом благодаря промежуточному образованию или этрингита, или гидроксилэлластадита, или обоих соединений происходит формирование микроструктуры, которая в основном сложена кристаллами тоберморита, что оказывает влияние на прочность и распределение пор в плотной матрице слагающего ячеистый бетон материала и позитивно изменяет определенные характеристики готового материала.

Сульфат не оказывает такого модифицирующего воздействия на кристаллизацию тоберморита, которое проявлялось бы в изменении свойств ячеистого бетона. Представляется, что условия в субстрате для кристаллизации первичного и вторичного тоберморита из различных первичных минералов являются определяющими для модифицируемой структуры.

Большая часть последнего научного исследования, затрагивающего рассматриваемые в данной статье проблемы, была проведена в 2002 г. [6]. Оно было начато и контролировалось лидером сектора ячеистых бетонов германского рынка. К сожалению, в этой работе не упоминался гидроксилэлластадит, хотя в ней подробным образом рассматривалась роль сульфата в гидротермальных условиях. Несмотря на то что в работе подтверждено влияние сульфата при получении ячеистого бетона, в ней не раскрыт действительный механизм этого явления.

Список литературы

1. Gundlach H. Dampfgehärtete Baustoffe, Bauverlag Wiesbaden und Berlin, 1973.
2. Ibarra E.E. et al. Electron micrographs of calcium silicate hydrates. II Electron microscopy of tobermorite in AAC. Yogyo Gijutsu Kenkyu Shisetu Nenpo 16(1989), pp. 13–31.
3. Mitsuda T. et al. Phase evolution during autoclaving process of aerated concrete. J. Am. Ceram. Soc. 75 (1992), pp. 1852–1863.
4. Kotzan Olaf Bildung und reaktion sulfathaltiger Phasen bei der herstellung von porenbeton mit zusatz von calciumsulfaten, Diplomarbeit. TU Bergakademie Freiberg. 1995.
5. Säumann Z. Die hydroxyllelestadit – bildung $[Ca_{10}(SiO_4)_3(SO_4)_3(OH)_2]$ unter den bedingungen des hydrothermalprozesses in int. symp. über die beziehungen von eigenschaften von KS-produkten und den bindemittelaufbau. Karlsruhe. 1978. Beitrag Nr. 12.
6. Walk-Laufer B. Untersuchung des einflusses auf dassystem $CaO-SiO_2-AL_2O_3-K_2O-H_2O$ mittels wärmeflusskalorimetrie und in-situ-neutronenbeugung unter hydrothermalen bedingungen. Dissertation, Universität Siegen. 2002.

Опыт производства и применения автоклавного ячеистого бетона обсуждался в Минске

4-я Международная научно-практическая конференция «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения» прошла в Минске 17–19 мая 2006 г. Организаторами конференции выступили Министерство архитектуры и строительства Республики Беларусь, Научно-исследовательский институт строительных материалов (УП «НИИСМ»), научно-исследовательское и экспериментально-проектное республиканское унитарное предприятие «Институт БелНИИС» (УП «Институт БелНИИС»), ОАО «Забудова» и научно-производственное общество с ограниченной ответственностью «Стринко» (НПОО «Стринко»). В качестве технического консультанта выступила компания «MASA International Group» (Германия), информационным партнером стал журнал «Строительные материалы» (Москва).

К участию в конференции были приглашены представители правительственных, общественных, научных и производственных, торговых организаций Республики Беларусь, ученые и специалисты стран СНГ и дальнего зарубежья. В научно-практической конференции приняли участие более 240 представителей из восьми стран (Беларусь, Германия, Казахстан, Латвия, Молдова, Россия, Украина, Эстония).

Программа конференции включала доклады по научно-техническим проблемам производства и применения ячеистого бетона. На мероприятии прозвучали выступления ведущих ученых, производственников, проектировщиков и строителей Беларуси, Германии, России, Украины и Эстонии.

С приветственным словом к участникам обратился заместитель министра архитектуры и строительства Республики Беларусь **Леонид Викторович Соколовский**. За последние годы в республике накоплен значительный научно-технический и производственный опыт в области производства ячеистого бетона автоклавного твердения. Ведутся научно-исследовательские работы, на предприятиях модернизируется оборудование, постоянно улучшается качество материала, а проектировщики и строители максимально используют преимущество ячеистого бетона в прогрессивных конструктивных решениях зданий. В республике разработан практически полный комплект нормативно-технической документации на производство (СТБ) и применение в строительстве (СНБ) ячеистого бетона автоклавного твердения.

В настоящее время в результате огромной работы, проведенной в Республике Беларусь, ячеистый бетон автоклавного твердения занимает доминирующее по-

ложение в строительстве как универсальный материал, обеспечивающий высокое качество и конкурентоспособность.

Заместитель директора по научной работе УП «Институт БелНИИС» (Минск, Беларусь) **С. Л. Галкин** в своем докладе подчеркнул, что последнее десятилетие развития строительного комплекса Республики Беларусь можно назвать триумфом ячеистого бетона. Несмотря на многообразие применяющихся в жилищном строительстве современных конструктивных систем зданий, ни одна из них не обходится без использования изделий из автоклавного ячеистого бетона. Такому распространению этот материал обязан своим уникальным физико-техническим свойствам, выделяющим его из ряда других аналогичных материалов. Эти свойства, досконально изученные в лабораторных условиях, подтверждены многолетней практикой эксплуатации многочисленных объектов строительства как в Беларуси, так и за ее пределами.

Автоклавный ячеистый бетон — один из немногих материалов, который применяют для устройства однослойных наружных стен, сопротивление теплопередаче которых удовлетворяет требованиям строительных норм, а в некоторых случаях и значительно их превышает.

Основным тенденциям и проблемам развития ячеистого бетона автоклавного твердения в Украине было посвящено выступление канд. техн. наук **В.А. Мартыненко** (ДГАСУ, г. Днепропетровск, Украина). Он отметил, что в 80–90-х годах в Украине годовой объем производства ячеистого бетона составлял более 1 млн м³. В 90-е годы экономически кризисные для Украины, производство ячеистого бетона сократилось до 100 тыс. м³/год. За эти годы производственные мощности были частично или пол-



Участники конференции на заседании



Неформальное общение в перерыве заседания. Слева направо: Л.В. Соколовский, П.П. Ткачик, Н.Н. Федосеев, Н.П. Сажнев

ностью остановлены, а некоторые заводы даже уничтожены. Начиная с 2000 г. проявилась положительная тенденция роста производства изделий из газобетона автоклавного твердения. Эта тенденция реализуется за счет строительства новых заводов, технического перевооружения существующих заводов по производству ячеисто-бетонной продукции и реконструкции заводов силикатного кирпича. Однако достичь объемов производства 80-х годов по ряду причин невозможно.

Заместитель генерального директора по науке ОАО «Забудова» (п. Чисть, Беларусь) канд. техн. наук *Н.П. Сажнев* выступил с докладом «Особенности производства ячеистого бетона по ударной технологии». Он отметил, что в настоящее время в государствах бывшего СССР намечен рост производства и освоения новых мощностей по производству ячеистого бетона. Например, в 2015 г. в Республике Беларусь намечено довести объем производства ячеистого бетона автоклавного твердения до 3,5 млн м³ в год, в России — до 10,1 млн в год. При этом следует учитывать качество исходных сырьевых материалов, а также по возможности использовать отходы производства. Природные ресурсы истощаются, а отходы производства увеличиваются.

Больше всего отходов образуют предприятия горнодобывающей, металлургической и теплоэнергетической отраслей. Большинство стран мира используют золу в пределах от 55 до 90% ее выхода, в том числе в строительстве от 35 до 70%. В странах бывшего СССР этот показатель до сих пор существенно ниже.

Одним из путей повышения качества ячеисто-бетонных изделий является их производство по ударной технологии, суть которой заключается в динамическом воздействии на смесь в процессе формования. Это позволяет снизить В/Т смеси на 20–25% и время выдержки массива до резки в 2–3 раза по сравнению с литейной технологией, а отпускную влажность снизить с 35 до 25%.

Интересным с точки зрения использования золы уноса Рефтинской ГРЭС (продукт сжигания экибастузского угля) в качестве кремнеземистого компонента в производстве ячеистого бетона автоклавного твердения было выступление главного технолога ООО Рефтинского объединения «ТЕПЛИТ» (г. Березовский Свердловской обл.) *А.А. Вишневого*. Он подчеркнул, что зола обладает рядом ценных свойств, что и предопределяет ее эффективное использование в технологии ячеистого бетона. Зола кислая и на 90% состоит из алюмосиликатов. Кроме того, зола-уноса состоит из стекловидной фазы, что обеспечивает ее достаточно высокую активность в процессе автоклавной обработки и позволяет экономить вяжущие компоненты.

Выступление генерального директора ЗАО «СИЛБЕТ-ИНДУСТРИЯ» (Москва) *А.И. Селезкого* было посвяще-



Участников конференции приветствует мэр г. Сморгони директор и главный инженер модернизированного завода ОАО «Сморгоньсиликатобетон»

но проектированию, производству и монтажу автоматизированных линий нового поколения производительностью 60–300 тыс. м³ изделий в год из автоклавного газобетона. Для повышения качества продукции в состав технологических линий вводится унифицированная система контроля и адаптивного управления техпроцессом (АСКУ).

Директор по силикату и газобетону компании MASA International Group *Маттеас Клапе* и глава представительства MASA International Group в России и СНГ *А.К. Иванов* рассказали историю создания компании MASA, уделив внимание особенностям технологических линий, предназначенных для производства ячеисто-бетонных изделий.

Президент компании WEHRHANN GmbH (Германия) *Клаус Бонеман* сообщил, что для производства автоклавного ячеистого бетона фирма поставляет два типа линий — SMART производительностью 150–700 м³/сут и PLUS производительностью 400–1400 м³/сут. Оба типа линий оснащены почти идентичными машинами и в равной мере обладают высокоточной резкой.

С перспективами создания и промышленного производства новых алюминиевых газообразователей выступил директор ООО «НСК-ТЕК» (г. Екатеринбург) *С.Б. Прохоров*, отметив, что алюминиевые пудры ПАП-1 и ПАП-2, ориентированные на лакокрасочную промышленность, имеют ряд существенных недостатков для производства газобетона — гидрофобность, пыление и полидисперсность состава. Все это усложняет и удорожает технологию газобетона. Исходя из требований производителей газобетона разработаны три специализированных газообразователя в виде гидрофильных паст с содержанием активного алюминия 80–89% — Газобетопласт, Газобетотолкс и Газобетолайт. К сожалению, до промышленного внедрения доведено только производство гидрофильной пасты, содержащей до 15% воздухововлекающей поверхностно-активной органической добавки.

Всего на конференции было заслушано более 20 докладов.

Во второй день участники конференции посетили модернизированный завод ОАО «Сморгоньсиликатобетон», где было продемонстрировано современное оборудование для производства автоклавных ячеисто-бетонных изделий по ударной технологии, и завод строительных конструкций ОАО «Забудова», производящий около 360 тыс. м³/год ячеисто-бетонных изделий высокой точности размеров. Во время экскурсий участники конференции ознакомились с номенклатурой производства изделий, получили квалифицированные консультации поставщиков современного оборудования и специалистов заводов.

Третий день работы конференции был организован по секциям:

1. «Модернизация ячеисто-бетонных производств, работающих по ударной технологии» и «Модернизация технологических линий по производству мелко- и среднеформатных силикатных изделий».
2. «Новые архитектурно-строительные системы. Особенности проектирования объектов на основе каркаса с наружными ограждающими конструкциями из ячеистого бетона» и «Тепловая реабилитация зданий ячеисто-бетонным утеплителем».

В ходе работы секций были обсуждены многие узкие вопросы, касающиеся производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения, нормативной базы применения ячеистого бетона, а также акустических свойств изделий из ячеистого бетона.

Прошедшая 4-я Международная конференция, которая проводится раз в два года, показала актуальность организации таких встреч специалистами для распространения передового опыта в производстве эффективных стеновых материалов и их применении в строительстве.



6. Написание и правка черновика статьи

Не существует формулы, которая определяет, когда следует начать писать черновик. Кто-то пишет дюжину планов и несколько черновиков, а кто-то начинает писать в уме и пишет черновик, когда сложится целостное представление. Каждому человеку необходимо найти наилучший способ, как начать свой черновик.

К этому моменту можно подготовиться в процессе написания конспектов, аналитических и критических замечаний с самого начала работы над исследованием. Вы *узнаёте* о своей готовности, если:

- вы представляете своих *читателей* и их интерес к вашей проблеме;
- вы можете наметить *вопрос*, определяющий пробел в знании или понимании, который хотите заполнить;
- вы можете наметить *поддержку* для вашего утверждения — ваши главные доводы и факты;
- у вас есть представление о тех видах вопросов, альтернатив и возражений, которые могут быть предложены вашими читателями, и вы можете ответить на них;
- вы знаете главные основания, которые необходимо сформулировать, а возможно, и поддержать.

Подсказка. План может быть полезен, а может оказаться помехой. Одним авторам нужен подробный план, другим формальный план кажется слишком подробным. В самом деле, разные виды планов полезны на разных этапах работы над исследованием: важно делать различие между планами, *основанными на темах* и *основанными на идеях*; знать, когда полезен каждый из них. Подробный план может направить самое начало работы над черновиком, если вам кажется, что вы знаете, что именно хотите сказать в каждой его части. План формального вида помогает увидеть, сочетаются ли ваши идеи между собой. Если вы отдаёте предпочтение визуальному мышлению, изложите ваш план в виде доски объявлений, поместив каждую идею и ее поддержку на отдельной карточке. Такой вид плана может быть полезен при работе в группах.

План поможет значительно ускорить работу над черновиком. Тот, кто садится за стол и пытается придумать первое слово, а потом следующее, рискует столкнуться с явлением, когда не сможет писать совсем или, что еще хуже, начинаете по капле ронять расплывающиеся в бесформенные абзацы слова.



Прежде чем вы начнете планировать черновик, определите, зачем и как вы его будете писать. Опытные авторы знают, что первый вариант их черновика является всего лишь черновиком-исследованием и что многое из того, что они пишут, не сохранится. Поэтому они начинают пораньше и планируют внести множество исправлений.

Черновик-исследование может помочь открыть вам предметы, о которых вы раньше не подозревали. Но он неэффективен, если у вас нет времени работать над ним, изменяя, улучшая и дорабатывая. Если необходимо быстро получить окончательный вариант, то вы должны писать черновик целенаправленно.

Можно определить два стиля целенаправленной работы над черновиком:

- **быстрый и неряшливый.** Многие авторы, как только составят план, начинают писать очень быстро, насколько позволяет их скорость письма или печати, при этом совершенно не заботятся о стиле, ясности и меньше всего — о безукоризненной грамматике. Они стремятся сохранить поток идей. Записывается ровно столько, сколько необходимо знать, чтобы позднее добавить подробности. Затем, если возникнет запинка, они добавляют ссылки, вписывают при необходимости цитаты, проверяют библиографию, правят стиль и грамматику или отправляются на прогулку;
- **медленный и аккуратный.** Ряд авторов умеет писать только одно отшлифованное предложение за другим.

Но помните, если позже вы захотите внести большие изменения в изложении, то вам потребуется много попутных изменений и больше времени, чем у вас есть.

Каков бы ни был ваш стиль, создайте ритуал вашей писательской деятельности, организуйте рабочий стол, твердо придерживайтесь установленных правил.

У начинающего автора проблема организации первого варианта черновика связана с тем, что одновременно приходится постигать, как писать и что писать. Ниже приводятся ловушки, которых следует избегать.

1. Не ограничивайтесь обобщением источников. При плохом знакомстве с предметом легко соскользнуть в обобщение и цитирование, особенно если вы начинаете с вопроса истории. Вас могут упрекнуть — это всего лишь конспект, *никакого анализа*. Даже если ваше исследование требует, чтобы вы изучили сказанное другими, то в любом случае необходимо изложить свою точку

зрения, показать свидетельства работы над источниками своего мышления.

2. Не стройте статью вокруг рассказа о вашем исследовании. Немногих читателей заинтересует скрупулезный отчет о том, что вы нашли и какие препятствия преодолели. Признаком такого изложения является употребление таких фраз, как: *Первый вопрос, который я рассмотрел был... Затем я сравнил...* Выделите предложения, в которых вы больше описываете, как проводили исследования, чем в которых их анализируете или излагаете идеи. Если таких предложений набралось очень много, то скорее всего вы не поддерживаете свое утверждение, а рассказываете историю о том, как вы его нашли. Вычеркните все, что не помогает читателям ухватить вашу аргументацию, а затем реорганизируйте то, что осталось.

Ниже приведем *шаги написания черновика*, однако вы не обязаны делать их строго в указанном порядке, сделайте их все, но способом, соответствующим вашим целям.

Сформулируйте как можно яснее вашу идею (утверждение), а затем решите, в каком месте статьи ее поместить: — во введении — в конце или ближе к концу; — в выводах — в начале или ближе к началу.

Этот выбор крайне важен, потому что он формирует все дальнейшее изложение и устанавливает определенные отношения с читателем. Если вы формулируете вашу идею во введении, то вы, таким образом, говорите читателю: *теперь вы знаете проблему и можете решить, стоит ли вообще читать дальше*.

Если же вы формулируете основную идею в выводах, то *заставляете читателя выяснять, куда его ведут ваши факты*, как в детективе. Именно так всегда просматривал поступившие в редакцию журнала статьи академик П.П. Будников. И этот прием принят в редакции и в настоящее время при работе научных редакторов с вновь поступившими рукописями.

Большинство читателей научно-технической периодики предпочитают видеть главную идею пораньше — в конце введения, потому что это дает им контроль над собственным чтением и помогает лучше понять соответствие дальнейшего изложения.

Однако если вы поместили главную идею (утверждение) в выводы, то тем не менее должны дать понять во введении читателю, куда направляется ваш отчет.

Далее спланируйте *рабочее введение*, которое укажет верное направление. При этом вы должны быть готовы исправить его, возможно, даже отказаться от него. Наименее продуктивно введение, которое лишь объявляет тему. Лучше создать небольшой контекст, далее кратко сформулировать вопрос и указать, почему он важен, а затем ответить на него, если ответ вам известен, или охарактеризовать тот вид решения, которое вы надеетесь найти.

Если вы решили поместить свою идею (утверждение) пораньше, то сформулируйте ее здесь, в конце введения. По мере дальнейшей работы над черновиком статьи сверяйтесь с ней, чтобы аргументация поддерживала идею и не уходила в сторону. Старайтесь избегать типичной ошибки, которую можно охарактеризовать как «растекаться мыслию по древу».

Организация основной части статьи может быть сделана в традиционной форме: *введение — методы и материалы — результаты — обсуждение — выводы*. Следование этой схеме поможет многим начинающим авторам избежать логических ошибок и сделает изложение ясным.

Но если вы хотите следовать своей собственной форме, то ниже приведен примерный план, подходящий для статьи, в которой основная идея помещена в конце введения:

— *наметьте необходимые детали, определения, условия*.

В зависимости от области и темы исследования, возможно, придется изложить проблему, опреде-

лить термины, проанализировать важные основания, установить границы исследования, поместить проблему в более широкий исторический контекст и т. д. Однако *не позволяйте этому контексту доминировать над вашим изложением*. Сообщите ровно столько деталей, сколько необходимо, чтобы читатели поняли специальные термины и главные факты по вашей теме. Если история вопроса занимает больше двух-трех страниц (даже этого бывает слишком много), закончите ее краткой сводкой того, что необходимо для дальнейшего понимания вашей аргументации;

— *найдите оптимальный порядок изложения доводов и фактов;*

— *от старого к новому;*

— *от более краткого и более простого к более длинному и более сложному;*

— *от бесспорного к более спорному*. Если ваше утверждение полемично, то начните с того, что читатели примут с наибольшей вероятностью. Можно использовать хронологический или логический порядок изложения;

— *разместите признания и ответы*. Постарайтесь признать наиболее важные вопросы и возражения там, где, по-вашему, они могут возникнуть у читателя, и постарайтесь ответить на них.

— *разместите основания*. Формулируйте основания до того, как вы представите ваше утверждение и поддерживающий его довод.

При написании статьи, особенно той ее части, где излагается история вопроса, или при построении аргументации, возникает необходимость привести ссылку на работу другого исследователя. Здесь можно допустить одну из самых неприятных ошибок — плагиат. Очень редко автор допускает плагиат намеренно, именно поэтому любой серьезный исследователь должен задумываться над этой проблемой, чтобы избежать ее в своем творчестве.

Чаще всего плагиат связан с небрежностью, допущенной исследователем в процессе работы с источниками, с недостаточно полным составлением конспекта.

Каждая область знания имеет свой стандарт плагиата. Например, в правоведении допускается использовать точные слова судебного решения без кавычек, если вы ссылаетесь на него. В точных науках исследователи обычно сообщают о своих или чьих-то других исследованиях сходными словами. Поэтому, если вы не знаете точного стандарта плагиата в своей области, будьте осторожны.

Всякий раз, когда вы точно цитируете источник, поставьте кавычки, создавая блочную цитату, дайте ссылку на источник.

Кроме плагиата слов возможен и плагиат идей, когда вы используете чьи-то идеи, не ссылаясь на этого человека. Даже если вы пришли к этой идее самостоятельно, а затем узнали, что кто-то другой уже задумывался о ней раньше, ссылка на этот источник обязательна.

В научно-технических статьях прямое цитирование используется редко. Тем не менее прямое цитирование возможно, когда конкретные слова источника имеют значения. Например, эти слова важны для других исследователей, особенно при определении того или иного понятия; если вы хотите сфокусировать внимание читателя на том, как источник излагает идею; если слова источника особенно выразительны и значимы; если вы спорите с источником и хотите изложить его позицию наиболее точно и объективно.

Не цитируйте только потому, что сделать это проще. Наполняйте вашу аргументацию собственными утверждениями, доводами и фактами.

Как правильно организовать письменную работу и как исправить ошибки в ее организации и аргументации, будет рассмотрено в следующем материале.

Российское научно-техническое общество строителей
Российская гипсовая ассоциация
Администрация Тульской области
Московский государственный строительный университет
ВНИИСТРОМ им. П.П. Будникова
Научно-исследовательский институт строительной физики
ГУП «НИИМосстрой»
ОАО «Кнауф Гипс Новомосковск»

**Третий Всероссийский семинар
с международным участием
«Повышение эффективности производства
и применения гипсовых материалов и изделий»**

27-29 сентября 2006 г.

г. Тула

Тематика семинара:

реализация Федеральной целевой программы «Жилище»
и национального проекта «Доступное и комфортное жилье –
гражданам России»
технический прогресс в области гипса
применение гипса в строительстве
оборудование для производства гипсовых материалов
привлекательность и механизмы инноваций в гипсовой
отрасли
организация и управление современным предприятием
реализация реформы технического регулирования

**Тематическая производственная экскурсия
на ОАО «Кнауф Гипс Новомосковск»**

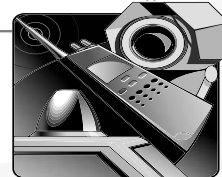
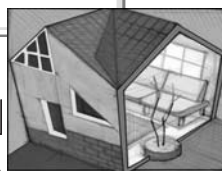
Оргкомитет: 140050, Московская обл., п. Красково, ул. К. Маркса, 117, ВНИИСТРОМ

Телефоны: (495) 557-30-11, 482-39-29

E-mail: gips@rescom.ru

МИР НЕДВИЖИМОСТИ
5-й салон недвижимости и дизайна интерьеров
МИР БЕЗОПАСНОСТИ
8-я специализированная выставка оборудования
и услуг для безопасности бизнеса и дома

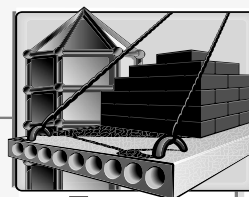
13-15
СЕНТЯБРЯ
2006



Тверь
Дворец спорта
«ЮБИЛЕЙНЫЙ»

**ОРГАНИЗАТОР
АГЕНТСТВО «МАКСИМУМ-ИНФОРМ»**

(4822) 34-52-07, 49-08-09 WWW.MAXINFORM.RU



Стройэкспо
10-я специализированная строительная выставка



Выставка удостоена знака
МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА
ВЫСТАВОК И ЯРМАРОК -
знака высшего
профессионального отличия

Министерство жилищно-коммунального хозяйства, строительства и архитектуры СК
Администрация города Ставрополя
Союз строителей Ставропольского края
Выставочный центр «ПРОГРЕСС»

6-я специализированная выставка

**ЖИЛИЩНО-
КОММУНАЛЬНОЕ
ХОЗЯЙСТВО**

Форум работников ЖКХ ЮФО

28-30 сентября 2006
Ставрополь

Выставочный комплекс "Прогресс"
г. Ставрополь, пр. Кулакова, 37а
(8652) 353-770, 955-258
progrexpo@progrexpo.ru
www.progrexpo.ru





РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬНЫХ НАУК

Российская академия архитектуры и строительных наук подвела итоги работы за 2005 г.

25–27 мая 2006 г. в Санкт-Петербурге состоялось общее собрание РААСН, на котором были подведены итоги работы академии за 2005 г. и определены направления деятельности на будущее. В работе собрания приняли участие 147 академиков и членов-корреспондентов РААСН и более 150 советников и гостей.

Создание благоприятных и комфортных условий жизни как отдельных людей, так и общества в целом является целью градостроительной и архитектурно-строительной деятельности. Любые действия по формированию, модернизации, перспективному развитию начинаются с проекта. Проект не только в архитектурно-строительной области, но и в других сферах становится важнейшей составляющей социальной жизни.

«Проект и реализация – гаранты безопасности среды жизнедеятельности» – так называлась научная тема общего собрания РААСН. Ее обсуждение состоялось на заседаниях круглых столов, состоявшихся 25 мая.

На пленарном заседании 26 мая основной доклад по научной теме собрания сделал вице-президент РААСН академик В.И. Травуш. С содокладами выступили академик Л.В. Хихлуха – «Научное сопровождение национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» как фактор эффективности его реализации», академик Н.И. Карпенко – «О ресурсном обеспечении национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» и др.

Было отмечено, что вопросы устойчивого и безопасного развития городов и населенных мест напрямую связаны с уровнем развития и качества проектирования всех видов зданий и сооружений и их комплексов. Нарушение или отсутствие проектных и строительных норм и правил влияет на качество формирования среды жизнедеятельности. Однако в настоящее время появилась опасная тенденция ослабления контроля за соблюдением государственных норм в проектировании и строительстве, замена их техническими регламентами, переход от обязательного соблюдения норм и правил к добровольному, что уже приводит к серьезным проблемам в области безопасности строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

Значительное увеличение объемов жилищного строительства потребует восстановления на современной основе индустриальной базы строительства, создания новых строительных технологий, расширения производства строительных материалов и оборудования, увеличения численно-

сти профессионально подготовленных кадров рабочих строительных специальностей. Было отмечено, что в нашей стране, имеющей практически неограниченные запасы леса, следует развивать производство и строительство домов из дерева и дерево-клееных конструкций, что может стать важной составляющей жилищного строительства, особенно в малых и средних городах и сельских поселениях.

Важнейшими вопросами проектирования и реализации проектов в строительстве являются вопросы экологии. Их необходимо решать на всех уровнях, начиная от градостроительных вопросов и заканчивая проектированием, строительством и эксплуатацией отдельных зданий и сооружений. Архитектурное своеобразие зданий должно наиболее полно учитывать энергетическое воздействие природы и климата в данном географическом районе строительства, обеспечивать форму и ориентацию здания, выбор ограждающих конструкций, в т. ч. светопрозрачных, теплосолнцезащиту; организационные системы отопления и вентиляции. Оптимизация и сбалансированность архитектурного и инженерного решений должны обеспечивать энергоэффективность здания с учетом минимизации расходов энергии на создание комфортных эксплуатационных условий. В решении поставленных проблем большое значение имеет проведение фундаментальных и прикладных научно-исследовательских работ, внедрение в практику результатов этих исследований. Здесь особая роль принадлежит РААСН как организации, объединяющей наиболее опытных и квалифицированных специалистов.

Собрание утвердило избрание общими собраниями отделений новых действительных членов и членов-корреспондентов, а также избрало новых почетных и иностранных членов РААСН. Были вручены медали и дипломы за лучшие научные и творческие работы, представленные на конкурс за 2005 г.

Общее собрание постановило провести очередное Общее собрание Академии в марте 2007 года в Москве с научной темой «Жилище XXI века как основа формирования среды жизнедеятельности. Направления перспективного развития».



С докладом «Об основных направлениях приоритетных фундаментальных научных исследований РААСН на 2006–2008 гг. и итогах работы за 2005 год» выступает главный ученый секретарь академии Г.В. Есаулов.



Президент РААСН А.П. Кудрявцев вручает Большую золотую медаль РААСН академику В.И. Травушу



Диплом действительного члена Российской академии архитектуры и строительных наук вручается д-ру техн. наук, ген. директору НИПТИ «Стройиндустрия» У.Х. Магдееву



В.С. Лесовик, д-р техн. наук, проректор по научной деятельности БГТУ им. В.Г. Шухова, член редакционного совета журнала «Строительные материалы»® избран членом-корреспондентом РААСН



X Академические чтения РААСН. Достижения, проблемы и направления развития теории и практики строительного материаловедения



Е.В. Королев, д-р техн. наук (ПУАС) рассказал об основных направлениях научной школы А.П. Прошина.



«Технологов на стройплощадку!» – таким должно быть направление подготовки строителей-технологов, считает академик Е.М. Чернышов (ВГАСУ)

Перестройка экономических отношений в нашей стране, интеграция в мировой строительный рынок привели к необходимости совершенствования отечественной строительной индустрии с целью расширения номенклатуры выпускаемой продукции, повышения ее качества и конкурентоспособности. Это может быть обеспечено только при соответствующем сопровождении и дальнейшем развитии строительного материаловедения – науки, включающей фундаментальные исследования взаимосвязи состава, структуры, свойств, технологии материалов и прикладные исследования по совершенствованию свойств традиционных и разработке новых эффективных материалов и технологий их производства.

В последние десятилетия изменилась стратегия развития мировой строительной отрасли. Взяв курс на ограничение потребления природных ресурсов, разработку и внедрение ресурсосберегающих технологий, охрану окружающей среды, повышение использования в производстве строительных материалов попутных продуктов и отходов промышленности. Вместе с тем повышаются требования к надежности и долговечности строительных материалов и изделий в условиях воздействия различных сред эксплуатации и механических нагрузок. Строительное материаловедение должно развиваться с учетом этих изменений.

Значительный вклад в развитие строительного материаловедения вносит РААСН, отраслевая и вузовская наука. Местом встречи ученых-материаловедов традиционно являются академические чтения РААСН.

Организаторами X Академических чтений РААСН, которые состоялись 24–29 апреля 2006 г., выступили РААСН, Министерства образования и науки Российской Федерации и Республики Татарстан, Академия наук Республики Татарстан, Министерство строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Республики Татарстан, Министерство транспорта и дорожного хозяйства Республики Татарстан, Казанский государственный архитектурно-строительный университет и Пензенский государственный университет архитектуры и строительства.

Впервые за историю проведения Академических чтений РААСН они проходили в два этапа в двух городах. Первый этап состоялся 24–25 апреля 2006 г. в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства и был посвящен достижениям и направлениям развития научной школы почетного строителя России, заслуженного деятеля науки и техники РФ, члена-корреспондента РААСН, доктора технических наук А.П. Прошина.

Академик РААСН **Ю.М. Баженов** отметил, что достижения пензенской школы строительного материаловедения имеют огромный потенциал, который был заложен ее руководителем – Анатолием Петровичем Прошиным.

С докладом, в котором были представлены основные направления научной школы А.П. Прошина, выступил его ученик – доктор технических наук Е.В. Королев.

Основные направления школы – это создание долговечных специальных строи-



Пленарное заседание X Академических научных чтений РААСН в Пензенском государственном университете архитектуры и строительства



Академики РААСН и руководители вузов во всех смыслах в первых рядах X Академических научных чтений

тельных материалов для защиты персонала и оборудования от воздействия химически активных сред и радиоактивного излучения, разработка технологии производства эффективных теплоизоляционных материалов на основе местного сырья из отходов промышленности.

Исторически работа школы началась с разработки полимербетонов, стойких в растворах ряда кислот, щелочей и солей. Работа в тандеме с авторитетным ученым-материаловедом академиком РААСН В.И. Соломатовым увенчалась созданием ряда уникальных композитов.

Под руководством А.П. Прошина созданы эффективные радиационно-защитные строительные материалы на основе портландцемента, жидкого стекла, высокоглиноземистого цемента, серы.

В последние годы научной школой А.П. Прошина были созданы эффективные материалы нового поколения: минеральные и волокнистые теплоизоляционные материалы, имеющие среднюю плотность 150–300 кг/м³.

Успешная работа школы, ее новые достижения и работа в перспективных направлениях является важнейшей задачей учеников.

Как отметил в своем докладе академик РААСН **Е.М. Чернышов** (Воронеж), сообщество ученых строительных материаловедов находится в активной фазе развития и X Академические чтения характеризуются масштабностью представленных работ. Но в настоящее время для решения задачи резкого увеличения строительства жилья необходим значительный прорыв в развитии не только строительного материаловедения, но и внедрения разработок. Необходима инновационная стратегия.

По мнению докладчика, существенно меняется роль технологов в строительстве. Использование сложных многокомпонентных бетонов требует научного сопровождения процесса строительства. Грамотное применение малоклинкерных, наполненных и модифицированных бетонов требует разработки технических условий и регламентов, обоснование применения новых видов вяжущих, цементов, магнезиальных, гипсовых вяжущих – это те задачи, решением которых необходимо заниматься новому поколению строителей-технологов.



Причины «старения» гипсовых вяжущих установил коллега из Университета строительных материалов г. Веймара (Германия) канд. техн. наук Х.-Б. Фишер

Остро стоит проблема оптимизации материальной базы стройиндустрии. По мнению Е.М. Чернышова, производство автоклавных материалов считается чрезмерно энергозатратным необоснованно. Для объективной оценки энергоэффективности производства тех или иных материалов необходимо ввести критерий эффективности, например, 1ккал/единица материала.

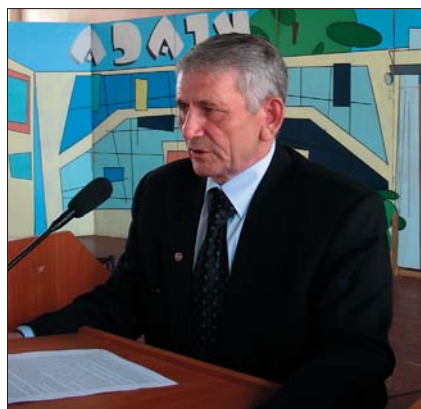
О разработке новых геосинтетических материалов рассказал зав. кафедрой ТБКиВ ПГУАС доктор технических наук **В.И. Калашников**. Создание высокопрочных силицитовых геополимерных материалов продиктовано необходимостью широкого использования местного сырья, промышленных отходов и снижения клинкерной составляющей в производстве строительных изделий и конструкций.

Были заслушаны научные доклады молодых ученых докторантов и аспирантов, представивших научные школы строительного материаловедения Воронежа (Славчева Г.С., Барабаш Д.Е.), Саранска (Низина Т.А., Куприяшкина Л.И.), Липецка (Барков В.П.) и Пензы (Береговой В.А., Бормотов А.Н.).

Второй этап X Академических научных чтений состоялся 27–29 апреля 2006 г. в Казанском государственном архитектурно-строительном университете.

Были рассмотрены достижения и направления развития исследований в различных видах строительных материалов. Одним из самых перспективных направлений в строительном материаловедении являются наноисследования и нанотехнологии, которые получили развитие в последние годы.

О применении наносистем, имеющих размер частиц около 100 нм, развитую поверхность и свободную внутреннюю энергию, в технологии бетона по методу золь-гель доложил академик **П.Г. Комохов** (Санкт-Петербург). Он пояснил, что основная идея использования золя как добавки в бетон состоит в создании дополнительного структурного элемента, представляющего собой наночастицу оксида кремния, который в результате реакции с гидроксидом кальция образует гидросиликат кальция. Происходит заполнение микропор частицами золя и продуктами его реакции, что обуславливает существенное увеличение



О перспективных направлениях исследований и производства ШШЩВ рассказывает П.З. Рахимов, член-корреспондент РААСН, д-р техн. наук (КГАСУ)

прочности бетона на ранних сроках твердения (до 63% на 3 сут).

Перспективным направлением является освоение производства шлакощелочных вяжущих и расширение исследований в этом направлении. Этому вопросу был посвящен доклад члена-корреспондента РААСН, д-ра техн. наук **Р.З. Рахимова** (Казань). Он напомнил, что металлургические шлаки и золошлаки ТЭС являются самыми многотоннажными отходами промышленности. Только на металлургических комбинатах Урала и Сибири скопилось в отвалах более 450 млн т шлаков, а в отвалах ТЭС по всей стране накоплено около 1,5 млрд т зольных отходов. В нашей стране объемы утилизации этих отходов не превышают 10%, в то время как в развитых странах их используют на 60–80%.

В КГАСУ в последние годы разработаны нормально-, быстро- и особо быстротвердеющие КШЩВ с добавками молотого боя керамического кирпича, кварцевого песка, отработанных формовочных смесей, зол-уноса, микрокремнезема. На основе этих вяжущих получены бетоны классов по прочности до В80, марок по морозостойкости до F800 и по водонепроницаемости до W25. Однако для КШЩВ и изделий на их основе характерно повышенное высолообразование, дефицитны щелочные затворители. Решение этих проблем является перспективным направлением в научных исследованиях.

Во многих выступлениях было отмечено, что в строительном материаловедении есть проблемы, решение которых в значительной мере зависит от технической и инвестиционной политики федеральных и региональных органов власти, отраслевых ассоциаций предприятий, крупных финансово-промышленных холдингов.

Например, в развитых странах на развитие промышленности строительных материалов и научных исследований в области строительного материаловедения направляется в 3–8 раз больше средств, чем в нашей стране. Очевидно недостаточное развитие специализированной машиностроительной базы промышленности строительных материалов. В учебном и исследовательском процессе недостаточен уровень обеспечения лабораторий аналитической и испытательной техникой, технологическим оборудованием.

Доклады по различным направлениям строительного материаловедения были заслушаны и обсуждены на профильных секциях.

Академические научные чтения РААСН традиционно являются местом встречи ученых разных поколений, трибуной для обмена мнениями по различным вопросам. В доброжелательной обстановке молодые ученые могут представить свои работы, посоветоваться с признанными корифеями, пообщаться с коллегами из исследовательских институтов и вузов.

Как положительный факт следует отметить, что, как на пленарные, так и на секционные заседания Академических чтений были приглашены студенты старших курсов ПГУАС и КГАСУ.



CERAMITEC

10-я Международная выставка машин, оборудования и сырьевых материалов для керамической промышленности

16–19 мая 2006 г. в Мюнхене (Германия) прошла 10-я Международная выставка машин, оборудования и сырьевых материалов для керамической промышленности Ceramitec. Эта крупнейшая отраслевая специализированная выставка проводится один раз в три года, и каждый раз демонстрирует новый уровень развития керамической промышленности, достижения науки в области керамики.

На Ceramitec—2006 свою продукцию и разработки представили 612 фирм из 42 стран мира. Самой представительной, естественно, была экспозиция немецких фирм, второе место по числу экспонентов занимала Италия. Заметно увеличилось число экспонентов из Азии и Ближнего Востока.

Следует отметить, что при подготовке и формировании выставки Ceramitec—2006 организаторы столкнулись с определенными трудностями. В 2006 г. проведение выставки в Германии совпало с проведением другой крупнейшей керамической выставки Tesnargilla, которая проводится в Италии один раз в два года. С этим связан перенос выставки Ceramitec на май. Однако этот маневр несколько ослабил экспозицию, так как в апреле в Москве проходила крупнейшая российская строительная выставка Mosbuild, на которой был существенно усилен раздел, посвященный производству строительной керамики. Учитывая большие перспективы на рынке России многие производители оборудо-

вания выбрали участие в московской выставке.

Также были сокращены сроки проведения выставки Ceramitec—2006. Вместо традиционных пяти дней она работала лишь четыре дня. Тем не менее, по данным организаторов Messe München International, ее посетило более 22 тыс. гостей из 106 стран мира. Из них более 50% — иностранные специалисты. Большинство посетителей выставки (кроме Германии) прибыли из Италии, Франции, Турции, Австрии, Испании, Чехии, Великобритании, Польши и России. Специалисты-керамики составили 91% от общего числа посетителей.

Экспозиция Ceramitec—2006 занимала четыре павильона выставочного комплекса Messe München. Параллельно в пяти павильонах работала 2-я Международная выставка-ярмарка Automatica, на которой были представлены различные технологии упаковки, измерительное оборудование и другие технические новинки, которые интересны специалистам в области разработки и производства технологического оборудования для керамической промышленности. Возможность ознакомиться с экспозициями двух выставок была положительно оценена посетителями, так и участниками Ceramitec—2006. Кроме этого в рамках выставки состоялся керамический форум, на котором были представлены технические новинки и последние научные разработки в области керамики.



Делегацию российских руководителей и специалистов керамических предприятий приветствовал генеральный консул России в Баварии А.П. Карачевцев (стоит слева)

Экспозиция Ceramitec—2006 была структурирована следующим образом. Один павильон занимали фирмы, которые предлагали сырьевые материалы и различные добавки для производства керамики. Это обусловлено тем, что в европейских странах распространена практика разделения бизнеса по добыче сырья и его переработке. Предприятия, разрабатывающие сырьевые карьеры, сконцентрированы на селективной выемке сырья, его усреднении и предварительной подготовке, составлении специальных композиций. Производителям керамической продукции поставляется сырье с заданными характеристиками.

Немецкая фирма «LASKO tonbergbau» поставляет глину немецким и зарубежным предприятиям с 1936 г. В настоящее время фирма разрабатывает 10 месторождений глины и имеет годовую производительность 450 тыс. т сырья. По заявкам заказчи-



Перед началом пешеходной экскурсии по историческому центру Мюнхена можно проложить маршрут на бронзовом макете



На стенде немецкой компании LASKO представлены образцы продукции, которую можно получить из предлагаемых сырьевых композиций



При использовании различных добавок английской компании Castle colors одна и та же глина окрашивается в различные цвета

ков предприятие готовит смеси глин, позволяющие получать продукцию необходимого цвета. Наличие высокопроизводительного современного карьерного оборудования, собственной лаборатории и большого опыта позволяет быстро реагировать на изменяющиеся потребности партнеров и постоянно обеспечивать высокое качество готовой продукции. Отгрузка сырья осуществляется автомобильным, железнодорожным или водным транспортом.

Российские производители сырья были представлены на выставке «Бокситогорским алюминиевым комбинатом».

Высоким спросом европейских производителей пользуется сырье Украинских предприятий. На выставке свою продукцию представили Просняновский каолиновый комбинат, Ватутинский комбината огнеупоров и «Глины Донбасса».

Большой сегмент данного раздела выставки занимали фирмы, разрабатывающие и поставляющие различные добавки. Конечно, представленные разработки в основном не являются новшествами в области химии или технологии. Практически все производители добавок предлагают составы, содержащие известные, давно изученные и применяющиеся в керамической промышленности компоненты. Интерес представляет узкая направленность действия, вид (порошок, суспензия, влажная масса), скрупулезно выверенная рецептура, гарантированное постоянное качество, добавки.

Например, английская фирма «Castle colors Ltd.» специализируется в области технологических добавок, красителей, глазурей и ангобов. Предлагаемые фирмой окрашивающие добавки на основе оксида марганца позволяют не только изменить цвет черепка, но и снизить его пористость, повысить прочность. Добавки на основе лигносульфонатов обеспечивают повышение прочности высушенного сырья, снижение трещинообразования при сушке. Это особенно актуально при производстве крупноформатных изделий с большим объемом пустот.

Для выбора эффективной добавки и ее количества специалисты фирмы проводят лабораторные испытания сырья заказчика. Добавки поставляются в виде порошка в мешках по 1 т или в виде суспензий в пластиковых емкостях объемом 1 тыс. л.

Другая английская фирма «Norkeram» также разрабатывает и производит различные добавки. Для связывания растворимых сульфатов предлагается вводить карбонат бария (Norkem BAC60 и Norkem BAC70), который может быть поставлен в ви-

де порошка или гранул в мешках по 25 или 1000 кг.

На основе оксида марганца разработаны составы для придания обычным красножгущимся глинам серого или голубого цвета (ColorMax N70), коричневого и черного цвета (ColorBlack N70). Для придания изделиям лилового цвета рекомендуется применять состав ColorChrom N70. При производстве светлых изделий следует добавлять суспензии на основе диоксида титана или карбоната кальция.

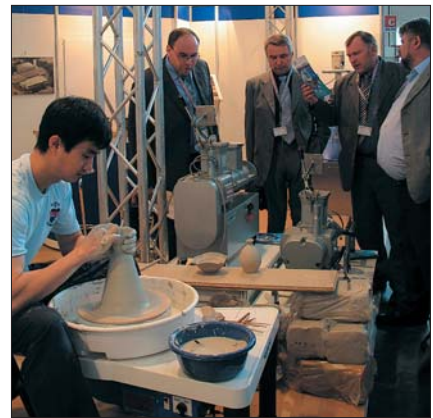
Учитывая, что к керамической продукции за рубежом предъявляются очень высокие требования, в том числе по дизайну, многие производители добавок и красителей озабочены поиском новых решений именно в этом направлении. На выставке были представлены составы для придания изделиям различных эффектов: металлического блеска, имитации «замшелости», эффекта старины и т. д.

В отдельном павильоне были представлены *огнеупорные материалы, печи и необходимые для их строительства детали и комплектующие*. Отраднo, что в этом разделе был представлен российский производитель. НПО «Стеклопластик» производит высокотемпературостойкие кремнеземистые волокнистые материалы. Как и многие другие высокотехнологичные материалы, они длительное время использовались в нашей стране в основном в космической и оборонной промышленности. В настоящее время засекреченные ранее разработки стали достоянием многих отраслей промышленности и даже зарубежных партнеров.

Продукция НПО «Стеклопластик» может быть использована для высокотемпературной изоляции печных агрегатов в керамической промышленности. Учитывая, что все большее внимание уделяется высокой тепловой эффективности и в то же время снижению массы и материалоемкости конструкций, применение волокнистой высокотемпературостойкой изоляции становится все более актуальным.

Третий павильон занимали фирмы, представляющие *оборудование и технологии для огнеупорной и технической керамики*.

Машины и оборудование для строительной керамики также занимали отдельный павильон. Именно он привлекал основное внимание российских специалистов. Среди них была группа специалистов и руководителей керамических предприятий, поездку которых организовали редакция журнала «Строительные материалы»® и выставочная компания «ЭКСПО-груп».



Для привлечения внимания к стенду японская фирма Shimpo, производящая различное лабораторное оборудование, пригласила гончара



Новый резчик компании Keller H.C.W. вызвал повышенный интерес, обсуждения и даже споры специалистов



Новинкой голландской фирмы De boer B.V. стала мини-установка для формовки кирпича из пластичных масс, которая имеет всего 10 быстроменяемых форм и рассчитана на производство небольших партий продукции



На Ceramitec-2006 немецкая фирма W+K Maschinenfabrik GmbH впервые представила машину для текстурирования граней керамического кирпича модульной конструкции, которая легко встраивается в существующие производства



Группа российских специалистов посетила один из заводов фирмы Schlagmann, на котором выпускаются пустотно-поризованные блоки типа Poroton



Менеджер фирмы LINGL Илья Альберт (слева) с директором завода «Ленстройкерамика» В.Н. Юсиной и управляющим ЗАО «Победа ЛСР» С.А. Бегоулевым на заводе Hörl&Hartmann



«Чтобы выпускать более ста наименований керамической продукции необходимо иметь парк быстро сменяемых мунштуков» – поясняет технический директор ЗАО «Победа ЛСР» А.В. Гаврилов (слева) коммерческому директору В.А. Дырдасову



Для начальника управления перспективного развития ЗАО «Победа ЛСР» А.А. Акберова посещение передовых зарубежных предприятий – это возможность почерпнуть интересные идеи

Центром экспозиции стал стенд французской фирмы CERIC, который объединил экспонаты всех фирм, входящих в группу. Большое внимание специалистов привлекали стенды таких известных производителей оборудования как LINGL, Hündle, De boeg и др. Россию в этом разделе представляла фирма «Инк-рам», созданная в Москве талантливым французским инженером Ж. Теста и продвигающая на российский рынок итальянское оборудование.

Известная швейцарская фирма **Fraymatic AG**, известная как производитель оборудования для кирпичной промышленности с 1923 г., представила на выставке широкую гамму резчиков и поворотных устройств. Точность и надежность резчиков обеспечивается конструкцией со скользящим столом и единым приводным механизмом для струн, поворотных механизмов и вращающихся деталей. Одной из последних разработок фирмы является многострунный резчик с вырезом нижней фаски посредством вращающихся дисков.

Кроме технологического оборудования на выставке были широко представлены комплектующие детали, отдельные элементы и механизмы. Например, немецкая фирма **Aichelin Entwicklungszentrum und Aggregatebau GmbH** предлагает как комплектные системы для новых и реконструируемых печей, так и газовые горелки с управляющими элементами, газо- и воздухопроводы, вентиляторы и др.

С целью повышения эффективности работы на специализированной выставке редакция журнала «Строительные материалы»[®] совместно с зарубежными партнерами организовала экскурсии на производственные предприятия.

Совместно с фирмой Keller, входящей в группу CERIC, мы посетили один из заводов фирмы **Schlagmann**, который производит крупноформатные пористо-поризованные блоки

типа Поротон. Последняя разработка фирмы – блоки с коэффициентом теплопроводности 0,09 Вт/(м·К), у которых пустоты заполнены вспученным перлитом. На предприятии установлены роботы-манипуляторы фирмы Keller, устанавливающие сырец на однорядные сушильно-обжиговые вагонетки с роликовым подом.

Данное предприятие эксплуатирует собственный карьер глинистого сырья, находящийся в непосредственной близости от завода, в качестве добавок использует древесные опилки и высокопластичную глину. Российских специалистов особенно интересовала работа массозаготовительного отделения. Сотрудники завода подробно ответили на все вопросы коллег.

Вторым предприятием, которое посетила группа журнала «Строительные материалы»[®], был завод фирмы **Hörl&Hartmann**. Одним из главных подрядчиков при строительстве этого завода выступала фирма LINGL.

Завод выпускает более 100 видов продукции для комплексного строительства из керамических материалов. Он имеет компактную схему размещения оборудования с высокой степенью автоматизации и гибкую технологию, позволяющую быстро переходить к одному виду продукции на другой.

Предметом особого интереса российских специалистов стали тепловые агрегаты – сушилка с направленными тепловыми потоками и мобильными воздушными распределительными «стенами», а также туннельная печь Dry Seal.

В коротком обзоре невозможно даже перечислить все многообразие экспонатов, представить обновляющийся ассортимент продукции известных фирм, познакомить читателя с интересными предложениями фирм, которые только ищут путь на российский рынок. Лучше увидеть все собственными глазами. 11-я выставка Ceramites состоится в 2009 г.

*Е.И. Юмашева,
фото автора и М. Петерса*



После окончания работы выставки мы посетили прекрасный уголок Баварии – знаменитое озеро Кимзее, где на одном из островов расположился замок «Херренкимзее», часто называемый немцами Версалем, недостроенное крыло которого наглядно демонстрирует возможности применения керамического кирпича в архитектуре

Строительная выставка в столице Казахстана – отражение динамичного развития экономики страны

17–19 мая 2006 г. в Астане состоялась VIII Казахская международная выставка «AstanaBuild 2006».

Организаторами мероприятия являются казахстанская выставочная компания Itesa и ее международные партнеры: ITE Group Plc (Великобритания), GIMA (Германия), EUF (Турция) и Invernizzi International Sales S.r.l. (Италия) при поддержке Правительства Республики Казахстан, Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан и акимата г. Астаны. Международный уровень организации выставки «AstanaBuild» подтвержден Всемирной ассоциацией выставочной индустрии Union des Foires Internationales (UFI).

Общая площадь экспозиции превысила 7 тыс. м², что на 10% превысило площадь экспозиции этой выставки в 2005 г.



Дворец спорта «Алатау» – место проведения выставки

Динамичное развитие экономики Казахстана ставит перед строительной отраслью большие задачи, решение которых требует комплексного, системного подхода как в выборе строительных материалов, так и в технологиях строительства.

Для реализации Государственной программы развития жилищного строительства в Республике Казахстан на 2005–2007 гг. разработана и утверждена отраслевая Программа развития промышленности строительных материалов, изделий и конструкций на 2005–2014 гг. В ходе выполнения программы планируется внедрение новых технологий и высокопроизводительного оборудования, направленное на уменьшение материалоемкости, энергоемкости и трудоемкости продукции, увеличение ассортимента и улучшение качества строительных материалов; насыщение строительных рынков доступными по цене, качеству и надежности строительными материалами, изделиями и предметами домоустройства и снижение доли импорта строительных материалов. Быстрое развитие строительного комплекса республики обеспечивается, помимо общего законодательства, приведенного в соответствие с требованиями рыночной экономики, обновлением отраслевых нормативов.

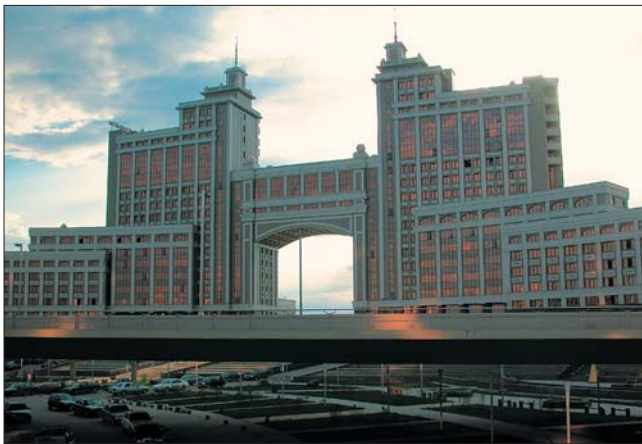
Применение новых строительных технологий и материалов потребовало пересмотра большого количества СНиПов и ГОСТов, других нормативных документов. Только за 2005 г. было введено в действие 32 новых нормативных документа. В связи с принятием Закона «О техническом регулировании» предстоит разработка технических регламентов в соответствии с требованиями международного законодательства в сфере строительства. Развитию отрасли в рыночных условиях способствуют меры, принимаемые государством для стимулирования частного предпринимательства. Упрощается порядок лицензирования для предприятий малого и среднего бизнеса, установлены упрощенные режимы отчетности и щадящее налогообложение. Для предприятий, активно

внедряющих системы менеджмента качества ИСО 9000 и ИСО 14000, снижаются ставки корпоративного подоходного налога до 50%, а производство продукции с высокодобавленной стоимостью поощряется снижением налогов до 30%.

В целях реализации региональной Программы развития жилищного строительства в г. Астане была разработана и утверждена Программа развития промышленности строительных материалов, изделий и конструкций для столицы Казахстана. Одним из основных направлений программы развития жилищного строительства в Астане является обеспечение устойчивого темпа роста жилья, доступного для широких слоев населения путем снижения его стоимости, в том числе за счет развития производства строительных материалов. Планируется к 2010 г. обеспечить рост производства строительных материалов,



В торжественном открытии выставки принимал участие председатель Комитета по делам строительства и ЖКХ Министерства индустрии и торговли Республики Казахстан К.О. Омаров и начальник научно-исследовательского отдела ГКП «Астана генплан» А.Ш. Чиканаев



Навесные фасады с различными облицовочными материалами характерны для новой Астаны



изделий и конструкций в городе до 80% от потребностей рынка, освоить экспортоориентированные производства и увеличить выпуск конкурентоспособных на внешнем рынке строительных материалов, расширить ассортимент функционально эффективных и экологически чистых строительных материалов, изделий и конструкций.

Необходимость в такой программе обусловлена растущими темпами жилищного, гражданского и промышленного строительства как в Астане, так и в целом по республике. За 3 года в городе планируется построить 1590 тыс. м² общей площади жилья. На сегодняшний день городскими предприятиями строительной индустрии производятся лишь основные виды материалов – товарный бетон, железобетонные конструкции и изделия. Только в этом году на развитие строительства столицы будет направлено около 800 млн USD, 80% из них – иностранные и частные инвестиции, 20% – из бюджета государства.

Масштабное строительство в Астане потребовало закупки значительных объемов материально-технических ресурсов и комплектующих материалов, что, в свою очередь, вызвало оживление и рост загрузки предприятий стройиндустрии республики, производителей цемента, кирпича, металлоконструкций, столярных изделий, другие строительные материалы и конструкции, позволило задействовать в строительстве столицы компании из других регионов страны.

В Астане в сфере стройиндустрии осуществляют деятельность порядка 160 предприятий, при этом лишь 11 из них крупные, около 30 средние. Всего в стройиндустрии города занято 15,3 тыс. человек, что составляет 12,3% от общего числа занятых. Производство строительных материалов в столице демонстрирует в последние годы интенсивный рост – более 26 % в

год, что более чем на 6% выше среднереспубликанских показателей.

Рост объемов строительства, повышающиеся требования к качеству возводимого жилья и других объектов, ужесточение экологических требований, а также усиление конкуренции побуждают строителей применять самые новые технологии и материалы.

Интенсивное строительство в столице Республики Казахстан нашло свое отражение в экспозиции выставки «AstanaBuild 2006», где около 350 компаний из 20 стран мира представили свою продукцию.

О подъеме строительной отрасли в республике свидетельствует высокий процент участия в выставке казахстанских компаний – их более 40%. Следует отметить, что из общего числа участников 60% составляют компании-производители, из них более 20% казахские.

Одним из основных способов возведения зданий в Астане является монолитно-каркасный способ с последующим возведением стеновых ограждающих конструкций из ячеисто-бетонных блоков. Такая особенность нашла свое отражение в структуре экспозиции выставки, где производители и поставщики опалубочных систем, в основном из Европы, занимали значительную часть экспозиции. Соответственно огромный интерес вызывали не только поставщики готовых блоков из ячеистого бетона автоклавного и неавтоклавного твердения, но и разработчики любого оборудования и технологий для их производства. Ячеистые блоки автоклавного твердения с 2004 г. производит АО «Экотон+» (Астана). Предприятие работает по технологии и на оборудовании фирмы «YTONG» и в настоящее время выпускает около 600 м³/сут ячеисто-бетонных блоков.



Продукция Илийского кирпичного завода (Алматинская обл.)



Рулонные материалы компании «Риэлти-Инвест» (г. Павлодар)



ТОО «SM-Trade» (Алматы) представило установку для производства пенобетонных растворов SM-Mixer®.

Казахские производители оборудования для производства пенобетона также представили свои технологии на выставке. ТОО «SM-Trade» (Алматы) представило установку для производства пенобетонных растворов SM-Mixer®. Растворосмеситель с вращающимся ротором оснащен обрезаемыми лопатками. Интегрированный в установку полуавтоматический пеногенератор позволяет получить пенный раствор с регулируемой плотностью пены от 50 до 100 г/л. Специалистами фирмы также разработан и запатентован оригинальный комплект опалубки С-2, который очень удобен в сборке-разборке и обеспечивает высокую геометрическую точность блоков.

Оборудование для этих же целей представило ТОО «Центрсервис» (г. Петропавловск). Установка ПБ-2005 производительностью 3 м³/ч пенобетона имеет в своем составе пеногенератор ПБГ-3, бетоно-растворосмеситель объемом 1,1 м³, компрессор и комплект форм на 1 м³ изделий.

Любая конструкция из ячеистого бетона требует защиты наружной поверхности. Наиболее популярным вариантом решения фасадов в Астане стали навесные конструкции, что нашло естественное отражение в экспозиции выставки «AstanaBuild 2006». Практически все виды навесных фасадов с различными подконструкциями и декоративно-отделочными элементами (металлопластиковые композитные панели, керамогранит, окрашенные металлические кассеты, стеклянные блоки и др.) были представлены производителями материалов и их дилерами в Казахстане.

Производство керамических стеновых материалов на выставке было представлено **Илийским кирпичным заводом** (Алматинская обл.), который в настоящее время производит рядовой кирпич марки М125 и облицовочный кирпич марки М150 методом полусухого формования. На заводе установлено оборудование Харьковского машиностроительного завода «Красный Октябрь», который также был представлен на стенде.

В разделе кровли и гидроизоляции были представлены практически все известные типы материалов: рулонные битумно-полимерные, полимерные мембраны, жесткие листовые, мелкогазовые, но в основном произведенные в России и др. странах. Материалы казахского производства представляла только компания «Риэлти-Инвест» (г. Павлодар). Компания выпускает битумные (Рукав®-1) и битумно-полимерные рулонные материалы АПП- и СБС-модифицированные (Рукав®-7 и Рукав®-5).

Более широко представили свою продукцию компании по производству сухих строительных смесей: ТОО «Alit», АО «Серт», АО «МАК «Алматыгорстрой» (Алматы).

Продукция, представленная на выставке «AstanaBuild 2006», показала, что промышленность строительных ма-



Строительство жилья и общественных зданий ведется монолитно-каркасным методом

териалов и стройиндустрия региона стремительно развиваются. Однако масштабы строительства столицы Казахстана требуют дополнительной поддержки. В рамках казахстанской кластерной инициативы, определенной основным инструментом реализации стратегии индустриально-инновационного развития, постановлением правительства в Астане разработан пилотный проект по созданию и развитию кластера «Строительные материалы». Одним из основных мероприятий по созданию этого комплекса является строительство индустриального парка строительных материалов. Предпосылкой создания индустриального парка является привлечение инвестиций в обрабатывающий сектор экономики города и ограниченный выбор свободных земельных участков в Астане. Главной идеей данного проекта является привлечение инвесторов путем предоставления земельного участка с развитой инфраструктурой (комплекс инженерно-коммуникационных и информационных услуг), с последующей передачей в аренду для организации производства. Общая площадь территории парка составляет 600 га, уже имеются электрические сети, кабельные линии, высоковольтная линия, подстанция, тепловые сети, паропровод, водоснабжение, канализация, в т. ч. ливневая, авто- и железные дороги и др. В настоящее время в рамках индустриального парка реализовано производство евроокон и дверей из высококачественной древесины по итальянской технологии ТОО «Sheber.SC.Kz».

Экспозиция выставки привлекла внимание специалистов различного уровня и частных застройщиков, реализующих собственные проекты. В течение трех дней выставку посетили около 8 тыс. человек, из них специалистов строительной отрасли 54%, руководителей предприятий строительной отрасли 22%, руководителей других отраслей 8%, госслужащих 2% и специалистов других отраслей 14%. Основная масса специалистов интересовалась поисками современных технологий и материалов со специальными свойствами. Внимание проектировщиков и архитекторов привлекали современные строительные материалы и конструкции, теплотехнические аспекты применения различных материалов и др.

Выставка «AstanaBuild 2006» показала, что высокие темпы строительства Астаны и перспективы ее развития являются хорошей предпосылкой развития мощной промышленности строительных материалов не только в регионе, но и в Республике Казахстан в целом, что повлечет за собой динамичное развитие экономики страны.

С.Ю. Горегляд, И.В. Рыльцова



**международный
форум
строительный**

интерстройэкспо 2006

В конце апреля 2006 г. в Санкт-Петербурге состоялся крупнейший в Северо-Западном регионе России международный строительный форум «Интерстройэкспо». В форуме приняли участие около 800 компаний из различных стран мира, выставочная площадь, занятая экспонентами, составила более 18 тыс. м². За время работы выставку посетили около 80 тыс. человек, из них более 80% – специалисты. В настоящее время это крупнейший выставочный проект Северо-Западного региона. Очевидно, что такой успех складывается из комплекса составляющих, это – оптимальные сроки, многолетний опыт организаторов, новые актуальные и своевременные проекты, такие как экспозиция «Автоспецтехника», которая впервые прошла в рамках «Интерстройэкспо 2005», международный Конгресс по строительству ИВС и др.

Международный строительный форум «Интерстройэкспо-2006» состоит из 15 специализированных выставок и Международного Конгресса по строительству «ИВС»: «Интерстройэкспо», «Тепловент», «Водоснабжение», «Энергоснабжение и электротехника», «Строительство и строительные материалы», «Инструмент и оборудование», «Окна. Двери. Ворота», «Кровля и изоляционные материалы», «Автоспецтехника», «Интерьерные решения», «Сантехника», «Отделочные материалы», «Умный дом», «Российская стройиндустрия», «Загородное домостроение», «Реставрация».

Новый проект 2006 г. – специализированная выставка «Реставрация», которая сразу привлекла внимание специалистов. Относительно небольшая по числу участников (более 50 компаний), выставка объединила различные фирмы, деятельность которых напрямую или частично связана с сохранением исторического наследия. В ней приняли участие органы государственной власти Северо-Западного региона, в функции которых входит охрана и использование памятников истории и культуры, фирмы, чья деятельность включает реставра-

цию памятников, строительные организации, имеющие опыт в этой сфере и др.

На выставке предлагались различные методы восстановления исторических памятников, многие из которых начинаются с обследования. При этом определение технического состояния памятников архитектуры и городской скульптуры требует большого объема раскрытий, зондажей, расчисток и др. Такие операции обычно не только трудоемки, но и могут привести к повреждениям и утрате художественной и исторической ценности объекта. Свою методику сверхширокополосного радиолокационного зондирования (СШП РЛ) предложило ОАО «Радиоавионика» (Санкт-Петербург). Метод основан на излучении в исследуемую среду коротких радиоимпульсов и приеме сигналов, отраженных от границ раздела сред с разными электрофизическими свойствами. Это позволяет определить толщины конструктивных слоев, оценить однородность (сплошность) конструкционного материала строительных конструкций и элементов городской структуры, визуализировать структуры многослойных строительных конструкций, осуществлять поиск инженерных коммуникаций, в том числе неметаллических, или структурных аномалий в строительных конструкциях. С помощью этого метода специалисты компании «Радиоавионика» исследовали гранитные вазы Невской ограды Летнего сада в Санкт-Петербурге, которые имели цель определить расположение и габариты металлических пиранов.

Во время проведения выставки состоялось всероссийское совещание «О мерах по обеспечению сохранения объектов культурного наследия в свете административной реформы».

В 2006 г. международный строительный форум «Интерстройэкспо» проводился в новом формате. Это связано прежде всего с введением в эксплуатацию нового павильона (№7) на территории ВК «Ленэкспо». Павильон по техническим параметрам полностью отвечает современным требованиям и соответствует европейским стандартам. Новый павильон позволил расширить экспозицию и открыл возможности для развития перспективных тематик.

Наряду с традиционными участниками рынка строительных материалов и услуг, появляются новые фирмы и бренды. Компания «Лентэкс» (Санкт-Петербург) представила три вида пленок и мембран торговой марки Fibrotek для паро- и гидроизоляции на основе полипропилена. Компания открыла производство материалов в 2004 г. Противоконденсатные паронепроницаемые гидроизоляционные пленки Fibrotek Master S120 и Fibrotek Master S140 и Fibrotek Prof предназначены для защиты внутренней поверхности кровельного материала и эле-



В новом павильоне №7 расположилась экспозиция выставок «Тепловент», «Водоснабжение», «Энергоснабжение и электротехника»





Теплоизоляционные гранулы «Трегран» на основе трепеловидных пород разработаны и производятся ООО «Экспресс-стройиндустрия»

ментов несущей конструкции от воздействия конденсата, образующегося при перемещении водяного пара из утепленной конструкции и влаги, попадающей извне. Пленка имеет верхний ламинированный слой, который выполняет функцию гидроизоляции и нижний — абсорбирующий для удержания влаги. Такие пленки находят наибольшее применение в скатных металлических кровлях. Для пароизоляции предназначены пленки Fibrotek Master 90 и Fibrotek Master 110. Ветро- и гидрозащитные паропроницаемые мембраны из полипропилена Fibrotek RS Prof 80, Fibrotek RS Prof 100 и Fibrotek RS-3 Prof могут использоваться как в фасадах, так и в качестве гидроизоляции скатных крыш (Fibrotek RS-3 Prof).

Оригинальную разработку в области теплоизоляции представило ООО «Экспресс-стройиндустрия» (Тамбов). Специалистами предприятия разработан технологический процесс производства теплоизоляционного материала, который получил название «Трегран». В готовом виде материал представляет собой гранулы, в основе которых композиция из трепеловидных пород.

Техническая характеристика материала «Трегран»

Насыпная плотность, кг/м ³	150–200
Размер гранул, мм	5–40
Прочность при сжатии, МПа	0,8–1,5
Водопоглощение, %	2–3
Теплопроводность, Вт/(м·К)	0,06–0,07
Шумопоглощение, дБ,	не более 50
Группа горючести	НГ

Крупные гранулы «Трегран» используются в качестве наполнителя в бетонах, а более мелкие — для утепления перекрытий крыш, полов и в качестве наполнителя



Российское представительство международного концерна KWH Pipe Ltd поставляет на российский рынок трубы диаметром до 3000 мм. Офис компании на стенде прекрасно уместился в трубе диаметром 2200 мм



Экспонаты выставки «Автоспецтехника» непосредственно на выставочной площадке демонстрировали свои возможности

для теплых штукатурных составов. Предприятие планирует освоить выпуск теплоизоляционных плит и строительных блоков на основе «Треграна».

В последнее время все большее внимание уделяется защите помещений от электро-магнитных излучений (ЭМИ) с помощью материалов на основе шунгита. ООО «Органикс» (Саратов) представило на выставке сухие строительные смеси «Органит» на основе этого уникального природного минерала: штукатурный состав «Органит SH», клей для крепления натурального и искусственного шунгитового камня и плитки «Органит KR-SH», ровнитель для шунгитового пола «Органит CP-SH», грунтовка шунгитовая «Органит HC-HS», а также облицовочную шунгитовую плитку.

При применении этих материалов для отделки помещений, в которых находятся источники ЭМИ, получается надежный экран. Кроме того, помещения, отделанные шунгитом, оказывают благотворное воздействие на здоровье человека.

Экспозиция выставки «Автоспецтехника», развернутая на открытой площадке собрала, специалистов строительства и ЖКХ. При этом многие экспонаты демонстрировали свои возможности непосредственно на выставочной площадке.

Традиционно сильным разделом выставки «Интерстройэкспо» являются коллективные экспозиции различных регионов России и зарубежных стран, которые позволяют получить уникальную информацию о стройкомплексе и ПСМ регионов. В 2006 г. такие экспозиции представили Московская обл., Саратовская обл., Новгородская обл., Республика Беларусь. Впервые коллективную экспозицию представили компании из Турции, предлагавшие для строителей Северо-Запада как строительные материалы, изделия и конструкции, так и технологии производства материалов и ведения строительных работ.

Миссия международного строительного форума «Интерстройэкспо» — содействовать участникам в достижении максимально возможного результата при поиске новых перспектив, интересов, контактов. Для улучшения работы экспонентов, организаторы, единственные в России смогли провести независимое исследование и оценить эффективность подготовки и участия всех компаний, представленных на международном строительном форуме «Интерстройэкспо». Реализация подобного проекта по силам только высочайшим специалистам, какие входят в состав организационного комитета форума.

Добавим, что в Северо-Западном регионе международный строительный форум был первым проектом, получившим приоритет Торгово-Промышленной Палаты РФ.

С.Ю. Горегляд

НОВОСТИ ОТРАСЛИ

Производство строительных материалов в январе–апреле 2006 г.

Производство цемента за январь – апрель 2006 г. составило 12605,9 тыс. т (110,1% к соответствующему периоду прошлого года), в апреле – 4462 тыс. т (121,9% к апрелю прошлого года). Производство гипса (алебаstra) за январь – апрель 2006 г. составило 763,5 тыс. т (118,5% к соответствующему периоду прошлого года.), в апреле – 208,8 тыс. т (115,4% к апрелю прошлого года). Производство кирпича строительного за январь – апрель составило 3109,7 млн шт. усл. кирпича (97% к со-

ответствующему периоду прошлого года.), в апреле – 912,5 млн шт. усл. кирпича (102,8% к апрелю прошлого года). Производство щебня и гравия из природного камня и песчано-гравийных материалов за январь – апрель составило 39369,1 тыс. м³ (110,8% к соответствующему периоду прошлого года), в апреле – 11494,9 тыс. м³ (118,3% к апрелю прошлого года).

По данным Экспертно-аналитического центра «Доступное жилье» Комитета Госдумы по экономической политике, предпринимательству и туризму

Международная научная конференция по использованию хризотил-асбеста

В конце мая в Монреале (Канада) прошла научная конференция по безопасному использованию хризотил-асбеста «Хризотил на грани перемен. Результаты последних исследований и перспективы развития», организованная Канадским институтом хризотила. Конференция собрала более 200 участников из 28 стран мира. Основной темой научной программы стали последние научные исследования влияния хризотил-асбеста на здоровье человека и опыт контролируемого использования этого природного волокна во многих странах мира. Свои последние данные представили ученые из Канады, США, Швейцарии, России, Великобритании, Индии, Мексики и Бразилии. Исследователи были едины в своих выводах – хризотил-асбест абсолютно безопасен при контролируемом использовании в современной промышленности,

а его роль как социально значимого стратегического материала возрастает с каждым годом.

Выступавшие ученые отметили необходимость изменения существующей мировой практики оценки рисков различных веществ. Практика оценки рисков ВОЗ до сих пор основывается на медицинских и научных данных, собранных в начале 90-х годов прошлого века, в момент, когда не существовало столь исчерпывающих, как сейчас, доказательств кардинального различия влияния волокон амфиболового и хризотилового асбестов.

Конференция прошла при поддержке канадского правительства и собрала в основном ученых и медицинских специалистов в области профессиональной гигиены, что обусловило высокий практический потенциал мероприятия.

По сообщению НО «Хризотиловая ассоциация»

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Новая штукатурная смесь для фасадов

В апреле 2006 г. на Заводе цементных смесей «Кнауф» в г. Красногорске (Московская обл.) начался выпуск новой штукатурной смеси КНАУФ-Грюнбанд.

Уникальность новой смеси заключается в том, что в ее состав помимо всех необходимых для модифицированного штукатурного состава ингредиентов включен специальный легкий наполнитель – гранулы пенополистирола. КНАУФ-Грюнбанд предназначена для оштукатуривания поверхностей любых оснований, но особенно эффективно ее применение на каменной и кирпичной кладке, выполненной из теплоизоляционных стеновых материалов, например ячеистого бетона, пенобетона, пенокерамических блоков и т. п., так как

она органично дополняет теплоизолирующую стеновую конструкцию. Благодаря присутствию в составе смеси пенополистирольных гранул штукатурка обладает высокой эластичностью и трещиностойкостью, устойчива к усадочным деформациям и температурным воздействиям. Введение в состав сухих строительных смесей пенополистирольных гранул часто связано с возможностью расслаивания (седиментации) гранул и более тяжелых частиц цементно-песчаной составляющей. Компоненты новой смеси, находясь в упаковке, не расслаиваются, благодаря чему смесь может перерабатываться как вручную, так и штукатурными машинами.

По материалам ООО «КНАУФ-Маркетинг Красногорск»

В Ленинградской области построен завод по производству теплоизоляционных материалов

В конце мая в г. Выборге был открыт второй завод группы компаний Rockwool в России. Предприятие будет выпускать широкий спектр теплоизоляционных материалов из каменной ваты. Сфера применения данной продукции – практически все виды строительных конструкций и зданий любого назначения, а также трубопроводы, воздуховоды и промышленное оборудование. Планируется, что объемы выпуска предприятия составят около 50 тыс. т продукции в год.

Новое производство в Ленинградской области является совместным предприятием группы компаний

Rockwool и Датского инвестиционного фонда по Центральной и Восточной Европе. Сумма инвестиций составила более 60 млн евро. Проект обеспечил рабочими местами более 150 человек.

Доля компании на российском рынке теплоизоляции – около 20%. Объемы продаж в 2005 г. составили 100 млн евро, реализации теплоизоляционных материалов – более чем 2,1 млн м³. В общем объеме продаж в мире доля российского отделения составляет 7%.

По материалам пресс-службы группы компаний Rockwool

НОВОСТИ КОМПАНИЙ

Концерн DuPont открыл первый Интерактивный центр высоких технологий в Восточной Европе

Новый центр стал вторым в мире, первый был открыт в прошлом году в Шанхае (Китай).

Создание нового офиса и Центра высоких технологий подтверждает серьезные инвестиционные планы компании в России.

Россия является одним из наиболее активно развивающихся регионов в бизнесе DuPont, по темпам развития, опережающим даже Китай. Доход компании в России за последний год вырос на 23% и составил более 200 млн USD. Ежегодно в российские научно-исследовательские проекты корпорация инвестирует 5 млн USD и намерена продолжать этот процесс.

Компания DuPont намерена активно развивать свой бизнес в сфере строительства и архитектуры — это одна из

ключевых российских отраслей для концерна. Разработки DuPont используются в России в строительстве зданий, дорог, мостов, тоннелей, ландшафтном и интерьерном дизайне, а также в производстве лакокрасочных материалов.

В апреле был открыт российский лабораторно-технический центр, который позволит производителям лакокрасочной продукции получать достоверную информацию о своих покрытиях. Проект предполагает оценку не только декоративных свойств продукции, но также укрывистость, истираемость, долговечность, белизну. Уникальность проекта в том, что для добровольного независимого аудита будет использоваться высокочувствительное оборудование и инновационные методики оценки, разработанные DuPont.

По материалам пресс-службы компании «Дюпон-Россия»

Введен в эксплуатацию новый завод сухих смесей компании «Фомальгаут-Полимин»

Закончились пусконаладочные работы на новой производственной линии смесей «Полимин» в г. Красный Лиман (Донецкая обл., Украина), и была изготовлена первая пробная партия продукции. Новая линия предназначена для производства песчаных смесей. Ее производственная мощность составляет 50 тыс. т смесей в год, что вместе с уже существовавшим производством составит 150 тыс. т; планируемый срок окупаемости — 5 лет. На заводе установлено оборудование итальянской фирмы WAM и украинского завода «Будмаш» (г. Житомир). Это третье предприятие компании, два других расположены в Киеве. В выборе региона для

строительства завода компания руководствовалась, в первую очередь, близостью к четырем важным областям (Харьковской, Луганской, Донецкой), а также к России. К тому же там расположена и узловая станция для этих направлений, а также хорошая сырьевая база: песок и цемент находятся на расстоянии всего 10 км. С запуском нового завода долю компании на рынке Украины планируется увеличить с 15 до 18% в 2006 г. (с 70 тыс. т до 100 тыс. т), а в 2007 г. — до 21%. Экспорт в Россию к концу года должен составить 5 тыс. т.

На будущий год уже запланировано строительство нового завода в Восточном регионе Украины.

По материалам компании «Фомальгаут-Полимин»

Новое приобретение германской компании

Компания HeidelbergCement (ФРГ) выкупила 51% акций грузинской компании Kartuli Tsementi — производителя цемента. Это первые инвестиции компании HeidelbergCement в Кавказском регионе. Компания Kartuli Tsementi, расположенная в г. Рустави в 50 км от столицы Грузии — Тбилиси, имеет промышленные мощности для производства 100 тыс. т цемента в год. HeidelbergCement планирует увеличить к началу 2008 г. объемы производства до 500 тыс. т цемента в год и далее

довести производственные мощности до 1 млн т. В настоящее время рынок Кавказского региона (вместе с Азербайджаном) потребляет 3,3 млн т цемента, причем прогнозируется, что объем потребления вырастет к 2010 г. до 5 млн т. В ноябре и декабре 2005 г. компания HeidelbergCement уже приобрела в собственности соответственно компанию Vuctarma Cement в Казахстане и Donscement в Украине.

По сообщению пресс-службы компании HeidelbergCement

Новая разработка итальянских цементников

Итальянская компания Italcementi начала продажу цемента, который способен поглощать выхлопные газы автомобилей. Разработка материала, получившего название TX Active, продолжалась в течение десяти лет. Он способен сорбировать до 40% вредных газов, содержащихся в воздухе. Испытания нового бетона происходили возле шоссе близ г. Милана. Они показали, что материал способен поглощать до 65% диоксида азота и монооксида углерода. Действие TX Active основано на фотокатализе. Это явление заключается в том, что солнечные лучи вызывают реак-

цию между диоксидом титана, содержащимся в цементе, и вредными газами в воздухе. Лучшее всего TX Active действует в яркий солнечный день. Результаты проверки были подтверждены Национальным исследовательским советом. Этот материал уже использовался при постройке некоторых объектов, таких как новая штаб-квартира компании «Эр Франс» в парижском аэропорту имени Шарля де Голля или отель «Полис» в Бордо.

По материалам агентства печати ANSA (Италия)

Тотальное озеленение кровли

Зеленое кольцо вокруг Москвы за последнее время заметно истончилось. Существовавшие много лет зеленые языки насаждений, которые начинались еще в области и в виде рожиц, парков и скверов доходили до центра, безжалостно сокращаются застройкой Подмосковья. Естественная вентиляция города нарушена, его «легкие» забиты пылью с предельно допустимой концентрацией вредных веществ. В других городах ситуация, может быть, и лучше, но и там строительный бум неуклонно сокращает площади газонов и скверов. Раз не удается сохранить то, что есть, надо использовать под озеленение каждый удобный клочок — на земле и даже на крыше.

В городах, где яркие цвета встречаются только на рекламных щитах, зеленые газоны и нарядные цветники на любом уровне — у тротуара, на террасах и кровлях — украшают и радуют глаз. Растения приносят пользу не только физическому здоровью, они оказывают положительное эстетическое и психологическое воздействие, создавая хорошее настроение.

Важный фактор воздействия созерцания зеленых массивов — деревья, лугов и газонов — на человеческий мозг выявила и видеоэкология. Горожанин, находящийся в окружении регулярной застройки и однообразных фасадов, зачастую испытывает множество неприятных ощущений: головную боль, утомление, депрессию. Особенно в такой среде страдают дети. Спасти от стрессов и недомоганий может природный ландшафт.

Другой довод в защиту идеи устройства зеленых кровель — создание оптимального влажностного и температурного режима. Во время дождя зеленые кровли акку-

мулируют влагу, а в засушливый период отдают ее, оздоравливая микроклимат здания, а значит, и всего города, сокращая амплитуду суточных и сезонных колебаний температуры. Летом слой почвы защищает кровлю от перегрева, зимой это дополнительная теплозащита. К тому же зеленая кровля служит хорошей шумоизоляцией от проникновения звуков как снаружи, так и изнутри.

С каждым годом количество площадей, которые можно озеленять, только увеличивается — это плоские крыши и террасы зданий любого назначения, покрытия подземных паркингов и служебных строений, откосы эстакад.

Многие архитекторы рассматривают зеленую кровлю как эффективный и эффективный прием создания выразительной объемно-пространственной композиции. Например, в крытом конькобежном центре в Крылатском инженерно-технические службы, мастерские и другие служебные помещения размещены в озелененном откосе, который охватывает ККЦ полукольцом. Другой спортивный объект, Теннисный центр в Кунцево, имеет помимо закрытых еще три открытых корта на кровле, а его бассейн, боулинг, спортзалы и ресторан расположены под покатым холмом — кровлей с травяным покрытием.

Озелененные террасы для коллективного пользования предусмотрены в нескольких домах в центре Москвы, в застройке Ходынского поля, в жилом комплексе в Кунцево.

В Подмосковье строится поселок, у которого подземные пути и подъезды к каждому дому располагаются под землей, под искусственными холмами, засеянными травой. Кроме того, в поселке будут построены клиф-хаусы — дома, встроены двумя стенами в склон, кото-

рый служит естественным продолжением рельефа. Их кровли тоже будут озеленять.

В средней полосе, где глубина промерзания грунта 1,4 — 1,6 м, создание на кровлях настоящих садов с кустарниками и древесными растениями достаточно проблематично: требуется эффективная теплоизоляция и глубокий, а значит тяжелый почвенный слой. Но устройство газонов и цветников с однолетниками достаточно просто: необходимы только надежная гидроизоляция и средства для ее защиты от прорастания корней.

В России единственным производителем материала для гидроизоляции зеленых кровель — **Техноэласт Грин** — является компания «ТехноНИКОЛЬ».

Техноэласт Грин создан по уникальной технологии и рецептуре. Это рулонное наплавляемое битумно-полимерное покрытие из прочной негниющей полиэфирной основы, покрытой с двух сторон полимерно-битумным вяжущим. Оно обладает высокой эластичностью, упругостью, стойкостью к воздействию низким и высоким температурам, не изменяет своих характеристик при воздействии грунтовых вод.

Исключительность нового материала заключается в сочетании механического и химического способов защиты зеленой кровли от прорастания корней растений. Механическую защиту кровли обеспечивает прочная полимерная пленка на верхней части материала, а химическую — специальная добавка, которая эффективно препятствует прорастанию корней через гидроизоляционный ковер, не причиняя вреда растениям.

Несовершенство технологий других фирм в том, что они предлагают для устройства зеленых кровель использовать два отдельных материала



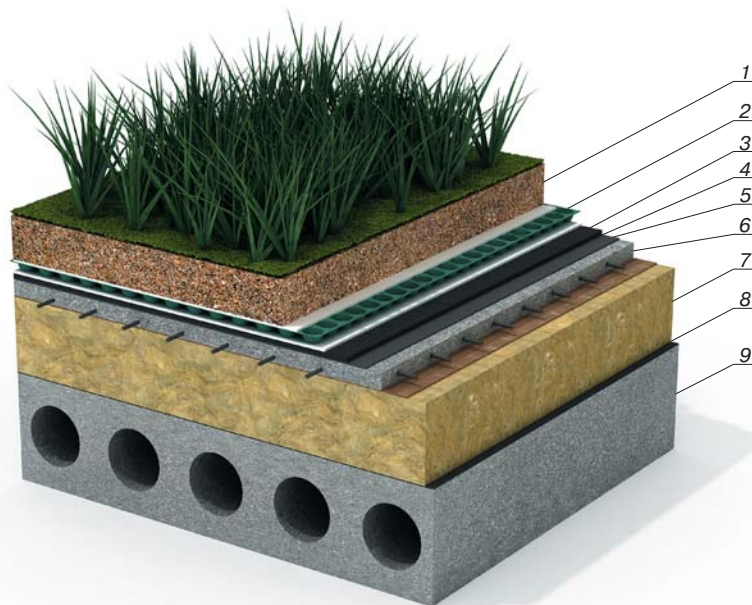


Рис. 1. Макет фрагмента зеленой кровли: 1 – грунт; 2 – геотекстиль – геодренажная сетка; 3 – **Техноэласт Грин**; 4 – нижний слой гидроизоляции (**Техноэласт ЭПП**); 5 – битумный праймер; 6 – армированная цементно-песчаная стяжка; 7 – утеплитель; 8 – пароизоляция; 9 – бетонное основание.

– гидроизоляцию и защиту от прорастания корней. В этом случае любая ошибка при монтаже, некачественно сделанные швы, смещения и недостаточные нахлесты приводят к повреждению гидроизоляционного ковра. Результат – протечки, устранить которые сложно и дорого, так как требуется менять кровельное покрытие по всей озеленяемой площади.

Техноэласт Грин благодаря объединению двух передовых технологий лишен этого недостатка и обладает высокой эффективностью, надежностью и долговечностью. Прогнозируемый срок службы материала составляет более 40 лет при условии правильной эксплуатации кровли, в то время как аналогичные материалы служат не более 15 – 20 лет.

Зеленые кровли выполняют как традиционным, так и инверсионным способом. Для создания уклонов на кровле применяют керамзитобетон, пенополистиролбетон и другие легкие бетоны. Поверх разуклонки устраивают армированную стяжку из цементно-песчаной смеси М150, грунтovanную битумным праймером.

Кровельный ковер выполняют из двух слоев гидроизоляционно-

го материала. Для нижнего слоя применяют **Техноэласт ЭПП** или **Техноэласт-Фикс**. Если в качестве основания используют железобетонные плиты или монолит, то нижний слой из материала **Техноэласт ЭПП** наплавляют при помощи газовой горелки (рис. 1). Если основание – профилированный стальной лист, то используют **Техноэласт-Фикс**, который крепится к основанию механическим способом при помощи саморезов. Для устройства верхнего гидроизоляционного слоя применяют корнестойкий материал **Техноэласт Грин**.

Для отвода лишней воды, попадающей в грунт при поливе или во время дождя, используют дренажную полимерную мембрану Planter. Хороший способ сохранения влаги, заимствованный у природы, – добавление в почву комочков глины. Они впитывают излишек влаги, а потом постепенно отдают ее растениям.

В инверсионной эксплуатируемой кровле слой теплоизоляции находится поверх гидроизолирующих слоев, выполняющих функцию защиты здания от попадания в него влаги. При использовании такого варианта кровельного пирога при-

меняют утеплитель, имеющий малый коэффициент водопоглощения, – экструзионный пенополистирол. Марку утеплителя выбирают исходя из действующих нагрузок. Дренажный слой для отвода излишней влаги устраивают по верхней поверхности теплоизоляционных плит. Для этого используют геодренажную композитную мембрану Polyfelt DN, представляющую собой пластиковую сетку, покрытую с обеих сторон геотекстилем. Композитная мембрана и иглопробивной геотекстиль, укладываемый под слой утеплителя, позволяют отвести влагу, поступившую внутрь конструкции. Допускается применять в качестве дренажа слой гранитного гравия толщиной не менее 50 мм, уложенный между двумя слоями иглопробивного геотекстиля. Перед укладкой цементно-песчаной стяжки поверхность композитной мембраны необходимо закрыть пергамином или рубероидом, образующим разделительный слой. Разделительный слой не позволяет композитной мембране забиться цементным молоком. Инверсионная система более надежна, так как имеет многослойную защиту от протечек.

Повышенное внимание следует уделять местам примыканий к вертикальным поверхностям. В этом случае кровельный ковер заводится на стенки на 15 – 20 см выше уровня газона.

Для создания почвенного слоя рекомендуется использовать специальный субстрат, который легче натурального грунта, хорошо впитывает влагу и содержит все необходимые растениям питательные вещества. Посадочный материал – однолетние и многолетние растения с мочковидными корнями.

Устройство зеленых кровель предоставляет возможность получения дополнительных площадей для обустройства рекреационных зон в условиях стесненной городской и пригородной застройки. В арсенале проектировщиков и строителей есть все для того, чтобы превратить наши города и поселки в цветущие сады.

По материалам компании «ТехноНИКОЛЬ»



Информация о торговых представителях в вашем регионе –

www.tn.ru

Техническая поддержка – (495) 105 10 20

E-mail: info@tn.ru

И.А. МЕХНЕЦОВ, руководитель отдела технической поддержки продаж
ООО «УРСА Евразия» (Санкт-Петербург)



Критерии выбора утеплителей для навесных вентилируемых фасадов

По роду профессиональной деятельности мне приходится достаточно часто проводить семинары и конференции в разных городах России. Одна из наиболее популярных и, безусловно, интересных тем таких встреч – навесные вентилируемые фасады. Конструкция хоть и известная, но по-прежнему во многом непонятная для значительной части производителей систем, проектировщиков, строителей и даже некоторых экспертов. К сожалению, выпущенные пособия, технические оценки и многие публикации не дают четких критериев по многим аспектам проектирования этих конструкций, а иногда грешат ничем не подтвержденными положениями.

Один из актуальных вопросов при конструировании стен с наружным утеплением и облицовкой на отnose – выбор марки утеплителя. На него и попробую дать ответ в предлагаемой вашему вниманию статье.

Необходимо отметить, что в статье речь идет только о теплотехнических и пожарно-технических качествах навесного фасада. Качество выполнения работ, безусловно, определяющее многие показатели конструкции, в данной статье не обсуждается и принимается хорошим.

Эффективность и долговечность любой строительной конструкции прежде всего определяется корректностью метода расчета и свойствами входящих в нее материалов. В общем случае методика теплотехнического расчета и принципы выбора теплоизоляционного материала должны учитывать архитектурно-строительные особенности здания, климатические воздействия и внешние нагрузки.

К архитектурно-строительным особенностям относятся такие факторы, как: форма и высота здания; остекленность – процент остекления и ширина простенков; форма утепляемой поверхности – плоская или криволинейная; качество утепляемой поверхности – отклонение от плоскостности, наличие выпуклостей или швов; степень огнестойкости здания, класс ответственности здания; влажностный режим помещения – сухой, нормальный, влажный, мокрый.

К климатическим воздействиям, учет которых необходим при выборе теплоизоляции, помимо расчетных температур относятся ветровые воздействия.

С внешними нагрузками на теплоизоляцию все просто – они сведены к минимуму. Внешних сил к утеплителю в условиях эксплуатации не приложено. Собственный вес отдельной плиты воспринимается механическим крепежом, например стержнями из стеклопластика с нейлоновым дюбелем. Количество точек крепления на одну плиту определяется проектом. В условиях эксплуатации и монтажа при обеспечении плотного контакта (прижатия) утеплитель подвергается сжатию, изгибу и кручению, обусловленными геометрией утепляемой поверхности.

Все перечисленные факторы и воздействия однозначно позволяют определить критерии выбора теплоизоляционного материала для навесного фасада. Выбор же конкретной марки теплоизоляции проводится по этим критериям на основе сравнительного анализа физико-механических свойств, предполагаемых к использованию материалов. Количественные показатели критериев нормировать (ограничивать) не имеет смысла, так как известно, что из материалов с самыми лучшими показателями свойств можно спроектировать плохую конструкцию. И наоборот, из редко применяемых в строительстве материалов, например глины или земли, можно построить даже дворец. Приоратскому дворцу в г. Гатчи-

не под Санкт-Петербургом, построенному архитектором Н.А. Львовым из этих материалов, уже более 200 лет.

Следует заметить, что физико-механические свойства утеплителей не стоит сводить к единственному показателю плотности, который широко рекомендуется и используется при проектировании. Хотя зависимость свойств волокнистых утеплителей от их плотности очевидна.

Современный уровень проектирования требует более взвешенного подхода ко всем без исключения свойствам теплоизоляции. В противном случае можно получить нежелательные эффекты при эксплуатации конструкции, о которых будет сказано ниже.

Для иллюстрации этих тезисов рассмотрим конкретные примеры.

Наиболее точный и полный на сегодняшний день теплотехнический расчет стен с облицовкой на отnose, разработанный в НИИ строительной физики доктором техн. наук Гагариным В.Г., канд. техн. наук Козловым В.В., состоит из следующих этапов.

1. Подбор толщины утеплителя для стены с облицовкой на отnose, достаточной для удовлетворения нормативным требованиям по сопротивлению теплопередаче.
2. Расчет влажностного режима конструкции и проверка влажности материалов на удовлетворение нормативным требованиям.
3. Уточнение характеристик материалов с учетом их средней влажности в расчетный период.
4. Расчет воздухообмена в воздушном зазоре.
5. Проверка достаточности количества удаляемой из воздушного зазора влаги в расчетный период.
6. Расчет требуемой величины сопротивления воздухопроницанию стены.
7. Проверка необходимости ветрозащиты.

Первый пункт теплотехнического расчета определяет и первый критерий для выбора теплоизоляции – коэффициент теплопроводности утеплителя в условиях эксплуатации. Для выбора утеплителя по этому критерию можно пользоваться информацией производителей, представленной в справочных изданиях. Кроме того, следует иметь в виду результаты исследований теплопроводных свойств различных теплоизоляционных материалов, обращающихся на рынке РФ.

И.Я. Киселевым (НИИСФ) получены полуэмпирические формулы, выражающие зависимость теплопроводности волокнистых теплоизоляционных материалов в сухом состоянии от их плотности [1]. Результаты расчетов по этим формулам представлены на рис. 1.

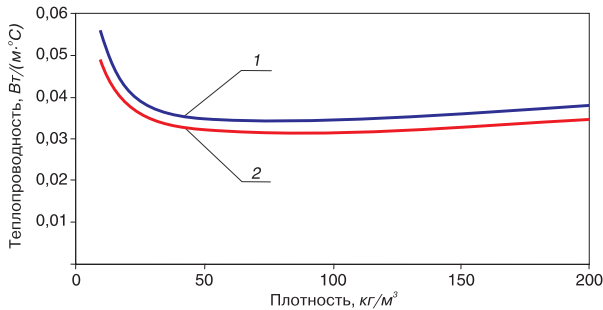


Рис. 1. Теплопроводность в сухом состоянии: 1 — минераловатных изделий, изготовленных из базальта или габбро-диабазы; 2 — стекловолокнистых изделий, изготовленных из плавящего кварцевого песка

От себя по этому поводу хочется отметить, что желание некоторых производителей теплоизоляционных материалов «выиграть» за счет приближения значений коэффициента теплопроводности в условиях эксплуатации к значениям теплопроводности в сухом состоянии вызывает удивление. Материалы одной природы у разных производителей (а иногда одни и те же) по рекламным данным имеют разные приращения коэффициента теплопроводности при одинаковом увлажнении. Интересно, за счет каких механизмов?

Расчет влажностного режима утепленной стены с облицовкой на основе представляет самую большую сложность и вызывает множество вопросов со стороны проектировщиков. Существует миф, что если фасад вентилируемый, то влажностный расчет производить не обязательно. При всех вариантах материалы стены будут оставаться сухими. Причиной появления этого мифа, видимо, следует считать, с одной стороны, вульгарное понимание сути конструкции вентилируемого фасада, с другой — отсутствие для такой конструкции в СНиП 23-02-2003 и других рекомендательных документах корректной методики расчета с учетом ряда факторов, например высоты здания и ширины вентилируемого зазора.

Влияние высоты здания на влажностное состояние материалов стены обусловлено явлениями инфильтрации и эксфильтрации — движения воздуха внутрь и из помещения наружу за счет разницы внутреннего и внешнего давлений соответственно. При достаточной ширине зазора и отсутствии эксфильтрации на нижних этажах здания влажность материалов стены не будет превышать допустимых значений. Для волокнистых утеплителей эта величина составляет 3–5%.

Для верхних этажей того же здания будет характерна эксфильтрация воздуха, возрастающая с увеличением высоты здания при прочих равных условиях согласно [2]. Состояние материалов на таких участках стен в холодный период года будет характеризоваться повышенной влажностью. Причем утеплитель может увлажняться значительно больше, чем допустимые расчетные значения. Влага, находящаяся в «холодных» слоях утеплителя, может не удаляться в восходящий поток воздуха в вентилируемом зазоре вследствие малой влагеомкости воздуха.

Максимальное увлажнение утеплителя может достигать значения величины водопоглощения. Избыточная влага будет вытекать из утеплителя, и этот эффект наблюдается на некоторых фасадах в виде сосулек, свисающих из-под облицовки на верхних этажах, и отсыревших стен внутри помещения.

Ширина вентилируемого зазора и наличие ветрозащитной мембраны на внешней поверхности утеплителя похожим образом влияют на влажностный режим утеплителя. На рис. 2 представлена зависимость влажности утеплителя в зоне максимального увлажнения от сопротивления паропрооницанию у его наружной поверхности

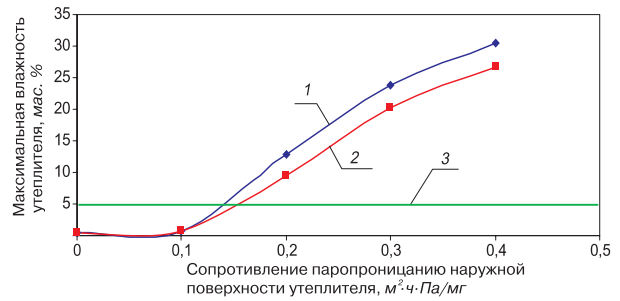


Рис. 2. Влажность утеплителя в зоне максимального увлажнения в зависимости от сопротивления паропрооницанию у наружной поверхности: 1 — ветрозащита типа А; 2 — ветрозащита типа В; 3 — допустимая степень увлажнения утеплителя

при двух вариантах отделки внутренней поверхности стены. Сопротивление паропрооницанию у наружной поверхности утеплителя обусловлено наличием сопротивления паропрооницанию ветрозащитной мембраны, а также эквивалентным сопротивлением паропрооницанию воздушного зазора, зависящим от его ширины и высоты.

В общем виде эквивалентное сопротивление паропрооницанию воздушного зазора обратно пропорционально его ширине. Чем уже зазор, тем выше его сопротивление, тем меньше влаги способен усвоить воздух, поднимающийся по зазору.

Как видно из графика на рис. 2, в рассматриваемом примере утеплитель может увлажняться (без учета увлажнения за счет эксфильтрации) значительно больше, чем допустимые расчетные значения, если суммарное сопротивление паропрооницанию воздушного зазора и мембраны будет превышать 0,15 м²·ч·Па/мг. Такое сопротивление будет создаваться при ширине воздушного зазора менее 25 мм и ветрозащите Tyvek®. При уменьшении ширины зазора его эквивалентное сопротивление паропрооницанию значительно возрастает.

Рассмотренные случаи наталкивают на мысль, что необходим следующий эксплуатационный критерий для выбора теплоизоляции — водостойкость. Однако следует признать такой критерий излишним, так как увлажнение утеплителя выше значений в 3–5% недопустимо по соображениям снижения эффективности теплоизоляции. Более существенное значение имеет другой показатель — паропрооницаемость утеплителя. В случае установки двух слоев утеплителя, когда внешний слой имеет меньшую паропрооницаемость, чем внутренний, условия запредельного увлажнения наружного слоя могут наступить даже при нормальных значениях ширины зазора и сопротивления воздухопроницанию несущего слоя стены. Поэтому следующий критерий, определяемый методикой теплотехнического расчета и архитектурно-строительными факторами, — паропрооницаемость утеплителя.

После выполнения расчетов по определению сопротивления теплопередаче и влажностному состоянию материалов стены в соответствии с п. 3 методики производится уточнение показателей свойств выбранных материалов по указанным критериям. Таким образом, на этом этапе определяются не только толщины слоев, но и необходимые значения показателей свойств теплоизоляции.

Далее предполагаются этапы расчета, призванные определить достаточность принятой ширины воздушного зазора для эффективного удаления влаги в холодный период года. Иными словами, способность воздуха, поднимающегося по зазору в определенном количестве и при принятых для расчетного периода кондициях, — поглощать рассчитанное количество влаги, поступающей из помещения за счет паропрооницаемости и воздухопроницаемости материалов стены. По существу это проверочные этапы, выполнение которых не привнесит новых критериальных параметров.

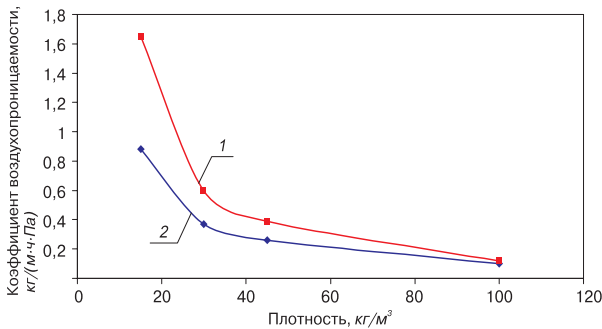


Рис. 3. Коэффициент воздухопроницаемости утеплителя в зависимости от плотности: 1 – вдоль волокон; 2 – поперек волокон

Шестой пункт методики предусматривает определение параметров воздухопроницаемости стены при инфильтрации и продольной фильтрации. С точки зрения инфильтрации теплоизоляционный слой из волокнистых утеплителей не играет существенной роли, так как его воздухопроницаемость при толщине до 200 мм много больше воздухопроницаемости основания вентилируемого фасада. Этот факт нашел свое отражение еще в СНиП II-3-79*, и, принимая справедливость данного положения, подробно на этом процессе останавливаться не имеет смысла.

Другое дело – продольная фильтрация. Это явление вызвано перепадом давления, возникающим при движении воздуха вдоль или под углом к плоскости фасада. Расчеты продольной фильтрации воздуха в ограждающих конструкциях и ее влияния на теплозащитные свойства конструкций ранее не проводилось. К.Ф. Фокин отмечал, что хотя методы таких расчетов не разработаны, учитывать продольную фильтрацию следует строительными мероприятиями [2], то есть минимизировать за счет конструктивных решений.

И в этом случае налицо связь архитектурно-строительных особенностей здания, конструкции фасада, а также климатических параметров со свойствами теплоизоляционных материалов. Подробно эти явления рассмотрены в [3]. В этой статье хочется отметить главное. Физическое явление существует. Величины теплопотерь за счет продольной фильтрации могут быть незначительными, в пределах 1–2% при низкой воздухопроницаемости облицовки, например из металлического сайдинга или большеформатных плит. Этих же значений, независимо от воздухопроницаемости облицовки, теплопотери могут достигать при использовании ветрозащитных мембран. Особенно эффективно использование ветрозащиты в узлах примыкания слоя теплоизоляции к оконному проему и на углах здания.

В случае высокой воздухопроницаемости облицовки, например из мелкоформатных плит с открытыми швами, теплопотери могут достигать значений в 15–20% и более на угловых участках стен и простенках. Еще больших значений – до 30–50% теплопотери могут достигать при неплотном сопряжении утеплителя с утепляемой поверхностью, то есть при наличии замкнутых или сквозных щелей. Особенно важен учет этих явлений для ветровых районов V–VII и для зданий, имеющих отапливаемые помещения на высоте более 75 м от уровня земли в любом ветровом районе.

Для учета теплопотерь за счет продольной фильтрации необходимы следующие три критерия – воздухопроницаемость, сжимаемость и упругость (восстанавливаемость или возвратимость) утеплителя.

На рис. 3 представлена публикуемая впервые зависимость коэффициента воздухопроницаемости утеплителей URSA от плотности. Очевидно, что теплопотери за счет продольной фильтрации зависят как от плотности, так и от структуры утеплителя. К сожалению, систематизированных данных по воздухопроницаемости утеплите-

лей других производителей в распоряжении автора не имеется. Информация из разрозненных источников позволяет предположить, что в принципе утеплители с большей плотностью имеют меньшие коэффициенты воздухопроницаемости, а при одинаковой плотности изделий из каменной ваты и стекловолна у последних воздухопроницаемость несколько ниже.

В то же время в соответствии с седьмым пунктом методики суммарная воздухопроницаемость слоя утеплителя с высоким коэффициентом воздухопроницаемости и ветрозащитной мембраны может быть значительно меньше, чем у утеплителя с низким коэффициентом воздухопроницаемости. Такой способ регулирования воздухопроницаемости сродни установке слоя с дополнительным сопротивлением паропроницанию – пароизоляции при расчете влажностного режима конструкций.

С этих позиций рекомендуемая конструкция двухслойного утепления, когда наружный слой выполнен из плотных волокнистых утеплителей и, следовательно, имеет меньший коэффициент воздухопроницаемости, а внутренний – из легких утеплителей, по мнению автора, порочна по двум причинам. Во-первых, наличие внешнего плотного слоя не снижает теплопотери за счет продольной фильтрации. Во-вторых, многочисленные пожарные испытания по определению класса пожарной опасности конструкций навесных фасадов показывают, что использование менее воздухопроницаемых слоев утеплителя во внешнем слое теплоизоляции при двухслойном утеплении приводит к затрудненному газовыделению из внутренних слоев с высокой воздухопроницаемостью при нагреве последних выше температуры начала разложения фенолформальдегидного связующего, содержащегося во всех современных волокнистых утеплителях. При большой толщине внутреннего слоя теплоизоляции это приводит к повышенному задымлению при пожаре и опасности возникновения процессов тления.

Справедливо так же и то, что наличие ветрозащитной мембраны, безусловно, способствует распространению огня не только вверх по фасаду, но и в стороны и вниз.

Сжимаемость и упругость утеплителя определяет качество его сопряжения с поверхностью стены. С учетом расчетов, выполненных в [3], критерии сжимаемости и упругости представляются наиболее значимыми, особенно для несущих частей стены, выполненных из кирпича и блоков, а также мест сопряжений с различными конструктивными элементами, например кронштейнами. При применении жестких утеплителей с низкой упругостью (низкой возвратимостью) наличие швов, уступов, выпуклостей может стать критическим. Отношение теплопотерь за счет продольной фильтрации к суммарным теплопотерям вследствие других процессов может превзойти разумные пределы.

Немаловажное значение с точки зрения сохранения теплозащитных свойств во времени имеет способность утеплителя сохранять стабильные геометрические размеры и форму. Эти свойства теплоизоляционных материалов являются очередным критерием при выборе материала. К сожалению, методов расчета снижения сопротивления теплопередаче за счет раскрытия стыков отдельных фрагментов не разработано. Однако в первом приближении каждый раскрытый стык можно считать неутепленным участком стены. При расположении утеплителя в два слоя с разбежкой стыков снижение теплозащитных свойств менее весомо. В любом случае критерий формостабильности следует признать крайне важным.

Криволинейные в плане поверхности наружных стен или их участков, переходы поверхностей по образующей, пиллястры и эркеры сложной формы современных зданий определяют механические критерии – прочность при растяжении, прочность при сжатии, гибкость утеплителя.

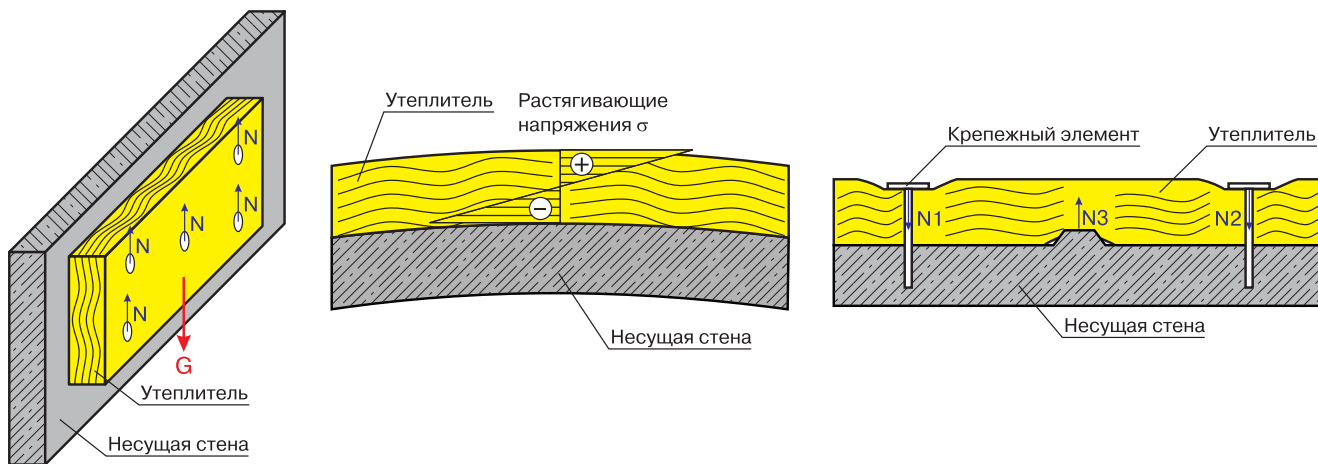


Рис. 4. Усилия в утеплителе

Прочностные критерии определяются исходя из следующих положений. В точке крепления утеплителя возникают растягивающие усилия от собственного веса теплоизоляционного слоя, действующие в плоскости плиты и сжимающие усилия от крепежа, направленные перпендикулярно плоскости плиты (рис. 4). Величина растягивающего усилия зависит от плотности утеплителя, толщины слоя и количества точек закрепления на 1 м². Она не должна превышать прочности материала при растяжении. Для утеплителей из стекловолна, имеющих слоистую структуру, это прочность при растяжении поперек волокон. Для утеплителей из каменной ваты, не имеющих слоистой структуры, прочности при растяжении вдоль и поперек волокон примерно равны.

Сжимающие усилия приводят к деформации утеплителя. Утеплители с высокой сжимаемостью легко деформируются, и говорить о величине их прочности при сжатии не приходится. В жестких утеплителях величина сжимающих усилий не должна превышать их прочности при сдвиге. Прочность при сдвиге в данном случае можно уравнивать с прочностью при сжатии, традиционно определяемой для жестких утеплителей.

Усилия от изгибающих и крутящих моментов, возникающие при эксплуатации, определяются исключительно при проектировании и зависят от геометрических характеристик утепляемой поверхности и способа крепления теплоизоляции. Они также не должны превышать прочность утеплителя при растяжении. Для утеплителей из стекловолна это прочность при растяжении вдоль волокон. Кроме того, в утеплителях, имеющих высокую гибкость, не возникает значительных растягивающих напряжений, и по этой причине они выпускаются в рулонах.

Итак, подведем итоги. Разработанная под руководством Гагарина В.Г. в НИИСФ методика теплотехнического расчета наиболее полно отражает все особенности работы конструкций стен с наружным утеплением и облицовкой на основе — нестационарный характер теплового режима наружных стен, архитектурно-строительные факторы и климатические воздействия. Методика позволяет определить критерии выбора теплоизоляционных

материалов и конструкций теплоизоляционных слоев. Теплоизоляционные материалы целесообразно подбирать по следующим критериям (показателям свойств):

- теплопроводность в условиях эксплуатации;
- паропроницаемость;
- воздухопроницаемость;
- сжимаемость;
- упругость (возвратимость);
- прочность при растяжении и сжатии;
- гибкость;
- стабильность формы и размеров в условиях эксплуатации.

Нормировать приведенные критерии с точки зрения теплотехники не имеет смысла, так как при известных методах оценки влияния любого критерия в конечном счете все определяет экономическая целесообразность принятой конструкции теплоизоляционного слоя.

С точки зрения пожарно-технических характеристик все определяет эксперимент. Поэтому и здесь нормирование свойств теплоизоляционных материалов представляется излишним.

И в том и в другом случае исходя из целей проектирования имеет смысл рекомендовать наиболее рациональные конструкции.

Что касается методов теплотехнического расчета, безусловно, на основе методики НИИ Строительной физики стоит выпустить национальный стандарт.

Список литературы

1. Киселев И.Я. Теплопроводность эффективных теплоизоляционных строительных материалов и изделий // Academia. Архитектура и строительство. 2004. № 4. С. 36–41
2. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. Изд. 4-е. М.: Стройиздат. 1973
3. Гагарин В.Г., Козлов В.В., Садчиков А.В., Мехнецов И.А. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях // Вентиляция, отопление, кондиционирование воздуха, теплоснабжение и строительная теплофизика (АВОК). 2005. №8. С. 60



ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОФИС
 ООО «УРСА Евразия»
 В САНКТ-ПЕТЕРБУРГЕ:
 тел. (812) 324-44-88,
 факс (812) 324-44-89,
 e-mail: ursa-russia@uralita.com

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО
 ООО «УРСА Евразия»
 В МОСКВЕ:
 тел. (495) 781-25-26,
 e-mail: moscow@uralita.com

www.ursa.ru



Теплоизоляция ISOVER в навесных вентилируемых фасадах



Б.М. ШОЙХЕТ, канд. техн. наук, зам. директора по техническому развитию компании «Сен-Гобен Изовер»,
В.Ф. КАСЬЯНОВ, доктор техн. наук, зав. кафедрой ТЗ МГСУ,
А.С. БАГИН, руководитель проектной группы
ООО «Компания РВМ-2000» (Москва)

Эффективным способом повышения тепловой защиты зданий является их дополнительное наружное утепление. Необходимый уровень теплозащиты определяется требованиями СНиП 23-02–2003. В современной практике наружного утепления стен широкое применение получили навесные вентилируемые фасады (НВФ), применяемые в новом строительстве и при реконструкции старых зданий. Навесной вентилируемый фасад включает металлическую подконструкцию, теплоизоляционный слой, ветрозащитный слой и облицовочное покрытие.

Металлическая подконструкция состоит из кронштейнов, которые крепятся непосредственно к стене, и несущих профилей, устанавливаемых на кронштейны, к которым при помощи крепежных элементов прикрепляются защитно-декоративные покрытия.

В качестве теплозащиты применяются теплоизоляционные материалы из стеклянного штапельного волокна и минеральной ваты.

В качестве ветрозащитного слоя применяются паропроницаемые пленки, стеклоткани и другие воздухонепроницаемые материалы.

В качестве облицовочного покрытия применяются металлические и виниловый сайдинг, панели из профилированных металлических листов, фасадные плиты из натурального и искусственного камня, композитные панели.

Вентилируемый воздушный зазор располагается между наружным облицовочным покрытием и теплоизоляционным слоем.

Представленные на российском рынке конструктивные системы данного типа отличаются применя-

емыми подоблицовочными конструкциями (кронштейнами или монтажными консолями, несущими профилями); материалами и геометрическими формами элементов облицовочного покрытия и способами их крепления; теплоизоляционными материалами и способами их крепления; наличием или отсутствием ветро-, влагозащитной мембраны; крепежными элементами.

К преимуществам навесных вентилируемых фасадов относят:

- наличие защитного покрытия из листовых или плитных материалов, которое предохраняет утеплитель от механических повреждений, атмосферных осадков, **воздействия ветра** и улучшает внешний вид здания;
- наличие вентилируемого зазора, который исключает накопление влаги и улучшает температурно-влажностный режим эксплуатации ограждающих конструкций.

Физико-технические свойства используемых теплоизоляционных материалов оказывают определяющее влияние на теплотехническую эффективность и эксплуатационную надежность конструкций и в значительной степени определяют сравнительную технико-экономическую эффективность различных вариантов утепления зданий.

Основными направлениями повышения качества волокнистых теплоизоляционных материалов является снижение их теплопроводности и объемной массы, улучшение деформативных характеристик и повышение формостабильности, снижение пожароопасности и повышение водостойкости.

Теплотехническая эффективность теплоизоляционных материа-

лов в условиях эксплуатации при утеплении зданий в значительной степени зависит от конструктивных особенностей системы утепления и интенсивности воздействия эксплуатационных факторов.

В соответствии с требованиями СП 23-102 «Проектирование тепловой защиты зданий» к применению в НВФ рекомендуются волокнистые теплоизоляционные материалы плотностью не менее 80–90 кг/м³. Однако с учетом современных тенденций в производстве и применении волокнистых теплоизоляционных материалов более обоснованным как с технической, так и с экономической точки зрения является применение в НВФ современных эффективных теплоизоляционных материалов плотностью 15–20 кг/м³ на основе стекловолокна. Данные материалы используются как в сочетании с волокнистыми материалами плотностью 60–80 кг/м³, обладающими ветрозащитными свойствами (двухслойный вариант), так и в однослойном варианте в сочетании с ветрозащитными мембранами.

Следует указать, что в конструкциях НВФ теплоизоляционный материал работает как **ненагруженная изоляция, где плотность теплоизоляционного материала не является определяющим параметром**, и применение в них мягких теплоизоляционных изделий, обладающих достаточной формостабильностью (рис.1), является технически обоснованным.

При равной плотности теплоизоляционные изделия из минеральной ваты и стекловолокна разных марок и производителей могут значительно отличаться по деформативным характеристикам и теплопроводности.

В качестве обоснования ограничений в применении теплоизоляционных материалов плотностью 15–20 кг/м³ в НВФ иногда указывается их воздухопроницаемость, которая по некоторым оценкам снижает термическое сопротивление конструкции НВФ под воздействием ветра. Однако анализ физических закономерностей процесса и результаты экспериментальных исследований, проведенных на натуральных фрагментах конструкции, показывают, что при наличии облицовочного покрытия и ветрозащитной мембраны воздействие ветра не снижает теплотехнической эффективности НВФ [1, 2]. В работе [1] проведено экспериментальное исследование влияния ветра на теплозащитные свойства стен с навесным вентилируемым фасадом. Результаты исследования конструкций с теплоизоляционным слоем из стекловатных плит плотностью 13 кг/м³ и минераловатных плит плотностью 23 кг/м³ показали отсутствие влияния скорости ветра на термическое сопротивление конструкции.

Примером эффективного применения мягких волокнистых теплоизоляционных материалов в навесных вентилируемых фасадах является система «Марморок», разработанная и применяемая в Швеции более 30 лет. Большой опыт в производстве, проектировании и применении вентилируемой фасадной системы «Марморок» имеет «Компания РВМ-2000», которая успешно использует ее на протяжении последних 10 лет в России.

Система «Марморок», первой получившая Техническое свидетельство № ТС-07-0721-03/3 Госстроя России (сейчас Росстроя России), прошла серию комплексных лабораторных, а впоследствии и натуральных испытаний, теоретических обоснований и расчетов. За десятилетний период в различных регионах РФ построено более 150 объектов с НВФ системы «Марморок» общей площадью более 500 тыс. м². Схема конструкции приведена на рис. 2.

Принципиальной отличительной особенностью конструкции



Рис. 1. Теплоизоляционная плита из стеклянного штапельного волокна марки ISOVER KL 34

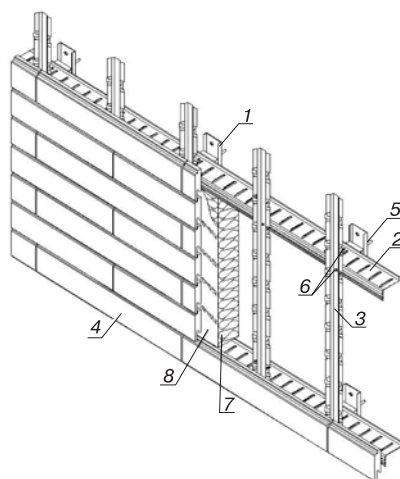


Рис. 2. Схема конструкции навесной вентилируемой фасадной системы «Марморок»: 1 – консоль; 2 – горизонтальный профиль; 3 – вертикальный профиль; 4 – плита «Марморок» (тип «РВМ»); 5 – дюбель; 6 – саморез; 7 – штапельное стекловолокно ISOVER KL 37; 8 – ветро- и гидрозащитная мембрана типа Tyvek®

«Марморок» от других систем НВФ является отсутствие механического (анкерного) крепления утеплителя к теплоизолируемой стене. Утеплитель закладывается в ячейки, образованные горизонтальными металлическими термопрофилями, которые устанавливаются с шагом 600 мм по вертикали и опираются на стальные кронштейны, крепящиеся к стене дюбель-анкерами с распорными полимерными втулками. Снаружи теплоизоляционные плиты прижимаются к стене вертикальными металлическими профилями, устанавливаемыми с шагом 300 мм по горизонтали и закрепляемыми к горизонтальным профилям с помощью самонарезающих винтов. На вертикальные профили навешиваются плиты облицовочного покрытия.

Отказ от применения тарельчатых дюбелей для закрепления теплоизоляционного слоя в целом является положительным фактором, так как снижается трудоемкость работ, уменьшается количество теплопроводных включений, уменьшается количество отверстий в стене.

В этой конструкции мягкие теплоизоляционные плиты устанавливаются с монтажным уплотнением по вертикали, горизонтали и по толщине (3–5%), что обеспечивает равномерное (без пустот) заполнение изолируемого пространства и соответственно сплошность и формостабильность теплоизоляционного слоя в процессе эксплуатации конструкции. При необходимости в этой системе может быть предусмотрено дополнительное крепление утеплителя тарельчатыми дюбелями.

Специализированными организациями ЦНИИПСК им. Мель-

никова, ЦНИИЭПжилища, Испытательным центром «Эксперт-Корр-МИСиС», а также ООО «Компания РВМ-2000» проведены комплексные испытания и расчеты по определению теплотехнической эффективности и эксплуатационной надежности НВФ системы «Марморок». Исследования и расчеты, выполненные институтами НИИСФ и ЦНИИЭПжилища, показали, что коэффициент теплотехнической однородности системы НВФ «Марморок» для глухой стены имеет значение не менее 0,94. Определены прочностные характеристики несущих элементов системы с учетом нагрузок от собственного веса конструкции, веса облицовочных материалов и утеплителя, а также динамических факторов, вызванных ветровыми нагрузками, температурными и сейсмическими воздействиями. Проведены исследования по коррозионной стойкости металлических деталей конструкции. Полученные результаты удовлетворяют современным требованиям, действующим на территории РФ, в части устройства навесных вентилируемых фасадных систем.

Подоблицовочная конструкция системы обеспечивает возможность выравнивания геометрических дефектов изолируемой стены и необходимую плоскостность фасада по окончании монтажа (рис. 3). Это достигается за счет смещения горизонтальных профилей на неподвижно закрепленных к стене монтажных консолях. Применение мягких теплоизоляционных плит ISOVER за счет их достаточной сжимаемости и упругости обеспечивает в этом случае необходимую сплошность теплоизоляционного слоя.

В качестве теплоизоляционного слоя в системе «Марморок» используются теплоизоляционные плиты марок ISOVER KL 34, ISOVER KL 35 и ISOVER KL 37 номинальной плотностью 19, 17 и 15 кг/м³ соответственно. Технические характеристики этих изделий приведены в табл. 1.



Рис. 3. Теплоизоляционные плиты ISOVER KL 37 в конструкции навесной вентилируемой фасадной системы «Марморок»

Таблица 1

Наименование показателя	Марка материала ISOVER			НД на метод контроля
	плита KL 34	плита KL 35	плита KL 37	
Теплопроводность при 10°C, Вт/(м·К), не более	0,034	0,035	0,037	ГОСТ 7076-99
Теплопроводность при 25°C, Вт/(м·К), не более	0,037	0,038	0,040	ГОСТ 7076-99
Расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К), не более:				
- условия А	0,039	0,040	0,042	СП 23-101-2004
- условия Б	0,041	0,042	0,044	
Возвратимость после снятия сжимающей нагрузки, %, не менее	98	98	98	ГОСТ 17177-94
Водопоглощение при частичном погружении, мас. %, не более	15	15	15	ГОСТ 17177-94
Группа горючести	НГ	НГ	НГ	ГОСТ 30244-94

Мягкие плиты ISOVER KL изготавливаются из стеклянного штапельного волокна диаметром 3–5 мкм и длиной 50–150 мм оптимального химического состава. Плиты характеризуются высокими теплофизическими и деформативными свойствами, что определяет их эксплуатационную надежность и долговечность.

Плиты ISOVER марок KL 37, KL 35, KL 34 относятся к группе негорючих (НГ) материалов при испытаниях по ГОСТ 30244–94. Материалы характеризуются низкими значениями коэффициента теплопроводности и стабильностью этого показателя в процессе эксплуатации:

$\lambda_{10} = 0,034 - 0,040$ Вт/(м·К);

$\lambda_A = 0,039 - 0,045$ Вт/(м·К);

$\lambda_B = 0,041 - 0,047$ Вт/(м·К).

Возвратимость мягких теплоизоляционных плит ISOVER после снятия сжимающей нагрузки со-

ставляет не менее 98% при испытаниях по ГОСТ 17177-94, что обеспечивает им высокую формостабильность в процессе монтажа и эксплуатации.

Преимуществом теплоизоляционных материалов ISOVER, используемых в этих конструкциях, является их низкая плотность при высокой упругости и формостабильности, обеспечивающая сплошность теплоизоляционного слоя и минимальные нагрузки на несущие конструкции.

Следует отметить, что требуемая теплотехническая эффективность конструкции достигается при правильном конструктивном исполнении и качественном выполнении работ по монтажу тепловой изоляции.

При проектировании конструкции важным является обоснованный выбор количества, размеров и расположения вентиляционных проемов

(отверстий, продухов), обеспечивающих воздухообмен вентзазора с наружным воздухом и исключающих увеличение влажности воздуха в вентзазоре до критического значения, при котором может происходить выпадение конденсата.


Особое внимание при монтаже обращается на обеспечение сплошности теплоизоляционного слоя и надежное закрепление ветрозащитной паропроницаемой мембраны, исключающее ее отрыв и возможное перекрытие вентиляционного зазора в процессе эксплуатации здания.

По пожарно-техническим характеристикам система «Марморок» с теплоизоляционным слоем из плит ISOVER KL 34, ISOVER KL 35 и ISOVER KL 37 допускается для утепления зданий всех степеней огнестойкости по СНиП 21-01–97.

При существующей высокой потребности в теплоизоляционных материалах десятилетний опыт компании «РВМ-2000» на российском рынке фасадных систем показал высокую техническую и экономическую эффективность мягких волокнистых теплоизоляционных материалов из стеклянного штапельного волокна ISOVER в конструкциях навесных вентилируемых фасадов.

Список литературы

1. *Asta Nicolajsen*. Ventilret ydervæg. Vindens indflydelse på varmetabet. Byggeriets Udviklingsred. Kopenhagen. 1989.
2. *Шойхет Б.М.* К вопросу о теплотехнической эффективности навесных вентилируемых фасадов // Сборник докладов «Развитие теории и технологии в области теплоизоляционных и отделочных материалов». Москва. 2006.



МИРОВОЙ СТАНДАРТ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ

123022, **Москва**,
2-я Звенигородская ул., 13, корп. 15
Тел.: (495) 775-15-10 (многокан.)
Факс: (495) 332-15-11

197101, **Санкт-Петербург**,
ул. Чапаева, 15
Тел.: (812) 332-56-60
Факс: (812) 332-56-61

www.isover.ru


344010, **Ростов-на-Дону**,
пр. Семашко, 114, офис 305
Тел.: (863) 250-00-55, 250-00-28

603005, **Нижний Новгород**,
ул. Ошарская, 18/1, офис 26
Тел.: (8312) 61-94-65, 43-00-34

620026, **Екатеринбург**,
ул. Куйбышева, 44 (ЦИМТ), офис 315
Тел./факс: (343) 359-61-59

630132, **Новосибирск**,
ул. Нарымская, 27
Тел.: (383) 335-07-12, 333-07-13

Производство:
140300, Московская обл.,
Егорьевск, ул. Смычка, 60



Высококачественный крепеж EJOT® для скатной и плоской крыши



Компания EJOT HOLDING GmbH & Co. KG занимается производством и продажей крепежной техники. Компания берет свое начало от фирмы Адольфа Бёля, специализировавшейся на производстве шурупов и гвоздей в Южной Вестфалии (Германия). Со временем расширение и диверсификация бизнеса превратили небольшую компанию по производству шурупов в мощную бизнес-структуру, включающую 20 торговых и производственных предприятий и насчитывающую около 1900 сотрудников. В настоящее время компания EJOT занимает лидирующие позиции на европейском рынке крепежных технологий и производит крепеж различного назначения: для устройства кровли, систем теплоизоляции и фасадов и др. Компания является членом Всемирного союза производителей крепежной техники.

Современное строительство в России характеризуется увеличением темпов возведения объектов: быстрыми темпами строятся новые жилые дома, торговые и бизнес-центры, коттеджные поселки. Этому способствует появление новых строительных технологий и материалов, обеспечивающих высокое качество и долговечность.

Важной деталью каждого объекта является конструкция крыши и, конечно, кровельный материал, который обеспечивает основную функцию — защиту от воды.

В последние годы стали активно применяться ПВХ-материалы для устройства гидроизоляции и кровли, которые характеризуются высокой долговечностью, гибкостью на холоде, эластичностью, хорошими противопожарными свойствами и др. ПВХ-мембраны используются в основном в конструкциях плоских крыш. В малоэтажном строительстве широко используется металлочерепица.

Долговечность кровли зависит от многих факторов, в том числе от способа крепления и используемого вида крепежа.

В зависимости от материала основания кровли ПВХ-мембрану вместе с теплоизоляцией можно крепить специальным тарельчатым дюбелем в случае крепления к бетонному основанию или саморезом с телескопическим пластиковым элементом в случае крепления к профилированному металлическому листу. На скатную крышу металлочерепица крепится с помощью окрашенных саморезов или саморезов с пластиковым колпачком.

Фирма ООО «ЭЙОТ ВОСТОК» — дочерняя компания немецкой фирмы EJOT HOLDING GmbH & Co. KG поставяет на российский рынок высококачественный крепеж для любых типов кровель.

Для крепления металлочерепицы, профилированных листов к металлической, деревянной обрешетке предназначены самонарезающие самосверлящие винты.

EJOT® SAPHIR серии JT2 из закаленной стали, оцинкованные гальваническим способом с покрытием толщиной не менее 10 мкм. Качество стали и покрытия позволяют использовать один и тот же винт без предварительного сверления до 11 раз. При проведении коррозионных испытаний в солевом растворе винты EJOT® SAPHIR JT2 выдерживают 6 ч до появления коррозии цинкового покрытия (белой ржавчины) и 96 ч до появления коррозии металла (красной ржавчины) при воздействии сернистым газом 1 Rd до образования коррозии железа (испытания по DIN 518:1997). Срок эксплуатации таких винтов может составлять около 25 лет. Винты комплектуются с EPDM-шайбой, что в совокупности с качеством самого винта обеспечивает предохранение металлической кровли от образования пятен ржавчины. Самонарезные самосверлящие винты EJOT® SAPHIR JT2 легко просверливают металлическую подконструкцию толщиной до 12 мм.

Для надежного крепления стальных и алюминиевых листов и профилей предназначены самосверлящие самонарезающие винты **EJOT® SAPHIR серии JT4** из нержавеющей стали, комплектующиеся при необходимости уплотнительными шайбами. Исключительной надежностью характеризуются винты **EJOT® SUPER SAPHIR серии JT3** из нержавеющей стали с наконечником

из закаленной стали. Срок эксплуатации таких винтов обычно составляет около 25 лет.

Для крепления ПВХ-мембраны и подкровельной теплоизоляции к профилированному стальному листу или деревянной подконструкции ООО «ЭЙОТ ВОСТОК» поставяет крепежные системы, состоящие из самосверлящего самонарезающего винта EJOT® Climadur Dabo® SW8R с металлическим держателем EJOT® HTV либо винта EJOT Climadur Dabo® TKR/ТКЕ с телескопическим пластиковым держателем EJOT® НТК (рис. 1).

EJOT® Climadur Dabo® SW8R и EJOT Climadur Dabo® TKR выполнены из закаленной стали с цинковым покрытием толщиной не менее 10 мкм и специальным дополнительным органическим покрытием CLIMADUR толщиной 10–15 мкм (рис. 2). Покрытие CLIMADUR придает винтам матовый оттенок. Специальное покрытие позволяет использовать винт в агрессивной среде.

При проведении испытаний в солевом растворе эти винты выдерживают 1000 ч до появления коррозии железа, а при воздействии сернистым газом 15 Rd — до появления коррозии железа. Толщина цинкового слоя и покрытия CLIMADUR составляют вместе до 25 мкм, что увеличивает полезный срок использования винтов до 50 лет. Это очень важно при креплении теплоизоля-

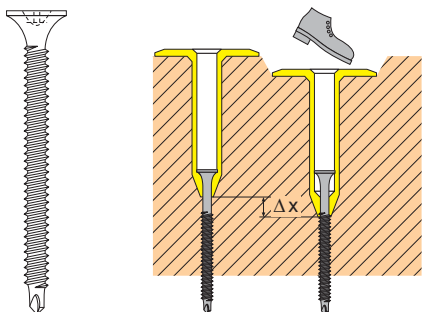


Рис. 1. Винт EJOT Climadur Dabo® TKR с телескопическим пластиковым держателем EJOT® НТК, который позволяет передвигаться мягкому кровельному пирогу

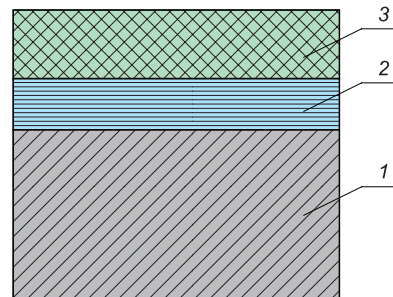


Рис. 2. Схема расположения слоев защитных покрытий винтов EJOT: 1 — стальной винт; 2 — защитное цинковое покрытие; 3 — специальное органическое покрытие CLIMADUR



Рис. 3. Установка EJOТ ECOset HTK применяется для крепления гидро-и теплоизоляции толщиной до 260 мм к основанию кровли

ции, так как в местах ее соприкосновения с металлом возникает химическая реакция, которая может привести к быстрой коррозии. Покрытие CLIMADUR надежно предохраняет винт от такого воздействия.

Пластиковый телескопический держатель изготавливается из высококачественного полиамида марки Ultramid B3L или Grilon A28, который стоек к любым погодным условиям. Держатель НТК эксплуатируется при температуре

–70 – +80°С, в течение нескольких минут выдерживает повышение температуры до 200°С.

Кроме того, держатель EJOТ НТК и EJOТ Climadur Dabo® TKR производятся на одном заводе EJOТ в Германии. Геометрия отверстия ножки держателя и диаметра винта тщательно вымеряется и контролируется. Если винт и держатель произведены на разных предприятиях, при завинчивании винт может разорвать нижнюю часть ножки держателя, а соответственно привести к нарушению системы, проникновению влаги и отрыву конструкции.

Для крепления кровли компания поставляет профессиональный инструмент EJOТ ECOset и EJOТ ECOset НТК для автоматизированной установки крепежной системы (рис. 3). Производительность инструмента высока благодаря размещению крепежных элементов в магазине. Телескопические регулируемые ручки обеспечивают удобство эксплуатации, так как он позволяет рабочим передвигаться по кровле не сгибаясь (рис. 4).

Производственная программа компании позволяет подбирать крепеж для любых технических задач, условий монтажа конструкций и их последующей эксплуатации.



Рис. 4. Высокая производительность работ с установкой EJOТ ECOset HTK обеспечивается эргономичностью оборудования

ООО «ЭЙОТ ВОСТОК» в 2006 г. получило новые технические свидетельства Росстроя РФ № ТС-07-1384–06 и № ТС-07-1383–06, куда включены новые типы тарельчатых и анкерных дюбелей.

ООО «ЭЙОТ ВОСТОК»
 Россия, 115516 Москва
 Ул. Промышленная д.11, оф. 5
 Тел./факс: (495) 737-46-42
 info@ejot.ton.ru
 www.ejot.ru

УДК 667.638.2

А.П. ПУСТОВГАР, канд. техн. наук, М.А. КОСТИКОВ, студент,
 Московский государственный строительный университет

Грунтовки на основе водных дисперсий полимеров

Применение новых материалов на российском строительном рынке в значительной мере расширило области применения грунтовок. В частности, при использовании сухих строительных смесей для штукатурных и облицовочных работ, при устройстве конструктивных и отделочных слоев полов в технологические карты включены операции по грунтованию оснований. Расширилась область применения грунтовок при производстве малярных и обойных работ. Грунтование поверхности является неотъемлемой частью при ремонте строительных конструкций зданий и сооружений.

В системе нормативной документации России в области строительства требования к грунтовкам и их применению регламентированы в ГОСТ 25129–82 «Грунтовка ГФ–021. Технические условия», ГОСТ 51693–2000 «Грунтовки антикоррозионные. Общие технические условия», СНиП 2.03.11–85 «Защита строительных конструкций от коррозии» и СНиП 3.04.01–87 «Изоляционные и отделочные покрытия». Требования ГОСТ 25129–82 и ГОСТ 51693–2000 распространяются на грунтовки, предназначенные для защиты от коррозии металлических и деревянных деталей, изделий и конструкций и повышения защитных и антикоррози-

онных свойств систем покрытий и обеспечения хорошей адгезии лакокрасочных составов к окрашиваемой поверхности. В СНиП 2.03.11–85 и СНиП 3.04.01–87 и пособиях к ним содержатся только общие рекомендации по применению грунтовок при производстве работ по устройству изоляционных, отделочных, защитных покрытий и полов зданий и сооружений. Ситуация во многом стандартная для отечественного нормативного обеспечения отрасли строительных материалов. Однако если для большинства строительных материалов недостаток отечественного нормативного обеспечения компенсируется наличием европейских норм, то для грунтовок в европейских странах за редким исключением сложилась ситуация, аналогичная российской.

Отсутствие нормативного обеспечения и унифицированных методов испытаний грунтовок приводит в ряде случаев к появлению в технической документации данных, способствующих неправильному определению области применения грунтовок и, как следствие, браку при производстве работ. Отсутствие классификации грунтовок по назначению создает иллюзию их универсальности. Предпосылки такого восприятия заложены отчасти и в действующих нормативных документах, на-

пример в пособии к СНиП 3.04.01–87 рекомендуется «в качестве грунтовок на водной основе применять дисперсию или латекс, разбавленный водой в соотношении 1:2–3». Без унифицированных методов испытаний невозможно сопоставить технические характеристики однотипных грунтовок, что в ряде случаев способствует введению в заблуждение потребителей.

Основное функциональное назначение грунтовки – обеспечение адгезии между покровным слоем и поверхностью основания. Дополнительными назначениями грунтовки являются снижение и/или выравнивание впитывающей способности основания, защита от коррозии и повышение защитных свойств покровного слоя. В качестве покровного слоя могут выступать штукатурка, шпаклевка, лакокрасочные материалы, строительные растворы для облицовочных работ и устройства полов. В качестве основания выступают строительные конструкции и элементы зданий и сооружений – стены, перегородки, стяжки полов, потолки, фасады и др. Как правило, свойства поверхности основания определяются видом материала и его техническим состоянием. В большинстве случаев различные сочетания применяемых покровных слоев и существующих типов оснований предполагают использование грунтовок с различными свойствами. Исходя из практики применения грунтовок производителями отделочных работ в России можно выделить следующие виды грунтовок:

- наносимые на выровненную поверхность первым слоем, обеспечивающие сцепление основного лакокрасочного покрытия с окрашиваемой поверхностью и дающие возможность получить чистую и ровную окраску;
- для предварительной обработки оснований, впитывающих влагу (штукатурок, стяжек, гипсокартонных листов, шпаклевок и др.) с целью улучшения адгезии и укрепления поверхности при окраске, приклеивании керамической плитки и др.;
- для подготовки очень гигроскопичных оснований с целью предотвращения неравномерного схватывания раствора при последующем проведении штукатурных работ;
- для создания разделительного защитного слоя и повышения адгезии между плохо совместимыми материалами, например гипс–цемент;
- для подготовки не впитывающих влагу гладких оснований из монолитного и сборного бетона под штукатурку;
- для выравнивания впитывающей способности и улучшения адгезии покровных материалов к разнородным основаниям с различной гигроскопичностью;
- для обработки кирпичных, оштукатуренных, бетонных, осыпающихся поверхностей, а также поверхностей, окрашенных известковыми и меловыми составами, с целью укрепления существующих

покровных слоев и их поверхности;

- для покрытия поверхностей с низкой адгезией к покровным слоям (оцинкованные металлы, алюминиевые поверхности, пластики, поверхности, загрязненные жирами, смолами, нефтепродуктами, красками на органической основе и др.);
- для покрытия поверхности бетона и арматуры при ремонте железобетонных конструкций и заделки стыков сборных железобетонных конструкций с целью создания равнопрочных соединений и защиты от коррозии.

Исходя из классификации грунтовок и их назначения были определены показатели, имеющие наибольшее значение для качества грунтовок различного назначения:

- массовая доля нелетучих веществ;
- условная вязкость;
- время высыхания;
- внешний вид пленки;
- прочность сцепления с основанием;
- эластичность пленки;
- глубина проникновения в основание;
- связующая способность;
- удельная связующая способность;
- впитывающая способность;
- адгезионный коэффициент;
- сопротивление паропроницанию.

Для выбранных показателей были использованы существующие и разработаны новые методы испытания и контроля качества грунтовок. По результатам исследований определены оптимальные значения выбранных показателей их качества в зависимости от назначения. На основе полученных данных были проведены сравнительные испытания коммерческих образцов грунтовок.

Для испытаний выбраны десять коммерческих продуктов, присутствующих на российском рынке, из них семь грунтовок отечественных и три грунтовки зарубежных производителей. Для получения данных о содержании полимера в исследуемых грунтовках были проведены испытания по определению массовой доли нелетучих веществ по следующей методике.

Навеску массой $(2,0 \pm 0,2)$ г помещали в сушильный шкаф и выдерживали при температуре $(105 \pm 2)^\circ\text{C}$. Первое взвешивание производили через 30 мин, последующие – через каждые 10 мин до постоянной массы.

Массовую долю нелетучих веществ определяли по формуле:

$$M_{н.в.} = M_2 / M_1 \cdot 100,$$

где $M_{н.в.}$ – массовая доля нелетучих веществ; M_1 – масса навески грунтовки до сушки; M_2 – масса навески грунтовки после сушки.

Результаты испытаний приведены на рис. 1, где грунтовки российских производителей обозначены как РГ, зарубежных производителей – ЗГ.

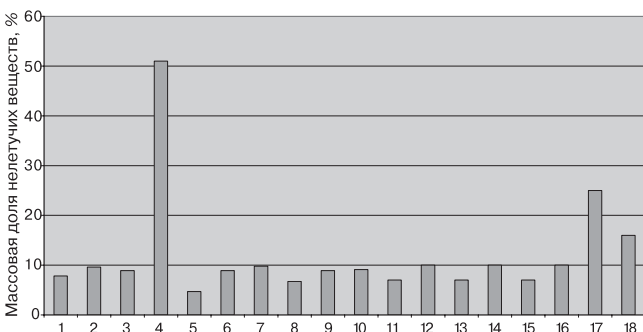


Рис. 1. Массовая доля нелетучих веществ: 1 – РГ 1; 2 – РГ 2; 3 – ЗГ 1; 4 – РГ 3; 5 – РГ 4; 6 – РГ 5; 7 – ЗГ 2; 8 – ЗГ 3; 9 – РГ 6; 10 – РГ 7; 11, 12 – грунтовка на основе Acronal D290; 13, 14 – грунтовка на основе Acronal A508; 15, 16 – грунтовка на основе Acronal S600; 17, 18 – грунтовка на основе дисперсии ПВА

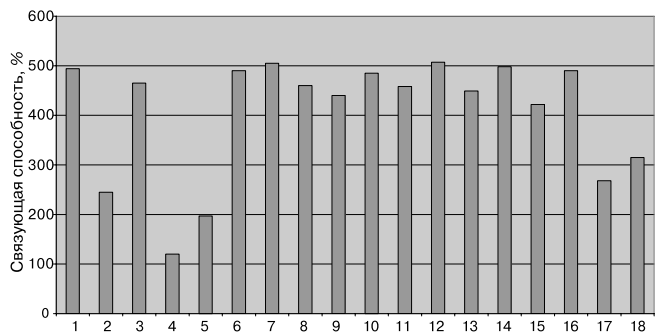


Рис. 2. Связующая способность грунтовок: 1 – РГ 1; 2 – РГ 2; 3 – ЗГ 1; 4 – РГ 3; 5 – РГ 4; 6 – РГ 5; 7 – ЗГ 2; 8 – ЗГ 3; 9 – РГ 6; 10 – РГ 7; 11, 12 – грунтовка на основе Acronal D290; 13, 14 – грунтовка на основе Acronal A508; 15, 16 – грунтовка на основе Acronal S600; 17, 18 – грунтовка на основе дисперсии ПВА

Согласно технической информации на упаковке исследуемые грунтовки являются аналогами и предназначены для обработки минеральных оснований штукатурок, стяжек, гипсокартонных листов, шпаклевок и др., для улучшения адгезии и укрепления поверхности при окраске, приклеивании керамической плитки и др.

Дополнительно были проведены испытания грунтовок на основе различных дисперсий Acronal производства компании BASF с различным содержанием полимера и две грунтовки на основе дисперсии гомополимера ПВА, изготовленные в соответствии с рекомендациями пособия к СНиП 3.04.01–87.

Массовая доля нелетучих веществ в большинстве коммерческих продуктов находится в пределах 7–9%, за рамки этих значений выходят показатели грунтовок РГ 5 – 4,7% и РГ 4 – 51%. При этом высокое содержание нелетучих веществ в РГ 4 обусловлено наличием минерального наполнителя. Исходя из результатов испытаний коммерческих образцов грунтовок массовая доля летучих веществ в грунтовках на основе дисперсий Acronal принята 7 и 10%. Содержание нелетучих веществ в грунтовках на основе дисперсии ПВА принято по рекомендации пособия к СНиП 3.04.01–87.

Как правило, после нанесения грунтовок на основание, особенно рыхлое и осыпающееся, происходит его укрепление и обеспыливание. Таким образом, грунтовка связывает материалы основания, повышая их упруго-пластичные свойства. Это свойство грунтовок называется связующей способностью. Однако связывать материалы основания можно только до известного предела, характеризующегося количеством несвязанных частиц основания. С учетом этого положения, за основной критерий оценки связующей способности грунтовок было принято количество кварцевого песка по ГОСТ 22551–77, связываемого известным объемом грунтовки (рис. 2).

Снижение и выравнивание впитывающей способности грунтованных оснований является важной задачей при подготовке оснований к оштукатуриванию и шпаклевке. Грунтовка, снижая гигроскопичность оснований, предотвращает быструю потерю воды из строительных растворов и способствует нормализации процессов твердения. При выравнивании впитывающей способности разнородных оснований предотвращается неравномерное схватывание и твердение строительных растворов. В качестве критерия определения впитывающей способности принимается количество воды, поглощаемой грунтованным основанием в единицу времени.

Допустимые значения впитывающей способности грунтованных поверхностей определяются, как правило, степенью модификации строительных растворов и толщиной наносимого слоя. В качестве примера приведена впитывающая способность грунтовок для оснований из мелкозернистого бетона класса В15 плотностью 2000 кг/м³ и ячеистого бетона плотностью 700 кг/м³ (рис. 3).

Повышение адгезии покровных слоев к поверхности основания является основным функциональным назначением грунтовок. Природа образования адгезионных связей достаточно сложна и объединяет различные концепции – механическую, химическую, адсорбционную, диффузионную, реологическую, электрическую, при этом невозможно отдать предпочтение какой-либо. Для упрощения оценки увеличения адгезии покровного слоя к грунтованному основанию целесообразно использовать адгезионный коэффициент грунтовки, определяемый как отношение прочности сцепления покровного материала и грунтованного основания к прочности сцепления покровного материала и незагрунтованного основания (рис. 4):

$$K_{A.Г.} = R_{cu}^z / R_{cu}^k,$$

где $K_{A.Г.}$ – адгезионный коэффициент грунтовок; R_{cu}^z – прочность сцепления покровного материала и грун-

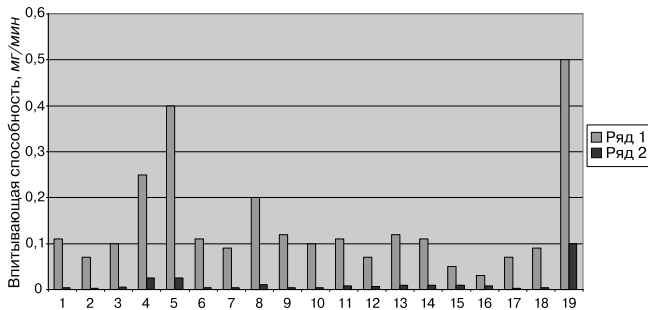


Рис. 3. Впитывающая способность грунтовок для оснований из мелкозернистого бетона класса В15 плотностью 2000 кг/м³ (ряд 2) и из ячеистого бетона плотностью 700 кг/м³ (ряд 1): 1 – РГ 1; 2 – РГ 2; 3 – Г 1; 4 – РГ 3; 5 – РГ 4; 6 – РГ 5; 7 – ЗГ 2; 8 – ЗГ 3; 9 – РГ 6; 10 – РГ 7; 11, 12 – грунтовка на основе Acronal D290; 13, 14 – грунтовка на основе Acronal A508; 15, 16 – грунтовка на основе Acronal S600; 17, 18 – грунтовка на основе дисперсии ПВА; 19 – контрольные образцы без грунтовки (значение для контрольного образца ячеистого бетона следует умножить на 10²)



Рис. 4. Определение адгезионного коэффициента

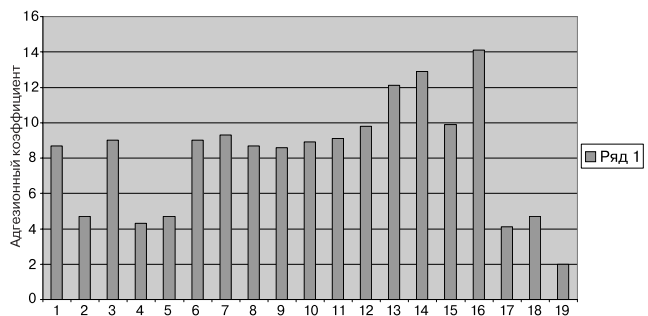


Рис. 5. Адгезионный коэффициент грунтовок: 1 – РГ 1; 2 – РГ 2; 3 – ЗГ 1; 4 – РГ 3; 5 – РГ 4; 6 – РГ 5; 7 – ЗГ 2; 8 – ЗГ 3; 9 – РГ 6; 10 – РГ 7; 11, 12 – грунтовка на основе Acronal D290; 13, 14 – грунтовка на основе Acronal A508; 15, 16 – грунтовка на основе Acronal S600; 17, 18 – грунтовка на основе дисперсии ПВА; 19 – вода

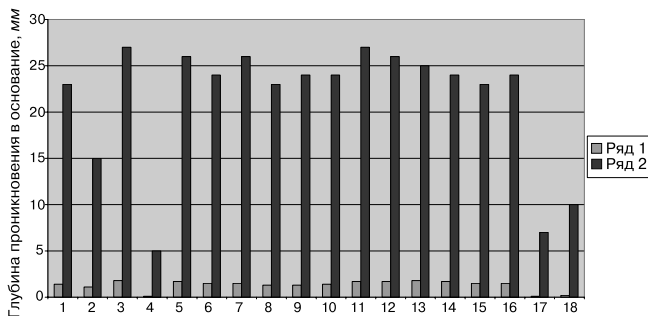


Рис. 6. Глубина проникновения в различные основания – пылевый мел (ряд 1), сухой кварцевый песок (ряд 2): 1 – РГ 1; 2 – РГ 2; 3 – ЗГ 1; 4 – РГ 3; 5 – РГ 4; 6 – РГ 5; 7 – ЗГ 2; 8 – ЗГ 3; 9 – РГ 6; 10 – РГ 7; 11, 12 – грунт на основе Acronal D290; 13, 14 – грунт на основе Acronal A508; 15, 16 – грунт на основе Acronal S600; 17, 18 – грунт на основе дисперсии ПВА

Компоненты грунтовок	№1 – нанодисперсия	№2 – Acronal A508	№3 – Acronal 290D	№4 – Acronal S600
Дисперсия	40	37,7	30	30
Пенегаситель Вук 018	0,08	0,08	0,08	0,08
Консервант Mergal K9	0,02	0,02	0,02	0,02
Вода	59,9	62,2	69,9	69,9

тованного основания; $R_{сн}^k$ – прочность сцепления покровного материала и незагрунтованного основания.

При проведении испытаний и определении адгезионного коэффициента (рис. 5) дополнительно рассмотрен пример с увлажнением основания водой.

Глубина проникновения грунтовок в различные основания является одной из важнейших характеристик и оказывает значительное влияние на многие свойства грунтовок, такие как адгезия, связующая способность, впитывающая способность и др.

Определение глубины проникновения грунтовок в различные типы оснований проводили с применением флуоресцента, адсорбирующегося на частицах грунтовок (рис. 6).

В технических описаниях грунтовок отдельных производителей содержатся данные, подчеркивающие «особо глубокое» проникновение их в основание; как правило, данное утверждение обосновывается использованием в качестве связующего нанодисперсий с размером частиц 0,02 мкм и даже 0,01 мкм. Безусловно, высокое качество и уникальные свойства данных дисперсий не ставят под сомнение, но эти же свойства могут играть и отрицательную роль при проникновении их в основание. Поэтому применение грунтовок с ультрамалым размером частиц требует детального изучения. Упрощенный подход к проблеме проникновения грунтовок в основание, базирующийся на

утверждении «чем меньше размер частиц, тем глубже проникновение их в основание», не учитывает главного – характеристик основания, например диаметра пор бетонов и растворов, который, как правило, гораздо больше размеров частиц обычных дисперсий (рис. 7).

Для определения влияния размера частиц на проникающую способность были проведены сравнительные испытания грунтовок на основе различных дисперсий Acronal D290 со средним размером частиц 0,1 мкм; Acronal S600 со средним размером частиц 0,15 мкм; Acronal A508 со средним размером частиц 0,07 мкм и нанодисперсии со средним размером частиц 0,02 мкм. Испытания проводились для двух типов поверхности пылевого мела и сухого кварцевого песка. В качестве экспериментальной была использована рецептура грунтовок с содержанием сухого вещества 15% (см. таблицу).

Проведенные испытания показали (рис. 8), что глубина проникновения грунтовок в пыленый мел имеет определенную тенденцию к увеличению с уменьшением размера частиц, однако рост настолько незначителен, что вряд ли сможет компенсировать увеличение стоимости грунтовок. Глубина проникновения в кварцевый песок не зависит от размера частиц дисперсии в исследованном диапазоне 0,02–0,15 мкм. Дальнейшие исследования показали, что в большей мере на глубину проникновения грунтовок в основание оказывают влияние такие факторы, как вязкость, сродство частиц дисперсии к материалу основания, тип основания, его пористость, гидрофильность, поверхностный заряд минеральных компонентов основания.

По результатам испытаний различных грунтовок можно отметить, что максимальные значения связующей способности и адгезионного коэффициента достигаются при использовании грунтовок с содержанием полимера около 8–10%. Большинство коммерческих образцов грунтовок соответствует этому условию. Грунтовок за исключением образцов РГ 3 и РГ 4 можно отнести ко второму типу по приведенной выше классификации. Образец РГ 4 имеет самое низкое содержание полимера и, как следствие, низкие показатели практически для всех характеристик. Образец РГ 3 по своим свойствам не соответствует технической информации на упаковке. Невысокий адгезионный коэффициент и небольшая глубина проникновения в основание грунтовок ГР 2 вероятнее всего обусловлены использованием в качестве связующего бутадииен-стирольной дисперсии. Грунтовок на основе дисперсии ПВА, разведенные водой в рекомендованном соотношении, имеют один из самых низких адгезионных коэффициентов, невысокую связующую способность и небольшую глубину проникновения в основание. Ни одна из испытанных грунтовок не пригодна для выравнивания впитывающей способности оснований с различной гигроскопичностью. Для этих целей наиболее подходящей является грунтовка на основе дисперсии Acronal S600 при условии увеличения содержания полимера до 15%. Грунтовок на основе дисперсий Acronal D290, A508, S600 показали свойства на уровне лучших коммерческих образцов грунтовок.

Таким образом, предложенные методы испытаний грунтовок позволяют определить необходимые характеристики для грунтовок различного функционального назначения и проводить сравнительные исследования качественных показателей однотипных продуктов.

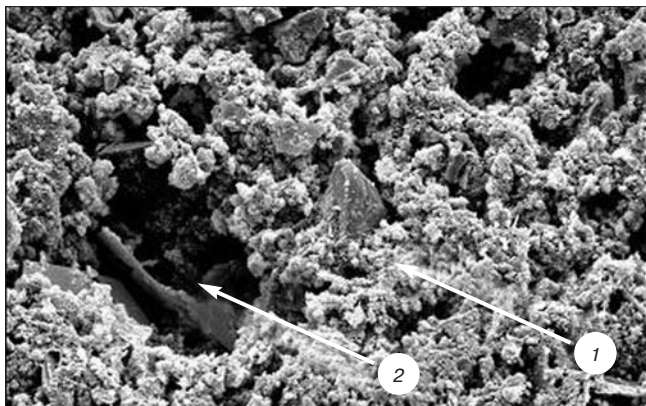


Рис. 7. Микрофотография бетона с нанесенной грунтовкой на основе водной дисперсии полимера с размером частиц 0,15 мкм: 1 – частицы полимера; 2 – пора в структуре бетона

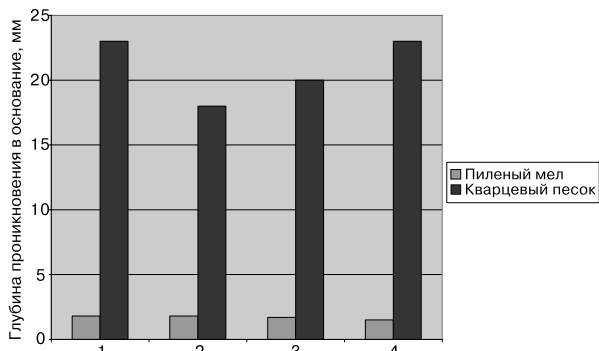


Рис. 8. Проникновение грунтовок с частицами разных размеров в различные основания: 1 – грунтовка на основе нанодисперсии; 2 – грунтовка на основе Acronal A508; 3 – грунтовка на основе Acronal 290D; 4 – грунтовка на основе Acronal S600

Морозозащищенные фундаменты мелкого заложения

Снижение материальных затрат и экономия трудовых ресурсов при строительстве является важной частью программы малоэтажного и коттеджного строительства. Применение новых строительных технологий и материалов при строительстве различных частей сооружений позволяет добиться значительной экономии ресурсов, снизить трудоемкость и продолжительность строительства.

Значительную долю от общей стоимости зданий составляют затраты на устройство фундаментов.

Сложные грунтовые условия широко распространены в Российской Федерации; при возведении малоэтажных зданий строители сталкиваются с решением вопросов, обусловленных наличием пучинистых грунтов в основании фундамента.

При устройстве фундаментов на пучинистых грунтах с целью уменьшения глубины промерзания грунта в территориальных строительных нормах ТСН МФ-97 «Проектирование и устройство мелкозаглубленных фундаментов малоэтажных жилых зданий в Московской области» рекомендуется «применение утеплителей, укладываемых под отсыпку. Для исключения замачивания утеплители могут использоваться, например, в целлофановых мешках в виде матов...» [1].

Более богатый опыт имеют в этой области Скандинавские страны, США, Канада. В США в 2001 г. был принят стандарт ASTM 32-01 «Проектирование и строительство морозозащищенных фундаментов мелкого заложения» для проектирования и строительства отапливаемых и неотапливаемых зданий. Этот стандарт основан на применении экструдированного пенополистирола в качестве теплоизолирующего слоя, препятствующего проникновению холода в морозочувствительную почву. Применение такой технологии было одобрено для плитных мелкозаглубленных фундаментов (плита на грунте) отапливаемых зданий в строительном стандарте «Одно- и двухсемейные жилые строения» САВО/ИСС (1995, 1998 г.) и распространяется на пристраиваемые и легкие конструкции. К 2002 г. около 5000 фундаментов такого типа было построено в США. Такая технология позволяет сэкономить 40% стоимости фундамента.

Особенно примечателен опыт Скандинавских стран, где за последние 45 лет было построено более 1 млн морозозащищенных фундаментов мелкого заложения (МЗФМЗ). Более 30 лет в этих странах существуют строительные нормы для жилых и городских зданий, хранилищ, школ и малоразмерных офисных зданий.

МЗФМЗ (рис. 1б) схожи с обычными фундаментами (рис. 1а) за исключением расположения теплоизоляции и глубины заложения. Подошва фундамента расположена на глубине около 30–40 см ниже уровня земли. МЗФМЗ имеют вертикальную изоляцию, расположенную с внешней стороны от подошвы фундамента до уровня выше отметки земли. При устройстве фунда-

ментов в более холодных климатических условиях «крылья» теплоизоляции располагаются горизонтально на уровне подошвы фундамента (рис. 2).

Схема расположения теплоизоляционного слоя в плане представлена на рис. 2в. В зависимости от климатических условий и вида фундамента выбираются параметры теплоизоляционного слоя: толщина теплоизоляционного слоя, ширина теплоизоляционного слоя (А) вдоль стен, ширина слоя (В) на углах здания и ее протяженность (С). Чем холоднее климат, тем шире простирается теплоизоляция, и тем она толще. Таким образом, в зависимости от климатических условий района строительства, используя тепловые потоки от эксплуатируемого здания, путем изменения толщины и ширины теплоизоляции можно вывести границу промерзания грунта за пределы подошвы фундамента (рис. 3).

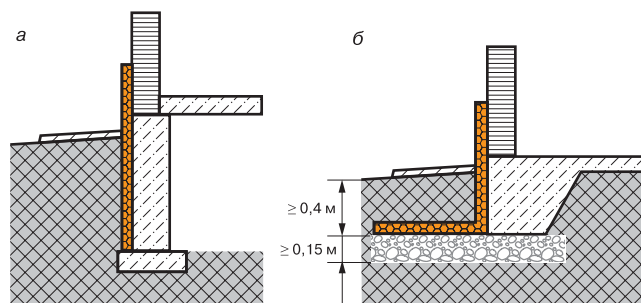


Рис. 1. Схема устройства морозозащищенных фундаментов: а – обычный; б – мелкого заложения

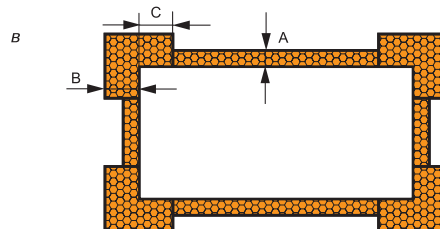
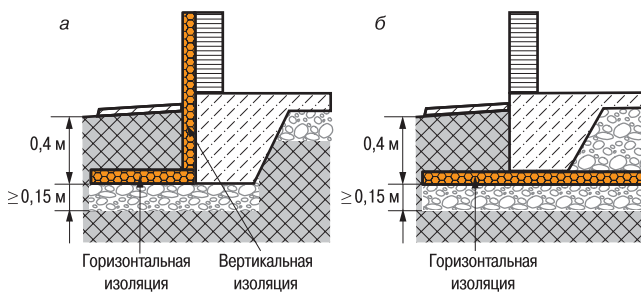


Рис. 2. Морозозащищенные фундаменты мелкого заложения: а – отапливаемых зданий; б – неотапливаемых зданий; в – параметры теплоизоляционного слоя

Поскольку теплоизоляционный материал используется ниже отметки земли, для этих целей в качестве теплоизоляции применяется экструзионный пенополистирол.

МЗФМЗ могут применяться для строительства как отапливаемых, так и неотапливаемых зданий (рис. 2а, б). В соответствии с руководством ASTM 32–01 по проектированию фундаментов выбор и требования к теплоизоляции фундаментов основываются на наихудшем варианте грунтовых условий без снежного покрова и органического слоя на поверхности почвы. Таким образом, рекомендуемая теплоизоляция будет эффективно предотвращать промерзание всех видов пучинистых грунтов.

В России опыт применения МЗФМЗ сдерживался до 1999 г. из-за отсутствия отечественного экструзионного пенополистирола и нормативной базы, несмотря на то что публикации на эту тему начали появляться с 1999 г. [2, 3].

В книге-пособии [2] автором рассматриваются проблемы строительства легких зданий и сооружений на промерзающих пучинистых грунтах в условиях Северо-Запада России, приводится информация по особенностям свойств пучинистых грунтов в условиях Карелии, воздействию сил морозного пучения на традиционные и эффективные фундаменты (закладываемые на глубину 0,2–0,5 м от поверхности грунта) и стены малонагруженных зданий; конструкции и методика расчета эффективных фундаментов (незаглубленных и малозаглубленных в пучинистый грунт и на подсыпках толщиной 0,2–0,5 м из непучинистых материалов – песка, щебня, отходов производства, фундаментов в вытрамбованных котлованах) для зданий, имеющих сравнительно небольшую нагрузку (коттеджей, индивидуальных загородных домов, зданий и сооружений агропромышленного и лесного комплексов, транспорта и др.), с учетом имеющегося опыта ведущих научно-исследовательских институтов (НИИОСП, ДальНИИС, ЦНИИЭПсельстроя и др.) и др. Большое внимание в работе уделено финскому опыту проектирования и устройства малозаглубленных фундаментов в условиях пучинистых грунтов с применением различных утеплителей, в том числе пенополистиролов.

Рассматриваемые в книге эффективные малозаглубленные фундаменты позволяют снизить по сравнению с традиционными заглубленными: расход бетона на 50–80%, трудозатраты на 40–70%, стоимость на 50% и более.

В пособии [3] на основании литературного обзора отечественных и зарубежных источников обобщен опыт проектирования и устройства малозаглубленных фундаментов с учетом анализа природно-климатических, геологических и техногенных факторов: температуры воздуха, продолжительности периода с отрицательными температурами, толщины снежного покрова, теплофизических свойств грунтов, тепловых потоков от сооружений и др.

В настоящее время в России строится достаточно большое количество малоэтажных жилых и производственных зданий в городских и сельских условиях, но спрос на жилье и здания такого типа остается высоким. Реализация технологии морозозащищенных фундаментов мелкого заложения сейчас имеет и материальные предпосылки, обеспеченные наличием на рынке российского экструзионного пенополистирола «Пеноплэкс».

Программа малоэтажного строительства должна основываться на строительстве комфортных, технологичных, экономичных зданий с низким энергопотреблением. Проектирование и строительство таких зданий невозможно без применения новых материалов и тех-

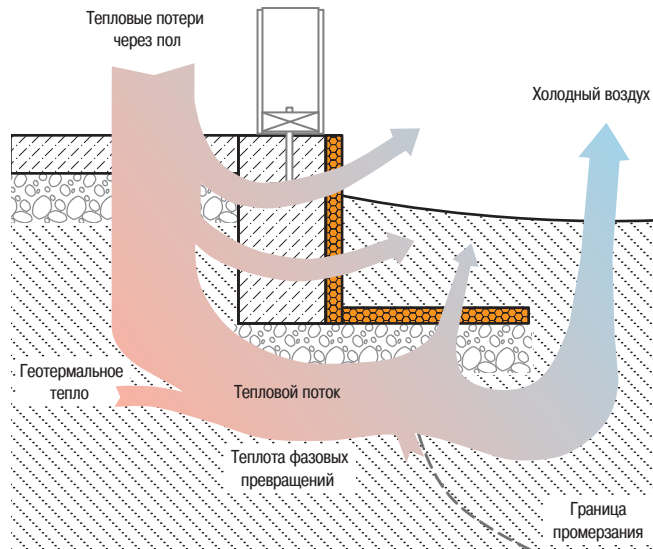


Рис. 3. Схема тепловых потоков фундаментов зданий

нологий, широкое внедрение которых сдерживается отсутствием нормативной базы.

В настоящее время технический отдел компании ООО «Пеноплэкс СПб» имеет все необходимые данные и совместно с профильными научно-исследовательскими учреждениями занимается разработкой настоящего регламента для применения на территории России.

Список литературы

1. ТСН МФ–97–МО «Проектирование, расчет и устройство мелкозаглубленных фундаментов жилых малоэтажных зданий в Московской области».
2. Симагин В.Г. Эффективные фундаменты легких зданий на пучинистых грунтах. Малозаглубленные и незаглубленные фундаменты в условиях Северо-Запада России. Петрозаводск: ПГУ. 1997.
3. Невзоров А.Л. Фундаменты на сезоннопромерзающих грунтах. М.: АСВ. 2000.

ПЕНОПЛЭКС®

«Пеноплэкс СПб»

Санкт-Петербург, ул. Маяковского, 31/1
 Тел.: (812) 329-54-11,
 факс: (812) 329-54-21

Московское представительство:

Большой Строченовский пер., д.7
 Тел: (495) 982-55-59





В.В. НАСЕДКИН, д-р геол.-минер. наук, Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН (Москва)



Редакция и редакционный совет поздравляют **Василия Викторовича Наседкина** – известного учено-геолога, исследователя вулканических стекол и эффузивных пород, доктора геолого-минералогических наук, профессора, вице-президента ассоциации «Промышленные минералы», действительного члена Российского минералогического общества – с 75-летним юбилеем.

Родился Василий Викторович 18 мая 1931 г. в Харьковской области, школу окончил в г. Стерлитамаке. После окончания Московского геолого-разведочного института (ныне Геолого-разведочная академия) в 1954 г. работал в Дальневосточной экспедиции Министерства радиотехнической промышленности, где занимался поиском и разведкой пьезокварца. С момента поступления в аспирантуру в 1958 г. и по настоящее время Василий Викторович работает в Институте геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН. Сфера научно-производственной деятельности доктора геолого-минералогических наук В.В. Наседкина была связана с генезисом и изменениями вулканических стекол кислого состава: перлита, пемзы, вулканического шлака, туфа, цеолитов, а также с серой, магнезитом, бентонитом, шлаком; диатомитом, аморфным кремнеземом, кварцевым песком, полевым шпатом, сподуменом, глиной. Научные интересы определили и географию профессиональной деятельности: р. Амгунь (Николаевск-на-Амуре), р. Уд (хребет

Джуг-Джур), р. Анадырь (Магаданская обл.), Приморский край, Камчатка, Курильские острова, Восточное и Западное Забайкалье, Закарпатье, Карелия, Кавказ и Закавказье, Казахстан.

В.В. Наседкиным опубликовано более 165 работ, из них 6 монографий. Большое внимание Василий Викторович уделяет подготовке научных кадров, под его руководством успешно защитили диссертации 12 кандидатов наук. Значительный вклад в развитие науки и производства В.В. Наседкиным был отмечен в 1985 г. присуждением премии Совета Министров СССР.

Редакция и редакционный совет журнала «Строительные материалы»® желают **Василию Викторовичу крепкого здоровья, неиссякаемой энергии и дальнейших творческих успехов.**

Перлит как заполнитель легких бетонов Историческая хроника и перспективы на будущее

Начало производства перлитобетона и его широкое использование в бывшем СССР приходится на конец 50-х и начало 60-х годов прошлого столетия. В этих работах участвовали такие научно-исследовательские институты, как ЦНИИЭПжилища, НИИЖБ (Москва), ВНИИСТРОМ (Московская обл.), НИИСМИ (Киев), НИИКС (Армения), а также некоторые производственные строительные организации, в частности Шелеховский завод железобетонных изделий треста Иркутск-алюминстрой и многие другие. Непосредственное участие в развитии научно-исследовательских работ и внедрении их в производство принимали участие многие исследователи, в частности В.П. Петров, Н.Я. Спивак, М.Т. Седакова, Н.В. Морозов, А.В. Жуков, М.С. Хуртянский, Ю.Д. Нациевский, С.П. Каменецкий, В.А. Артемьев, М.З. Симонов, А.И. Полинковская, О.А. Чернова, Н.И. Сергеев и многие другие*.

В 1938 г. в печати появилась статья П.П. Будникова и Д.П. Бобровника «Искусственная пемза из обсидианов Армении и ее использование для получения легковесного бетона» [1], основанная на известных экспериментах М.П. Воляровича и А.А. Леонтьевой по изучению поведения обсидиана (разновидность вулканического стекла) при высоких температурах [2]. Эта небольшая заметка практически определила основные направления использования природных водосодержащих стекол в промышленности бывшего Советского Союза, а именно в строительстве для получения легких бетонов. Вторая мировая

война прервала эти работы. Вернулись к этой проблеме только в 50-е годы, когда в США производство вспученного перлита достигало десятка тысяч кубических метров. Однако структура потребления вспученного перлита в СССР резко отличалась от структуры потребления перлита в США, где он использовался главным образом для получения штукатурных растворов, различного рода отдельных теплоизоляционных деталей и фильтровальных порошков. В бывшем Советском Союзе вспученный перлит, являющийся разновидностью водосодержащих стекол, использовался главным образом в строительной индустрии.

Мировое производство перлита постоянно находится в стадии роста. В 1990 г. мировая добыча перлита составляла 2,5 млн т. При этом на долю бывшего СССР приходилась примерно половина добытого сырья. Советский Союз прочно занимал второе место в списке перлитпроизводящих стран. В настоящее время мировая добыча перлита составляет порядка 4 млн т. Главными производителями перлитового сырья являются США (более 1 млн т в год) и Греция (800–900 тыс. т в год). Предполагается, что к 2010 г. добыча перлитового сырья в США может превысить 2 млн т. Традиционно в значительных количествах перлит также добывается в Турции, Венгрии, Японии. В последние годы в число лидеров по производству перлита выходит Китай. На разрабатываемых карьерах производится порядка 350 тыс. т фракционированного перлита.

* Некоторые результаты исследований этих авторов в данной статье цитируются без соответствующих ссылок.

В России в области производства и потребления перлита в период с 1991 г. по настоящее время сложилась парадоксальная ситуация. К началу 70-х годов в бывшем СССР были оценены запасы по 18 месторождениям перлитового сырья в размере 512,8 млн т. Запасы перлита, утвержденные по промышленным категориям, составляли 255,2 млн т. Общая добыча значительно превышала 1 млн т в год. Основным производителем перлита являлось Закавказье, в частности Армения. Начиная с 1985 г. в этой республике на Арагацком месторождении перлита ежегодно добывалось порядка 1 млн т перлитового сырья.

Однако судьба распорядилась таким образом, что основные месторождения высококачественного перлита, по масштабам сравнимые с мировыми, оказались за пределами РФ (Армения, Грузия, Азербайджан) и в настоящее время практически не эксплуатируются. Оставшиеся в пределах России месторождения расположены далеко на востоке страны, в Восточной Сибири, Хабаровском и Приморском краях, на Камчатке.

В 2004 г. на балансе запасов РФ состояло 9 месторождений перлита с суммарными запасами порядка 50 млн м³. После длительного перерыва начиная с 2000–2001 гг. добыча возобновилась на Мухор-Талинском месторождении перлита. В 2004 г. было добыто 2 тыс. т перлитового сырья. Основными потребителями являются Шелеховский завод ЖБИ и предприятия Воронежа и Южноуральска.

Хотя общие запасы перлита на этих месторождениях значительны, их сырье по качественным характеристикам в большинстве случаев значительно уступает сырью ведущих перлитпроизводящих стран. Относительно небольшие по масштабам месторождения, перлит которых мог бы конкурировать с перлитом закавказских месторождений, находятся в основном на Камчатке. Разведанные запасы расположенного здесь Паратунского месторождения пористого перлита с высоким коэффициентом вспучивания составляют всего 0,9 млн т сырья. В данное время, как уже было отмечено, единственным эксплуатируемым месторождением в России является Мухор-Талинское месторождение, расположенное в Восточной Сибири в 100 км от г. Улан-Удэ, вблизи ж.-д. ст. Новоильинск. Запасы сырья на этом месторождении составляют 17 млн м³. Следует подчеркнуть, что Мухор-Талинское месторождение – единственное месторождение в России, запасы которого были утверждены с учетом специфики промышленного использования сырья. На месторождении в процессе геологоразведочных работ были выделены блоки, млн м³: перлит теплоизоляционный с насыпной плотностью 100–250 кг/м³ – 1,7; перлит строительный с насыпной плотностью 200–285 кг/м³ – 7,84; перлит тяжелый с насыпной плотностью 300–500 кг/м³ – 6,95. Мухор-Талинское месторождение представляет особый инте-

рес для строителей. Из сырья этого месторождения может быть получен перлитобетон, в котором крупным и мелким заполнителем является перлит. Крупный заполнитель в виде щебня имеет насыпную плотность 300–350 кг/м³, мелкий заполнитель в виде песка имеет насыпную плотность 120–200 кг/м³.

Мировое производство вспученного перлита и структура потребления

В настоящее время мировой объем производства вспученного перлита превышает 25 млн м³. Наиболее крупные производители и потребители вспученного перлита: США, Германия, Великобритания, Франция, Испания, Италия, Израиль, Китай.

Наиболее крупным производителем перлита в мире является США. В этой стране добывается около 800 тыс. т, или более 40% от общего мирового производства. В настоящее время в США работает более 80 заводов по производству вспученного перлита, расположенных в 31 штате. Производство вспученного перлита превышает 10 млн м³.

В 70-е годы 67% всего объема вспученного перлита использовалось в строительстве, в том числе 47% – для изготовления штукатурных растворов, 16% – в теплоизоляционных бетонах, 3% – в виде засыпки, 1% – для производства сухой штукатурки. Остальное количество использовалось в других областях, в частности 19% для изготовления фильтровальных порошков. В настоящее время структура потребления не претерпела существенных изменений.

Вторым по объему производства является Германия, которая производит до 5 млн м³ перлита ежегодно. В данное время в ФРГ работает свыше 20 установок. По данным на 1971–72 гг., в этой стране выпускался перлит трех марок: с насыпной плотностью 80–90, 70–80 и 60–70 кг/м³. Кроме того, для использования в криогенной теплоизоляции производился особо легкий перлит с насыпной плотностью 30–45 кг/м³. Около 80% от общего объема использовалось в строительстве (засыпки для тепло- и звукоизоляции) и только 20% для других целей. В Германии отсутствуют собственные месторождения, и перлитовое сырье импортируется из США и Греции.

В Канаде в строительстве используется до 95% всего производимого вспученного перлита. Из них порядка 86% от общего объема произведенного вспученного перлита используется в штукатурных растворах и только 9% – для теплоизоляционных бетонов. Следует отметить, что Канада, так же как и Германия, не имеет собственных источников сырья и практически весь перлит импортирует из западных штатов США.

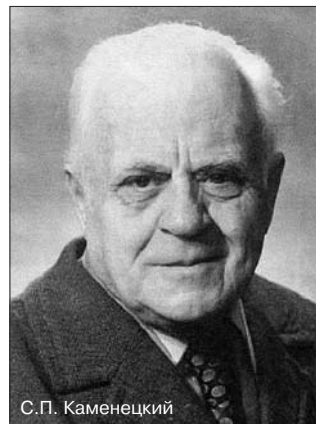
В Европе наиболее крупным производителем перлитового сырья является Греция. Месторождения перлита расположены на о-ве Милос. Перлит по своим технологическим параметрам близок к перлитовому сырью



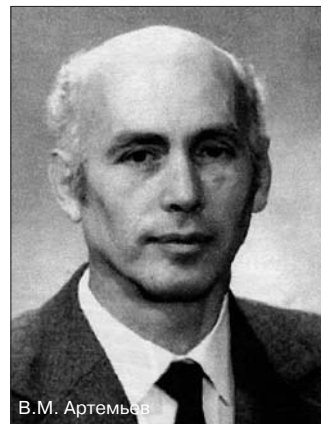
М.П. Воляров



В.П. Петров



С.П. Каменецкий



В.М. Артемьев

Армении. Основное количество перлита Греция экспортирует, главным образом в страны Западной Европы, в том числе в Россию.

Имея весьма крупные по масштабам месторождения перлита, Греция производит относительно небольшое количество вспученного перлита.

Среди стран Западной Европы значительное количество вспученного перлита производят Болгария и Венгрия.

Венгрия одной из первых в Европе начала производить вспученный перлит в промышленных масштабах. Сравнительно недавно здесь было отмечена 40-я годовщина венгерского перлита. Производство вспученного перлита превышает 400 тыс. м³ в год. Выпускают перлитовый песок трех марок с насыпной плотностью от 60 до 120 кг/м³.

Из сырья венгерского месторождения Палхаза также получают крупный (фракция 2–5 мм) перлитовый песок с насыпной плотностью 200–250 кг/м³ и прочностью при сжатии до 1–1,1 МПа. Вспученный перлит с подобными характеристиками с успехом может быть использован для производства перлитобетонных изделий конструкционного применения. В частности, изготавливаются перлитобетонные пустотелые блоки для кладки стен и стеновые панели.

Вспученный перлит, произведенный в Болгарии, так же как и венгерский, отличается повышенной прочностью и с успехом может быть использован для производства строительных изделий и конструкций различного назначения.

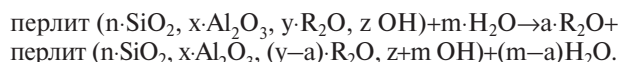
На Украине в относительно небольших количествах перлит добывается на месторождении Фогиш. По весьма грубым оценочным данным, общее производство вспученного перлита на Украине не превышает 60–80 тыс. м³. Перлитовое сырье месторождения Фогиш содержит значительное количество примесей, главным образом каолинита. В зависимости от содержания примесей перлит может быть разделен на несколько технологических разновидностей. Из перлита наиболее высокого качества получают вспученный материал с насыпной плотностью 70–100 кг/м³. Если на месторождении удастся выделить относительно крупные блоки для его селективной отработки, то украинский перлит с успехом будет использоваться в различных отраслях промышленности, в том числе для производства бетонов.

В 1990 г. в пределах бывшего СССР действовало порядка 65 цехов по производству вспученного перлита, в том числе 35 в РФ. В эти годы производилось до 1,3–2 млн м³ вспученного перлита. Непосредственно в РФ производилось более 1 млн м³ вспученного перлита. После распада СССР производство вспученного перлита в России резко сократилось, и в 1999–2000 гг. количество произведенного вспученного перлита составило всего 150 тыс. м³. В 2004 г. уровень производства вспученного перлита только незначительно превысил 200 тыс. м³. Столь резкий спад производства был вызван не только общим спадом промышленного производства в стране, но и крайним дефицитом сырьевых ресурсов, связанных с отсутствием перлитового сырья, ранее поступавшего из Армении. В настоящее время в России отчетливо наметился рост перлитового производства. Если в 1998 г. насчитывалось всего 5–6 действующих заводов, производящих вспученный перлит, пригодный для строительных целей, то в 2002 г. в г. Старом Осколе начал функционировать новый цех, оснащенный вертикальной печью современной конструкции производительностью 140 тыс. м³ в год. Вертикальная печь, смонтированная по проекту американской фирмы Incon Corporation, работает на узкофракционированном сырье со строго регламентируемым соотношением гранул определенного размера. В результате вспучивания перлита с размером гранул

0,15–0,6 и 0,3–1,2 мм был получен вспученный перлит с насыпной плотностью 40–75–90 и 70–140 кг/м³ соответственно. Хорошо отлаженная технология вспучивания позволила получить минимальное количество пыли (не более 10%) с размером частиц менее 0,16 мм, что весьма важно для вспученного перлитового песка, используемого для производства сухих смесей и перлитобетонов. В настоящее время на заводе ведется работа по налаживанию технологии получения перлита с более высоким содержанием гранул размером более 1,25 мм повышенной прочности, что позволит использовать вспученный перлит не только для теплоизоляции и изготовления теплоизоляционных изделий, но и для получения перлитобетонов различного назначения. В 2005 г. был начат монтаж новой перлитовой установки в г. Воскресенске (Московская обл.) производительностью 140 тыс. м³ в год. В данное время завершается цикл наладочных работ и в середине 2006 г. будет выпущена первая партия вспученного перлита.

Перлитовое сырье для производства перлитобетона

Вспученный перлит, используемый для производства бетонов, имеет как преимущества, так и недостатки, которые тем не менее могут быть устранены за счет некоторых эффективных технологических решений. К неоспоримым преимуществам перлита относятся такие как экологическая чистота, негорючесть, низкий коэффициент теплопроводности (0,035–0,08) в зависимости от насыпной плотности 30–150 кг/м³ соответственно, низкая плотность. Учитывая эти показатели, на первых этапах промышленного применения вспученный перлит именовался в иностранной литературе не иначе как «король легких бетонов». К недостаткам, которые могут сказаться на качестве сооружений, могут быть отнесены такие свойства, как высокое водопоглощение, достигающее 200–400% от массы вспученного материала, относительно низкая прочность, неоднородность гранулометрического состава непосредственно после вспучивания, повышенная реакционная способность. Указанные недостатки могут оказывать существенное влияние на эксплуатационные показатели зданий, построенных из перлитобетона. Было установлено, что потеря прочности перлитобетона может быть обусловлена повышенным содержанием щелочей, появление которых связано с реакцией регидратации перлита в процессе твердения [3]:



Характерно, что щелочи могли появляться в бетоне за счет этой реакции, особенно при твердении в условиях повышенных температур. В связи с реакцией регидратации в перлитовом заполнителе могут происходить объемные изменения, сопровождающиеся также объемными деформациями. В середине 60-х годов как результат этих явлений в стенах зданий, построенных с использованием перлитобетона, начали возникать трещины. Существовал период, когда было временно ограничено строительство с использованием перлитобетонных конструкций. Однако в результате научных исследований было установлено, что указанный недостаток может быть устранен за счет регулирования гранулометрического состава заполнителя, а также уменьшения водопоглощения заполнителя в результате соответствующего уменьшения количества открытых пор. Значительное повышение закрытых пор в перлитовом песке достигается в результате вспучивания перлита по двухстадийной схеме: на первой стадии этого процесса производится термopодготовка при 300–400°C, затем вспучивание. Преимущества двухстадийного вспучивания убедительно показаны в работах Л.В. Алексеевой [4].



Н.В. Алексеева

В конце 70-х годов многочисленными исследовательскими работами и практикой было установлено, что прочность заполнителя должна быть не менее 10% от прочности бетона. В противном случае для обеспечения заданной прочности необходимо увеличение расхода цемента, что приводит к ухудшению тепло-технических характеристик и увеличению плотности бетона. Как мы уже отмечали, для получения бетона определенного качества важен

гранулометрический состав заполнителя. Фракционированный вспученный перлитовый песок с насыпной плотностью 150–200 кг/м³ наиболее полно отвечает требованиям к пористым заполнителям, используемым для получения перлитобетона.

Перлитобетон и панельное строительство

В период с 1957 по 1970 гг. в бывшем СССР в ведущих строительных организациях было проведено большое количество опытных и экспериментальных работ по использованию перлита в строительстве. Основными институтами, в которых проводились наиболее важные работы, были ЦНИИЭП жилища (Москва), НИИСМИ (Киев), ВНИИСТРОМ (Московская обл.). Первые панели для наружных стен в лабораторных условиях были отформованы в 1957 г. в НИИСФ (Москва) Н.В. Морозовым и Н.Я. Спиваком. Были разработаны конструкции однослойных и двухслойных панелей. Материалом для однослойной панели толщиной 20 см являлся обсидианперлитобетон марки 50 плотностью 700 кг/м³. В качестве крупного заполнителя использовался обсидиан (фракция 5–20 мм), в качестве мелкого заполнителя – вспученный перлитовый песок. Двухслойная панель толщиной 15 см была отформована из тяжелого бетона и утеплена перлитобетоном марки 15. Внутренний несущий слой был выполнен из тяжелого бетона марки 200. Эти панели демонстрировались на Выставке достижений народного хозяйства и были рекомендованы для строительства крупнопанельных зданий [5].

В производственных условиях первые опытные стеновые панели для жилых зданий размером на комнату (2,63×2,73 м) были изготовлены в 1959 г. трестом Иркутскалюминстрой (Шелеховский завод железобетонных изделий).

Начиная с 1959 г. однослойные панели толщиной 25,3 и 35 см изготавливались домостроительными комбинатами в городах Киеве, Одессе, Иркутске, Улан-Удэ, Красноярске, Братске, Чите и др. В общей сложности в период с 1959 по 1980 гг. на территории бывшего СССР было построено свыше тысячи панельных домов с использованием вспученного перлита. После введения нового СНиП, ужесточающего требования к теплоизоляции, объем панельного домостроения сократился, при этом домостроительные комбинаты перешли на изготовление трехслойных панелей. В настоящее время в связи с тем, что в России месторождения перлита практически не эксплуатируются, а импортный перлит достаточно дорог, панельное домостроение оказалось свернутым.

Перлитобетон и блочное строительство

Перлитобетон применяется не только в слоистых стеновых конструкциях. Буквально на первом этапе развития перлитового производства вспученный перлит использовали для изготовления перлитобетонных бло-

ков. Наиболее широко это направление развивалось в Венгрии и бывшем СССР. В Венгрии в промышленных масштабах в 60-е и 70-е годы прошлого века выпускались перлитобетонные пустотелые блоки размером 38×25×14 см, используемые для малоэтажного строительства. Изготавливались также навесные стены с металлическим каркасом. Аналогичное производство развивалось также в Болгарии. В 1966 г. на Украине по патенту НИИСМИ было освоено производство перлитобетонных блоков и были построены первые многоэтажные дома. Благодаря усилиям ученых и практиков на Украине в последние годы было освоено производство нестандартных по размеру блоков с пониженной капиллярной влажностью [6].

Броварской завод строительных конструкций (Украина) начал серийное производство перлитобетонных стеновых блоков марки М30–М100. Подобные блоки широко используются в строительстве зданий малой и средней этажности [7].

Кроме блоков на Украине на основе перлитобетона выпускаются кирпичи с теплопроводностью 0,09 Вт/(м·°С) и плотностью 450–500 кг/м³ [8].

Бетоны смешанного состава

Керамзитоперлитобетон. Первая опытная партия керамзитоперлитобетона была получена в 1959 г. в НИИСМИ. Впоследствии эти работы были продолжены в НИИЖБ (1963 г.) и в ЦНИИЭП жилища (1967 г.). В 70-е годы предприятия бывшего Главвостоксбистроя изготавливали из керамзитоперлитобетона ограждающие конструкции для гражданских и промышленных сооружений [9]. Следует отметить, что во многих регионах керамзитоперлитобетон оказывался более эффективным по сравнению с перлитобетоном, так как при этом уменьшался расход цемента.

Шлакоперлитобетон. В строительстве используется шлакоперлитобетон на природном или техническом шлаке в качестве крупного заполнителя и на перлитовом песке как мелком заполнителе. Плотность шлакоперлитобетона может варьировать от 800 до 1000 кг/м³, прочность – от 3,5 до 10 МПа. Широкое применение шлакоперлитобетона может быть целесообразно в тех экономических районах, где имеются месторождения природного шлака (Камчатка, Забайкалье, Приморский и Хабаровский края).

Пемзоперлитобетон. В институтах ИГЕМ РАН (Москва), ЦНИИЭП жилища и НИИКС (Ереван) были разработаны и исследованы пемзоперлитобетоны на



М.Г. Седакова (третья слева) среди производителей перлита в Монголии

следующих заполнителях: крупный заполнитель — природная пемза ряда месторождений Камчатки и Армении, мелкий заполнитель — перлитовый песок. Пемзо-перлитобетоны имеют плотность от 500 до 1000 кг/м³ при прочности 1–3 МПа. Пемзоперлитобетоны с успехом могут изготавливаться и широко использоваться в строительстве малоэтажных зданий в районах, имеющих крупные месторождения пемзы, например на Камчатке (Ильинское месторождение), Курильских островах (о-в Итуруп), в Армении.

Выводы

В настоящее время энерго- и теплосберегающие материалы и изделия на основе бетонов по-прежнему широко используются в строительстве. Главную роль в большом списке этих материалов бесспорно играет вспученный перлит как заполнитель бетонных смесей. Варьируя особенности технологии вспучивания из перлитового сырья, можно получать заполнитель с широким диапазоном физико-механических и физических свойств — от суперлегкого перлитового песка (насыпная плотность 30–40 кг/м³) до крупного заполнителя с конструктивными свойствами. Соответственно на основе вспученного перлита могут быть получены бетоны различного назначения от теплоизоляционных с плотностью 300–400 кг/м³ до конструктивных с плотностью 700–800 кг/м³.

В особенности по сравнению с различного рода органическими наполнителями перлитовый заполнитель для бетонов по-прежнему остается одним из наиболее предпочтительных: он негорюч, химически инертен, нетоксичен, обладает необычно высокими тепло- и звукозащитными свойствами.

В связи с тем, что из вспученного перлита могут быть получены как мелкие, так и легковесные крупногабаритные строительные конструкции, перлит остается одним из основных материалов, применяемых в стройиндустрии.

По своим свойствам вспученный перлит хорошо сочетается с другими эффективными строительными материалами — минеральным волокном, асбестом, вулканическим и техническим шлаками, природной пемзой различного фракционного состава и другими экологически чистыми материалами.

Список литературы

1. Будников П.П., Бобровник Д.П. Искусственная пемза из обсидианов Армении и ее использование для получения легковесного бетона // *Керамика*. 1939. № 9. С. 3–4.
2. Воларович М.П., Леонтьева А.А. Исследование вязкости обсидианов в связи с вопросом генезиса пемзы // *ДАН СССР*. 1937. Т. XVII. № 8. С. 15–21.
3. Крупа А.А., Наседкин В.В., Свицерский В.А., Безорудько О.В. Комплексная переработка и использование перлитов. Киев: Будівельник. 1988. 117 с.
4. Алексеева Л.В. Технологические особенности производства вспученного перлита из сырья различных месторождений // *Строительные материалы и изделия*. 2005. № 6. С. 25–29.
5. Седакова М.Т. Применение перлитобетона в жилищном строительстве. М.: Стройиздат. 1971. 118 с.
6. Нацневский С.Ю. Перлитобетонные изделия нового поколения // *Строительные материалы и изделия*. 2005. № 6. С. 33–35.
7. Дудар М.И. Перлит — технологичный материал в производстве изделий и строительстве современных зданий // *Строительные материалы и изделия*. 2005. № 6. С. 31–32.
8. Волков Е.И., Бондарчук А.Г., Ковальский В.И. Применение материалов на основе вспученного перлита в ограждающих конструкциях // *Строительные материалы и изделия*. 2005. № 6. С. 37–38.
9. Дзанганов Ц.М., Сергеев Н.И., Сергеева К.А. Перлиты Мухор-Талы и эффективность их комплексного использования. Улан-Удэ. 1976. 94 с.

УДК 666.972.125

Л.В. АЛЕКСЕЕВА, инженер, зав. сектором перлита,
Украинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский
институт строительных материалов и изделий НИИСМИ (Киев, Украина)

Перспективы производства и применения вспученного перлита как заполнителя для легких бетонов

Применение теплоэффективных материалов и изделий на основе вспученного перлита в ограждающих конструкциях зданий позволяет успешно решать проблему энергосбережения в строительстве. Физико-технические характеристики таких материалов и возможность их производства напрямую зависят от свойств применяемого вспученного перлита.

Вспученный перлит — высокоэффективный тепло- и звукоизоляционный пористый материал. Он производится из вулканической алюмосиликатной горной породы путем ее сушки, дробления, фрак-

ционирования и термической обработки. Вспученный перлит в виде песка, щебня и порошка выпускается в соответствии с требованиями межгосударственного стандарта ГОСТ 10832–91 «Песок и щебень перлитовые вспученные».

В современном строительстве наиболее востребованными являются легкие бетоны плотностью до 600 кг/м³ — теплоизоляционные и конструктивно-теплоизоляционные. В качестве пористого заполнителя в таких бетонах применяется вспученный перлитовый песок, и только в отдельных случаях щебень. В основном это мелкозерни-

стый перлитобетон в виде стеновых камней плотностью 400–600 кг/м³, прочностью 1–2,5 МПа, применяемых в самонесущих конструкциях наружных стен зданий. И именно эти изделия, как показала строительная практика Украины последних 10 лет, являются сегодня одним из самых перспективных направлений применения вспученного перлита в жилищном строительстве. Применяется вспученный перлит и в панельном строительстве — комплексных плитках покрытий. Теплоизоляционный перлитобетон может применяться также и в трехслойных стеновых панелях.

Характеристики вспученного перлита				Перлитобетон		Сухие строительные смеси						
Наименование	Насыпная плотность, кг/м ³	Фракционный состав		Теплопроводность, при 25°С не более, Вт/(м·К)	Прочность при сдвигании в цилиндре (фракция 1,25–2,5 мм), МПа	тепло-изоляционный	конструкционно-теплоизоляционный	штукатурные растворы	кладочные растворы	для изоляции кровли, теплые подготовки под полы	тампонажные растворы	
		Фракции, мм	Содержание зерен размером менее 0,16 (0,14) мм, об. %, не более									
Вспученный перлитовый песок	100–150	0,16–1,25	10	0,05–0,054	–			+	+	+		
		0,63–2,5	–	0,048–0,05	–	+	+	+		+		
		0,63–5	–	0,046–0,048	–	+	+					
		1,25–5	–	0,042–0,044	–	+						
	150–200	0,16–1,25	10	0,054–0,06	–					+	+	
		0,63–2,5	–	0,052–0,056	не менее 0,1 (до 0,15 и более)	+	+				+	
		0,63–5	–	0,05–0,054	не менее 0,1 (до 0,2 и более)	+	+					
		1,25–5	–	0,048–0,05	не менее 0,1 (до 0,3 и более)	+						
Вспученный перлитовый щебень из перлита Украины	250–350	5–10	–		0,5–0,9		+					
Вспученный перлитовый порошок	120–180	менее 0,16 (0,14) мм	100		–						+	

Для производства таких бетонов требуется зернистый вспученный перлитовый песок однородного фракционного состава с улучшенными прочностными показателями.

В Российской Федерации перлитобетон пока не находит широкого применения. Почти половина (около 40%) производимого на перлитоперерабатывающих предприятиях вспученного перлитового песка применяется в основном для производства сухих строительных смесей – штукатурных, кладочных и др.

Такая ситуация сложилась из-за того, что большинство предприятий России не производит вспученный перлит, отвечающий требованиям, предъявляемым к заполнителю для легких бетонов. Основные причины заключаются в следующем.

Во-первых, существующие технологии не позволяют производить вспученный перлит необходимого для бетонов качества. В бывшем СССР промышленно эксплуатировались три месторождения – Арагацкое (Армения), Береговское (Украина) и Мухор-Талинское (Россия). В соответствии со структурой потребления вспученного перлита, существовавшей в то время, наибольшие поставки – около 80% всего перлитового сырья производились заводом «Арагацкий перлит». Поэтому перлитовые предприятия России, как и других республик бывшего СССР, применяли и продолжают применять технологии, пригодные

в основном для переработки перлитового сырья Арагацкого месторождения или аналогичного по своим свойствам. В настоящее время, как и раньше, на перлитоперерабатывающих предприятиях России преобладает одностадийная рядовая технология термообработки перлита смеси фракций 0–5 мм, предусматривающая только вспучивание в одном агрегате – шахтных печах. Конструкции шахтных печей различные – футерованные из обычной стали или нефутерованные из жаростойкой стали с частичным нерегулируемым нагревом сырья за счет тепла, передаваемого от стенок печи. В результате получается вспученный продукт полифракционного состава, а зерна вспученного перлитового песка имеют ярко выраженную открытую пористую структуру, что обуславливает их высокое водопоглощение и малую прочность. Одностадийная технология не позволяет регулировать свойства сырья и готового продукта, также не позволяет оперативно перестраиваться с одной разновидности сырья на другую и не может обеспечить получение вспученного перлита, пригодного в качестве заполнителя легких бетонов низкой плотности.

Во-вторых, требуемое качество готового продукта зачастую не могут обеспечить свойства применяемого перлитового сырья. В зависимости от генетического возраста перлиты различных месторождений

отличаются пористой структурой, минералого-петрографическим и химическим составом. Поэтому очень важно предварительно исследовать свойства сырья того или иного месторождения, а уже затем принимать решение о возможности (или невозможности) получения из него вспученного продукта с заданными свойствами. Это важно еще и потому, что месторождения, как правило, неоднородны по качеству и свойствам породы.

Область применения вспученного перлита предопределяется его характеристиками – насыпной плотностью, фракционным составом, теплопроводностью, прочностью зерна и др. Эти физико-технические показатели зависят от характера пористой структуры и размера зерен. Вспученный перлит для легких бетонов должен обладать повышенной прочностью и пониженным водопоглощением. А эти свойства обеспечивает только преимущественно закрытая пористая структура зерна.

В таблице представлены требуемые характеристики вспученного перлита, применяемого в легких бетонах и сухих строительных смесях.

Исследованиями [1, 2] установлено, что при производстве вспученного перлита – заполнителя для легких бетонов необходимо применять перлитовое сырье, пригодное для этих целей по своим технологическим свойствам. Для определения оптимальных требований к

технологии производства такого вспученного перлита перлитовое сырье по своим свойствам условно можно разделить на группы.

Первая группа – перлит пористый с пористостью 19–35% и содержанием структурной воды 1,5–3,5%. К этой группе относятся перлитовые породы месторождений Армении (Арагацкое, Артени, Джрабер, Арегское), Грузии (Параванское), России (Паратунское на Камчатке), Греции, Турции.

Вторая группа – перлиты плотные и брекчиевидные с пористостью 8–17% и содержанием структурной воды 3,2–5,5%. Это породы месторождений Украины (Береговское), Венгрии (Паллаза), России (Колчанское в Хабаровском крае).

Третья группа – перлит массивный с пористостью 1–5% и содержанием структурной воды 4,5–8,5%. В эту группу входят породы месторождений России – Бурятии (Мухор-Талинское), Приморского края (Чугуевское, Крабе, Сергеевское), Хабаровского края (Кимканское), Магаданской области (Правохетинское).

Результаты исследований свойств сырья и проведенные испытания как по одностадийной (только вспучивание в шахтной печи), так и по двухстадийной (предварительная термopодготовка в печи термopодготовки и вспучивание в шахтной печи) показали следующее.

Из высокопористого перлитового сырья *первой* группы по одностадийной технологии может быть получен легкий вспученный перлитовый песок марки 75 по насыпной плотности (минимальная насыпная плотность 40–50 кг/м³) с высокой открытой пористостью и большой удельной поверхностью. Эти характеристики предопределяют невысокий модуль крупности (менее 1,5), малую прочность (менее 0,1 МПа) и высокое общее водопоглощение (до 900 мас. %). Предварительная термopодготовка более плотных разновидностей способствует уменьшению растрескивания частиц перлита при вспучивании, и, как следствие, уменьшается водопоглощение и увеличивается прочность вспученного перлита при увеличении его насыпной плотности.

Перлитовые породы *первой* группы целесообразно использовать для производства вспученного перлита, применяемого в тех областях, где необходимы его малая насыпная плотность, высокая пористость (как следствие, малая теплопроводность), хорошие сорбционные свойства. Это агротехника, коммунальное хозяйство, фильтровальные процессы в пищевой, нефтеперерабатывающей и медицинской про-

мышленности, для теплоизоляции, оборудования и др. В бетонах такой перлит не применяется.

Из перлитового сырья *второй* и *третьей* групп по одностадийной технологии может быть получен вспученный перлитовый песок более тяжелый – марок по насыпной плотности М200 и выше, с модулем крупности более 1,5 и прочностью более 0,1 МПа. Предварительная термopодготовка при установлении различных режимных параметров, с одной стороны, способствует более эффективному вспучиванию (получению меньшей насыпной плотности); с другой стороны, позволяет получить вспученный перлит с преимущественно закрытой пористостью, что обеспечивает увеличение прочности (до 0,35–0,45 МПа) и уменьшение водопоглощения (общее до 80–250 мас. %) при насыпной плотности 120–250 кг/м³, что необходимо для производства современных легких бетонов низкой плотности.

Перлиты *второй* и *третьей* групп наиболее пригодны для производства вспученного перлита, используемого в качестве заполнителя для легких бетонов, так как на их основе можно получить вспученный перлит более плотный с намного большим модулем крупности и с повышенными прочностными показателями.

В настоящее время сырьевая база перлита [3] на постсоветском пространстве выглядит следующим образом. После 1991 г. поставки перлита Арагацкого месторождения из Армении в страны бывшего СССР, в том числе в Россию, прекратились. Предприятия Украины, Грузии, Азербайджана и Армении практически полностью перешли на сырье отечественных месторождений.

В Российской Федерации ситуация другая. Страна располагает обширной разведанной еще в советское время сырьевой базой перлита в различных регионах: в Бурятии (месторождения Мухор-Талинское, Мухор-Булыкское, Барун-Аршанское, Аршанское), Хабаровском крае (месторождения Колчанское, Кимканское), Приморском крае (месторождения Нежданковское, Богопольское, Чугуевское, Крабе, Сергеевское), на Камчатке (месторождения Начикинское, Паратунское), в Магаданской области (Правохетинское месторождение, месторождение вулканического пепла), Читинской области (Закультинское месторождение) и др.

В настоящее время промышленно разрабатываются Мухор-Талинское месторождение перлита и Магаданское месторождение вулканического

пепла, которые используются соответственно Шелеховским заводом ЖБИ и ЗАО «Магаданперлит»

Другие месторождения промышленно не разрабатываются. Поэтому большинство перлитовых предприятий России использует в основном импортное сырье месторождений Греции, Турции, Венгрии, Украины, Грузии.

НИИСМИ на протяжении многих лет проводились исследования и изучались технологические свойства перлитового сырья различных месторождений бывшего СССР и других стран Европы, Азии и Америки. Разработаны усовершенствованные технологии и эффективное оборудование для его переработки. В результате проведенных исследований установлено, что оптимальный путь улучшения качества вспученного перлитового песка – комплексная подготовка сырья перед вспучиванием [1, 2].

Комплексная подготовка сырья – это предварительная термopодготовка в сочетании с узким фракционированием. Предварительная термopодготовка позволяет регулировать свойства сырья за счет изменения количества структурной воды (газообразователя) и в результате последующего вспучивания получить перлит требуемой пористой структуры и с необходимыми качественными показателями.

Проведенные исследования показали следующее.

Для производства вспученного перлита, требуемого для применения в бетонах качества, сырье необходимо предварительно подготовить при режимных параметрах (температура, время термopодготовки, количество структурной воды в сырье после тер-



Рис. 1. Печь кипящего слоя для предварительной термopодготовки перлитового сырья

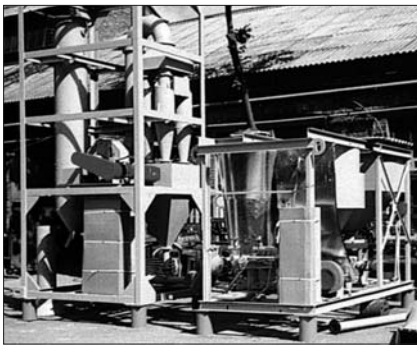


Рис. 2. Мобильная перлитовая установка с конической печью вспучивания

моподготовки), которые строго соответствуют каждой разновидности перлита и каждой отдельной фракции сырья данной разновидности. Такой процесс обеспечивает за счет удаления избытка летучих и более полной релаксации напряжений получение готового вспученного продукта с преимущественно закрытой пористой структурой. Кроме того, он способствует увеличению пористости в 2–3 раза, уменьшению водопоглощения в 4–5 раз и также снижению содержания мелких фракций за счет уменьшения растрескивания частиц при вспучивании в шахтной печи.

Существенное значение для процесса термообработки имеет исходный фракционный состав сырья. При сравнении качественных показателей вспученного перлитового песка, полученного при вспучивании различных фракций термopодготовленного и нетермopодготовленного перлитового сырья, отмечено наименьшее изменение фракционного состава при вспучивании фракции менее 0,6 мм (увеличение модуля крупности на 10–12%). Наибольшее изменение наблюдается при вспучивании фракций сырья 0,63–1,25 мм; 1,25–2,5 мм; 0,63–2,5 мм (увеличение модуля крупности на 35–45%), что наиболее пригодно для заполнителя легких бетонов.

Многолетний практический опыт работы перлитовых предприятий Украины [2] на украинском перлите и проведенные исследования перлита различных месторождений многих стран показали, что разработанная НИИСМИ усовершенствованная двухстадийная технология, использующая для термopодготовки печь кипящего слоя, является универсальной для различных видов сырья независимо от его генетического возраста [4]. Эта технология обеспечивает получение зернистого вспученного перлитового песка с заданными для применения в легких бетонах качественными показателями — пониженным водопоглощением, повышенной

прочностью, однородным фракционным составом [5].

Для практического развития производства и применения перлита в легких бетонах необходимо провести испытания по двухстадийной технологии с применением эффективных тепловых агрегатов термopодготовки и вспучивания перлита перспективных для промышленной разработки месторождений России с целью определения рациональных параметров термopодработки получения вспученного перлита с улучшенными показателями.

Приняв за основу практический опыт украинских перлитовых предприятий по производству эффективных перлитобетонных блоков из украинского сырья, усовершенствовать технологические линии [2], для чего рекомендуется применить универсальную двухстадийную технологию НИИСМИ термopодработки перлитового сырья различных узких фракций, особенностью которой является использование агрегатов кипящего слоя, обеспечивающих получение термopодготовленного сырья с однородными характеристиками (количество структурной воды, фракционный состав и др.): аэродинамического классификатора сырья на узкие фракции и печи предварительной термopодготовки (рис. 1). Новые агрегаты разработаны совместно с Институтом газа Национальной академии наук Украины. Также можно использовать различные модификации конической печи (разработка НИИСМИ совместно с ИТТФ Национальной академии наук Украины), которые могут применяться как в стационарных установках для получения упрочненного вспученного перлитового песка с оплавленной поверхностью зерен для производства заполнителя для легких бетонов, так и в комплекте разработанной НИИСМИ мобильной установки (рис. 2) для получения мелкого заполнителя, используемого для производства сухих смесей.

При производстве вспученного перлитового песка, отвечающего требованиям к заполнителю для легких бетонов, необходимо **определять технологические свойства перлитового сырья** в соответствии с ГОСТ 25226 «Щебень и песок перлитовые для производства вспученного перлита» — температуру вспучивания, минимальную насыпную плотность вспученного перлита, рациональные параметры предварительной термopодготовки и вспучивания; **применять индивидуальные технологические решения**, учитывающие характерные свойства перлита каждого отдельного месторождения; **использовать для**

термообработки перлитовое сырье следующих фракций: фракции сырья 0,63–1,25 мм, 0,63–2,5 мм и 1,25–2,5 мм — для получения заполнителя легких бетонов соответственно фракций 0,63–2,5 мм; 0,63–5 мм; 1,25–5 мм; фракцию сырья 0,16–0,63 мм — для производства сухих смесей; для термообработки перлитового сырья **использовать типы тепловых агрегатов**, способные реализовать оптимальные режимные параметры, установленные для перлита каждого отдельного месторождения. При использовании перлита с высокой температурой вспучивания (1000–1200°C), что характерно для многих плотных, брекчиевидных и массивных разновидностей, применение агрегатов вспучивания из жаростойкой стали лимитируется температурой плавления металла, из которого они изготавливаются.

Таким образом, производство вспученного перлита для легких бетонов является реальным перспективным направлением в России, имеющей крупную сырьевую базу в различных регионах страны. Применение универсальной двухстадийной технологии для термopодработки перлита российских месторождений позволит создать теплоэффективные перлитобетоны нового поколения.

Список литературы

1. *Алексеева Л.В.* Особенности предварительной термopодготовки перлитового сырья Береговского месторождения при производстве мелкого перлитового заполнителя для легких бетонов // Строительные материалы, изделия и санитарная техника. Вып. 14. 1991. С. 8–12.
2. *Алексеева Л.В.* Рекомендации по совершенствованию производства вспученного перлита из сырья месторождения Украины и комплексному применению его в строительстве. Киев: НИИСМИ. 1995. 30 с.
3. *Наседкин В.В.* Производство перлита в России и бывшем СССР за период с 1955 по 2005 гг. Современное состояние и перспективы на будущее // Строительные материалы и изделия. 2005. № 6. С. 5–10.
4. *Алексеева Л.В.* Технологические особенности производства вспученного перлита из сырья различных месторождений // Строительные материалы и изделия. 2005. № 6. С. 25–29.
5. *Алексеева Л.В.* Особенности производства вспученного перлитового песка как заполнителя для легких бетонов // Строит. материалы. 2005. № 8. С. 31–33.

С.Ю. НАЦИЕВСКИЙ, инженер, Украинский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт строительных материалов и изделий НИИСМИ (Киев, Украина)

Перлит в современных бетонах, сухих строительных смесях и негорючих теплоизоляционных изделиях

Перлит – алюмосиликатная водосодержащая горная порода, из которой в результате термической обработки при +900–1200°C получают высокоэффективный пористый тепло- и звукоизоляционный материал. Насыпная плотность вспученного перлита 75–250 кг/м³, теплопроводность 0,04–0,09 Вт/(м·К), температура применения – от –200 до +900°C. В строительстве используется в основном вспученный перлитовый песок.

Перлит применяется в строительстве уже более полувека. Но до сих пор, к сожалению, большая часть строителей все еще весьма слабо представляет себе его возможности и преимущества. А ведь перлит отличают огнестойкость, долговечность, химическая инертность, биостойкость и мощная сырьевая база. Перлит – малоэнергоемкий материал. Благодаря последним разработкам он может быть таким же и в применении.

За прошедшие полвека развития перлитовой отрасли в области перлитовых строительных материалов было сделано очень много. Опыт многих стран мира, а также строительная практика бывшего Советского Союза свидетельствуют о том, что перлит может успешно применяться практически во всех частях современного жилого, общественного или производственного здания – в стенах, перегородках, перекрытиях, покрытиях и т. д.

В связи с изменением структуры строительства и тенденций рынка необходимо делать ставку на материалы, которые могут найти место в изменившихся условиях строительного производства. Например, в Украине, где предприятия используют отечественное перлитовое сырье, за последние 10 лет получил развитие перлитобетон, перлитовые сухие строительные смеси различного назначения и теплоизоляционные изделия из перлита.

Тем не менее, как показали итоги Международной конференции «Перлит. Опыт, технологии, перспективы», проводившейся НИИСМИ в конце сентября 2005 г., для строительства в России современные перлитовые материалы используются мало: в

бетонах перлит практически не применяется, нет широкой номенклатуры перлитовых сухих смесей, несмотря на то что в России действует 8 крупных перлитоперерабатывающих предприятий и имеется своя сырьевая база. Так, например, из Забайкальского перлитового сырья (Мухор-Талинское месторождение) можно получать легкий вспученный перлит для использования в эффективных бетонах и сухих строительных смесях.

Строительство жилья с высокими требованиями по энергосбережению является для России такой же насущной проблемой, как и для Украины. Для России это особенно актуально еще и в связи с наличием холодных климатических зон на ее территории.

В последние 10 лет переход на каркасные схемы строительства вызвал повышенный спрос на мелкоштучные изделия для теплых однослойных наружных стен. И наиболее популярным материалом для этих целей, естественно, стал ячеистый бетон.

Однако, как показывает опыт Украины, в этом ряду прочно занял место модифицированный перлитобетон. Во времена бывшего СССР перлитобетон как стеновой материал надлежащего развития не получил по ряду причин:

- недостаточного внимания к совершенствованию технологии вспученного перлита как заполнителя бетона с целью получения материалов с оптимальными показателями;
- отсутствия правильного выбора технологии производства перлитобетонных изделий;
- нечеткого представления роли, места и возможности перлитобетонных изделий в строительстве теплых зданий.

К сожалению, о перлитобетоне и в настоящее время зачастую судят по устаревшим теплофизическим характеристикам, приведенным уже в новых нормативных документах. Эти данные основаны на исследованиях перлитобетона в первые годы его появления. Они характеризуют материал, полученный по несовершенной технологии. Кроме того, не учитывают последовавший затем

опыт эксплуатации зданий, построенных с применением перлитобетона. А самое главное – недостаточно информации об успешно действующей в Украине технологии производства новых видов перлитобетона.

Наличие мощной сырьевой и перерабатывающей базы перлита в Украине и научный потенциал НИИСМИ, открывший новые возможности современных технологий термообработки перлитового сырья, позволили с 1996 г. освоить промышленное производство мелкоштучных перлитобетонных стеновых блоков. Сначала из таких блоков строились коттеджи, а уже через год – многоэтажные, а затем и высотные жилые дома (рис. 1, 2).

Стеновые блоки из модифицированного перлитобетона – это



Рис. 1. Многоэтажные здания



Рис. 2. Высотные здания

Таблица 1

Плотность в сухом состоянии, кг/м ³	Теплопроводность в сухом состоянии при температуре (20+5)°С, Вт/(м·°С), не более		
	Вибропрессованный перлитобетон	Автоклавный ячеистый бетон на золе ТЭС	Автоклавный ячеистый бетон на кварцевом песке
800	0,16 (М50)*	0,18 (В2,5–В7,5)	0,21 (В2,5–В7,5)
700	0,13 (М35)	0,15 (В2–В5)	0,18 (В2–В5)
600	0,11 (М25)	0,13 (В1,5–В3,5)	0,14 (В1,5–В3,5)
500	0,09 (М15)	0,1 (В1–В2,5)	0,12 (В1–В2,5)
400	0,08 (М10)	0,09 (В1; В1,5)	0,1 (В1; В1,5)

* В скобках дана марка (класс) по прочности при сжатии.

мелкоштучные изделия размерами 390×(70–190)×188 мм. В настоящее время серийно производятся полнотельные блоки плотностью 600 кг/м³, но при необходимости могут изготавливаться изделия плотностью 400–500 кг/м³; пустотелые, угловые и фигурные блоки. При наличии соответствующего оборудования не является проблемой производить блоки длиной до 600 мм и высотой до 300 мм.

Возможность производства широкой номенклатуры перлитобетонных изделий обеспечивает технология объемного вибропрессования, для которой вспученный перлит в качестве компонента мелкозернистой бетонной смеси подходит идеально. Если говорить о производительности вибропрессового оборудования, то годовой объем выпуска только одной (не самой мощной) автоматизированной технологической линии, действующей на одном из украинских предприятий, позволяет построить 25 тыс. м² теплых стен, или около 50 тыс. м² жилья.

Основными материалами при производстве блоков являются вспученный перлитовый песок и цемент. Для придания наилучших эксплуатационных свойств изделиям в перлитобетонную смесь обязательно вводятся специальные добавки (патент Украины № 13566, заявка РФ на полезную модель № 2006102542/22 (002772)). При этом стоимость 1 м³ перлитобетонных блоков сопоставима со стоимостью автоклавного ячеистого бетона аналогичной плотности.

Однако полученный модифицированный перлитобетон благодаря наличию стеклофазы перлитового заполнителя, зернистой структуре и модификации состава имеет значи-

тельно лучшие эксплуатационные характеристики (табл. 1) – более низкую теплопроводность и сорбционную влажность при аналогичной по сравнению с ячеистым бетоном плотности и прочности. Благодаря этому для достижения одинаковой степени теплозащиты здания толщина ограждающих конструкций из перлитобетонных блоков может быть на 10–30% меньше, чем из ячеистого бетона той же плотности.

Известно, что теплопроводность материалов повышается с увеличением их сорбционной влажности. На рис. 3 представлена сравнительная динамика сорбционного увлажнения образцов ячеистого бетона автоклавного твердения и модифицированного вибропрессованного перлитобетона.

Следует отметить, что на протяжении всего периода выпуска перлитобетонных блоков ведущие институты Украины (НИИСМИ, НИИСК, КиевЗНИИЭП) проводят периодические лабораторные испытания как самих изделий, так и фрагментов кладки из них.

Кроме того, НИИСМИ с помощью современных методов контроля исследует свойства кладки на уже построенных и эксплуатируемых объектах. Как правило, это жилые дома, построенные по популярной в настоящее время каркасной схеме. Несущий каркас в зависимости от этажности может быть как сборным, включая ригели и перекрытия, так и монолитным или комбинированным. Но во всех случаях наружные стены однослойные и выполняются из перлитобетонных блоков. Наружная стена из перлитобетона позволяет использовать различные варианты отделки: лицевой кирпич, штукатурку, плитную облицовку сухим способом и др. Востребованы перлитобетонные блоки также в малоэтажном и коттеджном строительстве.

Но вспученный перлит может применяться не только для изготовления стеновых блоков. Находит он

широкое применение и в сухих строительных смесях различного назначения. Это в основном теплые штукатурные смеси на цементном или гипсовом вяжущем.

Сегодня все более востребованными становятся легкие кладочные растворы, причем как для кладки из тех же перлитобетонных блоков, так и для кладки из ячеисто-бетонных блоков, многопустотных керамических камней и даже для стеклоблоков (рис. 4).

Несмотря на допустимость применения традиционных цементно-известковых растворов на кварцевом песке, принятая практика применения таких тяжелых растворов в легкобетонной кладке ухудшает теплофизические показатели стены, снижает ее теплотехническую однородность. Проведенные НИИСМИ теплотехнические расчеты показали, что благодаря применению в легкобетонной кладке из мелкоштучных стеновых камней теплового перлитобетонного кладочного раствора можно улучшить теплозащитные свойства конструкции на 15–20%.

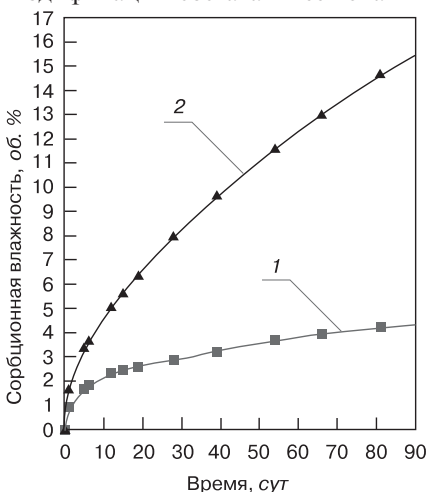


Рис. 3. Сорбционная влажность легких бетонов через 90 сут хранения в условиях 98% относительной влажности воздуха: 1 – модифицированный вибропрессованный перлитобетон плотностью 500 кг/м³; 2 – автоклавный ячеистый бетон плотностью 500 кг/м³



Рис. 4. Кладка из стеклоблоков на модифицированном перлитобетонном растворе

Таблица 2

Показатель	Плотность, кг/м ³			
	150	175	200	225
Прочность при сжатии сердечника без оболочки, МПа	0,063	0,086	0,112	0,14
Прочность при местном сжатии готовой плиты (сердечник в гибкой оболочке), МПа	0,2	0,28	0,36	0,42

Таблица 3

Показатель	Плотность, кг/м ³			
	150	175	200	225
Теплопроводность смеси перлит–связующее, прессованной в оболочке, Вт/(м·°С)	0,045	0,05	0,055	0,06
Теплопроводность смеси перлит–связующее, вакуумированной в оболочке (давление около 1 мм рт. ст.), Вт/(м·°С)	0,034	0,04	0,044	0,048

В виде сухих смесей могут также изготавливаться быстротвердеющие безусадочные монолитные перлитобетоны плотностью 500–1000 кг/м³ для устройства теплых оснований под полы и для наружных стен. Благодаря современным модифицирующим добавкам эти монолитные композиции литые и не требуют уплотнения в процессе укладки. В таких бетонах нет седиментации.

Если для производства стеновых блоков наиболее приемлемыми являются фракции вспученного перлита 0,63–5 мм, то для сухих смесей могут быть использованы и более мелкие фракции вспученного перлитового песка. Это дает возможность комплексного и безотходного применения вспученного перлита для потребностей строительства.

Отметим, что НИИСМИ имеет опыт успешно внедренных разработок как в области легких штукатурных и кладочных растворов, так и в направлении монолитных перлитобетонов.

Кроме того, на основе вспученного перлита можно изготавливать различные теплоизоляционные изделия. Известно, что почти все минеральные теплоизоляционные строительные материалы, особенно на основе вспученного перлита, реагируют на изменение влажности окружающей среды, поглощая влагу из воздуха в процессе эксплуатации, а также воду при непосредственном контакте с ней. Это отрицательно сказывается на теплозащитных характеристиках материалов и изделий.

Попытки реализовать идею внешней защиты от влаги предпринимались ранее в так называемых подпрессованных перлитовых изделиях – теплоизоляционных плитах из вспученного перлита, засыпанного в оболочку из полимерной (как правило, полиэтиленовой) пленки и затем подпрессованного. Плиты получили некоторое распространение в строительстве благодаря простоте изготовления и определенной защищенности перлита от влияния воды, но не от ее паров (материал оболочки не обладал достаточными барьерными свойствами) в процессе эксплуатации. Подпрессованные перлитовые плиты выпускались с начала 80-х годов прошлого века в основном по технологии вертикального обжаривания засыпки при непрерывном движении изделий (прокатная технология) или методом прессования. Применялись плиты для теплоизоляции горизонтальных и малоуклонных поверхностей ограждающих конструкций зданий.

Плиты имели принципиальный недостаток – несвязность подпрессованной засыпки, зерна которой

скреплены между собой только силами аутогезии. Как следствие, невозможность применения таких плит для вертикальных и крутоуклонных поверхностей из-за последующей осадки перлитовой засыпки под влиянием сил тяжести в процессе эксплуатации.

Существенным недостатком ранее производившихся подпрессованных плит был тот, что содержащее оболочку при ее повреждении или утрате рассыпалось.

С учетом положительного и отрицательного опыта производства и эксплуатации подпрессованных перлитовых плит разработан новый вид теплоизоляционных плит из вспученного перлита. Увлажненная, но сохранившая сыпучесть смесь вспученного перлитового песка и модифицированного минерального связующего помещается в оболочку из ламината с высокими барьерными свойствами, а затем формируется в плиту. Разработка защищена патентами Украины и России (патент Украины № 63204А, решение о выдаче патента РФ на полезную модель по заявке № 2006102543/22(002773).

Ламинат состоит из алюминиевой фольги толщиной не менее 6 мкм и не более 50 мкм в комбинации с полимерной пленкой. Уже при толщине фольги 15 мкм обеспечивается полная непроницаемость как по H₂O, так и по O₂ [1]. Ламинаты «полимер-фольга» характеризуются высокой прочностью при разрыве, раздире, проколе и т. п., а также хорошо свариваются.

В разработанных плитах содержащее оболочку – сердечник обладает собственной прочностью и жесткостью и в случае утраты или повреждения оболочки сохраняет фор-

му и несущую способность. Кроме того, вся вводимая в смесь вода химически связывается, т. е. сердечник остается сухим, а ламинатная оболочка не позволяет водяным парам проникнуть внутрь плиты, благодаря чему теплопроводность таких плит низка и стабильна во времени.

В табл. 2 приведены показатели плотности и прочности теплоизоляционных плит. Если увеличить количество связующего, то показатели будут соответственно выше.

Важно подчеркнуть, что ламинатная оболочка с алюминиевой фольгой позволяет придать теплоизоляционным плитам еще и дополнительный эффект отражающей изоляции. Кроме того, новые теплоизоляционные плиты негорючи, поскольку ламинатная оболочка составляет лишь малую часть объема плиты, во всяком случае, гораздо меньшую, чем полимерное связующее в жесткой минераловатной плите. Монтаж плит сухой, мокрые процессы, связанные с растворами и клеями, исключены.

Поскольку новые теплоизоляционные плиты герметичны, может возникнуть необходимость обеспечения достаточной паропроницаемости утепленной конструкции. Задача решается за счет швов, параметры которых уточняются при проектировании конструкции.

В табл. 3 представлены экспериментальные данные по зависимости теплопроводности смеси перлит – связующее, прессованной в оболочке, от плотности. Теплопроводность определялась по методу стационарного теплового потока.

Высокие барьерные свойства делают ламинаты наиболее приемлемым видом упаковки под вакуумом. Преимущество именно вакуумной упаковки при создании теплоизоля-

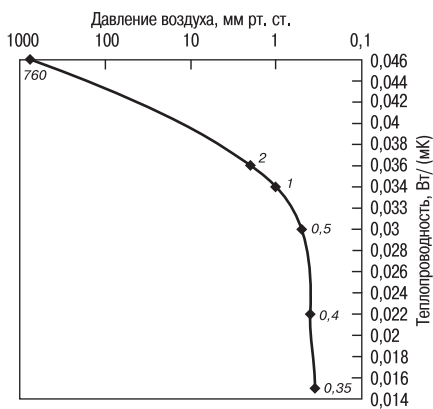


Рис. 5. Зависимость теплопроводности вспученного перлита от давления воздуха

ционных плит в гибкой оболочке состоит в том, что можно дополнительно снизить их теплопроводность. В табл. 3 приведены расчетные данные по зависимости теплопроводности смеси перлит – связующее в вакуумированной оболочке от плотности.

Можно также упаковывать исходную смесь в газовой среде, например в CO_2 , что позволит дополнительно снизить теплопроводность плит. Кроме того, в перспективе по мере создания высокопроизводительного оборудования, возможно массово изготавливать теплоизоляционные изделия (патент Украины № 55415) в условиях глубокого вакуума (давление менее

1 мм рт. ст.). Это позволит добиться снижения теплопроводности изделий в 2–3 и более раза. На рис. 5 показана полученная в результате экспериментов зависимость теплопроводности вспученного перлита от давления воздуха.

Что касается существующего уровня развития упаковочного оборудования, созданы и эксплуатируются автоматизированные линии (и не только вакуумной упаковки) высокой производительности – до нескольких десятков упаковок в минуту. Требуется только их адаптация к упаковке маловлажных сыпучих смесей, включая технологические процессы приготовления смеси и ее подачи в упаковочный агрегат. Правильная геометрическая форма изделий – прямоугольный параллелепипед размерами, например, 400×200×100 мм или 600×300×150 мм, 500×250×125 мм, заключенных в гибкую оболочку из ламината, достигается при вакуумировании или при ином силовом варианте формообразования.

Технология изготовления новых теплоизоляционных плит не требует больших энергозатрат из-за отсутствия энергоемких процессов, например процесса сушки готовых изделий, тогда как для других видов негорючей теплоизоляции этот процесс необходим.

Таким образом, новый вид негорючей строительной теплоизоляции является весьма перспективным на рынке строительной теплоизоляции. По сравнению с другими теплоизоляционными материалами перлитовые плиты в гибкой оболочке не альтернатива и не взаимозамена, а дополнение к уже существующим.

В настоящее время существует реальная потребность в легких бетонах, растворах и долговечной негорючей теплоизоляции. Вспученный перлит едва ли не единственный негорючий и долговечный легкий заполнитель природного происхождения, позволяющий получить бетоны и растворы плотностью от 400 кг/м³, а также теплоизоляционные изделия плотностью от 150 кг/м³. В России, как и в Украине, имеется достаточное количество перлитового сырья и мощный производственный потенциал для получения вспученного перлита, перлитобетона, перлитовых сухих смесей и теплоизоляционных изделий. Поэтому есть уверенность в том, что строительные материалы из вспученного перлита займут достойное место на строительном рынке.

Литература

1. Локшин М., Сиротинский М. Минеральной и российской рынок алюминиевой упаковки // Тара и упаковка. 2002. № 5. С. 44–49.



Ассоциация «СОЮЗ ТЕХНОЛОГИЯ +»
предлагает технологическую линию обжига мелкой фракции известняка (0–20 мм) во вращающихся печах

В проекте установки обжига известня принята тепловой блок с короткой вращающейся печью размером 2,2×24 м и цепным подогревателем сырья.

Производительность печной установки	2 т/ч известня
Удельный расход известняка фракции 0–20 мм	2,1 т/т
Удельный расход газа	182 м ³ /т
Удельный расход электроэнергии	137 кВт·ч/т
Количество обслуживающего персонала в смену	3 чел.
Стоимость строительно-монтажных работ (со стоимостью проектных работ и оборудования)	36 млн руб.
Срок монтажа установки от начала проектирования до введения в строй 100% мощности	15 месяцев
Срок окупаемости печи	не более 2 лет

Адрес: 420021, г. Казань, ул. Зайни Султана, 17 А
Тел./факс: (843) 293-12-79, тел.: 247-55-08
E-mail: s-t-plus@mail.ru

удк 666.973

Я.И. БЕРОВ, технический директор, С.И. ПЕТРОВ, заместитель генерального директора, П.Г. ДУДКО, главный технолог, ЗАО «Группа компаний «Бентопром», В.В. НАСЕДКИН, д-р геол.-минер. наук, ИГЕМ РАН (Москва)

Некоторые аспекты использования перлитобетона в строительстве

Особенности технологии приготовления бетона на пористом заполнителе

Некоторые неудачи при использовании вспученного перлита в качестве крупного и мелкого заполнителя при изготовлении бетонов на ранней стадии развития перлитового производства в значительной степени связаны с тем, что подход к использованию заполнителей с высокой пористостью должен быть иным, нежели при использовании обычных заполнителей.

Перечислим некоторые из них. Пористые щебень и песок обычно состоят из зерен неправильной формы и поэтому имеют относительно большой объем межзернового пространства. Чтобы заполнить весь объем пустот, необходимо использовать несколько большее количество цементного теста, чем при применении плотных тяжелых заполнителей.

В связи с тем, что вспученный перлит имеет высокое водопоглощение (200–400%), пористые заполнители на его основе обладают отсасывающей способностью части воды из цементного раствора. Обычно величина водопоглощения перлитового щебня и песка в бетонной смеси на 30–50% ниже его водопоглощения непосредственно в воде. Эта особенность связана в первую очередь с вододерживающей способностью цементной суспензии.

Дополнительное количество воды, которое необходимо ввести в бетонную смесь, зависит от количества заполнителя и его пористости. При определении водопотребности бетонной смеси следует в первую очередь учитывать свойства и количественные соотношения мелкого и крупного заполнителя.

Правильный выбор соотношения твердая фаза – вода особенно важен при получении конструкционно-теплоизоляционных легких бетонов. Для того чтобы правильно рассчитать состав легкого бетона с учетом минимального количества расходуемого цемента, необходимо исходить в первую очередь из требуемой прочности бетона.

Таблица 1

Марка цемента	Заданная прочность легкого бетона, МПа						
	15	20	25	30	35	40	50
Оптимальная	500	500	500	600	600	600	600
Минимально допустимая	400	400	400	500	500	500	600

Таблица 2

Заполнитель	Плотность бетона, кг/м ³						
	400	600	800	900	1000	1200	1300
	Насыпная плотность перлита, кг/м ³						
Арагацкий перлит	150	200	250	–	–	–	–
Мухомор-Талинский перлит	–	200	300	400	500	600	650

В некоторых руководствах устанавливается определенная зависимость между прочностью легкого бетона и маркой цемента (табл. 1) [1].

Весьма важную роль играет также гранулометрический состав и прочностные характеристики заполнителя. Наибольшей прочностью обладают образцы с предельной крупностью зерен – 5 мм. Материал подобной крупности получают во вращающихся печах.

Максимальная крупность перлитового песка, полученного в шахтной печи, 2,5 мм.

Как мы отмечали выше, перлитовый щебень может быть использован как заполнитель теплоизоляционных и конструктивно-теплоизоляционных бетонов.

Между фракциями крупного заполнителя (мм) рекомендуются следующие соотношения: для фракций (5–10):(10–20) – 40:60%; для фракций (5–10):(10–20):(20–40) – 20:30:50% [1].

Мелкие пористые пески, применяемые в легких бетонах прочностью 15–50 МПа, должны иметь модуль крупности 1,8–2,5 и насыпную плотность не менее 150–200 кг/м³. Для бетона прочностью 10–15 МПа допускается применение вспученного перлитового песка с насыпной плотностью 100–150 кг/м³. Объемная доля зерен размером 0,14 мм в песке не должна превышать 10%. При использовании цементов высоких марок и прочности бетона 15–20 МПа содержание песка с размером зерен менее 0,14 мм может достигать 25%.

Конкретные примеры использования вспученного перлита в качестве заполнителя для бетонов

В связи с постоянно нарастающими объемами потребления вспученного перлита в России и в мире ЗАО «Группа компаний «Бентопром» провело работу на своих производственных мощностях по использованию порошкового вспученного перлита (ГОСТ 10832–91) при производстве следующих строительных изделий: пенобетонных блоков; камня бетонного стенового полнотелого размером 288×128×138 мм (ГОСТ 6133–99); цементно-песчаных блоков с пустотностью 45%.

При производстве пенобетонных блоков плотностью 600 кг/м³ в их состав был введен в количестве 5 кг порошковый вспученный перлитовый песок взамен такого же количества цемента марки М-500. В результате получены пенобетонные блоки с физико-механическими характеристиками, аналогичными блокам, произведенным по традиционному рецепту. Добавление в состав порошкового вспученного перлитового песка позволило полностью уйти от трещин, которые раньше имели место в пенобетонных блоках, а набор прочности пенобетонных блоков происходил на 15% быстрее, чем обычно. Это происходит из-за того, что порошковый вспученный перлитовый песок, имея низкую плотность (50 кг/м³) и большую удельную поверхность (20 м²/г), является центром начала кристаллизации системы цемент–кремнеземистый наполнитель, а учитывая, что перлит обладает водопоглощением 400%, происходит равномерное удержание влаги, необходимой для гидратации цемента, по всему объему пенобетонного изделия. Поэтому пенобетонные изделия имеют минимальные внутренние напряжения при формировании цементного камня. Применение перлитового порошко-

Таблица 3

Заполнитель	Марка песка по насыпной плотности, кг/м ³							
	75	100	150	200	250	300	400	500
	Теплопроводность, Вт/(м·К)							
Арагацкий перлит	0,156	0,161	0,176	0,19	0,218	0,251	–	–
Мухор-Талинский перлит	0,28	0,35	0,4	0,5	0,55	0,6	0,65	0,8

Таблица 4

Показатели	Заполнители			
	Вспученный перлит	Керамзит	Аглопорит	Шлаковая пемза
Насыпная плотность, кг/м ³ щебня песка	250–600 100–300	190–900 400–1200	350–750 700–850	480–900 800–1150
Прочность щебня, МПа	0,5–1,5	1,8–8	0,5–1,5	0,6–2,7
Объемная плотность бетона, кг/м ³	700–1200	800–1500	100–1700	1200–1800
Предел прочности при сжатии, МПа	3,5–25	3,5–40	3,5–40	3,5–40

вого песка при производстве пенобетонных блоков эффективно в период нестабильной дневной температуры воздуха и при значительных перепадах температуры в дневное и ночное время суток.

При производстве цементно-песчаных блоков с плотностью 45% методом полусухого вибропрессования в их состав был введен порошок вспученный перлитовый песок в количестве 1,5% от массы цемента, что позволило значительно улучшить качество выпускаемых изделий. Изделия приобрели улучшенный товарный вид, набор прочности изделий ускорился.

Опытная партия камней бетонных полнотелых размером 288×138×138 мм производилась методом полусухого прессования на основе порошкового вспученного перлитового песка (205% весовых в составе), в качестве связующего применялся цемент М-500. Также в качестве наполнителя использовался керамзитовый песок. В результате после 28 сут набора прочности сформованных изделий испытания, проведенные по стандартной методике, показали, что изделия полностью отвечают требованиям ГОСТ 6133–99. Контрольные образцы имели предел прочности при сжатии в среднем 3,5 МПа, плотность 900 кг/м³. Из-за повышенного водопоглощения (около 80%) блоки рекомендуется применять для кладки внутри помещений. Изделия легко обрабатываются (резка, сверление), достаточная механическая прочность позволяет решать вопросы крепления проемов, малая масса изделий и удельная масса стены позволяет значительно снизить расходы на строительство фундаментов и возведение стен.

Учитывая вышеуказанное, использование порошкового перлитового песка по ГОСТ 10832–91 при производстве строительных материалов является перспективным направлением, позволяющим улучшить потребительские свойства строительных материалов и значительно снизить количество брака при их производстве.

Как было отмечено выше, вспученный перлит обладает целым рядом существенных преимуществ по сравнению с другими искусственными заполнителями. Ниже приводятся несколько примеров, которые характеризуют свойства перлитового заполнителя. Все примеры основаны на использовании двух разновидностей перлита, которые до 1993 г. широко использовались в строительстве: перлит Арагацкого (Армения) и Мухор-Талинского месторождений. Перлит Арагацкого месторождения можно рассматривать как аналог

сырья, импортируемого в настоящее время из Греции (о-в Мелос). Из перлита Арагацкого месторождения получался в основном легкий и сверхлегкий вспученный перлитовый песок (насыпная плотность 70–100 кг/м³). Из перлита Мухор-Талинского месторождения были получены заполнители, обладающие более высокими конструктивными свойствами по сравнению с перлитами других месторождений.

Рассмотрим некоторые конструктивные особенности бетонов на основе вспученного перлита названных месторождений [2].

Арагацкий перлит

Расход цемента, кг/м³ 200; 800
Прочность при сжатии, МПа 1,5; 2,5

Мухор-Талинский перлит

Расход цемента, кг/м³ 200; 800
Прочность при сжатии, МПа 3,5; 17
Плотность, кг/м³ 800; 1460

В соответствии с принятыми нормативами по насыпной плотности перлитовый щебень подразделяется на марки 300, 400, 500, для которых предел прочности при сжатии составляет 0,5; 0,8; 1,3 МПа соответственно.

В табл. 2, 3 приведены зависимости плотности бетона, теплопроводности перлитового песка от насыпной плотности перлитового заполнителя, а также основные физико-технические показатели легких бетонов [3].

Из приведенных выше таблиц видно, что вспученный перлитовый песок и щебень обладают целым рядом преимуществ по сравнению с другими заполнителями. Для расширения сферы использования вспученного перлита возможно его использование в комбинации с другими природными заполнителями, например керамзитом, вулканическим шлаком и пемзой [4].

Список литературы

1. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М. 2002. 493 с.
2. *Седакова М.Т.* Применение перлитобетона в жилищном строительстве. М.: Стройиздат. 1971. 118 с.
3. *Дзанганов Ц.М., Сергеев Н.И., Сергеева К.А.* Перлиты Мухор-Талы и эффективность их комплексного использования. Улан-Удэ. 1976. 94 с.
4. *Крупа А.А., Наседкин В.В., Свидерский В.А., Безорудько О.В.* Комплексная переработка и использование перлитов. Киев. Будівельник. 1988. 117 с.

П.П. УВАРОВ, генеральный директор ОАО «Якутагропромпроект», заслуженный работник народного хозяйства Республики Саха (Якутия), В.М. ГОРИН, канд. техн. наук, генеральный директор, С.А. ТОКАРЕВА, директор, М.К. КАБАНОВА, канд. техн. наук, ЗАО «НИИКерамзит» (Самара)

Эффективные строительные материалы из местного сырья для северных регионов

Реализация национального проекта «Доступное и комфортное жилье – гражданам России» ставит перед стройкомплексом страны задачи интенсификации жилищного строительства, обеспечения его доступными и качественными строительными материалами. Особую значимость эти вопросы имеют для северных регионов страны, в связи с необходимостью скорейшего освоения природных богатств и включения их в экономику страны. В этих условиях важнейшее значение приобретает использование строительных материалов с высокими физико-механическими и эксплуатационными характеристиками.

Таковыми материалами по праву являются керамзит и керамзитобетон благодаря высокой долговечности, экологической безопасности и эксплуатационной надежности, проверенной десятилетиями. Использование керамзита позволяет максимально снизить массу отдельных конструкций и здания в целом, что имеет большое значение в условиях вечной мерзлоты. При этом строительство может быть обеспечено собственными строительными материалами на базе местного сырья.

Спектр применения керамзитобетона в строительстве очень широк – от теплоизоляционного керамзитобетона для эффективной теплозащиты зданий до конструкционного бетона, используемого для несущих конструкций в монолитном, каркасном и крупнопанельном домостроении, а также для строительства дорог, мостов, газопроводов [1]. Это обусловлено тем, что керамзитовая технология обеспечивает возможность получения заполнителей от легкого гравия насыпной плотностью 200–450 кг/м³ до керамзита с повышенной прочностью 5,5–8 МПа и выше, плотностью 600–800 (до 1200) кг/м³, а также керамзитового песка (дробленого и обжигового) с насыпной плотностью 500–1000 кг/м³.

НИИКерамзит разработаны комплексные программы и ведутся работы для северных регионов с целью получения керамзита на базе местного глинистого сырья. В тесном сотрудничестве с региональными организациями проводятся работы по керамзиту для Республики Саха (Якутия) и Ненецкого автономного округа.

В настоящее время Республика Саха (Якутия) испытывает дефицит качественных стеновых материалов для жилищного и гражданского строительства. Для возведения жилых, гражданских и промышленных зданий в больших объемах используются дорогостоящие привозные материалы. Для налаживания выпуска эффективных теплоизоляционных материалов, изделий и конструкций на их основе из недефицитного местного сырья имеются все предпосылки.

В Республике Саха ранее эксплуатировалось пять керамзитовых предприятий суммарной мощностью порядка 250 тыс. м³ гравия в год, продукция которых являлась основой для производства теплоизоляционного и конструкционно-теплоизоляционного керамзитобетона.

В республике учтено 17 месторождений глинистого сырья для производства керамзита, что открывает широкие перспективы для развития керамзитового производства. Проведены исследования сырья, отработаны оптимальные технологические параметры процесса произ-

водства с использованием новых технических решений с целью организации выпуска керамзитового гравия с насыпной плотностью 300–450 кг/м³, а также высокопрочного керамзита для несущих конструкций.

Крупное месторождение цеолитсодержащих пород Хонгуруу является перспективным для использования в стройиндустрии Республики Саха. По инициативе одной из ведущих проектных организаций республики «Якутагропромпроект» НИИКерамзит провел поисковые исследования цеолитсодержащих пород месторождения Хонгуруу. Установлена возможность получения заполнителей из цеолитов.

В большом объеме в 2005 г. были выполнены работы по испытаниям проб глинистого сырья Сытыганского месторождения. Рекомендованы рациональные варианты сырьевых добавок, которые улучшают вспучиваемость на 24–37% и позволяют получать легкий керамзитовый гравий для бетонов с высокими теплозащитными свойствами. Разработаны также варианты комплексных добавок, которые дают возможность добиться дополнительного эффекта. Они обеспечивают не только повышение вспучиваемости, но также заметно снижают оптимальную температуру обжига с 1220°C до 1170°C.

На основании выполненных НИИКерамзит работ по глинистому сырью Сытыганского месторождения и проведенному обследованию технологической линии был разработан «Технологический регламент на реконструкцию технологической линии цеха керамзитового гравия ООО «Сокол». Предложения специалистов института позволят на реконструированной технологической линии получать керамзитовый гравий марок 300–350, 400–450 кг/м³, а также плотный керамзит с высокой прочностью, что позволит организовать производство керамзитобетона для применения в:

- жилищно-гражданском строительстве (блоки, панели, сваи, плиты перекрытий, покрытий);
- жилищно-коммунальном хозяйстве (плиты и лотки для теплотрасс и других коммуникаций; адсорбент для фильтрации и водоочистки и др.);
- дорожном строительстве (керамзитожелезобетонные блоки для дорог, монолитные покрытия из керамзитобетона);
- сельском хозяйстве (животноводческие помещения, в том числе устройство теплых полов, тепличное хозяйство).

Работы, проводимые для Ненецкого автономного округа (глинистое сырье месторождения Приозерное, Нарьян-Марское), показывают перспективы получения керамзита для теплоизоляционных и конструкционно-теплоизоляционных бетонов. Это обеспечит жилищное строительство местными строительными материалами для реализации программы доступного и качественного жилья в северных регионах.

Экономически выгодным вариантом для жилищного строительства является организация в условиях Севера производства термоэффективных керамзитобетонных блоков нового поколения. Они обеспечивают эффективную теплозащиту зданий, удобство и простоту



Надстройка административного здания в г. Якутске из легких керамзитобетонных блоков.

строительства, минимальные нагрузки на фундаменты и разнообразие планировочных решений [2].

Важное значение имеют высокий уровень автоматизации и большая мощность установок вибропрессования, используемых для получения блоков. Для реализации этой технологии необходим легкий керамзитовый гравий плотностью 300–450 кг/м³.

Блоки такого типа успешно и в больших объемах используются в Скандинавских странах (Швеции, Финляндии, Норвегии), составляя в них до 80% рынка стеновых материалов, а также в странах Балтии и в Белоруссии. Блоки широко используются для коттеджного строительства, возведения зданий усадебного типа в сельской местности.

Термоэффективные керамзитобетонные блоки для наружных стен обладают высокими физико-механическими свойствами: плотность 600–700 кг/м³, прочность при сжатии 3–3,5 МПа, масса 16–18 кг, коэффициент теплопроводности 0,14 Вт/(м·К). Они обеспечивают необходимое теплосоппротивление при толщине в 1,5–2 раза меньше, чем у кирпичной стены.

Возможны и другие варианты при строительстве малоэтажных зданий и рациональное их комбинирование, например термоэффективные блоки в сочетании с монолитным керамзитобетоном, керамзитобетонные панели.

Использование керамзита и керамзитобетона дает существенные преимущества, обеспечивающие комфортность и безопасность жилья:

- повышенную огнестойкость и пожаробезопасность (керамзит негорюч, не выделяет токсичных газов при пожаре и в процессе долговременной эксплуатации; пожаростойкость керамзитобетона выше, чем у тяжелых бетонов и легких бетонов с органическими заполнителями);
- необходимые санитарно-гигиенические условия и здоровый микроклимат жилых помещений;
- долговечность, стабильность сохранения теплозащитных функций на весь период эксплуатации, что дает заметное преимущество перед многослойными конструкциями с использованием полимеров.

Комплексное применение керамзитобетона в ограждающих и несущих конструкциях даст дополнительный эффект снижения нагрузок на фундаменты (до 30%), а также теплоотдачи здания благодаря ликвидации мостиков холода.

Зарубежный и отечественный опыт свидетельствует, что комплексное использование легких бетонов на пористых заполнителях типа керамзита при строительстве зданий помимо снижения затрат на фундаменты, дает экономии арматуры 12–20%, повышает пожаростойкость зданий.

Долговечность и экологическая безопасность зданий из керамзитобетона подтверждена многолетним опытом

их эксплуатации в нашей стране и за рубежом (США и Канаде в течение 50–70 лет) [3]. Повышенная эксплуатационная надежность обусловлена сохранением исходных теплозащитных свойств, высокой морозостойкостью, низкой эксплуатационной влажностью керамзитобетона, и особенно пожаростойкостью. Это очень важный момент в первую очередь в плане безопасности для жизни и здоровья людей, а также с точки зрения экономической оценки последствий пожара и затрат на их ликвидацию. Это подтверждает отечественный и зарубежный опыт [4].

При строительстве теплотрасс и ремонте изношенных коммуникаций применение керамзитобетона исключает необходимость в специальной подвесной теплоизоляции, так как керамзитобетон совмещает конструктивные и теплозащитные функции, обеспечивая нормальную работу теплотрасс (потери тепла ниже нормативных). Достигается снижение трудозатрат на 30%, сокращение земельных работ на 10%, экономия арматуры на 25%.

Большую роль керамзитобетон может сыграть для ускорения дорожного строительства, улучшения эксплуатационных характеристик дорог, что подтверждает опыт США и Норвегии. Это особенно значимо для регионов, в которых отсутствуют месторождения природных каменных строительных материалов.

Наружные стены из керамзитобетона являются экономически выгодными по сравнению с многослойными стенами. Это подтверждается сравнительными расчетами стоимости 1 м² стены для различных конструкций наружных стен, выполненными специалистами НИИКерамзит. По данным ОАО «Якутагропромпроект», экономия стоимости строительства 1 м² наружной однослойной стены из легких керамзитобетонных блоков по сравнению с трехслойными стенами составляет от 1–2,5 тыс. р. (экспертное заключение № 22/02 от 20.01.2005 г. Управления государственной вневедомственной экспертизы при Правительстве Республики Саха (Якутия)).

Таким образом, теплоизоляционный и конструкционно-теплоизоляционный керамзитобетон представляет собой перспективный современный строительный материал для стеновых конструкций благодаря его высоким теплозащитным свойствам и малой материалоемкости. Строительство наружных и внутренних стен из керамзитобетона позволит уменьшить стоимость 1 м² жилья не только за счет более низкой стоимости однослойной стены, но и за счет экономии средств на устройство фундаментов вследствие снижения нагрузок от стен (до 30%). Кроме того, долговечность керамзитобетонных стен рассчитана на весь срок службы здания, в то время как для комбинированных конструкций наружных стен, особенно с фасадным утеплением, срок службы не превышает 25 лет, и в период эксплуатации конструкция должна будет заменяться как минимум три раза, что значительно повысит эксплуатационные расходы на содержание такого здания.

Список литературы

1. *Онацкий С.П.* Производство керамзита. М.: Стройиздат. 1971. 277 с.
2. *Горин В.Н., Токарева С.А., Кабанова М.К., Кривоноголов А.М., Лазаравили М.Г., Лазаравили Г.Г.* Эффективные строительные материалы и изделия на основе керамзита для современного строительства // Строительные материалы: архитектура. 2005. №4. С. 8–10.
3. *Волков Ю.С.* Конструкции из легких бетонов за рубежом // Труды Всесоюзного семинара «Эффективные конструкции из легких бетонов». М. 1980. С. 25.
4. *Горин В.М., Шитулин В.И., Скрябин М.М.* Влияние керамзитового заполнителя на стойкость керамзитобетона при пожаре // Сб. Пути повышения огнестойкости строительных материалов и конструкций. М. 1982.

А.И. КУДЯКОВ, д-р техн. наук, Томский государственный архитектурно-строительный университет, Н.А. СВЕРГУНОВА, инженер, Братский государственный университет (Иркутская обл.)

Зернистый пористый материал из микрокремнезема

Введение новых, более жестких нормативов по энергосбережению при эксплуатации строительных объектов вызывает необходимость радикального пересмотра принципов проектирования и строительства зданий, так как применение традиционных для России строительных материалов не всегда удовлетворяет современным требованиям строительства по плотности, прочности, простоте изготовления, экологичности и стоимости.

Для условий Сибири возникает необходимость разработки эффективных легких зернистых теплоизоляционных материалов и технологий их производства из нетрадиционного сырья. Основными требованиями к сырью для производства пористых материалов являются химический состав и его стабильность, распространенность, доступность и несложность предварительной подготовки сырья.

К известным и ранее широко распространенным зернистым пористым материалам относится керамзитовый гравий, производство которого существенно снизилось из-за отсутствия во многих регионах высококачественных глин и высокой энергоемкости конечного продукта [1]. Приоритетным направлением в производстве зернистых материалов является разработка новых технологий получения качественных, конкурентоспособных материалов на основе техногенных отходов промышленности, позволяющих не только снизить себестоимость продукции, но и сбросить ценные природные ресурсы.

Во многих регионах России, в том числе в Братске, с высокой концентрацией промышленных предприятий,

имеется значительное количество минеральных и органических отходов. Использование отходов промышленности позволяет расширить сырьевую базу для производства новых строительных материалов, а также решить экологические проблемы путем утилизации отходов.

Большая часть из этих отходов является ценным техногенным сырьем и может быть успешно использована при изготовлении пористых строительных материалов широкого спектра назначения. Наиболее перспективными могут быть зернистые пористые материалы, получаемые на основе жидкого стекла из микрокремнезема — отхода цеха производства кристаллического кремния ООО «Братский завод ферросплавов», выход которого составляет порядка 14–18 тыс. т/год.

Технология производства зернистых пористых материалов проста, малоэнергоёмка и включает следующие операции: приготовление смеси высокомолекулярного жидкого стекла, формование гранул и их вспучивание.

Известно, что при увеличении силикатного модуля жидкого стекла водостойкость материалов на его основе повышается [2]. Поэтому для изготовления зернистых пористых материалов в работе использовалось высокомолекулярное жидкое стекло. В технологии производства высокомолекулярного жидкого стекла используют микрокремнезем, щелочь и воду.

Химический состав микрокремнезема представлен следующими оксидами, мас. %: SiO_2 — 90–94; Fe_2O_3 — 1–3; CaO — 0,7–1,4; MgO — 0,2–0,4; $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ — 0,1–0,5; Al_2O_3 — 0,7–0,5; SO_2 — до 0,09; SiC — до 3. Истинная плотность микрокремнезема составляет 2000–2630 кг/м³, насыпная плотность — 150–300 кг/м³.

Ценным свойством микрокремнезема является его высокая дисперсность ($S_{уд} = 2500$ – 3400 м²/кг, размер частиц 0,1–100 мкм), что предопределяет его высокую реакционную способность при взаимодействии со щелочными растворами.

В данной работе высокомолекулярное жидкое стекло получали прямым растворением микрокремнезема в щелочной среде при температуре 90–95°C и атмосферном давлении. Установлено, что с повышением силикатного модуля жидкого стекла с 3 до 5 снижается время синтеза стекла с 20 до 10 мин. Это позволяет изменить соотношения твердой и жидкой фаз в сторону повышения доли микрокремнезема в суспензии. Повышенное содержание микрокремнезема, а следовательно, графита и карборунда, присутствующих в нем и обладающих высокой теплопроводностью, способствует более равномерному распределению температурного поля в среде суспензии и интенсифицирует процессы взаимодействия микрокремнезема и щелочи.

Состав высокомолекулярного жидкого стекла, г/мас. д.			Щелочной раствор, %	В/Т
Микрокремнезем	Щелочь (в пересчете на Na_2O)	Вода		
600 5	120 1	766 6,38	16,82	0,94
600 5	120 1	758 6,31	16,97	0,93
600 5	120 1	749,6 6,24	17,12	0,92
600 5	120 1	741,5 6,17	17,27	0,91
600 5	120 1	733,35 6,11	17,43	0,9

Установлено, что для получения зернистого пористого материала с оптимальным сочетанием физико-механических свойств необходимо использовать высоко-модульное жидкое стекло с силикатным модулем 5, содержанием щелочи 16,8–17,4% и водотвердым отношением сырьевой смеси в пределах 0,9–0,94. Время варки жидкого стекла составляет 10 мин. Составы смесей, используемых для получения жидкого стекла, представлены в таблице.

Таким образом, использование высокомодульного жидкого стекла в производстве зернистого теплоизоляционного материала позволяет снизить концентрацию щелочного раствора в сырьевой смеси почти в два раза и уменьшить расход дефицитного и дорогостоящего гидроксида натрия, увеличить долю микрокремнезема в суспензии в 2 раза, что способствует более полному использованию микрокремнезема.

Известно, что на свойства зернистого пористого материала на основе высокомодульного жидкого стекла оказывает влияние и технология тепловой обработки гранул.

Был установлен оптимальный режим тепловой обработки: предварительный подогрев гранул в течение 10 мин при 100°C с последующим их вспучиванием при температуре 300–400°C в течение 10 мин. Такой режим тепловой обработки позволяет обеспечить получение наибольшего коэффициента вспучивания гранул, снизить водопоглощение путем уменьшения количества открытых пор в гранулах.

Получен зернистый пористый теплоизоляционный материал с насыпной плотностью 80–120 кг/м³, прочностью при сжатии 0,5–1 МПа, пористостью 87–95%, объемным водопоглощением до 7%, с коэффициентом

теплопроводности 0,06–0,07 Вт/(м·°C). Ресурсные затраты, необходимые на производство 1 м³ зернистого теплоизоляционного материала с плотностью 100 кг/м³, составили 446 р.

На полученный зернистый теплоизоляционный материал разработаны и зарегистрированы Госстандартом технические условия ТУ 5712-021-02069295–2003 «Материалы теплоизоляционные зернистые на основе жидкого стекла из микрокремнезема» и технологический регламент.

Таким образом, проведенные исследования показали возможность получения зернистого пористого материала из микрокремнезема, отличающегося высокими физико-механическими свойствами. Зернистый пористый материал может применяться в качестве сыпучего теплоизоляционного материала, а также легкого заполнителя при изготовлении штучных изделий, предназначенных для устройства ограждающих конструкций зданий и сооружений в климатических условиях Сибири.

Список литературы

1. *Верещагин В.И., Погребенков В.М., Вакалова Т.В., Хабас Т.А.* Керамические теплоизоляционные материалы из природного техногенного сырья Сибири // Строит. материалы. 2000. № 4. С. 34–35.
2. *Корнеев В.И., Данилов В.В.* Производство и применение растворимого стекла: Жидкое стекло. Л.: Стройиздат. Ленинградское отделение. 1991. 176 с.
3. *Кудряков А.И., Радина Т.Н., Свергунова Н.А.* Технология получения легкого зернистого материала на основе микрокремнезема // Строит. материалы. 2002. № 10. С. 34.

специальная литература



«Керамзитобетонные ограждающие конструкции зданий и сооружений. Рекомендации по проектированию с вариантами конструктивных решений»

Рекомендации разработаны ЗАО «НИИКерамзит», «Союзом производителей керамзита и керамзитобетона» при участии и содействии ряда организаций и предприятий стройиндустрии и одобрены Главным управлением архитектуры и градостроительства Самарской области.

В издании обобщен положительный опыт использования керамзитобетона в современном строительстве; рассмотрены современные варианты и конструктивные решения. Представлены теплотехнические расчеты наружных стен, чердачных и подвальных перекрытий, выполненных из керамзитобетона.

Теплотехнические расчеты выполнены в соответствии с требованиями и по методикам, изложенным в СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий». Приведены варианты конструктивных решений керамзитобетонных наружных стен со значениями сопротивлений теплопередаче и паропроницаемости для каждого вида стены.

Используя данные таблиц и предлагаемой конструкции стен, можно быстро подобрать наиболее оптимальный вариант энергоэффективной наружной стены с учетом применяемых материалов и регионов строительства для различных климатических зон.

Представлены разнообразные варианты наружных стен, разделенные на три группы:

А – однослойные керамзитобетонные наружные стены;

Б – керамзитобетонные стены с наружной облицовкой из кирпича или бессиер-блока;

В – комбинированные керамзитобетонные наружные стены.

Однослойные стены могут выполняться из эффективных теплоизоляционных керамзитобетонных блоков плотностью 500 – 700 кг/м³. Как правило, стены из таких блоков проектируются самонесущими с поэтажным опиранием на элементы перекрытия с дальнейшим их оштукатуриванием и нанесением фасадных покрытий. Класс по прочности таких блоков должен составлять В1 – В2,5.

Однослойные стены на основе керамзитобетона плотностью 800 – 900 кг/м³ могут быть выполнены из блоков в виде стеновых панелей или монолитных стен. Такие стены могут быть самонесущими и несущими в зависимости от назначения. Класс по прочности такого керамзитобетона должен находиться в пределах В2,5 – В5.

Теплоизоляционные керамзитобетонные блоки плотностью 500 и 600 кг/м³ могут быть успешно применены для дополнительной теплоизоляции реконструируемых зданий.

ЗАО «НИИКерамзит» 443086, г. Самара, ул. Фурштатская, 3а, оф. 206, Тел.: (846) 927-3-59, E-mail: keramzit@saminfo.ru

Д.Р. ДАМДИНОВА, канд. техн. наук, Восточно-Сибирский государственный технологический университет (Улан-Удэ, Республика Бурятия)

Определение характера зависимости средней плотности пеностекол от химико-технологических факторов

В настоящей работе целесообразность использования природного вулканического стекла (перлита), стеклобоя и нефелинового сиенита для получения пеностекла при энергетически выгодных температурных режимах основана на исходной энергонасыщенности щелочных алюмосиликатов и стеклобоя, обусловленной повышенным содержанием в них стеклофазы и оксидов щелочных металлов. В качестве сырьевых компонентов рассматривались перлиты Мухор-Талинского, нефелиновые сиениты Мухальского месторождений Республики Бурятия и бой тарного стекла, химический состав которых приведен в табл. 1.

Исследования показали, что эффективность использования вышеуказанных пород и стеклобоя при непосредственном вспенивании пеностекла без варки стекла может быть повышена путем механоактивации сырьевых компонентов и введения гидроксида натрия в количестве 8–10% сверх массы сухой шихты. Влажность прессовок при введении в шихту водного раствора щелочи составила 19–21%. Известняк месторождения Татарский Ключ в количестве 1–3 мас.% применялся в качестве газообразователя.

Для выяснения влияния содержания в шихте пород, стеклобоя и температурно-временных режимов вспенивания на среднюю плотность (Y , кг/м³) пеностекла проводилось математическое планирование эксперимента.

В качестве входных факторов были выбраны z_1, z_2, z_3 – содержание перлита, стеклобоя и нефелинового сиенита, мас. % соответственно; z_4 и z_5 – продолжительность (мин) и температура вспенивания (°C) (табл.2). На постоянном уровне были зафиксированы продолжительность механоактивации, содержание NaOH и известняка.

В результате обработки экспериментальных данных, оценки коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента и проверки адекватности по Фишеру установлена функциональная связь между средней плотностью пеностекла (Y) и входными параметрами в виде уравнения:

$$Y = 665,8 - 35,8 x_1 - 27,1 x_2 + 114,7 x_3 - 41,1 x_4 - 150,6 x_5 + 57,4 x_1 x_2 - 39,01 x_1 x_3 + 40,2 x_1 x_4 - 34,1 x_2 x_3 + 30,85 x_2 x_4 + 11,5 x_3 x_4 - 69,3 x_3 x_5 + 110,15 x_4 x_5 - 25,8 x_4 x_4 + 78,5 x_5 x_5,$$

где

$$x_j = (z_j - z_j^0) / \Delta z_j; \quad j = 1, 2, \dots, 5.$$

Анализ данного уравнения показывает, что снижению плотности пеностекла способствует рост содержания в шихте стеклобоя и перлита, что вполне согласуется со стекловидной структурой данных компонентов.

Представляло интерес изучить влияние оксидного состава компонентов на среднюю плотность пеностекла. В состав пеностекла при вспенивании из исходных компонентов переходят оксиды, практически малолетучие при температуре обжига.

Анализ влияния оксидного состава на среднюю плотность пеностекла показал, что содержание каждого отдельного оксида не оказывает прямого влияния на среднюю плотность пеностекла. Этот результат не является неожиданным, поскольку известно [1], что структура и свойства алюмосиликатных стекол зависят от состава довольно сложным образом. В связи

Таблица 1

Оксиды, мас. %	Наименование пород и материалов		
	Перлит (П)	Стеклобой (Сб)	Нефелиновый сиенит (НС)
SiO ₂	70,4	72,71	45,32
Al ₂ O ₃	14,72	2	22,3
Fe ₂ O ₃	0,76	0,05	3,7
FeO	0,44	–	–
CaO	0,85	6	10,31
MgO	0,27	3,5	–
Na ₂ O	3,41	15,5	13,1
K ₂ O	3,91	–	–
TiO ₂	–	–	0,5
SO ₃	следы	0,24	–
п.п.п.	5,24	–	4,77

Таблица 2

	z_1	z_2	z_3	z_4	z_5
z_j^0	20	40	15	25	800
Δz_j	5	5	5	10	50
+1	25	45	20	35	850
-1	15	35	10	15	750
+2	30	50	25	45	900
-2	10	30	5	5	700

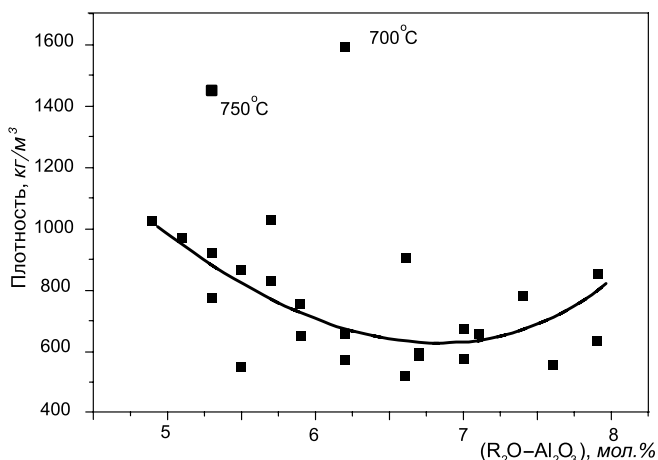


Рис. 1. Зависимость средней плотности пеностекла от (R₂O – Al₂O₃) в диапазоне температуры 700–900°C

с этим представляло интерес определить характер зависимости средней плотности пеностекла не от содержания конкретных оксидов, а от структурных факторов. Одним из таких факторов является степень связности алюмокремнекислородного структурного каркаса стекла.

Учитывая близость составов исследованных стекол, в качестве простейшей характеристики степени связности можно принять разность мольных долей ($R_2O - Al_2O_3$). С увеличением этой разности повышается доля несвязанных щелочных оксидов, которые в этой области составов оказывают наиболее существенное влияние на реологические свойства материалов. Для большинства экспериментальных точек действительно прослеживается достаточно четкая взаимосвязь между плотностью пеностекла и разностью ($R_2O - Al_2O_3$), при этом выпадающие точки на рис. 1 относятся к наиболее низким температурам, так как при данных условиях синтеза шихта не успевает в достаточной мере расплавиться.

При температуре 750°C и выше (рис. 2) зависимость прослеживается более четко; ее квадратичная аппроксимация дает уравнение, показанное на рис. 2. Как видим, эта зависимость имеет экстремальный характер. Наилучший результат с позиций достижения минимальной средней плотности получается при величине разности ($R_2O - Al_2O_3$) в пределах 5,5–8 мол. %.

Таким образом, выбор оптимального соотношения между содержанием в шихте щелочных оксидов и Al_2O_3 позволяет направленно регулировать свойства пеностекла.

Что касается температурных факторов, согласно уравнению регрессии продолжительность термообработки оказывается незначимым в пределах факторного пространства, а температура вспенивания является наиболее значимым фактором; это вполне согласуется с представлениями о том, что температура оказывает на вязкость силикатных расплавов значительно большее влияние, чем состав [2]. Попытки построить зависимости средней плотности пеностекла от температуры выявили достаточно слабое влияние изменения температуры синтеза на плотность пеностекла, что на первый взгляд может показаться достаточно странным. Такую ситуацию можно объяснить тем, что кинетика газовой выделения зависит от температуры нелинейно. Если предположить, что температурная зависимость интенсивности этого процесса имеет максимум, то наблюдаемые зависимости плотности получают достаточно простую интерпретацию. Если температура синтеза не достигает этого максимума, то интенсивность газовой выделения недостаточно велика, что приводит к высоким значениям плотности (аномальные точки на рис. 1). Исходя из этого можно предположить, что решающее значение имеет не сама температура синтеза, а лишь факт достижения экстремального значения температуры. Вероятнее всего это значение находится вблизи 800°C.

На рис. 3 показаны результаты некоторых дополнительных экспериментов. В этих опытах за основу приняты составы из плана, обладающие минимальными значениями средней плотности, в отношении которых варьировалось содержание газообразователя. Было установлено, что добавка $CaCO_3$ не только не снижает, а наоборот, существенно увеличивает среднюю плотность пеностекла. Поровая структура пеностекла в этом случае характеризуется наличием крупных и неравномерных пор, что, возможно, связано с укорочением безопасного интервала вязкости. Можно предположить, что углекислый газ, в больших количествах образующийся в процессе синтеза, увлекает за собой газы, выделяющиеся из других компонентов шихты. В результате значительная часть газов

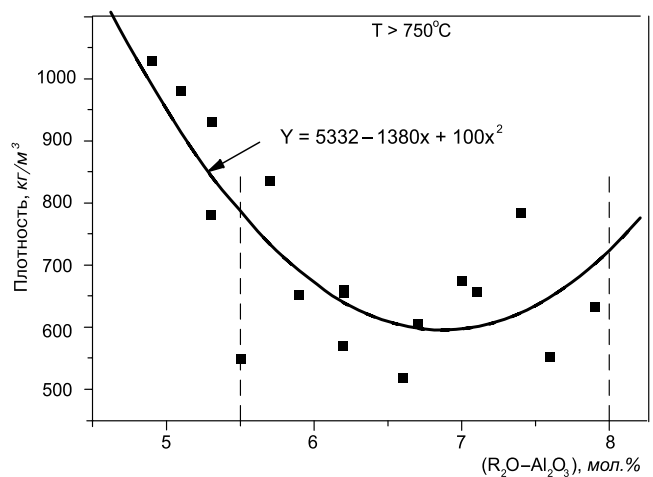


Рис. 2. Зависимость средней плотности пеностекла от ($R_2O - Al_2O_3$) в диапазоне температуры $T > 750^\circ C$

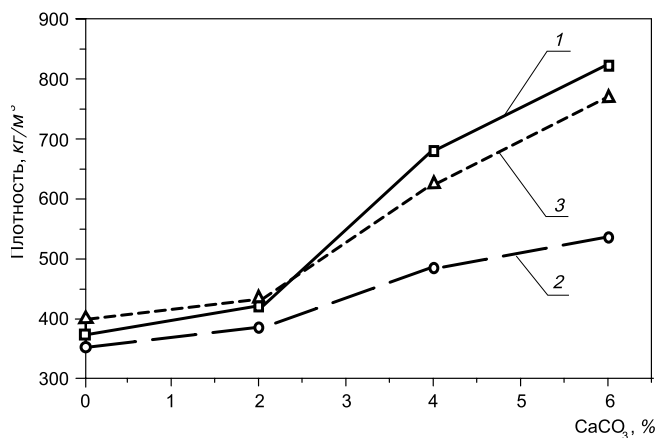


Рис. 3. Зависимость средней плотности пеностекла от содержания $CaCO_3$

успевает выйти из расплава, уплотняя при этом структуру пеностекла. Также рост плотности может быть вызван модифицирующей ролью оксида кальция. Следовательно, введение этой добавки в пеностекляную шихту в данной конкретной области состава нецелесообразно.

При дальнейшей оптимизации полученных в работе зависимостей при температуре синтеза 775–800°C синтезированы пеностекла со средней плотностью 250–300 кг/м³, пределом прочности при сжатии 2,4–2,8 МПа и водопоглощением 2–3 мас. %. Коэффициент теплопроводности пеностекол находится в пределах 0,07–0,077 Вт/(м·°C) [3]. Свойства пеностекол позволяют использовать их в качестве теплоизоляционного материала для изоляции строительных конструкций, тепловых установок, а также для элементов ограждений.

Список литературы

1. Аппен А.А. Химия стекла. Л.: Химия. 1970. 254 с.
2. Безбородов М.А. Химическая устойчивость силикатных стекол. Минск: Наука и техника, 1972. 302 с.
3. Патент № 2164898 РФ. МКИ С03С Состав для получения пеностекла / Дамдинова Д.Р., Цыремпилов А.Д., Константинова К.К. Вост.-Сиб. гос. техн. ун-т. № 99109233/03. Заявлено 19.04.99; Оpubл. 10.04.2001. Бюл. № 10.

О.Н. КРАШЕНИННИКОВ, канд. техн. наук, Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева (ИХТРЭМС) Кольского научного центра РАН (г. Апатиты Мурманской обл.)

Пористые заполнители из вспучивающихся сланцев Кольского полуострова*

Одним из природных богатств Кольского полуострова являются выявленные при проведении геолого-разведочных работ залежи вспучивающихся при нагревании сланцев. По данным В.В. Меньшутина [1], территория Мурманской области оценена как перспективная на проявления таких сланцев, включая алевропелитовые Карельского осадочно-вулканогенного комплекса, глинистые верхнего протерозоя, а также Имандра – Варзугского синклиория.

Первым разведанным в 1975–1977 гг. ОАО «Мурманская геолого-разведочная экспедиция» (МГРЭ) было месторождение вспучивающихся сланцев Вуручайвенч в районе г. Мончегорска, запасы которого по категории C_1+C_2 оценены в 5326 тыс. м³ [1]. В дальнейшем, в конце XX – начале XXI в. в результате поисково-оценочных работ ОАО «Центрально-Кольская экспедиция» (ЦКЭ) были выявлены крупные залежи сланцев на полуостровах Средний и Рыбачий, прогнозные ресурсы которых на перспективных проявлениях Земляное, Кийский Рейд и Цыпнаволок составляют 80, 150 и 384 (категории P_1+P_2) млн м³ [2, 3].

В лаборатории бетонов ИХТРЭМС КНЦ РАН по представленным МГРЭ и ЦКЭ более чем 500 рядовым пробам и технологическим партиям сланцев различных проявлений проведен комплекс исследований, обосновывающих целесообразность использования местной минерально-сырьевой базы для получения пористых заполнителей и легких бетонов на их основе.

Исходя из минерального состава сланцы в основном можно охарактеризовать как серицит-альбит-хлорит-кварцевые. По результатам минерального анализа в исследованных пробах содержание породообразующих минералов колеблется, мас. %: кварц – 25–50, хлорит – 11–40, альбит – 14–30, серицит – 5–15; содержание углеродистого материала не превышает 3%, преимущественно колеблется в пределах 1%. Структура сланцев алевропелитовая, пелитовая, неравномерно-зернистая. Текстура микрослоистая.

По химическому составу сланцы в целом соответствуют требованиям ГОСТ 25264–82. Содержание SiO₂ не превышает 60% при норме 70%, CaO менее 2% (норма 6%), MgO не более 4%, SO₃ менее 1%, сумма оксидов K и Na в нормируемых пределах 1,5–6%, а Al и Ti – 10–25%. Согласно [4], значения эффективной удельной активности естественных радионуклидов ($A_{эфф}$) исследованных проб сланцев месторождения Вуручайвенч составляют 100–120 (среднее 110) Бк/кг, а проявлений сланцев на полуостровах Средний и Рыбачий 165–260 (среднее 188) Бк/кг, т. е. сланцы могут быть использованы для производства строительных материалов без ограничений по радиационному фактору.

При отработке технологии получения из сланцев пористого заполнителя с требуемыми свойствами существенную роль имеют определение оптимальной температуры термоподготовки и вспучивания. В зависимости от состава исследуемых проб эти температуры преимущественно находятся в пределах 300–400 и 1140–1170°C соответственно.

Исходя из классификации глинистого сырья по величине коэффициента вспучивания ($K_{всп}$) большинство проб сланцев относится к группе средневспучивающихся пород, $K_{всп}$ которых в зависимости от минерального состава изменяется в пределах 2,5–4,5. Установлено, что этим показателям соответствуют сланцы, содержание в которых хлорита, серицита и гидрослюд составляет 30–70%; уменьшение их количества ниже 30% и увеличение содержания кварца более 40% приводит к снижению $K_{всп}$. Важным показателем в технологии пористых заполнителей является температурный интервал вспучивания, который должен составлять не менее 30°C (ГОСТ 25264–82). Результаты испытаний показали, что сланцы имеют достаточно широкий интервал вспучивания – 68–116°C, что создает благоприятные условия при получении пористого заполнителя в промышленных условиях.

Существенным технологическим фактором при получении пористого заполнителя является объем газовой фазы, выделяющейся при обжиге исходного глинистого сырья [5, 6]. Считается, что глины с газовыделением более $5 \cdot 10^3$ см³/кг хорошо вспучиваются в сравнительно большом интервале температур. Существенное влияние газовой фазы при протекании окислительно-восстановительных реакций на заключительной стадии получения пористого заполнителя из шунгитовых сланцев Карелии отмечается в работе [7].

На специальной установке изучен процесс газовой выделения при температурной обработке сланцев с отбором газов при 30-минутной изотермической выдержке при 200, 400, 600, 700, 800, 900, 1000, 1100 и 1200°C [8]. На рис. 1 представлена зависимость объема выделяющейся газовой фазы от температуры обжига технологической пробы фракции 5–10 мм сланцев характерного состава месторождения Вуручайвенч, мас. %: хлорит – 39, серицит – 12, кварц – 26, альбит – 16, температурный интервал вспучивания которых 90°C. Установлено, что общий объем выделившихся газов составил 9070 см³/кг по-

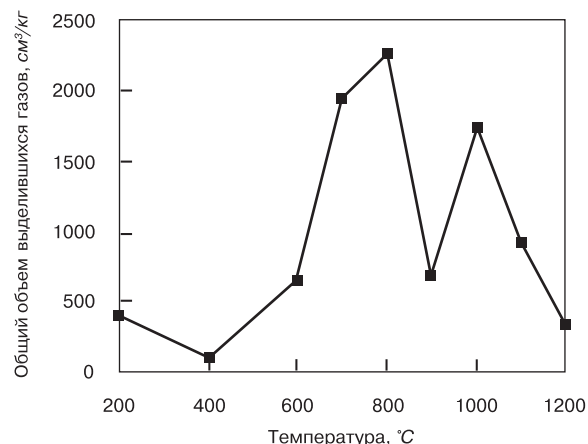


Рис. 1. Влияние температуры на процесс газовой выделения сланцев

* Работа выполнена при финансовой поддержке гранта «Ведущие научные школы» № Ш-4383.206.3.

Показатели	Фракция, мм		
	5–10	10–20	20–40
Истинная плотность, кг/м ³	2510		
Средняя плотность зерен, кг/м ³	760	690	590
Насыпная плотность, кг/м ³ (марка)	400 (М400)	350 (М350)	310 (М350)
Пористость зерен, об. %	69,7	72,5	75
Коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К)	0,12	0,111	0,098
Водопоглощение, мас. %: через 1 ч через 48 ч	13 14,7	10,3 11,9	6,8 9,2
Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа (марка)	1,4 (П50)	1,2 (П50)	1 (П35)
Морозостойкость (потери после 15 циклов), мас. %	1	1,2	1,8
Потери массы при кипячении, мас. %	1,1	1,9	2,5
Стойкость против силикатного распада, мас. %	1,2	0,6	1,6
Стойкость против железистого распада, мас. %	0,5	0,6	1,2
Содержание SO ₃ , мас. %	0,02		
Потери при прокаливании, мас. %	0,1		

роды. При этом в области наиболее интенсивного вспучивания объем газов составил при 1100 и 1200°C 920 и 330 см³/кг соответственно. Таким образом, объема выделяемых газов достаточно для вспучивания доведенной до пиропластического состояния массы.

Промышленные испытания по получению пористого заполнителя из валовой партии сланцев (100 т) месторождения Вуручайвенч осуществлялись в ОАО «Шунгизит» (Мурманск) в двухбарабанной печи при оптимальной температуре обжига 1160°C. В результате этих испытаний получен пористый заполнитель со средним $K_{всп} = 3,3$ и насыпной плотностью 340, 480 и 590 кг/м³ для фракций 20–40, 10–20 и 5–10 мм соответственно.

На основе вспученных сланцев фракции 5–10 и 10–20 мм разработан легкий бетон марок 35–100 с плотностью 950–1150 кг/м³ [9] и поризованный легкий бетон марок 35–75 пониженной плотности: 850–960 кг/м³ [10]. С учетом результатов проведенных испытаний разработаны ТУ 571-003-04604169–95 на «Сланцы хлоритовые месторождения Вуручайвенч и заполнитель пористый на их основе. Опытная партия», предназначенные для получения легких бетонов, теплоизоляционных изделий и засыпок.

Результаты исследований сланцев крупных проявлений на полуостровах Средний и Рыбачий показали, что они обладают достаточно высокой степенью вспучиваемости, достигающей для отдельных проб 4,5 (в среднем по участку отбора технологической пробы сланцев на проявлении Цыпнаволоок $K_{всп} = 4,1$), и в целом обеспечивают требуемые качественные характеристики пористого заполнителя [11–14]. На рис. 2 показана зависимость пористости сланцев от температуры обжига в интервале от 990 до 1160°C, обеспечивающей наибольший $K_{всп}$.

Увеличение в объеме сланцев при температуре до 1000°C происходит в основном за счет образования и расширения трещин, возникающих вдоль сланцеватости. Исследования аншлифов, выполненные на установке ВидеоТест, показали, что основная часть сланцев представлена мелкими порами размером менее 0,1 мм в количестве 54%, содержание пор 0,1–0,2 мм – 33%. Количество пор с максимальным размером пор 0,8 мм составляет менее 1%. Коэффициент вспучивания при этой температуре невелик и в среднем составляет 1,3.

Повышение температуры выше 1000°C приводит к появлению некоторого количества расплава за счет образования легкоплавких эвтектик, в состав которых входят оксид железа (II) и щелочные оксиды. Появляются замкнутые, вытянутые в одном направлении поры, окруженные со всех сторон стеклофазой, содержание которой увеличивается для температуры 1000°C до 66–75%. Увеличение при температуре 1050–1100°C преобладающего количества пор 0,2 мм (около 70%) приводит к повышению пористости зерен до 66% и коэффициента вспучивания до 2,5.

При повышении температуры до 1170°C с увеличением содержания жидкой фазы происходит дальнейшее размягчение сланцев. В расплаве происходит растворение тонкодисперсных примесей слюд, кварца, полевого шпата, продуктов диссоциации карбонатов. Под действием выделяющихся газообразных продуктов развивается процесс вспучивания, приводящий к образованию поризованного продукта, содержащего около 80% стекломассы, в которой имеются кристаллические включения кварца, полевого шпата, шпинели. В результате интенсивного вспучивания происходит быстрый рост пор, общая пористость достигает 76%. При снижении количества пор размером 0,5–1 мм до 34% повышается содержание пор диаметром 2–3 мм до 20% с одновременным образованием отдельных крупных пор до 4 мм. На рис. 3 приведен характер изменения $K_{всп}$ и плотности зерен сланцев (проба проявления Цыпнаволоок) в результате обжига при различной температуре. Как видно из данных, при температуре 1160°C $K_{всп}$ достигает максимального значения 4,1, а средняя плотность зерен снижается до 590 кг/м³.

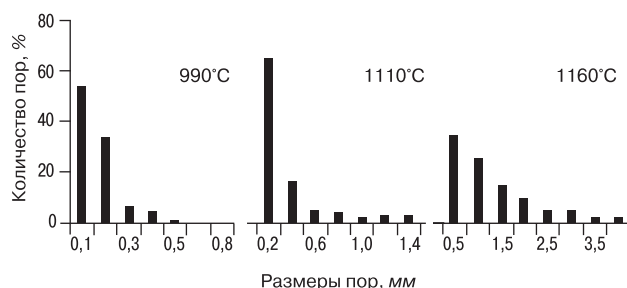


Рис. 2. Распределение пор по размерам в зависимости от температуры обжига сланцев

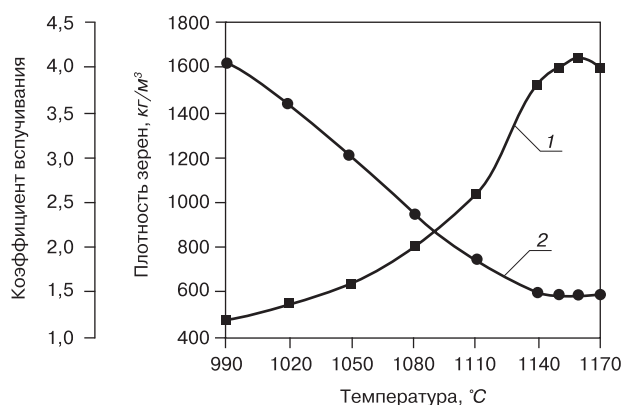


Рис. 3. Зависимость коэффициента вспучивания (1) и плотности зерен (2) сланцев от температуры обжига

В таблице приведены основные свойства пористого заполнителя из технологической пробы сланцев проявления Цыпнаволок, свидетельствующие о достаточно высоких физико-механических показателях заполнителя. Близкими свойствами обладают пористые заполнители из сланцев проявлений Земляное и Кийский Рейд [11–14].

На основе вспученных сланцев получен легкий бетон М50 плотностью 880–940 кг/м³. Бетон по морозостойкости соответствует марке F50, изменение прочности находится в пределах от –1,3 до +4,8%. Сорбционная влажность бетона составляет 4,6–6,9%, что не превышает расчетную влажность для условий эксплуатации Б. Объем вовлеченного воздуха, который обеспечивает слитность легкогобетонной смеси, не превышает 12%. Микротвердость контактной зоны вспученный сланец–цементный камень в среднем на 15% выше, чем цемента за пределами этой зоны, что указывает на возможность химического взаимодействия минералов цемента с активными составляющими вспученных сланцев.

Исходя из результатов проведенных исследований можно заключить, что имеются объективные условия для освоения местных сырьевых ресурсов, пригодных для получения пористых заполнителей, в первую очередь крупных залежей вспучивающихся сланцев на полуостровах Средний и Рыбачий. Выявленные проявления обеспечены прогнозными ресурсами, исчисляемыми более чем 600 млн м³, находятся вблизи береговой линии и благоприятно расположены к основному действующему производителю пористых заполнителей в Кольском регионе — ОАО «Шунгизит». Их отработка может быть осуществлена открытым способом, а перевозка — дешевым морским транспортом. Так, дальность транспортировки сланцев с наиболее крупного проявления Цыпнаволок, расположенного на восточной оконечности полуострова Рыбачий, до Мурманска водным путем составляет приблизительно 100 км, а дальность перевозки шунгитовых сланцев из Карелии (Кондопожский шунгитовый завод) железнодорожным транспортом до Мурманска около 1000 км. Освоение местной минерально-сырьевой базы для получения пористых заполнителей является обоснованным с технико-экономической точки зрения [15].

Список литературы

1. *Меньшутин В.В.* Перспективы промышленного использования алевропелитовых и глинистых сланцев для производства пористых заполнителей бетонов // Геология неметаллических полезных ископаемых Кольского полуострова. Апатиты: Изд. КФ АН СССР. 1982. С. 98–103.
2. *Крашенинников О.Н., Журбенко Г.В., Вороняева Л.В.* Глинистые сланцы Кольского полуострова как сырье для получения пористых заполнителей. Деп. в ВИНТИ 29.01.99. № 297-В99. 17 с.

3. *Крашенинников О.Н., Белогурова Т.П., Миханошина И.А., Семушина Е.А., Тарасова Е.В.* Вспучивающиеся сланцы Кольского полуострова — перспективное минеральное сырье для получения пористых заполнителей // Ресурсовоспроизводящие, малоотходные и природоохранные технологии освоения недр. М.: Изд. РУДН. 2003. С. 236–237.
4. *Мельник Н.А., Белогурова Т.П., Крашенинников О.Н.* Радиационно-технические основы использования сланцев Кольского полуострова для получения пористых заполнителей // Проблемы рационального использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных и технических материалов. Петрозаводск: Изд. КарНЦ РАН. 2005. С. 136–138.
5. *Онацкий С.П.* Производство керамзита. М.: Стройиздат. 1971. 311 с.
6. *Азарков К.П., Михалкевич С.И.* Газовыделение и вспучивание глин при обжиге // Строит. материалы. 1963. № 4. С. 25–28.
7. Шунгиты Карелии и пути их комплексного использования / Под ред. В.А. Соколова и Ю.К. Калинина. Петрозаводск: Изд. Карелия. 1975. 240 с.
8. *Журбенко Г.В., Крашенинников О.Н., Павлова М.А.* Изучение процесса газовыделения вспучивающихся хлоритовых сланцев при температурной обработке // Химия, технология и свойства силикатных материалов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 1999. С. 31–37.
9. *Крашенинников О.Н., Журбенко Г.В.* Легкие бетоны на основе вспученных хлоритовых сланцев месторождения Вуручайвенч // Строительные и технические материалы из минерального и техногенного сырья Кольского полуострова. Л.: Наука. 1979. С. 43–47.
10. *Крашенинников О.Н., Меос М.А.* Поризованные легкие бетоны с заполнителем из вспученных хлоритовых сланцев // Строительные и технические материалы из минерального сырья и промышленных отходов. Л.: Наука. 1980. С. 32–37.
11. *Крашенинников О.Н., Журбенко Г.В., Вороняева Л.В.* Вспучивающиеся глинистые сланцы полуострова Средний (проявление Земляное) // Строительные и технические материалы из природного и техногенного сырья Кольского полуострова. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2001. С. 36–45.
12. *Журбенко Г.В., Крашенинников О.Н.* Применение вспучивающихся глинистых сланцев проявления Кийский Рейд для получения легких бетонов // Строительные и технические материалы из природного и техногенного сырья Кольского полуострова. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2001. С. 73–78.
13. *Крашенинников О.Н., Журбенко Г.В., Павлов В.А.* Вспучивающиеся сланцы полуостровов Средний и Рыбачий и пористые заполнители на их основе // Фундаментальные проблемы комплексного использования природного и техногенного сырья Баренцева региона в технологии строительных материалов. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2003. С. 46–48.
14. *Крашенинников О.Н.* Вспучивающиеся сланцы Кольского полуострова — перспективное сырье для получения пористых заполнителей // Природные ресурсы северных территорий: проблемы оценки, использования и воспроизводства. Архангельск: Изд. АФИЭ УрО РАН. 2002. С. 108–112.
15. *Крашенинников О.Н., Журбенко Г.В., Ларичкин Ф.Д., Ганина Л.И.* Техничко-экономическая эффективность развития местной минерально-сырьевой базы для получения пористых заполнителей в Мурманской области // Север и рынок: формирование экономического порядка. Экономика природопользования. Апатиты: Изд. КНЦ РАН. 2002. С. 44–46.

УДК 691.5

В.И. КАЛАШНИКОВ, д-р техн. наук, В.Л. ХВАСТУНОВ, канд. техн. наук,
Н.И. МАКРИДИН, д-р техн. наук, А.А. КАРТАШОВ, канд. техн. наук,
Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Новые геополимерные материалы из горных пород, активированные малыми добавками шлака и щелочей

В последнее десятилетие разработаны минерально-шлаковые вяжущие, активируемые малыми добавками щелочей, содержание шлака в которых составляет 40–60%, а массовая доля щелочей не превышает 2–3% [1–3].

Результаты последних исследований позволили выявить ряд горных пород осадочного происхождения, которые под действием малых добавок шлака, не превышающих 20%, и низких количеств щелочей NaOH или KOH, способны к формированию контактно-метасоматических структур [4, 5].

Повышенные показатели прочности имеют вибропрессованные образцы или образцы, отформованные при силовом прессовании под давлением 5–25 МПа. Особенностью новых вяжущих и композиционных материалов на их основе является способность многократного повышения прочности в условиях термической активации при температуре 150–350°C.

Номенклатура минеральношлаковых вяжущих расширилась за счет использования полевошпатовых, силицитовых, глауконитовых пород, самостоятельно не твердеющих при малых количествах щелочи. Вяжущие на их основе в большей степени подвержены упрочнению при низкотемпературной термической активации, нежели карбонатно-шлаковые.

Оценка степени термомеханического упрочнения осуществлялась на образцах, изготовленных из гравелито-шлакового вяжущего. В качестве основного компонента вяжущего применялись гравий (полевошпатово-кварцевый гравелит), отсеянный от песчаной фракции и размолотый до удельной поверхности $S_{уд} = 630 \text{ м}^2/\text{кг}$, и гранулированный липецкий шлак, измельченный до $S_{уд} = 340 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Массовое соотношение между шлаком и гравелитом составляло 1:9, массовая доля щелочи составляла 2%, водотвердое отношение равнялось 0,14. Прессование образцов-кубов с размерами 30×30×30 мм осуществлялось из смеси с формовочной влажностью 14% при удельном давлении прессования 25 МПа. После 28-суточного твердения в нормальных условиях образцы подвергались сухому прогреву при температуре изотермической выдержки 150, 250, 350°C по режиму 2+5+3 (подъем–выдержка–остывание). Полученные образцы имели следующие характеристики.

Прочность в 28-суточном возрасте, МПа	.....	.21,8
Плотность в 28-суточном возрасте, кг/м ³	.....	.1987
Прочность после прогрева, МПа		
при 150°C	.....	.94,4
при 250°C	.....	.101,8
при 300°C	.....	.117,8
Плотность после прогрева, кг/м ³		
при 150°C	.....	.1798
при 250°C	.....	.1796
при 350°C	.....	.1770

Потеря массы образцов в пересчете на абсолютно сухое вещество составила, %: 0; 0,16; 1,5 после прогрева при 150, 250 и 350°C соответственно.

Как следует из данных, приведенных выше, гидратное твердение в течение 28 сут позволило получить невы-

сокие прочностные показатели. Аналогичные значения прочности имели минерально-шлаковые вяжущие, в которых содержалось 10% шлака и 90% молотого глауконитового песчаника. Образование минеральных связей между частицами породы происходит в результате диффузионного перемещения продуктов гидратации шлака в ионной форме и взаимодействия их с продуктами гидроксидирования поверхности гравелитовых частиц щелочью NaOH. Этот процесс образования связи, по нашему мнению, аналогичен метасоматическому микроповерхностному земещению отдельных минеральных образований у горных пород. Наличие большого числа контактов между частицами горной породы, ионов шлакового вяжущего и щелочи способствует образованию щелочных контактно-метасоматических композитов.

Термическая обработка образцов с прочностью 21,8 МПа повышает их прочность в 4,3; 4,7 и в 5,4 раза при температурах изотермической выдержки 150, 250 и 350°C соответственно. Важно, что такие значения прочности получены у образцов с невысокой средней плотностью. Истинная плотность затвердевшего вяжущего, прогретого при температурах 250 и 350°C, оказалась соответственно 2520 и 2485 кг/м³, а его пористость 28,7 и 29%.

Важно выявить механизм микроповерхностного синтеза вяжущего вещества на частицах гравелитовых, глауконитовых и силицитовых пород в присутствии ионов шлака и щелочи с целью получения высокой прочности при достаточно мягком термическом воздействии. Как следует из приведенных данных, уже при температуре 150°C прочность возрастает четырехкратно. Если принять во внимание повышение концентрации щелочи при испарении воды, низкую температуру плавления NaOH ($t_{пл} = 320^\circ\text{C}$) и ее низшего гидрата NaOH·H₂O ($t_{пл} = 64,3^\circ\text{C}$), то становится понятным активирующее действие горячей щелочи и ее высокомолярных растворов. Можно полагать, что, начиная с температуры 105–110°C и до температуры 150°C (предельная растворимость NaOH в воде 3370 г/л) высокомолярный кипящий раствор щелочи начинает растворять поверхностные реликты отдельных минералов полевошпатовой породы. Диффузия ионов шлакового вещества в контактные зоны частиц с наименьшей кривизной менисков жидкости способствует зарождению предшественников новой фазы из продуктов реакции ионов шлака и ионов породы, растворенных в щелочном растворе NaOH. С повышением температуры до 200–250°C могут образовываться эвтектические смеси с растворимыми веществами полевошпатовой породы и шлака, что понижает температуру плавления NaOH. Микрокапельки расплава инициируют процесс конденсации (спекания) продуктов реакции вследствие пересыщения раствора.

Такой механизм цементации частиц справедлив и для тех пород, которые в чистом виде не затвердевают в присутствии добавок щелочи NaOH ни в нормальных условиях, ни при последующем температурном воздействии (гравелиты, глаукониты, силициты и др.). Таким образом, шлак является необходимым и наиболее важным компонентом даже в таком минимальном количестве, которое не в состоянии выпол-

Таблица 1

Давление прессования, МПа	Формовочная прочность, МПа	Прочность при сжатии, МПа, через сут					Водопоглощение, мас. %	R _{сж} , МПа, после прогрева при 250°C
		1	3	7	14	28		
5	0,33	0,4	3,3	15,6	19,6	24,9	22	86,1
10	0,9	1,1	3,9	17,6	26	30,9	19,4	113
15	1	2,2	4,8	19,2	33,3	35,8	18,5	131,7
25	1,22	5,3	17	31,3	47,5	48,9	17,8	153,9

Таблица 2

Исходные компоненты смеси, мас. ч		Средняя прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут				Водопоглощение, мас. %	R _{сж} , МПа, после сушки при 105°C
Вязущее	Песок	5 сут	7 сут	14 сут	28 сут		
1 мас. ч. гравелито-шлакового вязущего (гравий:шлак = 40:60)	–	24,3	30,3	39,8	57,6	15	100,5
	1	25,9	31,6	42	53,7	11,3	94,1
	2	4,4	19,6	34	50	9,4	75,2
	3	1,5	5	19,2	36,2	8,9	63
1 мас. ч. глауконито-шлакового вязущего (глауконитовый песчаник:шлак = 40:60)	–	36,5	44,2	52,8	69	15,5	110,2
	1	31,9	40,1	45,4	52,6	12,2	88
	2	26,7	27,2	39,3	49,7	11,3	74
	3	14,4	21,2	28,2	41,7	10	57,6

нить функцию основного цементирующего вещества для получения высоких значений прочности материала. На основании топологических расчетов установлено, что шлаковые частицы не в состоянии образовать перколяционный каркас в структуре композиционного вязущего, когда матрица формируется из частиц минеральной породы.

Показателем для обоснования высокой иницирующей функции шлака является сравнение минерально-шлаковых и минерально-цементных композиций. Гравелито-цементные композиции с соотношением цемент:гравелит = 1:9 после 28 сут нормального твердения имели прочность при сжатии 32 МПа. После прогрева при 250°C их прочность возросла до 53 МПа, что практически в 2 раза ниже гравелито-шлаковых.

Более высокие показатели прочности гравелито-шлаковых композиций получены при повышении содержания шлака до 20%. При этом прочность возрастает пропорционально плотности. Гравелито-шлаковые формовочные смеси с соотношением шлак:гравий = 1:4, с формовочной влажностью 12% и добавкой щелочи NaOH в количестве 2% прессовались при удельных давлениях: 5, 10, 15 и 25 МПа. Кинетика нарастания прочности в воздушно-влажностных условиях и после сухого прогрева образцов с 28-суточной прочностью при 250°C представлена в табл. 1.

Как следует из табл. 1, прирост прочности после термообработки не превышает во всех случаях четырехкратного значения (3,1–3,5). Однако абсолютные значения прочности образцов, прессованных при давлении 25 МПа, существенно увеличились. Для этих образцов объемное водопоглощение при средней плотности композита 1810 кг/м³ составило 32%. Если принять, что пористость равна объемному водопоглощению, то приведенная прочность в условно-плотном состоянии ориентировочно равна 203 МПа, что сопоставимо с прочностью высокопрочных горных пород. Для сравнения приведем значения прочности цементного камня, полученного при полусухом прессовании цемента М500 Д0 при давлении 500 МПа и влажности 9,8%. Через 28 сут нормального твердения прочность при сжатии составила 267 МПа. Можно полагать, что при таком давлении и

влажности гравелито-шлаковые композиты могут иметь прочностные показатели, близкие к цементному камню.

Приведенные результаты значительного повышения прочности гравелито-шлаковых композиций относятся к мягкому термическому воздействию на образцы после 28-суточного твердения. Естественно, что такой сложный технологический процесс получения геотрашковых полимеров не может быть реализован на практике. Для практической реализации технологии необходим предварительный ускоренный режим тепловлажностной обработки композиционных материалов при температуре 70–90°C. Экспериментальные результаты свидетельствуют, что гравелито-шлаковые образцы (шлак:гравий = 1:4) при всех аналогичных рецептурных и технологических параметрах изготовления после пропаривания при температуре 80°C по режиму 4+3+остывание имели прочность 20,5 МПа. После сушки при 105–110°C прочность повысилась до 89,9 МПа, а после прогрева при 250°C – до 108,8 МПа.

Таким образом, технология изготовления высокопрочных геотрашковых полимеров сводится к двухстадийной тепловой обработке: тепловая обработка в гидротермальных условиях для протекания гидратационного твердения, последующая сушка при 105–110°C или сухой прогрев при 150–250°C, что может быть реализовано в одном тепловом аппарате.

Высокие прочностные показатели достигаются не только на прессованных, но и на виброуплотненных композициях. Снижение прочности неизбежно, если в минерально-шлаковое вязущее вводятся заполнители. В табл. 2 представлены результаты испытания песчаных бетонов на двух минерально-шлаковых вязущих. Водовязущее отношение во всех составах было 0,25, массовая доля щелочи 2%. Использовались молотые глауконитовый песчаник с S_{уд} = 1300 м²/кг, гравий с S_{уд} = 910 м²/кг, шлак с S_{уд} = 440 м²/кг. Мелким заполнителем служил сурский песок. Образцы формовались на виброплощадке.

Результаты испытаний (табл. 2) свидетельствуют, что с увеличением содержания шлака в смеси с 10–20 до 60% образцы из смешанного вязущего имеют высокие показатели прочности через 28 сут нормального твердения, хотя пористость их ниже, чем прессованных. Эффективность

Таблица 3

Силицитовая порода	S _{уд} , м ² /кг	Прочность при сжатии, МПа, в возрасте, сут					Водопоглощение, мас. %	R _{сж} после термообработки при 150°C, МПа
		1	3	7	14	28		
Песок сызранский (Самарская обл.)	100	8,4	14,4	18,1	25,3	28,8	15,2	69,2
	500	7,4	13,1	17,9	23,3	25,8	18,2	74,7
	900	6,9	14,1	18	26,2	30,9	19,1	115,8
Песчаник Архангельского месторождения (Пензенская обл.)	120	8,1	14,4	20,1	26,2	28,9	19,5	44,2
	1060	7,4	15,7	21,3	28,6	31,1	21	63,8
Глауконитовый песчаник (Пензенская обл.)	120	18,3	24,7	34,8	37,3	39,8	16,9	66,7
	530	19,4	22,2	29,4	35,1	46,1	21,6	82,2
	1300	4,2	21,1	46,3	68,2	70,6	20,8	122,2
Халцедон Иссинского месторождения (Пензенская обл.)	100	9,5	22,2	27,4	29,1	31,8	16,9	73,3
	770	16,4	24,7	28,4	37,4	41,1	17,5	89,4
	1100	12,1	22,2	48,2	57,8	70,4	20,4	152,2

сухого прогрева при 105°C снижается, хотя прочность при сжатии превышает 100 МПа. В песчаных бетонах состава 1:1 и 1:2 нормального твердения прочность понижается не столь значительно по сравнению с понижением прочности высушенных образцов. Сильно наполненные, наиболее экономичные песчаные бетоны состава 1:3 после прогрева обладают достаточно высокой прочностью, не уступающей прочности песчанистого бетона состава 1:3 на цементном вяжущем.

Представляет интерес проанализировать кинетику нарастания прочности минерально-шлаковых вяжущих, изготовленных на различных породах осадочного происхождения в зависимости от их дисперсности. Композиты изготовлялись методом прессования при давлении 15 МПа из следующих составов: порода:шлак = 40:60, массовая доля щелочи 2%; формовочная влажность смесей составляла 12%. Результаты (табл. 3) свидетельствуют о том, что для всех пород с увеличением их дисперсности прочностные показатели при воздушно-влажностном твердении увеличиваются. Более заметный прирост прочности характерен после прогрева образцов при 150°C. Из исследованных пород наиболее активны глауконитовый песчаник и полиморфная модификация кварца – халцедон.

Таким образом, показана возможность получения принципиально новых видов высокопрочных вяжущих из модифицированных дисперсных горных пород. Вследствие совместного каталитического воздействия малых добавок шлака и щелочи NaOH в количестве 2% при повышении температуры выше температуры кипения предельно-насыщенного в микрокапиллярах раствора щелочи (150°C) ускоренно протекает синтез высокопрочных цементирующих соединений. При этом проявляется радикальная активирующая роль шлака в отвердевании предельно-наполненных горными породами композиций. Поэтому отношение к шлаку как активирующему началу для создания геополимеров из горных пород должно быть пересмотрено. И чем быстрее произойдет такая позитивная переоценка, тем значительнее будет вклад в экономику строительной индустрии.

Проведенные исследования позволяют прогнозировать зачаточное развитие новых минерально-шлаковых композиционных строительных материалов, и особенно геошлакосинтетических. Это обусловлено следующими факторами:

- прогрессирующим накоплением минеральных отходов горно-добывающих и рудно-обогачительных производств;
- достаточным количеством шлаков, которые оказывают в малом количестве иницирующее действие

на процессы отвердевания горных пород в минерально-шлаковых композициях;

- минимальным расходом щелочных активаторов;
- улучшением отдельных физико-технических и функциональных свойств в сравнении со шлакощелочными вяжущими с большими дозировками щелочных активаторов;
- возможностью замены щелочей путем проведения в объеме композиционных шлаковых вяжущих реакций каустификации соды известью;
- возможностью снижения содержания шлака до 10–20% в минерально-шлаковом вяжущем при оптимальном химико-минералогическом соотношении шлака и горной породы;
- малыми затратами тепла по сравнению с расходами его при производстве извести и цемента;
- высокими физико-механическими свойствами.

Список литературы

1. *Калашиников В.И., Нестеров В.Ю., Хвастунов В.Л., Комохов П.Г., Соломатов В.И., Марусенцев В.Я., Тростянский В.М.* Глиношлаковые строительные материалы. Пенза: ПГАСА. 2000. 206 с.
2. *Калашиников В.И., Хвастунов В.Л., Карташов А.А.* Сравнительная оценка виброуплотненного и вибропрессованного глиношлакового и карбонатно-шлакового безобжигового кирпича различного назначения // Монография. Депонировано в ФГУП ВНИИТП. 2003. 114 с.
3. *Калашиников В.И., Хвастунов В.Л., Москвин Р.Н.* Формирование прочности карбонатно-шлаковых и каустифицированных вяжущих // Монография. Депонировано в ФГУП ВНИИТП. 2003. 158 с.
4. *Калашиников В.И.* Использование дисперсных гравелитовых пород в качестве основного структурообразующего компонента минерально-шлаковых вяжущих // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: Сб. научных трудов Международной научно-технической конференции. Пенза: 18–19 мая, 2004. С. 121–126.
5. *Калашиников В.И., Хвастунов В.Л., Карташов А.А., Москвин Р.Н., Тростянский В.А.* Сравнительная оценка прочностных и деформационных характеристик мелкозернистых бетонов на основе композиционных минерально-шлаковых вяжущих // Композиционные строительные материалы. Теория и практика: Сб. научных трудов Международной научно-технической конференции. Пенза. 18–19 мая, 2004. С. 114–117.

А.А. ЕРОФЕЕВА, инженер, Е.А. МОРОЗОВ, канд. техн. наук, В.Н. ШИШКИН, д-р хим. наук, В.Т. ЕРОФЕЕВ, д-р техн. наук, член-корр. РААСН, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева (г. Саранск)

Каркасные полимербетоны на основе модифицированных эпоксидных вяжущих

В настоящее время задача увеличения объемов выпуска долговечных и эффективных материалов композиционного типа, способных обеспечить длительную и надежную работу конструкций и сооружений в агрессивных средах, становится чрезвычайно актуальной. Радикальным способом повышения долговечности композиционных материалов и изделий является применение композитов на полимерном вяжущем. В последнее время в строительной отрасли широкое применение находят модифицированные эпоксидные композиты. В качестве модификаторов предложено большое количество соединений: хлорпарафин, дибутилфталат, каучуки, трикрезилфосфат и т. д. [1].

В работах [2, 3] предложено для модификации эпоксидных смол использовать карбамидные смолы. Предпосылками химической совместимости эпоксидной и карбамидной смол являются свойства функциональных групп этих олигомеров. Однако такие компаунды имеют повышенные физико-механические свойства только после высокотемпературного отверждения. Для низкотемпературного отверждения и в условиях нормальных температур и влажности в их состав необходимо вводить добавки. Установлено, что в качестве таких добавок могут быть использованы амидополиамины.

Технология получения полимербетонов включает совмещение компонентов, образующих материал и его укладку в форму или на основание. Полиструктурная теория предполагает раздельную технологию приготовления композитов, которая привела к созданию каркасных полимербетонов [4]. В соответствии с данной технологией отдельно готовится полимерное связующее в скоростном смесителе; одновременно в основном смесителе компонуется смесь заполнителей, которая потом совмещается со связующим. После укладки полученной каркасной смеси и отверждения пустоты между зернами заполняются матричной составяющей. При этом для каркаса могут применяться связующие, отличные по природе от

связующих пропиточных матриц. Такая технология позволяет эффективно управлять структурой и свойствами композиционных материалов. В этой связи перспективным направлением дальнейшего внедрения строительных композитов на полимерном вяжущем является получение материалов каркасной структуры на модифицированных эпоксидных связующих с применением местных заполнителей. Каркасная технология позволяет уменьшить стоимость и трудозатраты при изготовлении композитов, снизить усадку и повысить трещиностойкость покрытий и строительных изделий.

При исследовании свойств композиционных материалов в качестве связующего использовали эпоксидную смолу марки ЭД-20. Отвержденные композиции производили полиэтиленполиамином (ПЭПА). В качестве модифицирующих добавок применяли карбамидную смолу марки КФЖ, а в качестве амидопроизводных соединений использовали специально синтезированные добавки низкомолекулярных полиамидных смол типа «Телаз», получаемые методом поликонденсации непредельных кислот растительных масел с полиаминами. Заполнителями служили: гранулы полиэтилена, полиамида и поликарбоната, а также известняковый и гранитный щебень, бой стекла и кирпича.

С целью установления структурных превращений в системе эпоксидная смола–отвердитель–модификаторы проведены исследования методом инфракрасной спектроскопии, основанном на поглощении отдельных функциональных групп в ИК-области 2000–3700 см⁻¹.

Полученные с помощью ИК-спектроскопии результаты хорошо согласуются с исследованиями упруго-прочностных свойств эпоксидных композитов в зависимости от содержания отвердителя и модификаторов. Так, при увеличении содержания ПЭПА свыше 12–13 мас. ч. на 100 мас. ч. смолы уменьшается прочность композита при одноосном сжатии и растяжении при изгибе. При содержании 8–12 мас. ч. ПЭПА

в отверждаемом образце эпоксидные группы почти полностью расходуются, и последующих реакций с образованием группы (ОН)⁻ не наблюдается. Дальнейшее увеличение содержания отвердителя заключается только в его пластифицирующем действии.

Полученные результаты свидетельствуют, что амидополиамины типа «Телаз» участвуют за счет аминной группы в раскрытии концевых эпоксидных групп исходной смолы, присоединяясь к макромолекулам, и являются в данном случае модификаторами эпоксидных композиций. При введении в состав эпоксидного полимера КФЖ количество свободных эпоксидных групп не уменьшается, а даже несколько увеличивается. Эти факты говорят о том, что КФЖ не участвует в образовании пространственных сшивок в выбранных условиях эксперимента и даже несколько уменьшает их плотность. КФЖ выполняет в эпоксидных композициях при низкотемпературном аминном отверждении только роль пластификатора, облегчая взаимные перемещения агрегатов макромолекул. При совместном введении в эпоксидную композицию добавок типа «Телаз» и КФЖ количество свободных эпоксидных групп уменьшается, что свидетельствует о возрастании количества пространственных сшивок. С помощью физико-химических и механических методов установлено, что добавка КФЖ увеличивает эластичность, но уменьшает прочность эпоксидных композитов, в то время как совместное введение карбамидной смолы и амидополиаминов приводит к получению более прочных композитов с требуемой эластичностью.

Методом математического планирования эксперимента оптимизированы составы эпоксидных композитов от количественного содержания карбамидной смолы (x₁) и амидополиамины (x₂). В качестве оптимизируемых параметров рассматривали прочность и деформативность. Матрица планирования и результаты эксперимента приведены в табл. 1.

После статистической обработки результатов эксперимента были по-

строены графики зависимости показателей прочности и деформативности эпоксидных связующих от содержания модифицирующих добавок (рис. 1 а, б).

Из графиков прочности и деформативности следует, что при введении рассмотренных модифицирующих добавок происходит улучшение соответствующих показателей. Оптимальное содержание карбамидной смолы и амидополиамина составляет соответственно 8–10 и 3–5 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы.

Стойкость матричных композитов в агрессивной среде оценивали по изменению показателей массосодержания, разрушающего напряжения при сжатии и растяжении. Для проведения испытаний были изготовлены образцы различных составов (табл. 2).

Образцы с вышеперечисленными компонентами были выдержаны в течение 183 сут в воде, 10 % серной кислоте и гидроксиде натрия. Согласно результатам исследования наиболее агрессивной средой, способствующей потере прочности материалов, является водный раствор гидроксида натрия.

Наиболее высокое массопоглощение характерно для эпоксидных композитов, в которых присутствует только добавка карбамидной смолы, причем играет роль ее количественное содержание: если при введении 5 мас. ч. КФЖ массосодержание относительно контрольного состава имеет показатель 0,95, то при 10 мас. ч. – 1,37 за 30 сут испытаний. Наибольшее массопоглощение эпоксидно-карбамидных композитов происходит в растворе серной кислоты, а наименьшее – в растворах щелочей. Уменьшение массопоглощения агрессивных жидкостей достигается при введении добавки «Телаз». Рассматриваемые добавки препятствуют снижению поверхностного натяжения полимеров и тем самым замедляют развитие микротрещин, уменьшают поглощение жидкости композитом.

Стойкость к биологически агрессивной среде эпоксидных композитов, модифицированных карбамидной смолой и амидополиамином, оценивали по степени обрастания

Кодированные значения факторов		Натуральные значения факторов, мас.ч.		Относительная прочность при растяжении при изгибе, Ru0	Относительное удлинение
x_1	x_2	КФЖ	«Телаз»		
-1	-1	5	0	0,38	0,98
-1	-0,6	5	1	0,94	0,31
-1	-0,2	5	2	0,81	0,77
-1	0,2	5	3	1,5	1,38
-1	1	5	5	1,63	0,94
0	-1	7,5	0	0,44	1,15
0	-0,6	7,5	1	0,5	0,62
0	-0,2	7,5	2	1,13	1,98
0	0,2	7,5	3	1,44	2,54
0	1	7,5	5	1,06	1,77
1	-1	10	0	0,19	0,85
1	-0,6	10	1	1,06	1,38
1	-0,2	10	2	2,31	2,9
1	0,2	10	3	2,44	2,69
1	1	10	5	1,63	3,05

Примечание. Относительная прочность рассчитывалась как отношение прочности модифицированных составов к прочности составов без модификаторов.

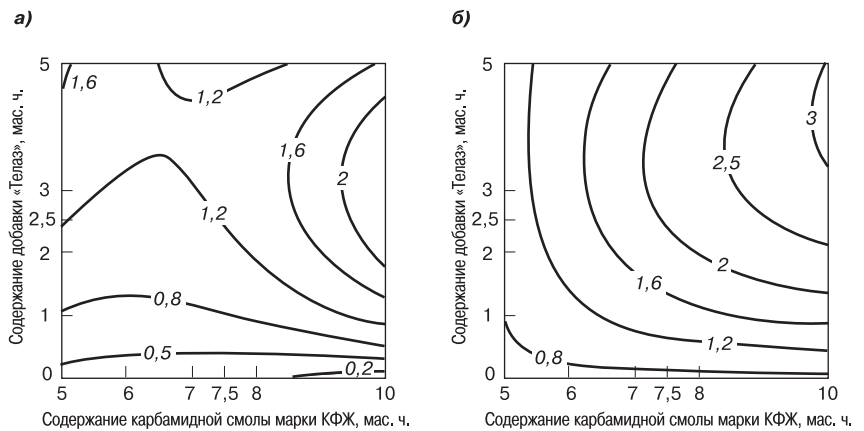


Рис. 1. Зависимость изменения относительного показателя прочности при растяжении (а) и относительного удлинения эпоксидных композитов (б) от содержания карбамидной смолы и амидополиамина

образцов по ГОСТ 9.049–91. Результаты испытаний приведены на рис. 2.

Модификация эпоксидных композитов КФЖ показала, что грибоустойкость исследуемых составов улучшается на 1 балл при введении 10 мас. ч. данной смолы. Добавление

«Телаз» в составы эпоксидных композитов дают лучший эффект. Наибольшая грибоустойкость достигается в том случае, когда вводится смола марки КФЖ в количестве 5 мас. ч. и добавка «Телаз» в количестве 3–5 мас. ч. на 100 мас. ч. связующего.

Таблица 2

Наименование компонентов	Массовые части компонентов																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ЭД-20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
ПЭПА	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
КФЖ	-	5	8	10	-	-	-	5	5	5	5	8	8	8	8	10	10	10	10	10
Телаз 1	-	-	-	-	3	5	-	-	3	5	-	-	3	5	-	-	3	5	-	-
Телаз А	-	-	-	-	-	-	3	5	-	-	3	5	-	-	3	5	-	-	3	5

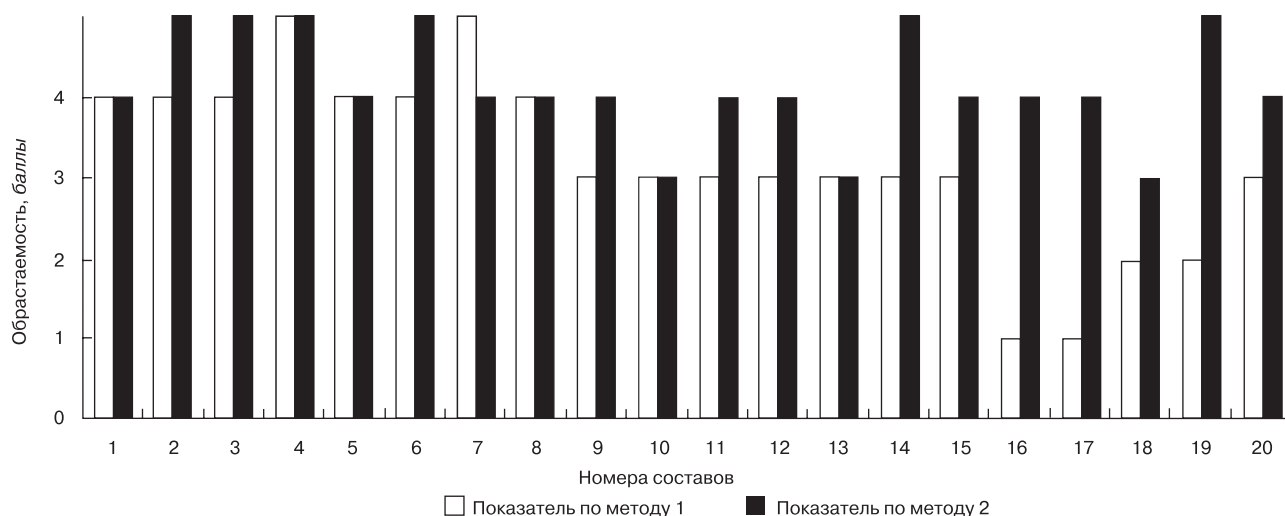


Рис.2. Зависимость изменения обрастемости по методу 1 и 3 модифицированных эпоксидных композитов от содержания КФЖ, добавок Телаз 1, Телаз 2

Одновременная модификация эпоксидных композитов смолой марки КФЖ и добавкой типа «Телаз» способствует повышению фунгицидных свойств разработанных составов.

Большое разнообразие заполнителей и матричных составов позволяют получать каркасные композиты с различными физико-механическими показателями. Испытаниями установлено, что наиболее высокую прочность при одноосном сжатии имеют каркасные полимербетоны на заполнителе из известнякового щебня (92,3 МПа), наиболее низкую – на заполнителе из полиэтиленовых гранул (24,3 МПа). Такие же данные получены в испытаниях при растяжении при изгибе. В зависимости от вида заполнителя деформативность составов меняется как в большую, так и в меньшую стороны: введение полимерных заполнителей приводит к снижению модуля деформации полимербетонов, а применение щебня на основе гранита и известняка, боя кирпича и стекла способствует повышению данного показателя. Осмотр разрушенных образцов на основе различных составов показал,

что у большей части полимерных композитов прочность адгезионных связей оказывается выше, чем у применяемых заполнителей.

Для оценки способности материалов сопротивляться динамическим нагрузкам были исследованы демпфирующие свойства полимербетонов на основе различных заполнителей. Материалы с высокой демпфирующей способностью способствуют уменьшению амплитуды колебаний, смягчают удары и тем самым приводят к снижению напряжений в конструкциях. Конструкционные качества материала оценивали величиной модуля потерь $E'' = \eta \cdot E$, где E – модуль деформации, определенный из статических испытаний, либо по частоте колебаний консольной балки размером $2 \times 2 \times 7$ см (модуль деформации пропорционален квадрату частоты); η – коэффициент демпфирования. При оценке по модулю потерь во внимание принимается как способность материала гасить колебания, так и его жесткость. Испытывались следующие составы: матричный композит (1); полимербетон на полиэтиленовом заполнителе (2); то же на

полиамидном (3); то же на поликарбонатном (4); то же на гранитном щебне (5); то же на известняковом щебне (6); то же на стеклобое (7); то же на кирпичном бое (8). Результаты исследований приведены на рис. 3.

Лучшими заполнителями с точки зрения повышения демпфирующих свойств полимербетонов являются полимерные (полиэтилен, полиамид и поликарбонат).

Износостойкость покрытий на основе каркасного полимербетона во многом определяется матрицей, заполняющей пустоты каркаса и образующей лицевую поверхность. Из рассмотренных составов лучшей стойкостью к истирающим воздействиям обладает состав на основе эпоксидной смолы ЭД-20, модифицированный карбамидоформальдегидной смолой и амидополиаминами в количестве соответственно 8–10 и 3–5 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы.

Таким образом, в результате проведенных исследований разработаны составы модифицированных эпоксидных композитов, обладающих улучшенными физико-техническими свойствами.

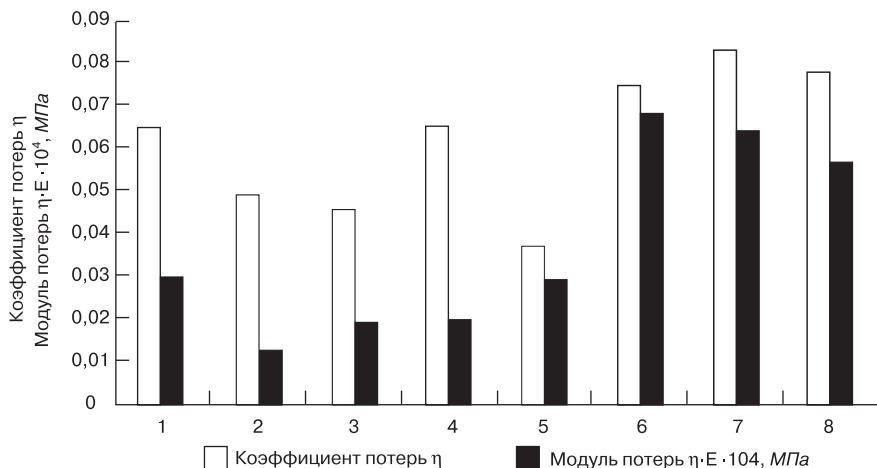


Рис.3. Демпфирующие свойства модифицированных эпоксидных полимербетонов каркасной структуры в зависимости от вида заполнителя

Список литературы

1. Соколова Ю. А., Готлиб Е. М. Модифицированные эпоксидные клеи и покрытия в строительстве. М.: Стройиздат, 1990. 174 с.
2. Ли Х., Невилл К. Справочное руководство по эпоксидным смолам. М.: Энергия, 1973. 416 с.
3. Мастики, полимербетоны и полимерсиликаты / Под ред. В.В. Патуроева, И.Е. Путляева. М.: Стройиздат, 1975. 223 с.
4. Ерофеев В.Т., Мищенко Н.И., Селяев В.П., Соломатов В.И. Каркасные строительные композиты: В 2 ч. Ч. 2 Химическое и биологическое сопротивление. Долговечность. Саранск: Изд-во Мордов. ун-та. 1995. 172 с.

И.Э. КОНДАКОВА, инженер, Л.С. ЯУШЕВА, А.Д. БОГАТОВ, кандидаты техн. наук, В.Н. ШИШКИН, д-р хим. наук, В.Т. ЕРОФЕЕВ, д-р техн. наук, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева (г. Саранск)

Эпоксидно-каменноугольные полимербетоны

Одними из наиболее эффективных связующих, позволяющих создавать строительные материалы с повышенными показателями физико-механических свойств и универсальной стойкостью в растворах кислот, щелочей и солей, являются полимеры, в частности эпоксидные смолы. Однако зачастую повышенная хрупкость эпоксидных композитов создает проблемы при их эксплуатации. С целью улучшения показателей деформативности их модифицируют различными соединениями. Эффективно применяются каучуки, фталаты, битумы, каменноугольная смола и др. [1, 2]. Опыт применения композиционных материалов на эпоксидно-каменноугольном связующем в качестве защитных покрытий бетонных, железобетонных и металлических поверхностей показал их надежность и достаточно высокую эффективность. Однако, несмотря на значительное количество работ по этой проблеме, многие вопросы структурообразования, оптимизации составов и технологии их изготовления остаются недостаточно изученными.

Были проведены исследования процессов структурообразования эпоксидно-каменноугольных связующих. Для сравнения рассмотрены другие модификаторы эпоксидных смол – дибутилфталат и нефтяной битум.

Исследования, проведенные методом ИК-спектроскопии, показали, что при введении в состав эпоксидной смолы каменноугольной смолы, битума, дибутилфталата и при отверждении данных композиций полиэтиленполиамином (ПЭПА) в ИК-спектрах отвержденных образцов качественных изменений не наблюдается за исключением образца с дибутилфталатом, для которого отмечено появление новой полосы поглощения при 1724 см⁻¹, характеризующей поглощение карбонильной группы в сложноэфирной группе са-

мого дибутилфталата. Для количественного сравнения полученных спектров рассчитана интенсивность наиболее характерной для эпоксидной группы полосы при 3001 см⁻¹ (полосы при 914 и 864 см⁻¹ менее характерны, поскольку в этих областях может находиться накладывающееся поглощение скелетных колебаний полимера) с использованием поглощения колебаний ароматического кольца при 1508 см⁻¹ как внутреннего стандарта (табл. 1).

Из данных этой таблицы следует, что в присутствии дибутилфталата интенсивность полосы поглощения при 3001 см⁻¹, характеризующей содержание свободных эпоксидных групп в отвержденном композите, увеличивается по сравнению с композитом без добавок (0,05 и 0,046 соответственно). Это свидетельствует об уменьшении пространственных сшивок в присутствии дибутилфталата. Введение в состав композита каменноугольной смолы и битума еще в большей степени уменьшают плотность пространственных сшивок. Эти факты говорят о том, что используемые добавки выполняют в эпоксидных композициях при низкотемпературном аминном отверждении роль пластификаторов, распределяясь между элементами структуры эпоксидной композиции и облегчая взаимные перемещения агрегатов макромолекул. Пластифицирующая способность увеличивается в ряду: дибутилфталат < каменноугольная смола < битум.

Данные физико-механических испытаний образцов показывают, что изученные добавки увеличивают эластичность, но уменьшают прочность эпоксидных композитов в вышеприведенном ряду, что полностью подтверждает полученные в настоящем исследовании выводы.

Известно, что эпоксидные смолы хорошо взаимодействуют с кислыми наполнителями, а каменноугольные – с основными. Для установления влияния природы наполнителя на физико-технические свойства эпоксидно-каменноугольных композитов рассмотрены наполнители с различным рН – кварцевый песок и тонкоизмельченный мрамор. В качестве варьируемых факторов рассматривались (табл. 2, 3): количественное содержание отвердителя (полиэтиленполиамина), содержание каменноугольной смолы, крупность наполнителя, степень наполнения и фактор, учитывающий степень взаимодействия (вид и соотношение) наполнителей. Свойства оценивались путем испытания призм размером 1х1х3 см.

После ранжирования средних значений всех рассматриваемых показателей было установлено, что эффект фактора X₄ незначим для всех показателей; X₁ незначим для показателей прочности при сжатии, растяжении и изгибе; X₃ незначим для показателя модуля упругости. Эффекты остальных факторов для всех показателей значимы. При использовании в качестве наполнителя кварцевого песка в сочетании с мраморным порошком в соотношении 1:1 происходит улучшение контактного взаимодействия эпоксидного связующего модифицированного каменноугольной смолой, при содержании каменноугольной смолы 20%. Введение каменноугольной смолы повышает деформативность, модуль упругости снижается на 13,5%. Модифицированные полимербетоны обладают достаточно вы-

Таблица 1

Связующее	Вид добавки			
	Отсутствует	Дибутилфталат (10)*	Каменноугольная смола (10)*	Битум (10)*
ЭД-16	0,087	–	–	–
ЭД-16 + ПЭПА (10 мас. ч.)	0,046	0,05	0,053	0,059

*Содержание добавки в мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы.

Таблица 2

Факторы	Обозначения	Уровни факторов	
		+1	-1
Содержание отвердителя, мас. ч.	X ₁	10	5
Содержание каменноугольной смолы, мас. ч.	X ₂	20	0
Крупность наполнителя	X ₃	0,315–0,63	0,14–0,315
Степень наполнения связующего	X ₄	1:3	1:1
Фактор, учитывающий степень взаимодействия (вид и соотношение) наполнителя	X ₅	А: кварцевый песок 100% В: песок на основе мрамора 100%, С: А–75%, В–25%, Д: А–50%, В–50%	

сокими прочностными показателями. Так, прочность при сжатии равна 54,6 МПа, а прочность при растяжении и изгибе – 14,9 МПа.

Получены качественные зависимости изменения свойств эпоксидных композитов от содержания каменноугольной смолы. При проведении эксперимента рассматривались составы с содержанием каменноугольной смолы в связующем от 5 до 40 мас. ч. на 100 мас. ч. эпоксидной смолы. В качестве наполнителя использовался кварцевый песок крупностью 0,315–0,63 мм, количественное содержание отвердителя – ПЭПА принималось из расчета 10% от массы эпоксидной смолы. Результаты испытаний показаны на графиках (рис. 1).

Анализ графических зависимостей показывает, что введение каменноугольной смолы в количестве до 5% приводит к повышению прочности при сжатии и при растяжении и изгибе. При большем содержании каменноугольной смолы происходит падение прочности. Добавка каменноугольной смолы способствует снижению модуля упругости эпоксидно-каменноугольных композитов. С увеличением содержания каменноугольной смолы до 40% происходит увеличение коэффициента водостойкости в 1,28 раза по сравнению с контрольным составом, которое, видимо, происходит за счет процессов взаимодействия эпоксидной и каменноугольной смол, способствующих повышению гидrolитической устойчивости.

Исследовано влияние природы растворителя на свойства эпоксидно-каменноугольного связующего. В качестве растворителей рассматривали ацетон, бензин, дизельное топливо, растворитель 646, скипидар, уайт-спирит. Контрольными по отношению к составам, состоящим из эпоксидно-каменноугольного связующего с включением растворителя, рассматривались составы на эпоксидной смоле без модифицирующей добавки и на эпоксидно-каменноугольном связующем, в котором отсутствовал растворитель (табл. 4).

Из результатов испытания следует, что в зависимости от природы растворителя физико-механические свойства композитов изменяются в широких пределах. Лучшие показатели прочности при сжатии соответствуют составам, в которых в качестве растворителей применялись растворитель 646, скипидар и бензин, а прочность при растяжении и изгибе выше при применении ацетона, растворителя 646, скипидара. Применение растворителей оправданно с технологических позиций, так как их использование позволяет производить процесс приготoвления эпоксидно-каменноугольных композитов без предварительного разогрева компонентов.

Решающая роль при создании композиционных материалов принадлежит наполнителю. Максимальные значения прочности и стойкости показывают композиты, получаемые сочетанием определенных

Таблица 3

Матрица планирования					Прочность при сжатии, МПа	Прочность при растяжении и изгибе, МПа	Модуль упругости, МПа
X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅			
+1	+1	+1	+1	A	49,7	14,9	5060
-1	+1	+1	+1	C	57,6	15	17380
+1	-1	+1	+1	B	35,2	8,5	11840
-1	-1	+1	+1	D	52,7	8,2	4263
+1	+1	-1	+1	B	39,2	11,7	5120
-1	+1	-1	+1	D	54,9	11,7	14530
+1	-1	-1	+1	C	29,6	8	5500
-1	-1	-1	+1	A	30,6	6,1	6930
+1	+1	+1	-1	C	57,9	13,5	12690
-1	+1	+1	-1	A	41,9	11,2	15780
+1	-1	+1	-1	D	35,3	5,6	15950
-1	-1	+1	-1	B	44,8	7,4	11740
+1	+1	-1	-1	D	54,6	14,9	17710
-1	+1	-1	-1	B	27,6	6,9	9570
+1	-1	-1	-1	A	20,5	2,9	6140
-1	-1	-1	-1	C	27,8	4,8	5450

Таблица 4

Вид растворителя в модифицированных составах	Предел прочности при сжатии, МПа	Предел прочности при растяжении и изгибе, МПа
Без модификатора	104,7	78,5
Ацетон	77,5	72,4
Бензин	89,2	52,3
Ацетон + бензин (1:1)	85	57,4
Дизельное топливо	87	51,8
Растворитель 646	96,4	68,6
Скипидар	90,7	65
Уайт-спирит	84,4	56,9
Без растворителя	96,7	63,5

пар вяжущее – наполнитель. Для оценки влияния вида минеральных наполнителей на свойства наполненных эпоксидно-каменноугольных композитов были проведены сравнительные исследования. В качестве наполнителей применяли кварцевый песок и измельченные порошки известняка, боя стекла, мрамора и керамического кирпича. Крупность наполнителя была принята равной 0,315–0,63 мм, наполнитель вводился в количестве, обеспечивающем соотношение, связующее/наполнитель, 1:1. Прочностные свойства композитов приведены в табл. 5.

Из рассмотренных эпоксидно-каменноугольных наполненных композитов наибольшая прочность при сжатии и растяжении при изгибе свойственна композитам, наполненным известняком.

Значительное влияние на свойства композиционных материалов оказывает дисперсность и количественное содержание наполнителя (рис. 2).

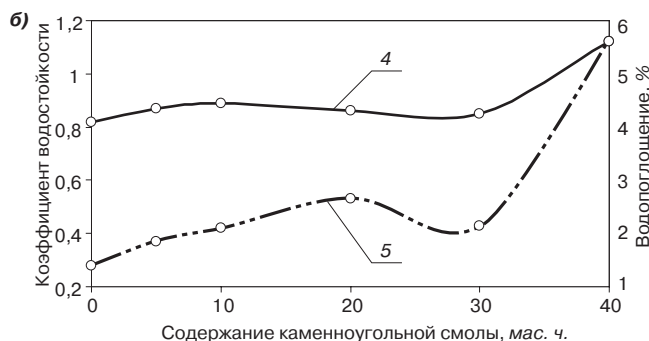
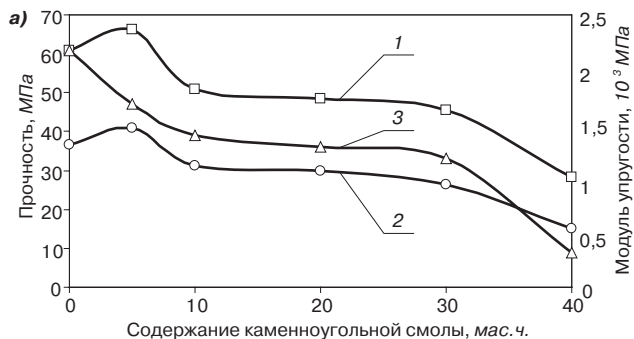


Рис. 1. Зависимость изменения предела прочности при сжатии (1), при растяжении и изгибе (2), модуля упругости (3) (а) и коэффициента водостойкости (4), водопоглощения (5) (б) от количественного содержания каменноугольной смолы в эпоксидном связующем



Рис. 2. Зависимость изменения прочности при сжатии и при растяжении и изгибе эпоксидно-каменноугольных композитов от содержания и дисперсности наполнителя: 1 – фракция наполнителя < 0,071 мм; 2 – фракция 0,071–0,14; 3 – фракция 0,14–0,315; 4 – фракция 0,315–0,63

Из графических зависимостей следует, что наибольшая прочность соответствует композитам, наполненным порошками высокой дисперсности (фракция < 0,071 мм), с отношением Н/В, равном 2–3.

С целью установления влияния добавки каменноугольной смолы на химическую и биологическую стойкость эпоксидных композитов были проведены исследования эпоксидно-каменноугольных композитов, содержание каменноугольной смолы в которых варьировали от 5 до 40%. Наполнителями служили: кварцевый песок, порошки на основе боя стекла и известняка, а также портландцемент. Крупность наполнителей была принята равной 0,315–0,63 мм, а дисперсность портландцемента была 310 м²/кг. Исследуемые составы приведены в табл. 6.

Установлено, что введение каменноугольной смолы повышает водостойкость эпоксидных композитов. При содержании каменноугольной смолы в количестве 10% водостойкость повышается на 20% по сравнению с композитами на немодифицированном связующем. Наибольшей водостойкостью обладают составы, наполненные кварцевым песком. Модификация эпоксидного связующего каменноугольной смолой в количестве до 40% повышает стойкость в растворах кислот почти на 40%. Длительными испытаниями в течение 6 мес установлено, что наибольшей стойкостью в растворах кислот обладают составы, наполненные кварцевым песком. Каменноугольная смола положительно влияет

и на химическое сопротивление эпоксидно-каменноугольных связующих в растворах едкого натра. Стойкость модифицированных композитов больше на 15% по сравнению с немодифицированными. Наибольшей стойкостью в растворах 10% гидроксида натрия обладают также составы, наполненные кварцевым песком.

Проведены исследования биологической стойкости эпоксидно-каменноугольных композитов в зависимости от содержания каменноугольной смолы (5–10%) в связующем и вида фунгицидных добавок. При выполнении исследований в качестве наполнителя использовался кварцевый песок, который вводился в количественном соотношении 1:1 к связующему.

Испытания образцов на грибостойкость и наличие фунгицидных свойств проводились в соответствии с ГОСТ 9049–91. В качестве тест-организмов использовались следующие виды микромицетов: *Aspergillus oryzae* (Ahiburg) Cohn, *Aspergillus niger* varq Tiegheem, *Aspergillus terreus* Thom, *Chaetomium globosum* Kunze, *Paecilomyces varioti* Bainier, *Penicillium funiculosum* Thom, *Penicillium chrysoqenum* Thom, *Penicillium cyclopium* Westling, *Trichoderma viride* Peis, ex Fr. Испытания проводились методами 1 и 3.

В качестве фунгицидных добавок в составах эпоксидно-каменноугольных композитов использовались растворы нитрофунгина и «Тефлекс». Установлено, что введение нитрофунгина до 2% не оказывает влияния на повышение грибостойкости. При увеличении содержания нитрофунгина от 3 до 5% грибостойкость повышается для состава, наполненного кирпичным боем и ненаполненных составов; при дальнейшем повышении содержания нитрофунгина его фунгицидное действие снижается. Введение «Тефлекса» более эффективно: при его добавлении в количестве 2% достигаются грибостойкие свойства, а при введении 10% и более – фунгицидные. Применение фунгицидных составов позволяет исключить заселение строительных конструкций микроорганизмами и улучшить экологическую ситуацию в зданиях и сооружениях.

Таким образом, в результате выполненных экспериментальных исследований разработаны составы на эпоксидно-каменноугольном связующем, пригодные для эксплуатации в условиях воздействия воды, водных растворов кислот, щелочей и микроскопических организмов. Разработанные композиты позволяют, кроме того, увеличить прочность, деформативность и трещиностойкость строительных материалов и изделий.

Список литературы

1. Соколова Ю.А., Е.М. Готлиб. Модифицированные эпоксидные клеи и покрытия в строительстве. М.: Стройиздат. 1990. 178 с.
2. Хозин В.Г. Усиление эпоксидных полимеров. Казань: Изд-во Дом печати. 2004. 446 с.

Таблица 5

Вид наполнителя	Предел прочности, МПа	
	при сжатии	при растяжении и изгибе
Без наполнителя	68,7	9,2
Кварцевый песок	83,2	20,9
Известняк	140,8	22,7
Мрамор	133,9	17
Кирпичный бой	117,3	21,4
Стеклобой	111,1	20,9

Таблица 6

Компоненты	Содержание компонентов в составах, мас. ч.									
	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Эпоксидная смола марки ЭД-16	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Полиэтиленполиамин	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Каменноугольная смола	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Кварцевый песок	300	300	300	300	300	300				
Портландцемент								300		
Известняк									300	
Стеклобой										300

Д.И. ГЛАДКОВ, Л.А. СУЛЕЙМАНОВА, кандидаты техн. наук,
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова;
А.Г. СУЛЕЙМАНОВ, директор ООО «Строительная компания ЖБК-1» (Белгород)

К оценке морозостойкости бетона

Морозостойкость является очень важной характеристикой бетона и во многом определяет долговечность многих железобетонных конструкций, работающих на открытом воздухе.

В соответствии с ГОСТ 10060 морозостойкость — это способность бетона сохранять физико-механические свойства на заданном уровне при многократном замораживании и оттаивании. В действительности сопротивляемость бетона любому разрушению обеспечивается его прочностью, ибо прочность — это интегральная величина энергии внутренних связей в материале с конкретной структурой, обеспечивающая целостность структуры бетона, его тождественность самому себе и способность сопротивляться разрушению от воздействия различных факторов [1].

Если материал не обладает прочностью, то ни о каком его сопротивлении воздействию мороза не может быть и речи. С.А. Мироновым, В.М. Москвиным [2, 3] и другими учеными экспериментально установлено, что чем выше прочность бетона в момент начала воздействия мороза, тем он эффективнее сопротивляется разрушению.

Так, если свежесплавленный бетон замораживается до начала схватывания бетонной смеси, то его структура нарушается в большей степени. По мере упрочнения материала разрушительное действие мороза снижается. Наконец, при достижении бетоном некоторой критической прочности, составляющей 30–50% от класса для бетона классов соответственно В50–В7,5 считается, что он приобретает способность сопротивляться разрушительному воздействию мороза в наибольшей степени.

Это связано с тем, что прочность является фундаментальной энергетической основой бетона, других материалов и их свойств, критерием их образования и существования, обеспечивает целостность их структуры, тождественность самим себе, определяет способность материалов сопротивляться разрушению от воздействия различных факторов и закономерности их разрушения.

Прочность и стойкость — это идентичные понятия. Поэтому, когда говорят просто о прочности бетона, то это значит, что бетон находился в нормальных условиях или близких к ним. Если речь идет о морозостойкости, коррозионной стойкости, биостойкости бетона и т. д., то в этих случаях имеется в виду та же прочность бетона, но находившегося в условиях воздействия мороза и агрессивных сред. Таким образом, морозостойкость, коррозионная стойкость бетона и т. д., по сути, должны иметь и такое же определение, как прочность — интегральная величина энергии внутренних связей в материале с конкретной структурой.

Какова величина энергии внутренних связей в бетоне с конкретной структурой, такова при прочих равных условиях и его способность сопротивляться разрушению при воздействии мороза, что и оценивается именно по изменению прочности материала. Это

подтверждается нашими исследованиями и многих других ученых.

Так, учеными установлено, что в сравнимых условиях между В/Ц, морозостойкостью, коррозионной стойкостью и прочностью бетона существует идентичная зависимость — с уменьшением В/Ц прочность и стойкость бетона в условиях действия мороза, агрессивных сред и других факторов возрастают [1, 4, 5, 6]. А поэтому прочность бетона является критерием оценки состояния бетона и железобетонных конструкций, работающих в различных условиях — при попеременном увлажнении и высушивании, замораживании и оттаивании, воздействии разных агрессивных сред. Это единственно надежный и прямой критерий, по которому можно судить о степени разрушения структуры материала и его остаточных потенциальных возможностях.

При проектировании и изготовлении железобетонных конструкций с целью обеспечения высокой надежности обязательно должно обеспечиваться условие неукоснительного выдерживания класса бетона по прочности при сжатии. Аналогичное условие должно соблюдаться и при обеспечении морозостойкости бетона. Поэтому марка по морозостойкости должна определяться такой прочностью и конкретным режимом испытания по ГОСТ 10060, при котором в бетоне не достигается критического объема микроразрушений, после чего начинается снижение прочности.

Одним из основных факторов, вызывающих разрушение насыщенного водой или растворами солей бетона, является переход воды или раствора в лед с увеличением в объеме примерно на 9%. Однако известно, что вода превращается в лед в капиллярах разного размера при различной температуре. Например, в капиллярах диаметром 1,57 мм при температуре $-6,4^{\circ}\text{C}$, диаметром 0,15 мм при $-14,6^{\circ}\text{C}$, диаметром 0,06 мм при -18°C . В соответствии с этой зависимостью при размере капилляра порядка 0,03 мм температура замерзания воды составит примерно -21°C , а при меньшем размере и того ниже. Следовательно, объем воды, который перейдет в лед, и степень разрушения материала при капиллярах разного, указанного выше размера будут различными. Если же капилляры диаметром 0,03 мм и менее будут преобладающими в бетоне, например за счет введения в смесь соответствующих микрогазообразующих добавок, то вода в них вообще не превратится в лед при гостовском режиме испытания образцов (температура замораживания -20°C). Это значит, что стандартная морозостойкость бетона в этом случае будет весьма высокой, а реальная морозостойкость бетона, например в северных районах России, может быть более низкой, то есть если температуру замораживания понизить до -30 – 40°C , результаты испытания могут быть иными. Таким образом, режимы испытания бетона на морозостойкость по ГОСТ 10060 должны быть более обоснованными и увязанными с реальными условиями северных, южных районов и средней полосы России.

Следует обратить внимание на форму испытываемых образцов и методику их испытания по ГОСТ 10060.

В применяемой на сегодня методике испытания бетона в качестве образцов используются бетонные кубы, что на наш взгляд неоправданно и вносит большие погрешности в результате испытаний.

Во-первых, наиболее достоверно характеризует прочность бетона в конструкциях призматическая, а не кубиковая прочность. Именно призматическая прочность является основной при расчете несущей способности конструкции. Кроме того, форма и размеры образцов оказывают влияние на результаты испытаний.

Во-вторых, для оценки состояния бетона при воздействии мороза испытываются несколько серий кубов, а поэтому на точность оценки морозостойкости оказывает влияние неоднородность бетона по прочности и тем в большей степени, чем менее однороден материал. Коэффициент вариации прочности тяжелого бетона в партии, состоящей из n -го количества серий, может достигать 16%. Такова возможная и достаточно большая погрешность, связанная с неоднородностью материала, которая может иметь и имеет место при испытании его на морозостойкость.

В-третьих, при проведении испытаний определяется только один параметр — прочность бетона при сжатии, хотя при проведении долговременных и трудоемких испытаний бетона на морозостойкость целесообразно получать максимум и другой объективной информации (величины деформации, модуля упругости и т. д.) об изменении состояния материала в таких условиях, а не только данные о его прочности. Поэтому предлагается испытывать вместо нескольких серий кубов всего три бетонные призмы и наблюдать за их поведением в определенной среде в течение всего срока испытаний в соответствии с предлагаемой методикой, что полностью исключает влияние неоднородности бетона на конечные результаты.

По предлагаемой методике изготавливается шесть бетонных призм размером $10 \times 10 \times 40$ см. Перед испытанием на морозостойкость 2–3 призмы (в зависимости от конкретных условий) испытывают на сжатие по стандартной методике со снятием диаграммы $R-\epsilon$ для определения величины работы, необходимой для разрушения данного бетона единичного объема. В дальнейшем на морозостойкость испытывают только 2–3 призмы, которые перед началом испытаний загружают нагрузкой $0,2-0,6 R_{пр}$ с замером их деформаций как минимум при двух уровнях нагрузки, например с помощью индикаторов часового типа или другими способами.

При автоматической записи диаграммы $R-\epsilon$ процесс построения этой зависимости упрощается. После определенного цикла воздействия мороза снова измеряют деформации тех же испытываемых призм при указанной выше нагрузке, которые будут выше первоначальных, если бетон разрушается, и так далее. При этом чем менее морозостойкий бетон, тем при прочих равных условиях будут больше его деформации и меньше модуль упругости [1].

При всем многообразии факторов, влияющих на процесс разрушения бетона при воздействии мороза, интегральным критерием оценки его морозостойкости должна быть и является прочность как энергетическая основа материала. В соответствии с ГОСТ 10060 марка по морозостойкости F характеризуется минимальным числом циклов замораживания и оттаивания образцов бетона, испытанных по базовым методам, при котором сохраняются его физико-механические свойства в нормируемых пределах, в частности для тяжелого бетона прочность должна снижаться не более чем на 5%, а для легких бетонов с морозостойкостью, равной или менее $F50$, — не более чем на 15%.

В ГОСТе предыдущих лет допускалось снижение прочности до 15%, причем все эти параметры являются

произвольными и научно необоснованными. Тем более что допускаемое в последнем ГОСТе снижение прочности тяжелого бетона до 5% является незначительным и находится в пределах ошибки опыта. Поэтому на наш взгляд надежнее и обоснованнее было бы, если бы марка бетона по морозостойкости определялась такими структурой, прочностью и конкретным режимом испытаний по ГОСТ 10060, при которых снижение прочности сводилось бы к нулю, а проектный класс бетона оставался бы неизменным при достижении марочного числа циклов замораживания и оттаивания. Никакого уменьшения прочности бетона при испытании на морозостойкость допускать нельзя, ибо это автоматически приведет к снижению надежности конструкций при неизменном коэффициенте вариации прочности. При проектировании железобетонных конструкций должна обеспечиваться их высокая надежность, однако ГОСТ 10060 узаконивает ее снижение, что недопустимо.

Высокой морозостойкости бетона можно достичь известными способами [3, 6 и др.]. Если же получение бетона с заданной морозостойкостью проблематично, например из-за отсутствия требуемых материалов или по другим причинам, то нами предлагается следующий, как нам представляется, достаточно обоснованный подход к решению этого вопроса. Если, например, прочность бетона класса $B30$ при коэффициенте вариации 13,5% составляет 38,6 МПа (не менее), то она, а следовательно, и класс бетона с целью обеспечения надежности конструкций должна строго выдерживаться до конца проектного срока эксплуатации сооружений даже, например, при воздействии мороза. Чтобы реально исключить все возможные случаи снижения надежности конструкции в данном случае при обеспечении марки бетона по морозостойкости, например $F300$, необходимо предварительно определить фактическую степень снижения прочности бетона после 300 циклов замораживания и оттаивания по ГОСТ 10060 и предлагаемым способом откорректировать прочность бетона.

Так, если после 300 циклов замораживания и оттаивания фактически прочность бетона составит 90% от начальной, то следует первоначальную прочность увеличить до 42,9 МПа. Тогда, даже если вследствие воздействия мороза прочность бетона и снизится на 10%, то она все равно будет не ниже требуемой — 38,6 МПа и будет выдержан класс бетона, но при неизменном коэффициенте вариации прочности.

В целом методика испытания бетона на морозостойкость по ГОСТ 10060 нуждается в совершенствовании.

Для испытания бетона на морозостойкость и надежного контроля за поведением особо ответственных железобетонных конструкций, зданий и сооружений, подвергающихся воздействию низких температур, авторами предлагается новая методика, исключаяющая часть вышеуказанных недостатков и детально изложенная в работе [1].

Список литературы

1. *Гладков Д.И.* Физико-химические основы прочности бетона и роль технологии в ее обеспечении. Белгород, БГТУ им. В.Г. Шухова, 2004. 293 с.
2. *Миронов С.А.* Теория и методы зимнего проектирования. М.: Стройиздат. 1950. 266 с.
3. *Москвин В.М.* Бетон для строительства в суровых климатических условиях. Л.: Стройиздат, 1973. 172 с.
4. *Москвин В.М., Иванов Ф.М., Алексеев С.Н.* Коррозия бетона и железобетона, методы их защиты. М.: Стройиздат. 1980. 536 с.
5. *Мошанский Н.А.* Плотность и стойкость бетонов. М.: Госстройиздат. 1951. 175 с.
6. *Шейкин А.Е. Добшиц Л.М.* Цементные бетоны высокой морозостойкости. Л.: Стройиздат. 1989. 128 с.

Превращения и изменения свойств хризотил-асбеста под влиянием различных факторов

В настоящее время признано, что хризотил-асбест существенно менее опасен в использовании по сравнению с амфиболовыми асбестами (крокидолит, тремолит и др.) [1]. На основе хризотил-асбеста изготавливают более трех тысяч видов изделий, которые применяются в Российской Федерации, США, Канаде, Бразилии, Великобритании, Китае, Индии и других странах [2]. Тем не менее в странах Евросоюза и ряде других стран продолжается антиасбестовая кампания, которая по-прежнему опирается на конъюнктурные соображения замены природного минерала искусственными волокнами.

Потребители асбестосодержащей продукции имеют дело только с видоизмененными волокнами асбеста, которые предположительно могут выделиться из композиционных асбестосодержащих материалов. Причиной этого является воздействие на асбест комплекса факторов окружающей среды и связующих элементов в матрицах композиционных материалов. В этих средах присутствуют активные химические компоненты.

Хризотил-асбест – $Mg_6(OH)_8[Si_4O_{10}]$ – волокнистый минерал группы серпентина. При прогнозировании свойств хризотил-асбеста, в том числе биологической активности и канцерогенности, необходимо учитывать как набивные (первоначальные) характеристики, так и их изменения под воздействием различных факторов.

Визуальные наблюдения за изменениями хризотил-асбеста под действием окружающей среды проведены А.И. Везенцевым в г. Асбесте. Предметом наблюдений было несколько массивных глыб магнезиально-силикатной горной породы дунит-гарцбургитового комплекса, установленные в центральной части города в декоративных целях. В них содержатся жилы длиноволокнистого хризотил-асбеста с перпендикулярным расположением параллельно-волокнистого агрегата. После установки глыб хризотил-асбест в жилах имел бледно-зеленый цвет и характерный шелковистый блеск. Спустя год волокна стали светло-серыми и матовыми.

При специальных многолетних исследованиях образцов нативного хризотил-асбеста, находившихся длительное время в атмосфере промышленного города Белгорода, установлены изменения в его кристаллической решетке, сопровождающиеся снижением электрокинетического потенциала поверхности волокон [3]. Эти изменения объяснили выщелачиванием магния из октаэдрического бруситового слоя.

А.И. Везенцевым исследованы волокна хризотил-асбеста из влажных отходов Белгородского комбината асбестоцементных изделий. Отходы отбирали в отстойниках, поэтому можно принять, что воздействие окружающей среды на волокна хризотил-асбеста осуществлялось до их введения в технологию производства асбестоцемента и после выхода из технологии с массой гидратированного и твердеющего цемента.

При светлопольном режиме исследования в трансмиссионном электронном микроскопе был сделан вывод, что морфологические характеристики хризотил-асбеста из от-

ходов производства близки к характеристикам нативного товарного хризотил-асбеста. В режиме микродифракции электронов обнаружена менее совершенная кристаллическая структура этих волокон: четкие точечные отражения электронов от совокупности Миллеровских плоскостей кристаллической решетки нативного хризотил-асбеста стали размытыми. Нарушение структуры хризотил-асбеста в этом случае, по нашему мнению, зависит как от влияния химических элементов окружающей среды, так и от воздействия продуктов гидратации портландцемента.

Электронно-микроскопические исследования волокон, синтезированных в системе $MgO-SiO_2-H_2O$ в гидротермальных условиях ($MgO:SiO_2 = 3:2$, $t=400^\circ C$, $P=100$ МПа, время изотермического синтеза 24 ч), которые были выполнены А.И. Везенцевым, показали их неустойчивость в растворах солей. При отмывке волокон от исходных ингредиентов по методике Дж. Янга [4, 5] в 5%-ных водных растворах карбоната натрия ($90^\circ C$, 20 мин) и хлорида аммония ($60^\circ C$, 15 мин) зафиксировано перерождение кристаллов синтетического хризотил-асбеста. До отмывки в растворах солей волокна хризотил-асбеста имели аномальную морфологию типа «цилиндр в цилиндр» и «конус в конус» с наружным диаметром 35–150 нм (рис. 1). После отмывки волокна преобразуются в кристаллы хризотил-асбеста с постоянной величиной наружного диаметра 26–35 нм (рис. 2).

Подтверждение химической неустойчивости хризотил-асбеста получено также при четырехчасовом кипячении природных волокон Баженовского месторождения и двух видов синтетических волокон в растворе 36%-ной хлористо-водородной кислоты и 25%-ном растворе гидроксидов калия. Кислотостойкость образцов равнялась 43,05; 44,34 и 45,13 массовой доли, %, щелочестойкость соответственно 95,37; 98,27 и 96,35 массовой доли, % [6]. Полученные данные показывают, что хризотил-асбестовые волокна не кислотостойки, но обладают щелочестойкостью. Рентгенографическим и электронно-микроскопическим методами в сочетании с микродифракцией электронов установлена идентичность исходных хризотилитов и хризотилов, обработанных раствором гидроксида калия. Напротив, хлористо-водородная кислота полностью разрушила как природные, так и синтетические волокна хризотил-асбеста.

Разрушение кристаллов хризотил-асбеста в кислой среде установлено по результатам химического анализа и микродифракционным картинам, на которых волокна оказались представленными аморфной двуокисью кремния. Следовательно, магний, входящий в кристаллическую решетку хризотила, вступая во взаимодействие с хлористо-водородной кислотой, переходит в хлорид магния, который как хорошо растворимое соединение вымывается из кремнекислородного скелета. Кремниевая кислота в структурном скелете остается в твердом аморфном состоянии, но форма и размеры скелета сохраняются близкими к этим параметрам у исходных кристаллических волокон хризотил-асбеста (рис. 3).

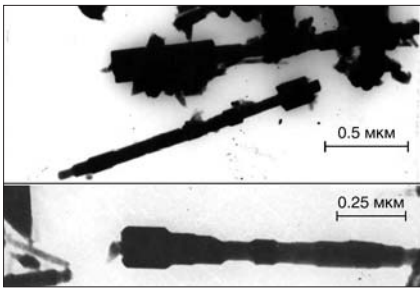


Рис. 1. Хризотил-асбест, синтезированный из шихты с молярным соотношением $MgO:SiO_2 = 3:2$

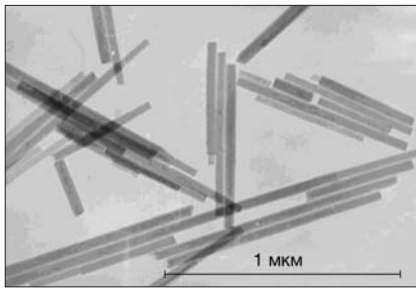


Рис. 2. Продукты отмывки синтезированного хризотил-асбеста в водных растворах хлорида аммония и карбоната натрия



Рис. 3. Продукты кислотной обработки натурального хризотил-асбеста

В работе [7] установлено разрушение хризотил-асбеста при воздействии 1N раствора соляной кислоты, причем с полным удалением магния из структуры волокон.

Неполный выход из решетки хризотил-асбеста ионов магния обнаружен при очень мягком воздействии на волокна – выдержке их в дистиллированной воде с температурой около 37°C [8]. В процессе выщелачивания 1 г хризотил-асбеста выделялось 4,5 мкмоль кремния и 40 мкмоль магния. Авторы отмечают, что водой вначале вымывался магний в виде гидроксида. Подтверждают это быстрым повышением величины рН до 10,1 и стабилизацией ее на этом уровне. Медленнее вымывались растворимые примеси. В скелете волокон асбеста остались в основном кремний и кислород. И хотя при растворении в воде магний полностью не удалялся, в структуре хризотил-асбеста произошли значительные изменения, которые ведут к изменению его химического состава, физико-химических характеристик и снижению прочности волокна.

При химическом воздействии на волокна хризотил-асбеста продуктов гидратации клинкерных фаз портландцемента по результатам исследований в световом, растровом и трансмиссионном электронном микроскопах выявлено нарушение поверхности волокон [9, 10]. Методом аналитической электронной микроскопии с энергодисперсионным определением элементного состава обнаружено наличие экрана из продуктов гидратации и карбонизации клинкерных фаз портландцемента на активной бруситоподобной поверхности асбестовых волокон. Зафиксировано уменьшение количества магния в кристаллической решетке хризотил-асбеста, появление в ней ионов кальция, калия, натрия, хлора, являющихся составной частью продуктов гидратации портландцемента.

Отмечено снижение биологической активности волокон хризотил-асбеста. Например, воздействие серной и соляной кислот привели к уменьшению мутагенности хризотил-асбестовых волокон и их способности индуцировать свободно радикальные процессы на мембранах живых клеток [11]. При влиянии ряда других веществ установлено изменение поверхностных характеристик волокон и снижение их цитотоксичности, мутагенности и канцерогенной активности [12].

Предположение о снижении биологической активности хризотил-асбестовых волокон под воздействием окружающей среды в 10 раз и продуктов гидратации портландцемента в 30 раз подтверждено экспериментально [13].

Приведенные работы однозначно доказывают, что под воздействием продуктов гидратации портландцемента и окружающей среды волокна хризотил-асбеста радикально изменяют все свои свойства. Меняется химический состав, структурная формула и соответственно физико-химические свойства. Таким образом, можно утверждать, что образуется силикатное волокно, которое не является хризотил-асбестом.

Список литературы

1. Пылев Л.Н., Васильева Л.А., Кулагина Т.Ф. Экспериментальное изучение канцерогенного действия асбеста // Экспериментальная онкология. 1982. 4. № 4. С. 3–7.
2. Козлов Ю.А., Старостин А.А., Глазунов Ю.И. Масштабы и перспективы промышленного производства хризотилового асбеста и изделий на его основе // Строит. материалы. 2001. № 5. С. 7–9.
3. Везенцев А.И., Нейман С.М., Наумова Л.Н. Эмиссия хризотил-асбеста из асбестоцементных изделий // Безопасность труда в промышленности. 1998. № 1. С. 40–44.
4. Yang C.S.J. The System Magnesia – Silika – Water below 300°C Low Temperature Phase from 100°C to 300°C and their Properties // Journal of the American Ceramic Society. 1960. V. 43. № 10. P. 542–549.
5. Yang C.S.J. The Growth of Synthetic Chrysotile Fiber // American Mineralogist. 1961. V. 46. P. 748–752.
6. Тимашов В.В., Блудов Б.Ф., Везенцев А.И., Смоликов А.А. Химическая стойкость синтетических хризотилов и совершенствование химической технологии строительных материалов. Москва, МИСИ, 1981. С. 159–162.
7. Morgan A., Lally A.E., Holmes A. Some observations on distribution of trace metals in chrysotile asbestos // Annals of occupational hygiene. Gr. Britain. 1973. V. 16. P. 231–240.
8. Chowdhury S. Kinetics of leaching of asbestos minerals at body temperature // J. appl. Chem. Biotechnol. 1975. V. 25. № 5. P. 347–353.
9. Горшков А.И., Везенцев А.И., Сивцов А.В., Нейман С.М., Турский В.В. Исследования хризотил-асбеста, эмитированного с поверхности асбестоцемента, методами аналитической электронной микроскопии // Доклады академии наук. 2002. Т. 384. № 1. С. 89–91.
10. Лугинина И.Г., Везенцев А.И., Нейман С.М., Турский В.В., Наумова Л.Н., Нестерова Л.Л. Изменение свойств хризотил-асбеста в асбестоцементных изделиях под действием цементного камня и погодных факторов // Строит. материалы. 2001. № 9. С. 16–18.
11. Пылев Л.Н., Васильева Л.А., Кричари Г.А., Бахтин А.И., Везенцев А.И., Зубакова Л.А. Электрические свойства поверхности волокон и токсичность асбеста // Гигиена и санитария. 2002. № 3. С. 61–64.
12. Пылев Л.Н., Васильева Л.А., Стадникова Н.М., Зубакова Л.Е., Везенцев А.И., Кричари Г.А., Бахтин А.И., Нуриева Е.М., Сергеенко С.А. Влияние поверхности волокон асбеста на его биологическую агрессивность // Гигиена и санитария. 1998. № 3. С. 28–31.
13. Везенцев А.И., Нейман С.М., Гудкова Е.А., Наумова Л.Н., Саноцкий И.В. К вопросу о безопасном применении асбестоцемента // Строит. материалы. 2004. № 4. С. 38–39.

26-29
сентября
Уфа

ФОРУМ
УРАЛСТРОЙ
ИНДУСТРИЯ-2006
XVI международная выставка

III выставка-ярмарка "Недвижимость Башкортостана"

Организаторы:

- ООО «Башкирская выставочная компания»
- ОАО «Выставочный комплекс «Башкортостан»

Официальная поддержка:

- Федеральное агентство по строительству и жилищно-коммунальному хозяйству
- Министерство строительства, архитектуры и транспорта Республики Башкортостан
- Министерство жилищно-коммунального хозяйства Республики Башкортостан
- Союз строителей Урала

При содействии:

- Башкирского республиканского научно-технического общества строителей
- Республиканского отраслевого объединения работодателей «Союз строителей РБ»
- Ассоциации «Профессиональные участники рынка недвижимости РБ»

Генеральный партнер



Генеральный информационный спонсор



ОРГКОМИТЕТ:

Тел./факс (3472) 53-38-00, 53-14-13;

e-mail: bvk2006@mail.ru

www.bvkexpo.ru

Информационная поддержка



СТРОИТЕЛЬНЫЕ
МАТЕРИАЛЫ®

ФОРУМ
УРАЛСТРОЙ
ИНДУСТРИЯ-2006

26 сентября 2006 г. в 13.00 в рамках форума состоится круглый стол

Журнал «Строительные материалы»: наука строительному комплексу

Тематика конференции

- Научные разработки для промышленности строительных материалов и стройиндустрии
- Моделирование и оптимизация в материаловедении и технологии
- Новые технологии в производстве строительных материалов
- Экология и отрасль
- Экспертиза и сертификация продукции в ПСМ

Редакция журнала «Строительные материалы»®

(495) 124-32-96, 124-09-00 mail@rifsm.ru

ОРГКОМИТЕТ ФОРУМА:

Тел./факс (3472) 53-38-00, 53-14-13

E-mail: bvk2006@mail.ru [www:bvkexpo.ru](http://www.bvkexpo.ru)