Национальная Ассоциация
Производителей Автоклавного Газобетона

WKB Systems GmbH

Научно-практическая конференция «Современный автоклавный газобетон»

Сборник докладов

Краснодар
2013

Национальная Ассоциация производителей автоклавного газобетона

СОВРЕМЕННЫЙ АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН

Сборник докладов
научно-практической конференции
Краснодар, 15 - 17 мая 2013 г.

Краснодар
2013

УДК 691.327.332: 666.97.035.56 (06)
ББК 38.626 я 431

С 56

Рецензенты:

Вишневский А. А. (канд. техн. наук, доцент кафедры ТВМиСИ ГОУ ВПО «УрФУ»);

Гринфельд Г. И. (исполнительный директор Национальной Ассоциации производителей автоклавного газобетона).

Современный автоклавный газобетон: сборник докладов науч.-практ. конференции.
С56 Краснодар, 15 – 17 мая 2013 г. / Под редакцией научно-технического совета Национальной Ассоциации Производителей Автоклавного Газобетона. 2013. – 185 с.

Сборник содержит материалы докладов участников научно-практической конференции «Современный автоклавный газобетон», прошедшего в городе Краснодаре 15-17 мая 2013 г.

Основные темы семинара: сырье для получения автоклавного ячеистого бетона, оборудование, применяемое для производства АЯБ, исследование свойств АЯБ, нормативно-техническая документация по производству и применению изделий из автоклавного ячеистого бетона, вопросы эффективного применения АЯБ.

В сборник вошли доклады сотрудников вузов, научно-исследовательских и проектных учреждений, российских и международных производственных предприятий.

УДК 691.327.332: 666.97.035.56 (06)

ББК 38.626 я 431

© НААГ

СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕВЧЕНКО В.Н НААГ:5 лет поступательного развития……..……... 5

СЕКЦИЯ «ПРИМЕНЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА»…..… 9

БЕЛАНОВИЧ С.Б., САЖНЕВ Н.П., ГАЛКИН С.Л. Армированные ячеистобетонные изделия…… 9

ГАГАРИН В.Г., КОЗЛОВ В.В., ПАСТУШКОВ П.П. Удельная теплозащитная характеристика в актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий»……... 17

ГОРШКОВ А.С., НИКИФОРОВ Е.С. Инновационная технология возведения стен и перегородок из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения на полиуретановый клей…….. 19

ГОРШКОВ А.С. Условия устойчивости поэтажно опертых стен, выполненных кладкой из ячеистобетонных блоков, при учете воздействия на них ветровых нагрузок……..... 27

ГРИНФЕЛЬД Г.И. Стандарт организации СТО НААГ «Автоклавный газобетон в строительстве зданий и сооружений на территории Российской Федерации». Предпосылки для разработки и основные источники…… 39

ПАРУТА В.А., ГНЫП О.П., ЛАВРЕНЮК Л.И., МАРТЫНОВ Е.В., МУРАШКО А.В., САЕВСКИЙ А.А., БЕНРАДИ И., КИРИЧЕНКО Г.Г., ЛЫСЕНКО А.Н., БРЫНЗИН Е.В. Особенности проектирования и применения штукатурных составов для отделки автоклавного газобетона……..…… 41

САМОЙЛОВ А.А. Влияние отделочной системы Baumit Effecto на влажностный режим кладки из автоклавного газобетона …….....…… 47

САХАРНИКОВ Ю.В. Изготовление крупноформатных изделий из автоклавного ячеистого бетона для строительства жилых домов серии Э600п…….…….… 51

СЕКЦИЯ «СВОЙСТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА»……..…….. 56

ВАСИЛЬЕВ А.В., ЖУКОВСКИЙ М.В., ОНИЩЕНКО А.Д., ВИШНЕВСКИЙ А.А. Закономерности поступления и накопления радона в зданиях, построенных по современным технологиям с применением ячеистого бетона……..... 56

ГОЛЬДМАН Ф.А., ШТАКЕЛЬБЕРГ Д.И., ГАДАЕВ Н.Р., ШТЕЙНБУК Г.Е., ШЕЙНЕР М.Я. Инструментальная оценка технологических параметров ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на ранней стадии……..... 62

ГРИНФЕЛЬД Г.И., СЫТОВА Е.Н., ЛИСУНОВ П.Н, ХВЕДЧЕНЯ О.В. Сравнительные испытания анкерных креплений в автоклавном газобетоне в зависимости от формы дюбеля и плотности, прочности и влажности основания……..…… 68

КУРЗАНОВ А.Д., ХАРИТОНОВ В.А., ГОЛУБЕВ В.А. Опыт получения автоклавного газобетона повышенной долговечности…….. 74

ЛЕОНТЬЕВ С.В., ГОЛУБЕВ В.А., ХАРИТОНОВ В.А., САРАЙКИНА К.А. Разработка состава теплоизоляционного автоклавного газобетона……. 79

РУДЧЕНКО Д.Г. Газобетон автоклавного твердения с повышенным коэффициентом конструктивного качества ……... 85

ХАРЧЕНКО А.П., ГРИНФЕЛЬД Г.И. Сравнительные испытания кладки из автоклавных ячеистобетонных блоков с различным исполнением кладочного шва……. 94

ШАМАНОВ В.А., ГОЛУБЕВ В.А., ЗОМАРЕВА С.Н., ПОЛИЩУК К.В. Получение автоклавного газобетона из сырья низкого качества……...…….. 99

СЕКЦИЯ «ПРОИЗВОСТВО АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА»…… 104

БОЧЕРОВА Л.И. Влияние природного гипса на производство и свойства автоклавного газобетона……... 104

ВИШНЕВСКИЙ А.А. Производство автоклавного газозолобетона пониженной плотности…… 106

ПЕРЕВЕРТОВ В.А. Опыт применения подшипников с графитом при производстве ячеистого бетона…… 110

ПОТТИН ФРАНК, РОМАНОВА Г., ШЛАЙ УВЕ. Ресурсосберегающее производство газобетона на оборудовании «Wehrhahn»……..…… 113
СТЕМПЕНЬ КШИШТОФ. Применение добавок при производстве ячеистого бетона..….. 119

РЕКЛАМНЫЙ РАЗДЕЛ……. 125
Надежное оборудование WKB – высокое качество Вашей продукции……... 125
ЗМАНОВСКИЙ С.В., НИКИТИН П.Н. Производство современных гидрофильных алюминиевых пудр и паст для газобетона……... 132
ШТРОТОТТЕ ОЛИВЕР, КЛАРЕ МАТИАС, ИВАНОВ А.К. Производство минерального теплоизоляционного строительного материала низкой плотности…….. 140
ПРОХОРОВ С.Б. Рынок специализированных газообразователей в России. Критерии качества специализированных газообразователей……. 148
ШПИКЕР ГЕРХАРД. Шнековый дозатор алюминиевой пасты……... 152
ГУЛЯЕВ И.Н., ХАРТ МАТИАС. Особенности использования деревянных поддонов в производстве газобетонных блоков……. 156
UMARAS……. 162
BAUMIT…….. 164
ГИДРОМОТОРС……...……. 165
АЛИТ…….……. 166
БОНЕМАНН КЛАУС, ЦЕЛЬМЕР В. Расширение номенклатуры выпускаемой продукции за счет организации производства армированных изделий на линиях WEHRHAHN…… 169
ГЛУХОВ Г. В. Инновационные технологии Lahti Precision Oy…… 174
ЙОХЕН ПАЙНЕМАНН. Автоклавы для производства газобетона……..……. 182

НААГ: 5 ЛЕТ ПОСТУПАТЕЛЬНОГО РАЗВИТИЯ

В.Н. ЛЕВЧЕНКО, Национальная Ассоциация производителей автоклавного газобетона г. Екатеринбург

История создания Ассоциации

В 2006 году была предпринята попытка создать добровольную некоммерческую организацию, объединяющую ведущие предприятия в области производства автоклавного газобетона. Для анализа основных направлений деятельности организации, определения ее будущих целей и задач потребовалось время. И только 20 декабря 2007 г. в г. Екатеринбурге состоялось учредительное собрание Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона (НААГ).

Учредителями ассоциации стали несколько крупных предприятий по выпуску автоклавного газобетона, среди которых были: ООО «Аэрок СПб» (г. Санкт-Петербург), ОАО «Главновосибирскстрой» (г. Новосибирск), ООО «ПСО «Теплит» (г. Екатеринбург), ООО «Кселла-Аэроблок Центр» (г. Можайск).

На первом совещании утвердили принципы взаимодействия предприятий, сформулировали основные положения учредительных документов и провели выборы в органы управления НААГ: Президентом ассоциации был избран директор Объединения «Теплит» В.Н. Левченко, исполнительным директором назначен Г.И. Гринфельд, председателем научно-консультационного совета – Я.М. Паплавскис.

По единодушному мнению участников совещания одной из главных функций ассоциации должна была стать нормотворческая деятельность, обеспечивающая формирование новых стандартов на производство и применение автоклавного газобетона с учетом возможностей новых заводов. Также, на базе ассоциации предполагалось проводить обмен опытом между специалистами предприятий, путем организации конференций, семинаров и т. п.[1] .

Основные этапы развития

Прообраз ассоциации сложился еще в начале 2006 г., когда ряд производителей автоклавного газобетона (АГБ), имеющих импортные технологические комплексы, не дождавшись государственной поддержки, объединились в рабочую группу по разработке новых стандартов на ячеистый бетон автоклавного твердения. Продукция данных заводов по физико-механическим свойствам, точности геометрических размеров превосходила аналоги, выпускаемые на старых отечественных линиях. Благодаря точным дозировочным комплексам, высоким параметрам автоклавирования на этих заводах успешно осваивался выпуск изделий с плотностью 350-400 кг/м^3 и классом по прочности В2,0 – В2,5. С такими показателями продукция могла использоваться не только как теплоизоляция, но и как стеновые блоки, воспринимающие силовые нагрузки, т.е. конструкционно-теплоизоляционный материал.

Однако действовавшие на тот момент ГОСТ 21520-89 и ГОСТ 25485-89 не учитывали все нарастающие возможности новых производств. То есть производственная система была готова к выпуску ячеистобетонных изделий «нового поколения», а существовавшая нормативно-техническая документация запрещала это. В этих условиях производственные предприятия объединились в рабочую группу, задачей которой было обобщение существующих возможностей новых производств, европейского опыта производства и применения АГБ и, как результат, разработка новых стандартов на АГБ. В качестве головной организации был выбран НИИЖБ им. Гвоздева. В результате деятельности рабочей группы в составе: Ухова Т.А. (ОАО «НИЦ «Строительство» Институт НИИЖБ им. Гвоздева А.А.), Сахаров Г.П (МГСУ), Чернышов Е.А., Славчева Г.С. (Воронежский ГАСУ), Богданов Г.В. (ОАО «ЛКСИ»), Бобоколонова О.В. (ОАО «НЛМК»), Климкина Е.В. (ОАО «Главновосибирскстрой»), Вишневский А.А. (ООО «Производственно-строительное объединение «Теплит»), Кузнецов А.Н. (ООО «ЭКО»), Гринфельд Г.И., Паплавскис Я.М.

(ООО «Аэрок СПб»), Острецова И.В. (ФГУП «211 КЖБИ»), Козюк М.Ф. (ОАО «Коттедж»). В 2007 г. вступили в силу ГОСТ 31359 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения» и ГОСТ 31360 «Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения», которыми сегодня пользуются все производители АГБ в России [2].

Совместная работа специалистов заводов по производству АГБ показала свою эффективность, а сама идея некоммерческого объединения усилий производственников для решения совместных проблем доказала свою жизнеспособность. Для обеспечения дальнейшего эффекта потребовалось формализовать данное объединение и создать Национальную Ассоциацию производителей автоклавного газобетона.

После официальной регистрации НП «Ассоциация НААГ» в качестве юридического лица (осенью 2008 г.) в ассоциацию вступили еще несколько производителей АГБ: ООО «ЭКО» (г.Ярославль), ООО «Н+Н» (г. Санкт-Петербург), ООО «Аэробел» (г. Белгород).

Осенью 2009 г. по решению Общего собрания, в связи с увеличившимся объемом работ, в штате Ассоциации введена должность помощника исполнительного директора. Это первая формально выделенная штатная единица Ассоциации. С этого периода работа Ассоциации стала более системной и заметной. Ежеквартально члены Ассоциации получают вестник, информирующий о результатах деятельности НААГ за отчетный период. Ведется работа по учету выпускаемого АГБ, осуществляется мониторинг публикуемой в открытом доступе информации о ячеистом бетоне. На этом фоне состав членов пополнили ЗАО «МРПК «ГРАС» (г. Москва), ЗАО «Силбет» (г. Владивосток), ОАО «Коттедж» (г. Самара). А в 2011 г. состав членов НААГ расширен за счет ООО «ЕвроАэроБетон» (Сланцы, Ленинградская область), ОАО «Железобетон» [сейчас ОАО «Бонолит»] (г. Балашиха МО), ООО «КСМК» и ЗАО «Главстрой Усть-Лабинск» (Краснодарский край).

Сегодня «НААГ» - это четырнадцать производственных предприятий с суммарной ежегодной производительностью более 4,5 млн м^3 (более 40 % от общего объема установленных мощностей по производству автоклавного ячеистого бетона в Российской Федерации).

Деятельность Ассоциации НААГ

Положительный результат по разработке ГОСТов на автоклавный ячеистый бетон повлиял на начало работ, направленных на подготовку стандарта по применению АГБ. В 2009 г. членами Ассоциации было принято решение о создании норматива, облегчающего проектирование конструкций с применением автоклавного ячеистого бетона. Однако, научно-технический совет НААГ не смог найти единого генерального подрядчика для разработки такого документа как по причине частичного распада отраслевых НИИ, так и по причине их неготовности пересматривать нормативную базу в соответствии с возможностями новых производств, а также европейского опыта применения. В результате было принято решение возложить функции генерального разработчика стандарта на НТС НААГ, а для разработки отдельных разделов привлечь профильные научно-исследовательские организации. Так, в частности, первые разделы СТО НААГ «Автоклавный газобетон в строительстве» написаны членами НТС НААГ, раздел по проектированию тепловой защиты адаптирован к автоклавному газобетону в ФБГОУ СПб ГПУ, раздел по отделке проработан в ФБГОУ БГТУ им. Шухова совместно с СПб ГПУ, расчет несущей способности разработан ЦЯБ при НП «Северо-западная строительная палата», разделы с описанием конструктивных решений созданы с учетом систематизированного опыта строительства последних полутора десятилетий (западноевропейского и российского), а альбомы технических решений по применению автоклавного газобетона в малоэтажном строительстве и в поэтажно опертых стенах разработаны на основе заданных вводных в отделе ограждающих конструкций РУП «БелНИИС». Общая редакция документа осуществлена членами НТС НААГ [3].

В декабре 2012 г документ был разработан и представлен для обсуждения. За несколько месяцев были собраны замечания, которые к апрелю 2013 г. были устранены. В настоящее время документ представлен как стандарт Ассоциации. Но уже в июне данный документ будет принят за основу разрабатываемого нами по заказу НОСТРОЙ документа: СТО НОСТРОЙ

«Строительные конструкции зданий и сооружений. Устройство конструкций с применением ячеистобетонных блоков автоклавного твердения. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ, рекомендации по применению».

Наряду с разработкой собственного нормативного документа Ассоциация участвовала в актуализации действующих СНиП и СП. В частности, совместно с Ассоциацией производителей керамических строительных материалов принимала участие в разработке СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», оказав финансовую поддержку и внеся свои предложения по изменению норматива. После выхода первой редакции НААГ поддерживала разработчиков, выступая на различных уровнях и отстаивая необходимость утверждения предложенной редакции.

Выносились предложения по изменению СНиП «Каменные и армокаменные конструкции». В частности, уточнены соотношения марок камня и классов бетона по прочности, введено упоминание кладки «кладки на клею», понижены конструктивные требования к внутреннему слою трехслойных конструкций. Актуализированный вариант СНиП «Каменные и армокаменные конструкции» в виде СП 15.13330.2012 был введен в действие с 01.01.2013 г.

Помимо нормотворческой деятельности Ассоциация принимала участие в организации профильных конференций. Первая для Ассоциации научно-практическая конференция прошла в г. Санкт-Петербурге (2009 г.) в рамках VI Международной научно-практической конференции «Ячеистые бетоны в современном строительстве», организованной совместно с Центром ячеистых бетонов. По итогам конференции был выпушен полноформатный сборник докладов, рассказывающих об особенностях производства АЯБ, его применении, работе над повышением прочности и трещиностойкости блоков из автоклавного газобетона, повышением уровня энергосбережения и экономии сырьевых материалов и т. д. В работе конференции приняло участие 65 специалистов отрасли, в том числе - из 21 предприятия по выпуску АЯБ.

В ноябре 2011 г в Санкт-Петербурге НААГ организовывает первую научно-практическую конференцию «Современное производство автоклавного газобетона» под эгидой Ассоциации. На конференции применен новый способ формирования программы, в соответствии с которым темы докладов формирует Ассоциация на основе опроса специалистов предприятий, входящих в НААГ. Затем Ассоциация приглашала докладчиков, являющихся специалистами в данной области. В ряде случаев НААГ брала на себя расходы, связанные с приездом докладчиков. Кроме этого, работа конференции была разделена на тематические секции, что позволило более углубленно рассматривать узкие профильные вопросы (производство, оборудование, применение) в круге специалистов. Реализованные изменения в концепции проведения конференций по АЯБ позволили сделать повестку дня актуальной, доклады - более содержательными, и, в конечном итоге, поднять интерес к данному мероприятию. Общее число участников конференции превысило 200 чел., в том числе - из 32 предприятий по производству АГБ. На конференции были представлены 3 доклада, в том числе 10 докладов - иностранными специалистами.

Также Ассоциация организовывала региональные семинары по применению изделий из АЯБ. Данные семинары были ориентированы на проектировщиков, строителей региона и имели цель популяризировать ячеистый бетон, проинформировать о его свойствах и особенностях применения. Финансирование этих семинаров осуществляли местные производители АЯБ, роль НААГ сводилась к общей организации мероприятия, определению программы, содействию в подборе и приглашении докладчиков, подготовке докладов на актуальные темы. Подобные семинары были проведены в Екатеринбурге (2009, 2010, 2012 гг.), а также в Новосибирске, Ярославле, Санкт-Петербурге, Москве [4].

Перспективы Ассоциации

В 2013 г. (в рамках Общего собрания в период проведения конференции в г. Краснодаре) планируется расширение состава Ассоциации до 20 предприятий. Таким образом, НААГ будет объединять производителей АЯБ с долей рынка свыше 55 %.

Разрабатываемый СТО НОСТРОЙ «Строительные конструкции зданий и сооружений. Устройство конструкций с применением ячеистобетонных блоков автоклавного твердения. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ, рекомендации по применению», будет утвержден и введен в действие СРО НОСТРОЙ к лету 2014 г. После его принятия он станет обязательным для применения проектными и строительными организациями, членами «НОСТРОЙ». При этом его действие будет распространяться только на продукцию предприятий, входящих в НААГ.

Нормотворческая деятельность НААГ продолжится. Актуальными остаются вопросы расчетных характеристик кладки с тонким растворным швом, вопросы применения низких плотностей в сейсмических районах строительства. Требует получения расчетных значений влажность кладки в составе слоистых стен.

В настоящее время Ассоциация представлена в Комитете по строительным изделиям и конструкциям НОСТРОЙ, в Координационно-экспертном Совете по контролю за реализацией Стратегии развития промышленности строительных материалов и индустриального домостроения на период до 2020 года» при Министерстве Регионального развития РФ, в комиссии по бетонам ТК 465 и в Комитете по цементу, бетонам и сухим смесям при СРО «Российский союз строителей». Работа в данных структурах позволит эффективно представлять интересы производителей АЯБ при разработке новых и актуализации действующих нормативов. Для осуществления представительской деятельности и для более полной координации разработки нормативных и методических документов предполагается более полно задействовать исполнительного директора Ассоциации.

Актуализированная информация по производству АЯБ, собранная рабочей группой НААГ в первом полугодии 2013 г., будет представлена в Росстат. Анализ рынка АЯБ планируется проводить на регулярной основе.

Мы планируем поддерживать исследовательские работы в области АЯБ. В настоящее время разрабатывается механизм предоставления грантов соответствующим исследовательским центрам. Предполагается заложить затраты на эти цели в бюджет следующего года.

Ассоциация продолжит проводить конференции и семинары по производству и применению АЯБ как на федеральном, так и на региональном уровне. При этом главный упор в ближайшее время планируется сделать именно на региональные форумы для обеспечения эффективного продвижения АЯБ на местном уровне.

НААГ будет проводить и другие мероприятия, направленные на популяризацию автоклавного ячеистого бетона, а также отстаивание общих интересов своих членов.

ЛИТЕРАТУРА

1 Юмашева Е.И. Производители автоклавного газобетона объединились в Национальную ассоциацию // Строительные материалы. – 2008. - № 1. – С. 14-15.
2 Вишневский А.А. Новые стандарты на ячеистые бетоны автоклавного твердения // Однослойные ограждения из автоклавного газобетона в современном строительстве: Сборник докладов II научно-практического семинара. Екатеринбург, 2009. - С. 92-95.
3 Гринфельд Г.И. Стандарт организации СТО НААГ «Автоклавный газобетон в строительстве зданий и сооружений на территории Российской Федерации». Предпосылки для разработки и основные источники // Применение изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения: Сборник докладов IV научно-практического семинара. Екатеринбург, 2012. - С. 63-66.
4 Левченко В.Н. Ячеистый бетон. Опыт и перспективы применения // Стройкомплекс Среднего Урала. 2012. №12-01. - С. 41-42.

СЕКЦИЯ «ПРИМЕНЕНИЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА»

АРМИРОВАННЫЕ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫЕ ИЗДЕЛИЯ

С.Б. БЕЛАНОВИЧ, ОАО «управляющей компании холдинга «Забудова»
Н.П. САЖНЕВ, ОАО «Управляющая компания холдинга «Забудова», канд. техн. наук, старший научный сотрудник
п. Чисть, Молодечненский р-н., Минской обл., Республика Беларусь
С.Л. Галкин, УП «ЦНТУС»
г. Минск, Республика Беларусь

В настоящее время в Республике Беларусь для успешного выполнения Государственной программы жилищного строительства идет поиск путей повышения производительности труда строителей. Это особенно важно для энергоэффективных домов, которые должны строиться повсеместно в Беларуси. Первый энергоэффективный дом с применением ячеистобетонных изделий спроектирован институтом "Гродногражданпроект" и построен в г. Гродно. При этом достигнут удельный расход тепловой энергии на отопление здания 40 кВт/(м^2 в год).

При нехватке рабочих строительных специальностей и в условиях жесткой экономии энергоресурсов необходимо снизить трудоемкость строительства и увеличить теплозащиту оболочки зданий. При этом возможны следующие пути: замена наружных стен из мелких ячеистобетонных блоков на крупноразмерные стеновые панели; индустриализация строительства перегородок путем выпуска на заводах армированных панелей высотой на комнату; внедрение плит перекрытия и покрытия из ячеистого бетона с омоноличенными ригелями; широкое внедрение сборного или сборно-монолитного каркаса в строительстве жилья.

В 1991 г. в СССР было выпущено 5,7 млн. м^3 ячеистого бетона, в том числе 1,6 млн. м^3 армированных изделий. Одним из лидеров производства была Республика Беларусь, где было выпущено 1,7 млн. м^3 ячеистого бетона, в том числе 0,34 млн. м^3 армированных панелей для жилых, промышленных и общественных зданий [1]. В ряде городов СССР (Санкт-Петербург, Екатеринбург, Гродно, Таллинн и др.) были построены целые микрорайоны жилых домов и административные здания различного назначения из армированных ячеистобетонных панелей, в т. ч. здания высотой до 25 этажей. Панели размером на одну и две комнаты полной заводской готовности с различными вариантами защитно-декоративных покрытий, в т. ч. вентилируемые фасады.

Однако после распада СССР производство ячеистого бетона резко сократилось, а производство армированных изделий практически было приостановлено.

В последние годы началось бурное развитие производства ячеистого бетона. В России практически достигнут годовой объем производства ячеистого бетона 6 млн. м^3, а установленная мощность приближается к 16 млн. м^3 [2].

В Республике Беларусь в 2012 году было выпущено 3,2 млн. м^3 ячеистого бетона. Практически весь объем производства в России и Белоруссии составляют мелкие ячеистобетонные блоки, а доля армированных изделий ничтожно мала. Следует отметить, что развитие производства ячеистого бетона в 30-е годы прошлого столетия начиналось с изготовления армированных плит небольших размеров. Например, первые изгибаемые конструкции из автоклавных ячеистых бетонов, выпуск которых начался в СССР в 1938 г., представляли малогабаритные плоские плиты типа ПА для бесчердачных покрытий с прогонами [3]. Ширина этих плит 0,5 м, длина 1,5 и 3,0 м.

В Республике Беларусь происходит переориентация на индивидуальное домостроение. На предприятиях строительной индустрии осуществляется модернизация технологического оборудования и наращивание мощностей по выпуску освоенных ранее и вновь разрабатываемых конструктивно-технологических схем жилых зданий.

ОАО "Управляющая компания холдинга "Забудова" и ОАО "Сморгоньсиликатобетон" развернули работы по освоению производства сборного железобетонного каркаса и армированных ячеистобетонных изделий, в том числе крупноразмерных ячеистобетонных панелей [4].

Исходные элементы для крупноразмерных ячеистобетонных панелей (максимальные размеры 6000×600×400÷500 мм) изготовляют по литьевой технологии на технологических линиях фирмы "Кселла" ("Хебель") на заводе ОАО "Управляющая компания холдинга "Забудова" и фирмы "Маза-Хенке" по ударной технологии на заводе ОАО "Сморгоньсиликатобетон". В первом случае массив разрезается вертикально на изделия заданных разделов, а во втором горизонтально. Не останавливаясь на способах изготовления и разрезки ячеистобетонных массивов, следует отметить, что оба способа имеют положительные и отрицательные моменты. Однако в обоих случаях обеспечивается высокое качество бетона и геометрическая точность изделий, позволяющая вести их монтаж на клею.

С целью ориентации на производство профилированных армированных изделий, в том числе и на тонкостенные конструкции, в 2012 г. ОАО "Управляющая компания холдинга "Забудова" на заводе строительных конструкций (ЗСК) совместно с голландской фирмой «AIRCRETE Europe B.V.» провела модернизацию резательного комплекса "Хебель".

Эффективность нового процесса производства армированных изделий из ячеистого бетона заложена уже на стадии разработки номенклатуры изделий. При этом учитывались технологические возможности производства и в первую очередь схема разрезки ячеистобетонного массива. Номенклатура изделий обеспечивает максимальное использование массива или иначе минимальное количество отходов сырца при разрезке массива на изделия заданных размеров.

На модернизированной резательной машине разрезка ячеистобетонного сырца массива на армированные изделия заданных размеров производится по толщине с кратностью 25 мм и по длине – 5 мм.

Исходные элементы панелей изготавливаются из ячеистого бетона плотностью 400-500 кг/м^3 и классом по прочности соответственно В1,5 и В2,5. При плотности бетона 400 кг/м^3 и толщине панели 400 мм и плотности 500 кг/м^3 и толщине 500 мм обеспечивается нормативное сопротивление теплопередаче, равное 3,2 м^2 ^{o}С/Вт.

При производстве армированных изделий технологические переделы (помол сырьевых материалов, дозирование, перемешивание и автоклавная обработка) практически аналогичны производству неармированных блоков. Ниже кратко описана технология производства армированных изделий на заводе строительных конструкций (ЗСК) ОАО "Управляющая компания холдинга "Забудова".

Гладкая стальная арматура складируется в зоне установки для протягивания (холодного волочения) арматуры. С помощью этой установки проволочная заготовка превращается в проволоку с диаметрами, необходимыми для изготовления арматуры. При этом с арматуры удаляются окалина, коррозия и другие загрязнения, наличие которых снижает качество антикоррозийного покрытия. За счет протягивания арматуры через фильеры повышается предел текучести и прочность стали на разрыв. Для армирования возможно также применение арматуры с периодическим профилем. Испытания армированных изделий с гладким и периодическим профилем арматуры показали, что при прочих равных условиях в последнем случае возможно уменьшение расхода арматуры на 20-25 %.

Затем арматуру подвергают правке и резке на заготовки необходимой длины. Заготовки арматуры переносятся на рабочий стол агрегата для сварки плоских каркасов. Здесь они укладываются в соответствии с типом каркаса в устройства транспортировки продольных прутков арматуры. Продольные и поперечные стержни соединяются электрической контактной сваркой в плоские каркасы (рис.1).

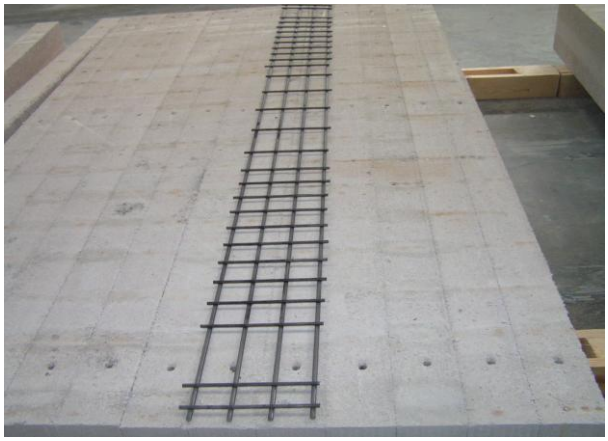


Рис. 1. Плоский арматурный каркас

Другими полуфабрикатами при изготовлении арматурных каркасов являются распорки, которые соединяют два плоских каркаса в объемный каркас. Две U-образных заготовки проволоки накладываются друг на друга и свариваются (рис. 2), благодаря чему возникает отверстие, которое позже вставляется в металлический стержень для фиксации объемных каркасов в форме.

Рис. 2. Распорка для сборки и фиксации объемных армированных каркасов

Из этих полуфабрикатов (арматурных каркасов и распорок) на специализированных стендах посредством контактной сварки собирают объемные арматурные каркасы (рис. 3). Такой каркас состоит из двух плоских каркасов, которые фиксируются рядом друг с другом на расстоянии в соответствии с величиной защитного слоя арматуры и толщиной ячеистобетонного изделия.

Рис. 3. Сборка объемных армированных каркасов

Из объемных арматурных каркасов формируют пакеты арматуры, подлежащие установке в форму перед её заполнением смесью. Собранные арматурные пакеты краном окунаются в бассейн, заполненный антикоррозионным средством (рис. 4). При этом обеспечивается толщина покрытия на арматурном стержне 0,3-0,4 мм.

Рис. 4. Подача (окунание) пакетов каркасов

После окунания пакет направляют в сушильную камеру. После сушки — устанавливается в заранее очищенную и смазанную форму (рис. 5), которая подается далее под смеситель для заливки ячеистобетонной смеси (рис. 6).

Рис. 5. Установка пакета каркасов в форму

Рис. 6. Форма в сборе с установленным пакетом арматурных каркасов

После вспучивания и набора пластической прочности массив подается на линию резки.

Резательная установка состоит из поперечной и продольной резательных машин, вакуум-щита для снятия «горбушки», устройств для транспортировки обрезков сырца массива и подготовки возвратного шлама (рис. 7).

Рис. 7. Общий вид резательной машины

Продольные и поперечные обрезки массива подаются в установку переработки отходов в виде возвратного шлама плотностью 1,4-1,5 кг/л.

Важной возможностью при резке является нарезание пазов или гребней на торцевых сторонах блоков или на прилегающих друг к другу сторонах армированных изделий. Нарезание происходит одновременно с процессом продольной резки. В этом случае горизонтальная режущая проволока заменяется профильными ножами. Нижняя сторона массива отрезается с помощью пазовых ножей.

Автоклавная обработка массивов включает: вакуумирование автоклавного пространства в течение 45 минут (вакуум – 0,25 бара); подачи пара в автоклав (3 часа) до достижения в автоклаве требуемого рабочего давления (1,1 МПа); экзотермическая выдержка (12 ч) и сброс давления (3 ч).

Возникающий при процессе автоклавной обработки горячий конденсат подается сначала для охлаждения в теплообменник, где используется принцип противохода. Горячая вода используется для подогрева воды в технологических целях, а остальная часть конденсата — в качестве воды затворения при приготовлении ячеистобетонной смеси.

Дополнительная обработка армированных изделий

При строительстве с использованием армированных или неармированных деталей из ячеистого бетона архитекторы часто требуют дополнительной обработки изготовленных при разрезке массива стандартных изделий. Армированные стеновые панели должны быть, например, уменьшены по длине и ширине или обрезаны для использования в качестве фронтонных плит. Для этого изделия подвергаются дополнительной обработке – распиловке и др. Установка для дополнительного распиливания армированных изделий выполнена в виде продольно и поперечно движущейся мостовой плиты. Изделия укладываются на план-шайбу установки, полотно пилы движется по встроенному в установку лазерному лучу, указывающему направления распиливания; таким образом, производят требуемый распил армированного изделия, в том числе и брусковых перемычек.

После замены плиты на дисковую фрезу установка может использоваться для фрезерования поверхностей стеновых плит, фрезерования пазов различной ширины и с различными интервалами друг от друга для оформления различных архитектурных поверхностей стен.

На специальной фрезерной установке производится изготовление U-образных (лотковых) блоков.

Следует отметить, что завод строительных конструкций ОАО "Управляющая компания холдинга "Забудова" с 1997 г. выпускает самую широкую в СНГ номенклатуру изделий из ячеистого бетона: стеновые мелкие и крупные блоки, армированные стеновые панели наружных и внутренних стен, плиты покрытия и перекрытия, брусковые и армированные перемычки, лотковые блоки для несущих перемычек и лестничные ступени.

На заводе внедрена система менеджмента качества в соответствии с требованием EN ISO 9001:2000 и его национальный аналог СТБ ИСО 9001:2001. Продукция завода сертифицирована в Республике Беларусь, Российской Федерации, Украине, Литве, Латвии и др. странах. Получен ЕС сертификат системы контроля производства на блоки I-й категории.

Применение армированных ячеистобетонных изделий

Прежде чем перейти к детальному рассмотрению преимуществ, которые предоставляет применение армированных ячеистобетонных изделий, следует остановиться на специфических свойствах автоклавного ячеистого бетона. Именно эти свойства позволяют использовать данный бетон для самых разнообразных целей.

Свойства автоклавного ячеистого бетона

Прочность, плотность и теплопроводность

Следует особо подчеркнуть, что указанные характеристики применительно к ячеистому бетону находятся в функциональной зависимости друг от друга. При этом технологические особенности производства данного материала позволяют варьировать в определенных пределах деформационно-прочностные показатели независимо от плотности и теплопроводности. Это дает возможность выбирать оптимальное сочетание показателей физико-технических характеристик автоклавного ячеистого бетона с учетом функционального назначения армированных изделий.

Как правило, для изготовления армированных изделий используют конструкционно-теплоизоляционный автоклавный ячеистый бетон со средней прочностью в пределах 2–10 МПа и плотностью в сухом состоянии в диапазоне 500–800 кг/м^3. Теплопроводность такого бетона в сухом состоянии согласно [5] составляет 0,12–0,25 Вт/(м·ºС), а при эксплуатационной влажности (5% при плотности 500–700 кг/м^3 и 7 % при плотности 800 кг/м^3) – 0,16–0,33 Вт/(м·ºС). Необходимо отметить, что ячеистый бетон, как любой пористый материал с большим суммарным объемом макро- и микропор (70 % и более) и воздухопроницаемыми стенками твердой фазы (за счет развитой сети капилляров), в теплотехническом отношении весьма чувствителен к изменению его влажности. Этот фактор в обязательном порядке должен учитываться при расчете тепловых потерь помещений с наружными ограждающими конструкциями из ячеистого бетона в начальный период эксплуатации зданий.

Звукоизолирующие свойства

Сопротивление ячеистобетонных конструкций распространению прямого шума зависит от их массы и возрастает с увеличением плотности бетона и толщины элемента. Повышению звукоизолирующей способности также способствуют защитно-декоративные слои и отделочные слои.

Огнестойкость

Автоклавный ячеистый бетон относится к группе негорючих материалов. Это качество обеспечивают ячеистобетонным изделиям и конструкциям класс пожарной опасности К0 по классификации [7] и высокие показатели огнестойкости. Так, например, согласно данным натурных огневых испытаний плиты перекрытий из бетона класса по прочности на сжатие В3,5 и средней плотности D700 по серии Б1.043.1–2.08 имеют предел огнестойкости REI 90, что позволяет их применять в зданиях всех степеней огнестойкости согласно классификации [7].

По данным зарубежных исследований огнестойкости конструкций из автоклавного ячеистого бетона, обобщенных в [8] и нашедших отражение в руководствах и пособиях (например, [9, 10-12]), предел огнестойкости может достигать 4 часов.

Анализируя свойства ячеистого бетона, необходимо остановиться на таком известном в среде специалистов, но, тем не менее, крайне редко используемом показателе, как «коэффициент конструктивного качества», представляющим собой отношение прочности материала при сжатии к его относительной плотности. Относительная плотность материала является безразмерной величиной и в свою очередь определяется как отношение плотности материала к плотности воды (приблизительно 1000 кг/м^3 при температуре 20 ºС). Исходя из приведенных определений, коэффициент конструктивного качества автоклавного ячеистого бетона в рассмотренных выше диапазонах прочности и плотности изменяется в пределах от 4,0

до 12,5 МПа (по показателю средней прочности). Для сравнения: у тяжелого бетона прочностью 30-50 МПа этот параметр составляет 13,3-22,2 МПа, у дерева – 33-55 МПа.

На первый взгляд может показаться, что автоклавный ячеистый бетон является менее эффективным по сравнению с тяжелым бетоном и древесиной, однако, при этом следует принять во внимание в первую очередь огнестойкость, а также теплоизолирующие свойства ячеистого бетона. Безусловно, ячеистобетонные конструкции не могут конкурировать с конструкциями из других материалов во всех областях строительства, однако в ряде случаев они заметно превосходят своих конкурентов именно за счет сочетания прочностных и теплотехнических показателей, а также стойкости в условиях пожара.

Преимущества применения армированных ячеистобетонных изделий

Использование армированных ячеистобетонных изделий при строительстве зданий создает ряд преимуществ, обусловленных свойствами ячеистого бетона.

В зданиях малой и средней (до 5 этажей включительно) этажности комплексное применение армированных и неармированных (в виде мелких и крупных блоков) изделий позволяет уменьшить собственный вес несущего остова объекта и за счет этого сократить затраты нулевого цикла. Использование ячеистого бетона в элементах наружных стен исключает образование теплопроводных включений, повышает теплотехническую однородность ограждений и способствует обеспечению требуемого микроклимата помещений. При этом в силу конструктивных особенностей зданий с несущими стенами из ячеистобетонных изделий (блоков или панелей) расход монолитного железобетона и теплоизоляционных материалов, как правило, минимален.

Следует подчеркнуть, что комплексное применение ячеистобетонных изделий, включая армированные, позволяет упростить процесс организации строительства за счет комплектации материалами на одном предприятии и поставки их на строительную площадку по согласованному графику.

В каркасных зданиях армированные ячеистобетонные элементы также позволяют уменьшить собственную массу стен, перегородок, перекрытий и покрытий, обеспечить требуемые теплотехнические и противопожарные показатели без применения теплоизоляционных материалов. При этом следует отметить, что навесные стены из панелей в отличие от поэтажно опертых стен позволяют максимально использовать внутреннее пространство здания, ограничиваемое внешним контуром перекрытий, и являются однородной в теплотехническом отношении ограждающей конструкцией, не требующей дополнительного утепления в местах расположения колонн и перекрытий.

В заключение отметим, что производство и применение армированных ячеистобетонных изделий в Республике Беларусь регламентируется следующими основными Техническими нормативно-правовыми актами (ТНПА):

– СТБ 1570–2005 «Бетоны ячеистые. Технические условия»;

– СТБ 1185–99 «Панели стеновые наружные бетонные и железобетонные для зданий и сооружений. Технические условия»;

– СТБ 1989–2009 «Плиты перекрытий и покрытий, панели для внутренних стен и перегородок из автоклавного ячеистого бетона. Технические условия»;

– СТБ 1332–2002 «Блоки лотковые и перемычки из ячеистого бетона. Технические условия»;

– СТБ 1330–2002 «Ступени лестничные из ячеистого бетона. Технические условия»;

– ТКП 45–5.03–137–2009 «Изделия из ячеистого бетона. Правила изготовления»;

– СНиП 2.03.01–84* «Бетонные и железобетонные конструкции» (в части конструкций из ячеистых бетонов).

Кроме того, в 2013 г. на территории Республики Беларусь будет введен в действие СТБ EN 12602 [13]. Этот норматив, включающий положения по расчету и конструированию армированных изделий, в сочетании с действующими на территории Республики Беларусь европейскими нормативными документами (СТБ EN) позволит использовать в отечественном

строительстве результаты зарубежных научных исследований и практический опыт, повысить эксплуатационную надежность и долговечность объектов строительства.

Технология производства армированных изделий, номенклатура и физико-механические свойства продукции, а также деформационно-прочностные и теплотехнические показатели конструкций и опыт их применения в гражданском строительстве подробно изложены в книгах [1,14].

ЛИТЕРАТУРА

1 Производство ячеистобетонных изделий. Теория и практика. Н.П. Сажнев, Н.Н. Сажнев, Н.Н. Сажнева, Н.М. Голубев. Минск: Стринко, 2010. 458 с.
2 Левченко В.Н. Ассоциация производителей автоклавного газобетона: объединение для решения проблем отрасли». Будівельні матеріалы, віробі та санітарна техніка. Таварыство «Знання», Украіна.
3 Жлдзишский И.Л., Макарычев В.В. Крупнопанельные панели покрытий из ячеистых бетонов. М., Издательство литературы по строительству.1967. 12 с.
4 Наружные ограждающие конструкции зданий из крупноразмерных ячеистобетонных изделий. // Н.П. Сажнев, С.Б. Беланович, Д.П. Бухта [и др]. Строительные материалы. 2011. №2. С. 2-8.
5 ТКП 45–2.04–43–2006. Строительная теплотехника. Минск, 2007
6 ISO 10456–2007. Building materials and products – Hygrothermal proper ties – Tabulated design values and procedures for determining declared and design thermal values.
7 СНБ 2.02.01–98. Пожарно-техническая классификация зданий, строительных конструкций и материалов. Минск, 2001
8 Aroni, S. Autoclaved Aerated Concrete – Properties, Testing and Design. RILEM Recommended Practice / S. Aroni, G.J. de Groot, M.J. Robinson, G. Svanholm, F.H. Wittman – Abingdon, Taylor&Francis Group, 1993. – 404 pp.
9 AAC Design Handbook / MHE International LLC, 2005. – 234 pp.
10 CSR Hebel Technical Manual. January 2006. – 334 pp.
11 E–Crete Technical Design Manual. 2005. – 116 pp.
12 Part IV. Fire Resistance / MHE Structural Manual Handbook. // MHE International LLC, 2009. – 16 pp.
13 СТБ EN 12602 (проект). Изделия железобетонные заводского изготовления из автоклавного ячеистого бетона.
14 Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Соколовский Л.В. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика. Минск: Стринко, 2006. 446 с.

УДЕЛЬНАЯ ТЕПЛОЗАЩИТНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА В АКТУАЛИЗИРОВАННОЙ РЕДАКЦИИ СНИП «ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА ЗДАНИЙ»

В.Г. ГАГАРИН, д-р техн. наук, чл-кор. РААСН
В.В. КОЗЛОВ, канд. техн. наук; П.П. ПАСТУШКОВ, НИИСФ РААСН,
г. Москва

Удельную теплозащитную характеристику здания только под другим названием было предложено использовать еще в 30-х годах XX века [1]. В актуализированной же редакции СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» [2] данная характеристика является основной, поскольку именно она ограничивает тепловые потери через совокупность всех ограждающих конструкций. Настоящая статья посвящена обоснованию этого утверждения.

Потери теплоты через оболочку здания описываются при небольшом упрощении следующей формулой:

$$Q = \left(\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{пр}} \right) \cdot ГСОП \cdot 24 / 1000 , \qquad (1)$$

где Q - потери теплоты зданием за отопительный период, кВт·ч/год;

A_i - площади наружных ограждений, м^2;

$R_{o,i}^{пр}$ - приведенные сопротивления теплопередаче соответствующих наружных ограждений, м^2·^{o}С/Вт;

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, ^{o}С·сут./год;

V – отапливаемый объем здания, ограниченный рассматриваемой совокупностью ограждающих конструкций, м^3;

$A_н^{сум}$ - суммарная площадь всех наружных ограждающих конструкций, м^2.

Преобразование этого уравнения дает:

$$Q = 0,024 \cdot ГСОП \cdot \left(\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{пр}} \right) = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V \cdot \frac{A_н^{сум}}{V} \cdot \left(\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{пр}} \right) \Big/ A_н^{сум} =$$

$$= 0,024 \cdot ГСОП \cdot V \cdot K_{комп} \cdot K_{общ} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V \cdot k_{об}$$

$$k_{об} = K_{комп} \cdot K_{общ}, \qquad (2)$$

где $K_{комп} = \frac{A_н^{сум}}{V}$, $\quad K_{общ} = \left(\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{пр}} \right) \Big/ A_н^{сум}$.

Величина $k_{об}$ – удельная характеристика, которую и предложено называть «теплозащитной», измеряется в Вт/(м^3·^{o}С). Физический смысл этой характеристики заключается в том, что она численно равна количеству тепловой энергии, теряемой теплопередачей через оболочку здания 1 м^3 отапливаемого объема здания в единицу времени (в секунду) при перепаде температуры воздуха в 1 ^{o}С. Если умножить удельную теплозащитную характеристику на ГСОП и на размерный коэффициент 0,024, то получится количество тепловой энергии в кВт·ч, которое теряется через оболочку здания 1 м^3 отапливаемого объема за отопительный период, если это количество умножить на высоту этажа, то получится «удельный расход тепловой энергии на отопление здания», обусловленный теплопотерями через оболочку здания, измеряемый в кВт·ч/(м^2·год).

Как следует из формулы (2), удельная теплозащитная характеристика зависит от общего коэффициента теплопередачи оболочки здания $K_{общ}$ и коэффициента компактности здания $K_{комп}$. Следует отметить, что попытки нормировать отдельно эти параметры (например, в МГСН 2.01-99) нельзя признать состоятельными, поскольку они не полностью характеризуют теплозащитные свойства оболочки здания, в отличие от удельной теплозащитной характеристики здания $k_{об}$. Исходя из анализа формулы, определяющей удельную теплозащитную характеристику, очевидны два пути снижения удельных теплопотерь через

оболочку здания – это упрощение формы здания (снижение коэффициента компактности) либо повышение сопротивления теплопередаче за счет утолщения утеплителя, а также увеличения теплотехнической однородности (снижение коэффициента теплопередаче).

В актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» [2] введено нормирование удельной теплозащитной характеристики здания. Нормирование осуществляется условием, что расчетная величина должна быть не больше нормируемой (требуемой), т. е. $k_{об} \le k_{об}^{тр}$.

Требуемая удельная теплозащитная характеристика рассчитывается по формуле:

$$k_{об}^{тр} = \begin{cases} \dfrac{4{,}74}{0{,}00013 \cdot ГСОП + 0{,}61} \cdot \dfrac{1}{\sqrt[3]{V_{от}}} & V_{от} \le 960 \\ 0{,}16 + \dfrac{10}{\sqrt{V_{от}}} & \\ \dfrac{}{0{,}00013 \cdot ГСОП + 0{,}61} & V_{от} > 960 \end{cases} \qquad (3)$$

Формула (3) была слегка скорректирована в результате обсуждения первой редакции СНиП (первоначальная версия была представлена в [3]). Для удобства в тексте СНиП представлена таблица нормируемых значений $k_{об}^{тр}$. Так же в обязательном приложении к СНиП (Приложение Ж) представлена методика расчета удельной теплозащитной характеристики здания.

Нормируемые значения удельной теплозащитной характеристики здания

Отапливаемый объем здания, $V_{от}$, м^3	Значения $k_{об}^{тр}$, Вт/(м^3·^{o}С), при значениях ГСОП, ^{o}С·сут/год				
	1000	3000	5000	8000	12000
300	0,957	0,708	0,562	0,429	0,326
600	0,759	0,562	0,446	0,341	0,259
1200	0,606	0,449	0,356	0,272	0,207
2500	0,486	0,360	0,286	0,218	0,166
6000	0,391	0,289	0,229	0,175	0,133
15000	0,327	0,242	0,192	0,146	0,111
50000	0,277	0,205	0,162	0,124	0,094
200000	0,269	0,182	0,145	0,111	0,084

Если здание имеет форму, близкую к эталонной, и сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций близки к нормируемым значениям, то его теплозащитная характеристика не превысит требуемое значение, определенное по формуле (3). Если же здание будет иметь более сложную форму, например, развитую поверхность стен, то его теплозащитная характеристика может превосходить требуемое значение. Тогда для удовлетворения рассматриваемого требования необходимо будет увеличить сопротивления теплопередаче отдельных ограждающих конструкций здания.

Таким образом именно удельная теплозащитная характеристика определяет теплопотери через совокупность ограждающих конструкций здания, а не сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нормы определения теплопотерь через ограждения зданий и расчетных температур. ОСТ 90008-39. Комитет по делам строительства при СНК Союза ССР. М.-Л., 1939.
2. Свод Правил СП 50.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий». М.: 2012
3. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О комплексном показателе тепловой защиты оболочки здания. // Журнал АВОК. 2010. №4. С. 52-60.

ИННОВАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ВОЗВЕДЕНИЯ СТЕН И ПЕРЕГОРОДОК ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВЫЙ КЛЕЙ

А.С. ГОРШКОВ, канд. техн. наук, доц., ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет»,
Е.С. НИКИФОРОВ, доц., ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики»
г. Санкт-Петербург

Кладка стен из ячеистобетонных изделий (газобетонных блоков) автоклавного твердения, выпускаемых по ГОСТ 31360 [1], является в настоящее время одной из наиболее распространенных технологий домостроения в Российской Федерации.

Кладка из газобетонных блоков применяется при возведении несущих, самонесущих и ненесущих наружных и внутренних стеновых ограждающих конструкций современных зданий, как высотных многоквартирных, так и малоэтажных частных. Изделия из автоклавного газобетона обладают относительно небольшой теплопроводностью (по сравнению с другими типами конструкционно-теплоизоляционных изделий), что определяет их достаточно высокую эффективность с точки зрения тепловой защиты. Однако при возведении стен из мелкоштучных газобетонных изделий требуется применение цементных (скрепляющих блоки в кладке друг с другом) растворов, в качестве которых обычно используются либо цементно-песчаные растворы, либо тонкослойные цементные клеи.

Наличие цементных швов в кладке приводит к образованию так называемых «мостиков холода», т. к. теплопроводность растворов, применяемых для склеивания блоков в кладке, значительно выше теплопроводности ячеистого бетона марок по плотности D400-D600. Таким образом, швы кладки обусловливают дополнительные потери тепловой энергии, которые при использовании тонкослойных клеев могут достигать 10 %, а при использовании цементно-песчаных растворов – 30 % дополнительных затрат тепловой энергии по сравнению с массивом из ячеистого бетона [2]. Все эти дополнительные потери энергии приводят к необходимости увеличения расчетной мощности системы отопления и. как следствие, увеличению расхода в здании тепловой энергии на отопление.

По этой причине для дальнейшего совершенствования кладки из газобетонных блоков требуется разработка скрепляющих кладку составов, характеризующихся низкими значениями теплопроводности и обеспечивающих при этом требуемую адгезию между блоками и не ухудшающими другие важные показатели ограждающих конструкций, такие как прочность, трещиностойкость, огнестойкость и др.

Одним из вариантов улучшения теплоизоляционных свойств кладки из газобетонных блоков является использование в качестве скрепляющих отдельные блоки в кладке составов однокомпонентных полиуретановых клеев.

Описание эксперимента

16.08.2011 г. на территории одного из предприятий по выпуску изделий из автоклавного газобетона был проведен эксперимент по изготовлению фрагмента стены из газобетонных блоков марки по плотности D400 на пенополиуретановый клей (далее по тексту, – ППУ-клей).

Цель эксперимента: проверка возможности и технологичности выполнения кладки из газобетонных блоков на полиуретановый клей (вместо цементного клея или цементно-песчаного раствора).

В целом, несмотря на выявленные недостатки, возможность устранения которых была доказана при проведении последующих технологических испытаний, эксперимент оказался положительным.

По истечении трех суток с момента возведения экспериментального фрагмента были проведены его контрольные замеры. Существовала вероятность, что после отверждения

монтажная пена в швах кладки может увеличиться в размерах, что приведет к деформированию кладки, нарушении ее плоскостности и вертикальности. Результаты контрольных замеров показали, что отклонения линейных размеров фрагмента до и после затвердевания клея не превысили погрешности измерений. Данное обстоятельство свидетельствует о том, что исходная толщина горизонтальных и вертикальных швов после отверждения однокомпонентного пенополиуретанового клея практически не изменилась.

Предпринятая в этот же день (спустя трое суток с момента монтажа фрагмента кладки) попытка механического разделения блоков боковыми усилиями не увенчалась успехом. Попытки выбить блок из кладки с использованием резинового молотка привели к разрушению газобетонного блока. Фрагмент стены разрушался по телу блоков, но не по швам конструкции, как можно было предположить изначально.

На основании проведенного первичного эксперимента был сделан вывод о том, что представленная технология возведения кладки стен из газобетонных блоков на пенополиуретановый клей технологически возможна и экономически целесообразна. Однако, для возможности ее воплощения в реальных проектах требуется проведение серии необходимых испытаний, а именно:

- определение прочностных и деформационных показателей кладки;
- определение теплофизических параметров кладки (сопротивление теплопередаче);
- определение воздухопроницаемости кладки;
- определение огнестойкости кладки;
- оценка производительности выполнения монтажных работ при возведении данного типа кладки, определение расхода пенополиуретанового клея на возведение 1 м^3 кладки.

Основным преимуществом данного типа кладки является то обстоятельство, что теплопроводность пенополиуретанового клея, применяемого для скрепления газобетонных блоков в кладке стен, значительно ниже теплопроводности самого газобетона. По этой причине теплоизоляционные (теплозащитные) свойства данного типа кладки оказываются существенно выше (лучше) свойств кладки из блоков, выполненной на любом типе цементного клея, а тем более цементно-песчаного раствора со средней толщиной швов в кладке 10 мм (наиболее распространенного при строительстве многоквартирных зданий варианта возведения наружных стен из газобетонных блоков).

По результатам проведенного эксперимента был определен перечень необходимых испытаний и разработана программа испытаний, которая была реализована в последующие, с момента проведения первого эксперимента, полтора года.

Результаты испытаний

Производительность работ. Рекомендации по расходу ППУ-клея на возведение 1 м^3 кладки

С целью оценки производительности работ по монтажу фрагментов стен из газобетонных блоков на ППУ-клей (монтажную пену) и проверки технологичности выполнения данного вида монтажных работ были сложены 4 (четыре) экспериментальных фрагмента кладки из блоков различной толщины (100, 200, 300 и 375 мм). Объем каждого испытуемого фрагмента составил не менее 1,4 м^3 (см. рис. 1, 2).

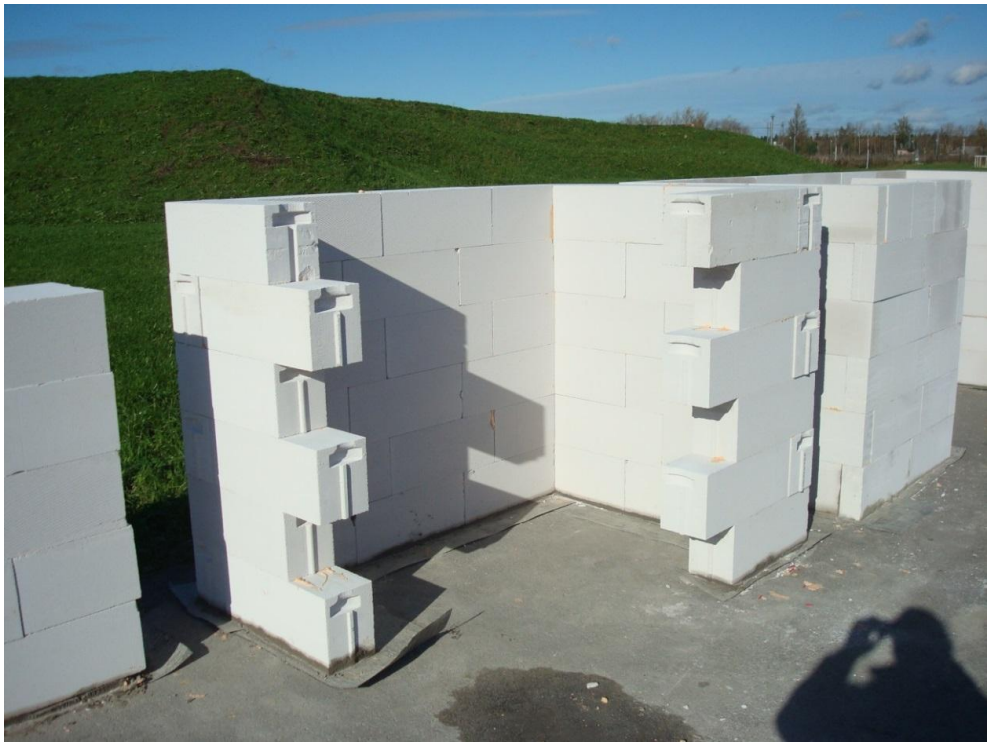


Рис. 1. Фрагмент кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения толщиной 300 мм на ППУ-клей

Рис. 2. Фрагменты кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения толщиной 375, 300 и 100 мм на ППУ-клей

Время (продолжительность) выполнения монтажных работ при сборке 4 (четырех) экспериментальных фрагментов стен различной толщины на ППУ-клей составило:

- 375 мм – 45 мин при монтаже 1 м^3 кладки;
- 300 мм – 40 мин при монтаже 1 м^3 кладки;
- 200 мм – 40 мин при монтаже 1 м^3 кладки;
- 100 мм – 1 час 20 мин при монтаже 1 м^3 кладки.

На основании полученных экспериментальных данных были разработаны рекомендуемые значения расхода ППУ-клея при кладе блоков толщин:

- 375 мм – 1 баллон на 1 м^3 кладки;
- 300 мм – 0,8 баллона на 1 м^3 кладки;
- 200 мм – 0,75 баллона на 1 м^3 кладки;
- 100 мм – 0,75 баллона на 1 м^3 кладки.

Прочностные испытания

Прочностные испытания фрагментов стен из газобетонных блоков на ППУ-клее проводились на поверенном оборудовании ЗАО «Испытательный центр ВНИИГС» (192019, г. Санкт-Петербург, ул. Хрустальная, дом 18, офис 113; Аттестат аккредитации № РОСС RU. 0001. 21СЛ 35 действителен до 14.10.2014) под руководством заведующего лабораторией Харченко А.П.

Результаты испытания фрагментов кладки на прочность при сжатии представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытания кладки на прочность при сжатии

Номер образца	Размер в плане, см	Площадь *F*, см^2	Нагрузка, тс		Напряжение, кгс/см^2	
			трещ.	разруш.	трещ.	разруш.
1	100,2×37,5	3757,5	19	53	5,1	14,1
2	100,3×37,5	3761,25	19,6	44,8	5,2	11,9
3	100,3×37,5	3761,25	18	52,8	4,8	14,0
4	100,3×37,5	3761,25	15,4	48,0	4,1	12,8
5	100,7×37,5	3776,25	14,8	47,4	3,9	12,6
Ср.					4,6	13,1

Для определения расчетного сопротивления кладки сжатию *R* была использована формула (3) из СНиП II-22-81* [3]:

$$R = \frac{R_u}{k} = \frac{13{,}1}{2{,}25} = 5{,}8 \text{ кгс/см}^2,$$

где R_u – временное сопротивление (средний предел прочности) сжатию кладки, кгс/см^2, принимаемый по табл. 1;

k – коэффициент, принимаемый (по табл. 14 СНиП II-22-81* [3]) для кладки из крупных и мелких блоков из ячеистых бетонов равным 2,25.

Прочностные испытания показали, что:

- средний предел прочности сжатию кладки из газобетонных блоков марки по плотности D400 на полиуретановом клее составляет 13,1 кгс/см^2;
- расчетное сопротивление кладки из газобетонных блоков на пенополиуретановом клее сжатию *R* составляет 5,8 кгс/см^2;
- полученное при испытаниях значение расчетного сопротивления сжатию *R* кладки из газобетонных блоков на полиуретановом клее (5,8 кгс/см^2) численно соответствует расчетным сопротивлениям сжатию кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения на цементно-песчаном растворе марок от М4 (5,5 кгс/см^2) до М10 (6,5 кгс/см^2) согласно данным таблицы 6.6 в СТО 501-52-01 [4];
- среднее значение модуля упругости кладки *E* составляет 298,3 кгс/см^2;
- характер поведения зависимости σ = f (ε) (рис. 3) показывает наличие трех характерных участков: первый – значительных деформаций при незначительных нагрузках, второй – упругих деформаций, третий – разрушения кладки;
- первый участок деформирования кладки обусловлен высокой деформативностью полиуретановой пены, заполняющей горизонтальные швы кладки;
- первые трещины в кладке возникают в конце первого – начале второго участка деформирования кладки (см. данные рис. 3), т. е. задолго до потери несущей

способности. Появление трещин на данном участке объясняется тем, что из-за значительной деформативности горизонтальных швов кладки блоки из газобетона начинают работать не только на сжатие, но и на изгиб. В результате на следующей стадии деформирования кладки (на участке упругих деформаций) вплоть до потери несущей способности происходит интенсивное трещинообразование;

- значительные деформации кладки из газобетонных блоков на пенополиуретановом клее, приводящие к трещинообразованию кладки задолго до потери ее несущей способности, не позволяют использовать данную технологию кладки в случае возведения несущих стен зданий;
- кладку из газобетонных блоков на пенополиуретановом клее рекомендуется использовать при возведении ненесущих внутренних и наружных стен зданий при соответствующем расчетном обосновании.

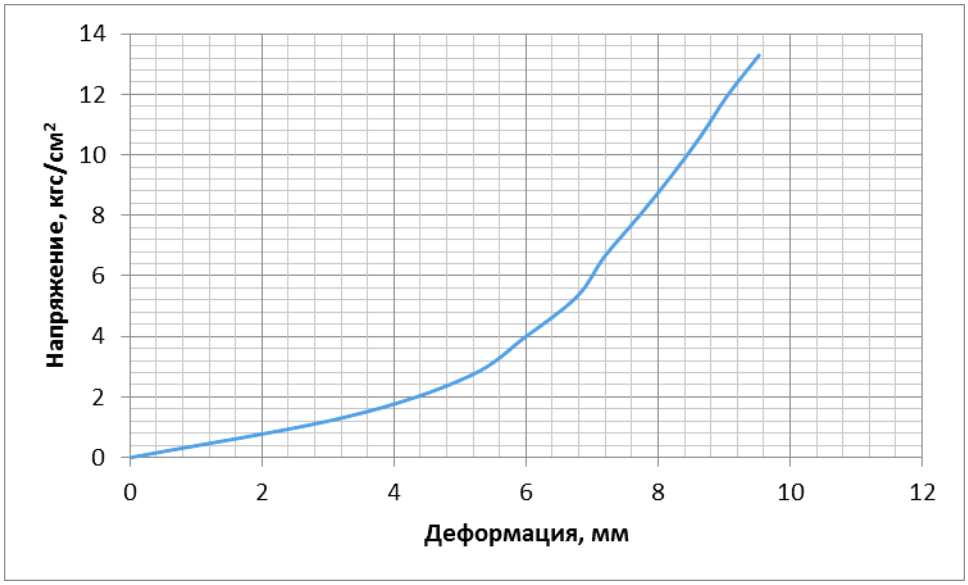


Рис. 3. Диаграмма σ = f (ε) фрагмента кладки из газобетонных блоков на ППУ-клей

Теплофизические испытания

Испытания с целью определения сопротивления теплопередаче фрагмента кладки из газобетонных блоков на ППУ-клее проводились в испытательной лаборатории строительных материалов ООО ФПГ «РОССТРО – ПКТИ» (197341, г. Санкт-Петербург, ул. Афонская, дом 2; Аттестат аккредитации федерального агентства по техническому регулированию и метрологии РОСС RU 0001.22.СЛ33 от 24.12.2010 г.) под руководством руководителя ИЦ Суворовой Т.В.

По результатам испытаний фрагмента кладки в климатической камере согласно ГОСТ 26254 [5] термическое сопротивление фрагмента стены толщиной 375 мм по глади R_{w2} составило 1,737 м^2·ºС/Вт при фактической равновесной весовой влажности газобетонных блоков 22 %. Термическое сопротивление фрагмента стены в швах кладки $R_{шв}$, выполненных из пенополиуретанового клея, составило 5,0 м^2·ºС/Вт.

В связи с тем, что при дальнейших испытаниях уменьшение влажности кладки не наблюдалось, испытания были прекращены. Определение термического сопротивления R_{w1} и приведенного сопротивления теплопередаче испытываемого фрагмента стены по глади стеновой конструкции R_o^r при равновесной весовой влажности 5 % [6] производилось расчетным способом по методике СП 23-101 [7]. Расчет выполнен на основании полученного протокола теплотехнических испытаний фрагмента кладки по ГОСТ 26254 [5].

Расчетное значение термического сопротивления фрагмента стены толщиной 375 мм из газобетонных блоков марки по плотности D400 на пенополиуретановом клее при равновесной весовой влажности изделий в кладке 5 % R_{w1} составило 3,44 м^2·ºС/Вт.

Расчетное значение сопротивления теплопередаче R_o^r фрагмента стены из газобетонных блоков марки по плотности D400 для условий эксплуатации «Б» (при равновесной весовой

влажности изделий в кладке стен 5 % [6]) с учетом швов кладки, выполненных из пенополиуретанового клея, по глади стеновой конструкции составило 3,60 $м^2 \cdot ºС/Вт$, что выше нормативного значения для большинства регионов Российской Федерации.

Примечания:

1. При расчете приведенного сопротивления теплопередаче кладки из ячеистобетонных изделий на полиуретановом клее по глади рассматриваемого фрагмента не были учтены иные теплопроводные включения (оконные и дверные откосы, оконные и дверные перемычки, гибкие или жесткие связи для крепления облицовочного слоя, анкера для крепления утеплителя к кладке, диски плит перекрытий, межэтажные и подкровельные армопояса и т. п.).
2. Равновесная весовая влажность 5 % для ячеистых бетонов автоклавного твердения принята согласно примечанию к п. 3.15 в ГОСТ 31359 [6].

Огнестойкость

Испытание перегородки из блоков неармированных 625×250×100 мм из ячеистого бетона автоклавного твердения (марки изделий по плотности D400, класса по прочности на сжатие не менее В2, толщиной не менее 100 мм), изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 31360 [1] и уложенных с использованием клея однокомпонентного пенополиуретанового на огнестойкость (по ГОСТ 30247.0-94 [8], ГОСТ 30247.1-94 [9]), проводились в Испытательном центре ИЦ «Огнестойкость» ЗАО «ЦСИ «Огнестойкость» (109428, г. Москва, ул. 2-я Институтская, д.6, Аттестат аккредитации ТРПБ.RU.ИН27 от 07 октября 2010 г., срок действия – до 07 октября 2015 г.).

На основании проведенных испытаний были сформулированы следующие выводы:

- предел огнестойкости образца перегородки из блоков неармированных 625×250×100 мм из ячеистого бетона автоклавного твердения (марка изделий по плотности D400, класс по прочности на сжатие не менее В2, толщина не менее 100 мм), изготовленных в соответствии с требованиями ГОСТ 31360 [1], уложенных с использованием клея однокомпонентного пенополиуретанового, определенный как среднеарифметическое результатов испытаний двух образцов (п. 11 в ГОСТ 30247.0-94 [8]) и приведенный к ближайшей меньшей величине из ряда чисел по п.10 в ГОСТ 30247.0-94 [8] , составляет EI 150;
- предел огнестойкости испытанной перегородки EI 150 соответствует требованиям СНиП 21-01 [10], предъявляемым к наружным ненесущим стенам зданий (табл. 4* в СНиП 21-01), а также к противопожарным перегородкам (табл. 1) типа 1 и типа 2.

Воздухопроницаемость

Исследование воздухопроницаемости фрагмента кладки из газобетонных блоков автоклавного твердения марки по плотности D400 на полиуретановом клее проводилось в Научно-техническом центре по сертификации строительных конструкций ИЦ «БЛОК» (190005, г. Санкт-Петербург, ул. 2-ая Красноармейская, дом 4; Аттестат аккредитации ИЦ № РОСС RU0001.21СЛ96 от 09.03.2010 до 09.03.2015) ФГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет» под руководством директора ИЦ «БЛОК» д.т.н., проф. Дацюк Т.А.

Фрагмент кладки № 1 складывался из блоков марки по плотности D400 с заполнением горизонтальных и вертикальных швов кладки пенополиуретановым клеем.

Фрагмент кладки № 2 складывался из блоков марки по плотности D400 на цементный клей с заполнением пенополиуретановым клеем марки только вертикальных швов кладки.

По результатам испытаний воздухопроницаемость фрагмента №1 кладки из газобетонных блоков на пенополиуретановом клее при разности давлений 10 Па составила 0,07 $кг/м^2 \cdot ч$.

Сопротивление испытанного фрагмента №1 кладки воздухопроницанию при разности давлений 10 Па R_{10}, $м^2 \cdot ч \cdot Па/кг$, составило:

$R_{10} = 10/I = 143$ $м^2 \cdot ч \cdot Па/кг$.

По результатам испытаний воздухопроницаемость фрагмента №2 кладки из газобетонных блоков на цементном клее с заполнением вертикальных швов кладки ППУ-клеем при разности давлений 10 Па составила 0,04 кг/м^2·ч.

Сопротивление испытанного фрагмента кладки воздухопроницанию при разности давлений 10 Па R_{10}, м^2·ч·Па/кг, составило:

$R_{10} = 10/I = 250$ м^2·ч·Па/кг.

Выводы по комплексу испытаний

На основании проведенного комплекса испытаний можно сформулировать следующие основные выводы:

1. Использование пенополиуретанового клея для скрепления газобетонных блоков в кладке стен технически осуществимо и экономически целесообразно.
2. Экономическая целесообразность данного типа кладки обусловлена тремя составляющими:

- более высокой производительностью кладки (по предварительным исследованиям кладка на ППУ-клее в два раза более технологична по сравнению с традиционной кладкой на цементных растворах);
- более низкой стоимостью возведения 1 м^3 кладки при существующем соотношении цен на пенополиуретановый клей и цементные составы;
- значительно более высокими теплоизоляционными свойствами по сравнению с кладкой на цементном растворе или тонкослойном клею, а значит и более низкими потерями тепловой энергии в течение отопительного эксплуатационного периода.

3. Теплотехнические свойства фрагментов стен, выполненных из газобетонных блоков на ППУ-клее толщиной 375 мм, соответствуют нормативным требованиям к уровню теплоизоляции (сопротивлению теплопередаче наружных стен) для большинства регионов Российской Федерации.
4. Предел огнестойкости испытанной перегородки из газобетонных блоков (толщиной не менее 100 мм) марки по плотности D400 на ППУ-клее составил EI 150, что соответствует требованиям СНиП 21-01 [10], предъявляемым к наружным ненесущим стенам зданий (табл. 4* в СНиП 21-01 [10]), а также к противопожарным перегородкам (табл. 1 в СНиП 21-01 [10]) типа 1 и типа 2.
5. Кладку из газобетонных блоков на пенополиуретановом клее допускается использовать при возведении ненесущих внутренних и наружных стен зданий, в том числе при заполнении наружных проемов каркасно-монолитных зданий с поэтажным опиранием кладки на несущие монолитные перекрытия, при соответствующем расчетном обосновании.

При проведении испытаний были выявлены некоторые ограничения для предложенной технологии возведения кладки, а именно:

- на основании проведенных прочностных испытаний оказалось, что испытаний, проведенных при центральном сжатии испытываемых фрагментов кладки, недостаточно для рекомендации данного типа кладки при возведении несущих стен зданий;
- кладка на ППУ-клее затруднена при работе на открытой местности в условиях сильных порывов ветра (свыше 5 м/с), т. к. при данных скоростях ветра пена, нанесенная на горизонтальную поверхность блоков в кладке, может скатываться до установки последующего (верхнего) ряда кладки.

Для получения однозначного вывода о возможности или невозможности использования данного типа кладки при возведении несущих стен зданий требуются дополнительные испытания, в том числе при внецентренном сжатии фрагментов кладки.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 31360-2007. Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения. Технические условия. МНТКС, 2008

2. Горшков А.С., Гладких А.А. Влияние растворных швов кладки на параметры теплотехнической однородности стен из газобетона // Инженерно-строительный журнал. 2010. №3. С. 39 – 42.
3. СНиП II-22-81* Каменные и армокаменные конструкции. Госстрой России. - М.: ФГУП ЦПП, 2004.
4. СТО 501-52-01-2007. Часть I. Издание второе, дополненное. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. М.: 2007
5. ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. М.: Издательство стандартов, 1985
6. ГОСТ 31359-2007. Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия. МНТКС, 2008
7. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. М.: Госстрой России, 2004
8. ГОСТ 30247.0-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования. МНТКС, 1995
9. ГОСТ 30247.1-94. Конструкции строительные. Методы испытаний на огнестойкость. Несущие и ограждающие конструкции. МНТКС, 1996
10. СНИП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений. М.: Госстрой России, 1998

УСЛОВИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ПОЭТАЖНО ОПЕРТЫХ СТЕН, ВЫПОЛНЕННЫХ КЛАДКОЙ ИЗ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ, ПРИ УЧЕТЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА НИХ ВЕТРОВОЙ НАГРУЗКИ

А.С. ГОРШКОВ, канд. техн. наук, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна»
г. Санкт-Петербург

В последние 10-15 лет в практике проектирования и строительства жилых многоквартирных зданий наметился тренд на возведение зданий с монолитным железобетонным каркасом [1, 2] и заполнением поэтажно опертых наружных ограждающих конструкций кладкой из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения [3], выпускаемых по ГОСТ 31360 [4].

При поэтажном опирании стен на монолитное железобетонное перекрытие нагрузки от собственного веса кладки, действующие в пределах одного этажа монолитного-каркасного здания, обычно незначительны по сравнению с несущей способностью кладки из ячеистобетонных блоков автоклавного твердения марок D400 – D600 классов по прочности на сжатие В2÷В3,5. Однако помимо собственного веса кладки на стену действуют ветровые нагрузки, которые при значительной высоте здания (выше 30 метров) могут достигать существенных значений [5]. В этой связи возникают вопросы обеспечения условий устойчивости (невыпадения) стенового заполнения, выполненного в виде кладки из ячеистобетонных блоков, для зданий с монолитным железобетонным каркасом [5].

Рассмотрим работу фрагмента стеновой конструкции, выполненной из газобетонных блоков, в пределах одного этажа при поэтажном опирании рассматриваемого фрагмента на монолитное перекрытие здания с несущим монолитным железобетонным каркасом и определим условия обеспечения устойчивости (не выпадения) рассматриваемого фрагмента стеновой конструкции при действии на него ветровой нагрузки.

Исходные данные для расчета

Рассмотрим 14-этажное здание монолитно-каркасной конструкции высотой 42 метра с поэтажным заполнением наружных стен ячеистобетонными блоками из автоклавного газобетона марки по плотности D600 толщиной 250 мм. Конструкция наружной стены (рис.1) состоит из трех слоев:

- кладка из газобетонных блоков марки по плотности D600 – 250 мм;
- утеплитель минераловатный плотностью 145 кг/м^3 – 100 мм;
- штукатурный слой плотностью 1800 кг/м^3 – 20 мм.

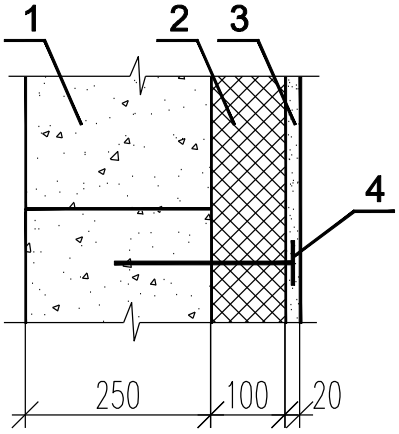


Рис. 1. Конструкция наружной стены:
1 – кладка из газобетонных блоков марки по плотности D600;
2 – утеплитель минераловатный (145 кг/м^3); 3 – штукатурный слой (1800 кг/м^3);
4 – тарельчатый дюбель

Схема заполнения проема поэтажно опертого фрагмента стены, расположенного между двумя железобетонными монолитными перегородками в пределах одного этажа здания, представлена на рис. 2. Рассматриваемый фрагмент имеет следующие размеры: длина (протяженность) ℓ = 3430 мм; высота Н = 2840 мм; толщина δ = 250 мм (слой утеплителя и штукатурки в дальнейших расчетах не учтены по причине того, что непосредственно не опираются на несущие элементы каркаса здания).

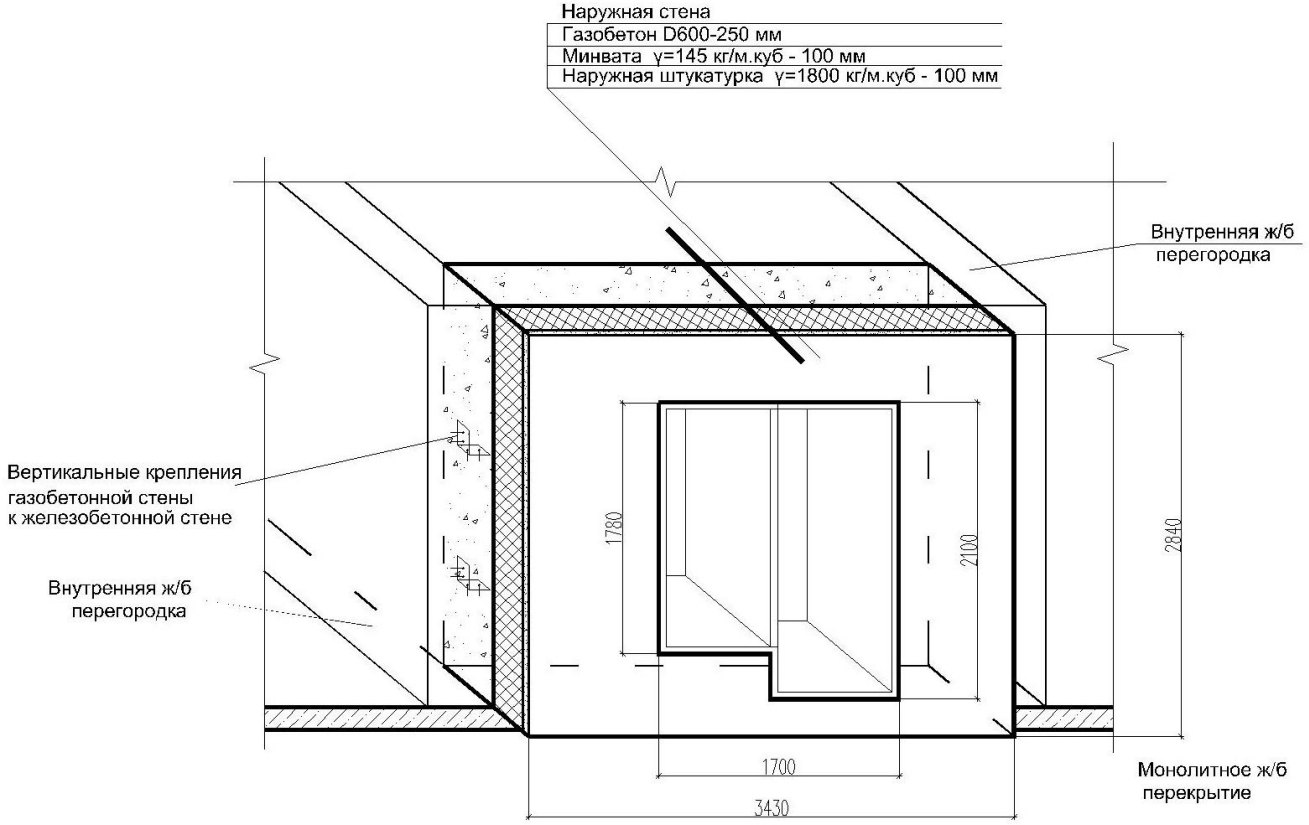


Рис. 2. Схема фрагмента стенового заполнения проема

Расчет ветровой нагрузки

Произведем сбор ветровой нагрузки на наветренную (рис. 3) и подветренную (рис. 4) поверхности наружных ограждающих конструкций рассматриваемого здания. Здание 14-этажное, монолитно-каркасной конструкции. Расчет выполнен в соответствии со СНиП 2.01.07-85* [6] с учетом изменения №2.

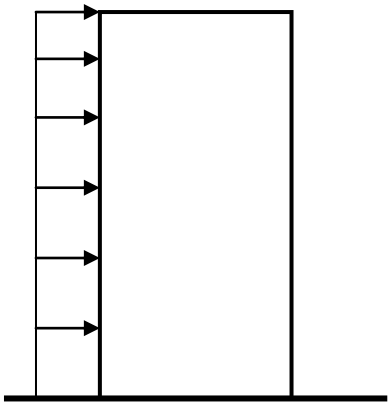


Рис. 3. Сбор ветровой нагрузки на наветренную поверхность

Таблица 1

Исходные данные для проектирования

Ветровой район	II
Нормативное значение ветрового давления	0,03 т/м^2
Тип местности	В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м
Тип сооружения	Вертикальные и отклоняющиеся от вертикальных не более чем на 15 % поверхности

Таблица 2

Параметры

Поверхность	Наветренная
Высота здания	42 м (14 этажей)
Шаг сканирования	3 м
Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,4

Таблица 3

Нормативные и расчетные значения ветровой нагрузки на наветренную поверхность

Высота (м)	Нормативное значение (т/м^2)	Расчетное значение (т/м^2)
0	0,012	0,017
3	0,012	0,017
6	0,013	0,018
9	0,015	0,021
12	0,017	0,023
15	0,018	0,026
18	0,02	0,028
21	0,021	0,029
24	0,022	0,031
27	0,023	0,032
30	0,024	0,034
33	0,025	0,035
36	0,026	0,036
39	0,027	0,038
42	0,028	0,039

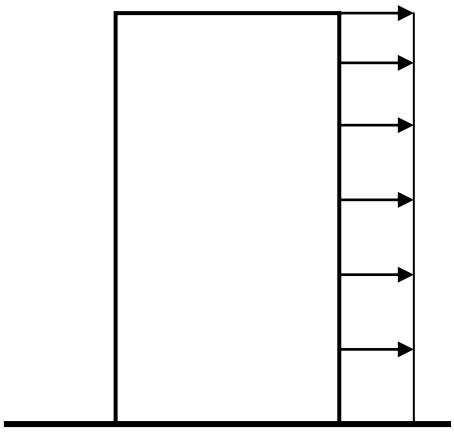


Рис. 4. Сбор ветровой нагрузки на подветренную поверхность

Таблица 4

Исходные данные для проектирования

Ветровой район	II
Нормативное значение ветрового давления	0,03 Т/м^2
Тип местности	В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м
Тип сооружения	Вертикальные и отклоняющиеся от вертикальных не более чем на 15 % поверхности

Таблица 5

Параметры

Поверхность	Подветренная
Высота здания	42 м (14 этажей)
Шаг сканирования	3 м
Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	1,4

Таблица 6

Нормативные и расчетные значения ветровой нагрузки на подветренную поверхность

Высота (м)	Нормативное значение (Т/м^2)	Расчетное значение (Т/м^2)
0	-0,009	-0,013
3	-0,009	-0,013
6	-0,01	-0,013
9	-0,011	-0,016
12	-0,013	-0,018
15	-0,014	-0,019
18	-0,015	-0,021
21	-0,016	-0,022
24	-0,017	-0,023
27	-0,017	-0,024
30	-0,018	-0,025
33	-0,019	-0,026
36	-0,02	-0,027
39	-0,02	-0,028
42	-0,021	-0,029

Для дальнейших расчетов примем ветровые нагрузки на подветренную поверхность здания (табл. 4-6), т. е. рассмотрим условия обеспечения устойчивости (невыпадения) фрагмента стеновой конструкции наружу из плоскости стены. В качестве фрагмента стеновой конструкции примем участок стеновой конструкции, расположенный в пределах одного этажа между железобетонными перекрытиями верхнего (технического) и нижнего этажей в вертикальном направлении и между двумя соседними внутренними железобетонными перегородками монолитного каркаса в горизонтальном направлении. Рассматриваемый фрагмент стенового заполнения проема можно вывести из проектного положения двумя возможными способами:

1. за счет опрокидывания фрагмента (рис. 5);
2. за счет его горизонтального смещения из проектного положения (рис. 9).

Ниже подробно рассмотрены оба способа выведения стенового заполнения из проектного положения. Все последующие расчеты произведены для верхнего (14-го) этажа здания, где численное значение расчетной ветровой нагрузки – максимально.

1. Вариант опрокидывания фрагмента стенового заполнения из проектного положения за счет действия опрокидывающего момента от ветровой нагрузки

В соответствии со схемой, представленной на рис. 5, на рассматриваемый фрагмент стены действуют два противоположно-направленных момента. В первом приближении примем допущение, согласно которому фрагмент стенового заполнения свободно стоит на поверхности монолитного перекрытия под действием собственного веса, т. е. рассмотрим случай, когда раствор между перекрытием и первым рядом кладки отсутствует, и, кроме того, примем, что фрагмент стены не связан посредством каких-либо механических или химических связей с внутренними монолитными стенами между которыми располагается данный фрагмент. В этом случае на фрагмент стены действуют два момента: опрокидывающий $M_{ov.t}$, обусловленный отрицательной ветровой нагрузкой с подветренной стороны фасада (табл. 6), и удерживающий опорный момент $M_{h.on}$, обусловленный собственным весом фрагмента стены.

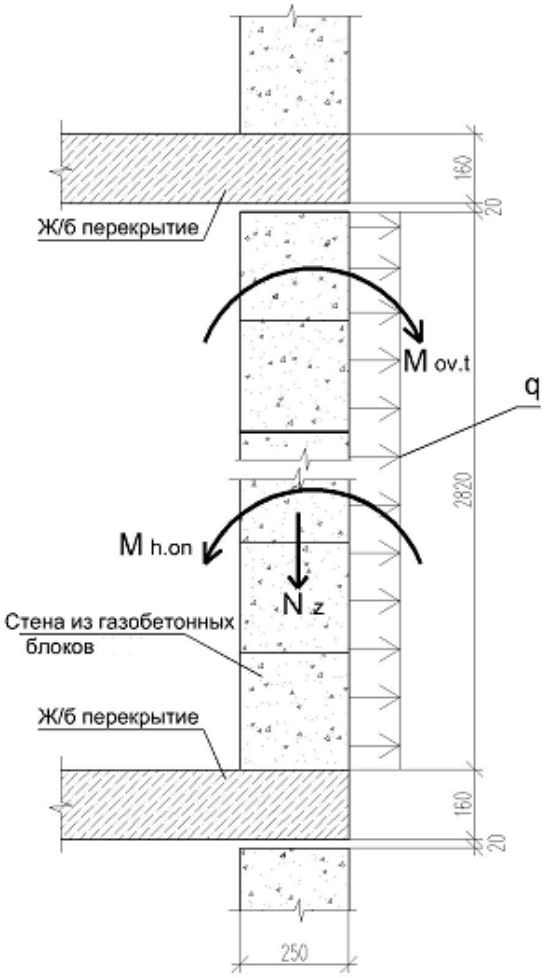


Рис. 5. Схема действующих на фрагмент стенового заполнения опрокидывающего (ov.t) и удерживающего (h.on) моментов

Условием обеспечения устойчивости (невыпадения) рассматриваемого фрагмента стены при принятых допущениях является следующее неравенство:

$$M_{ov.t} \leq M_{h.on}, \qquad (1)$$

т. е. опрокидывающий момент $M_{ov.t}$ должен быть меньше удерживающего опорного $M_{h.on}$.

Опрокидывающий момент $M_{ov.t}$ от действия ветровой нагрузки $q^p = w_e \cdot \ell$ определяется следующим выражением:

$$M_{ov.t} = \frac{1}{2} \cdot w_e \cdot H^2 \cdot \ell \cdot \gamma_c \quad , \qquad (2)$$

где w_e - расчетное значение ветровой нагрузки на подветренную поверхность фасада;

H - высота заполнения проема;

ℓ - расчетная длина заполнения проема;

γ_c - коэффициент надежности (γ_c=1,1).

Удерживающий опорный момент $M_{h.on}$ от собственного веса заполнения проема N_z:

$$M_{h.on} = \frac{1}{2} \cdot \delta \cdot N_Z \cdot 0{,}9 = \frac{1}{2} \cdot \delta^2 \cdot H \cdot \ell \cdot \rho \cdot 0{,}9 \ , \qquad (3)$$

где δ – толщина заполнения проема;

H, ℓ - то же, что и в формуле (2);

ρ – плотность кладки (для марки D600 плотность кладки на клею: ρ = 680 кг/м^3 – по табл. 6.4 в СТО 501-52-01-2007 [7]);

γ_n – коэффициент надежности (γ_n=0,9).

Вычисления опрокидывающего и удерживающего моментов по формулам (2), (3) на высоте 42 м от уровня земли (верхний этаж здания) дают следующие численные значения:

- опрокидывающий момент $M_{ov.t}$ = 441 кгс·м;
- удерживающий момент $M_{h.on}$= 207 кгс·м.

т. е. условие (1) при принятых допущениях не выполняется.

Связано это с тем, что в расчете, произведенном по формулам (2) и (3), не учтена адгезия растворного шва, расположенного между монолитным перекрытием и первым рядом кладки стен из газобетона (рис. 6).

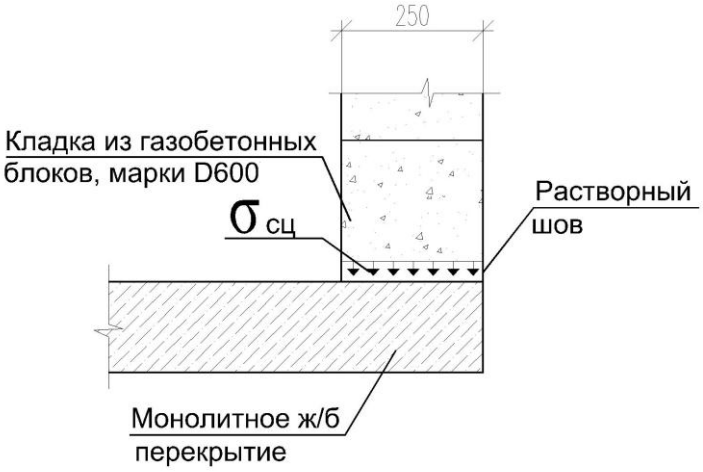


Рис. 6. Схема сцепления первого ряда кладки с монолитным перекрытием

Численное значение усилия сцепления раствора с газобетоном при нормально приложенном усилии отрыва составляет $\sigma_{сц}$ = 0,11 МПа = 0,11·10^5 кгс/м^2. Таким образом, для отрыва газобетона от монолитного перекрытия помимо удерживающего момента необходимо преодолеть также силу сцепления $\mathbf{F_{сц}}$ (рисунок 6), численное значение которой определяется по формуле:

$$F_{сц} = \sigma_{сц} \cdot S_{пов} = \sigma_{сц} \cdot \delta \cdot \ell = 0{,}11 \cdot 10^5 \cdot 0.25 \cdot 3{,}43 = 9432{,}5 \ кгс \qquad (4)$$

где $S_{пов}$ – опорная площадь поверхности заполнения проема стены на монолитное перекрытие;

δ, ℓ - то же, что и в формуле (3).

Для преодоления рассчитанного значения силы сцепления $F_{сц}$ необходимо приложить к рассматриваемому фрагменту стены опрокидывающий момент $M_{ov.t}$ = 6642,6 кгс·м, что существенно выше фактического значения данного параметра (441 кгс·м).

Кроме того, необходимо принять во внимание, что опрокидывание рассматриваемого фрагмента стены от действия опрокидывающего момента невозможно по причине того, что имеющегося зазора между верхним краем фрагмента стены и монолитным перекрытием недостаточно для того, чтобы даже в случае преодоления сил сцепления опрокинуть рассматриваемый фрагмент стены из проектного положения (рис. 7). Зазор между кладкой и верхним монолитным перекрытием при высоте кладки стен из газобетона 2820 мм составляет

всего 20 мм (рис. 3, 7, 8). Это означает, что при повороте фрагмента на угол $\alpha = 1°45^{//}$ кладка упрется верхним краем в нижнюю поверхность монолитного перекрытия, что создаст дополнительное расклинивающее усилие, величина которого будет определяться расчетным сопротивлением кладки сжатию. Для кладки из газобетонных блоков марки по плотности D600 на клее марки М50 расчетное сопротивление кладки сжатию составляет 13 кгс/см^2 (табл. 6.6 СТО 501-52-01-2007 [7]).

Необходимо также принять во внимание, что в соответствии с предлагаемым техническим решением зазор между кладкой и перекрытием должен быть заполнен слоем утеплителя и герметиком (рис. 8), что еще более осложняет возможность любых угловых перемещений рассматриваемого фрагмента стенового заполнения.

Рис. 7. Схема возможного опрокидывания фрагмента стенового заполнения и его защемления верхним перекрытием

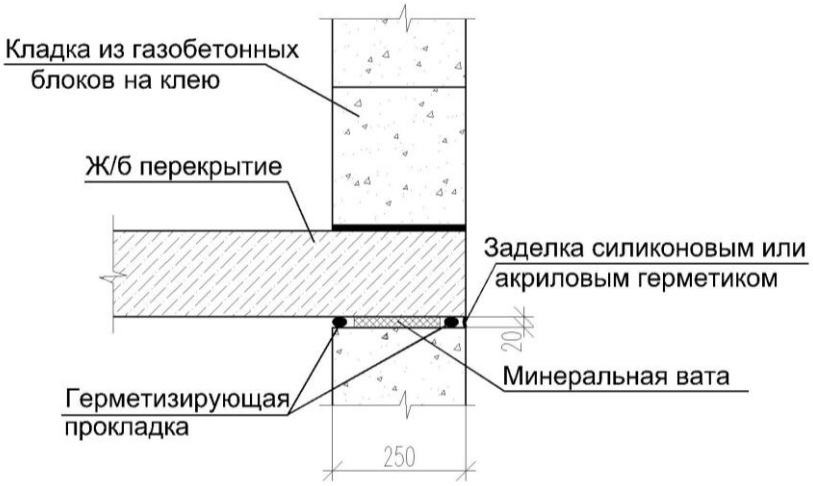


Рис. 8. Схема устройства верхнего края кладки в месте ее примыкания к монолитному перекрытию

Таким образом, устойчивость рассматриваемого фрагмента стенового ограждения от действия ветровой нагрузки при заданных условиях его закрепления (наличие горизонтальных швов кладки и раствора между первым рядом кладки и нижним перекрытием) и фактических геометрических параметрах стенового заполнения (незначительный зазор между кладкой и верхним перекрытием, заполненный утеплителем и герметиком) следует считать обеспеченной.

2. Вариант смещения фрагмента стенового заполнения из проектного положения за счет действия отрицательного ветрового давления

Рассмотрим возможность горизонтального смещения рассматриваемого фрагмента стенового заполнения из проектного положения (рис.9).

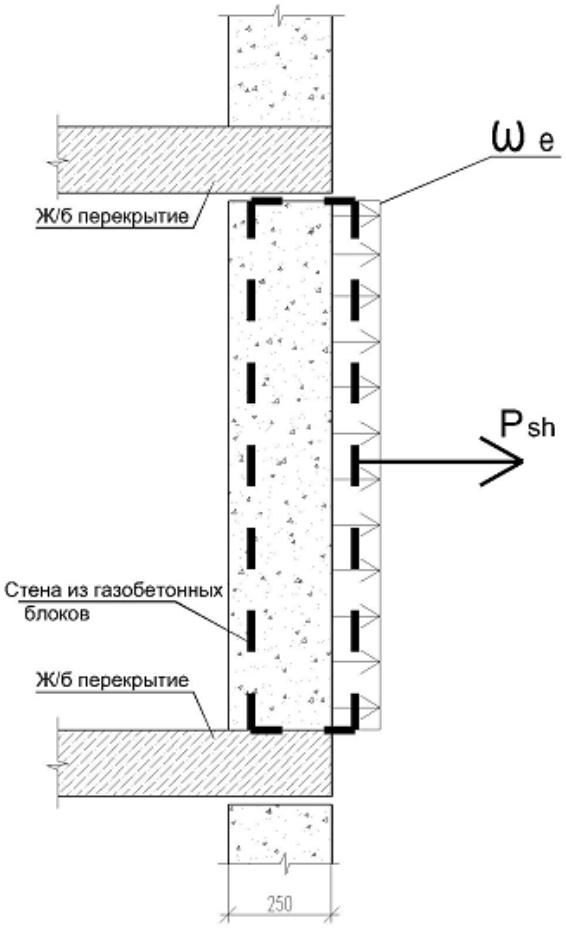


Рис. 9. Схема действующего на фрагмент стенового заполнения усилия смещения P_{sh}

Горизонтальное смещение фрагмента стенового заполнения будет возможно в том случае, если усилие смещения P_{sh}, обусловленное действием ветровой нагрузки, превысит удерживающее усилие $P_{h.on}$, обусловленное химическими и механическими связями кладки с монолитными железобетонными конструкциями здания (перекрытиями, внутренними стенами), т. е. должно выполняться условие:

$$P_{\text{sh}} \le P_{\text{h.on}}. \qquad (5)$$

Суммарное усилие смещения P_{sh}, создаваемое отрицательной ветровой нагрузкой w_e (табл. 6) на фрагмент заполнения, может быть определено следующим образом:

$$P_{\text{sh}} = \text{w}_\text{e} \cdot S_w = w_e \cdot \ell \cdot H, \qquad (6)$$

где w_e – расчетное значение ветровой нагрузки на верхнем этаже здания;

S_w – площадь фасада рассматриваемого фрагмента стенового заполнения;

ℓ, H – то же, что и в формуле (2).

Рассчитаем значение усилия смещения фрагмента по формуле (6):

$$P_{\text{sh}} = 29 \cdot 3{,}43 \cdot 2{,}84 = 282{,}5 \textit{ кгс}.$$

Удерживающее усилие может быть обусловлено двумя составляющими:

- химическими связями, обусловленными сцеплением кладки с монолитным перекрытием за счет раствора, расположенного между перекрытием и первым (нижним) рядом кладки (рис. 10);

- механическими связями, расположенными не менее, чем в двух местах по высоте кладки (рис. 2, 11, 12).

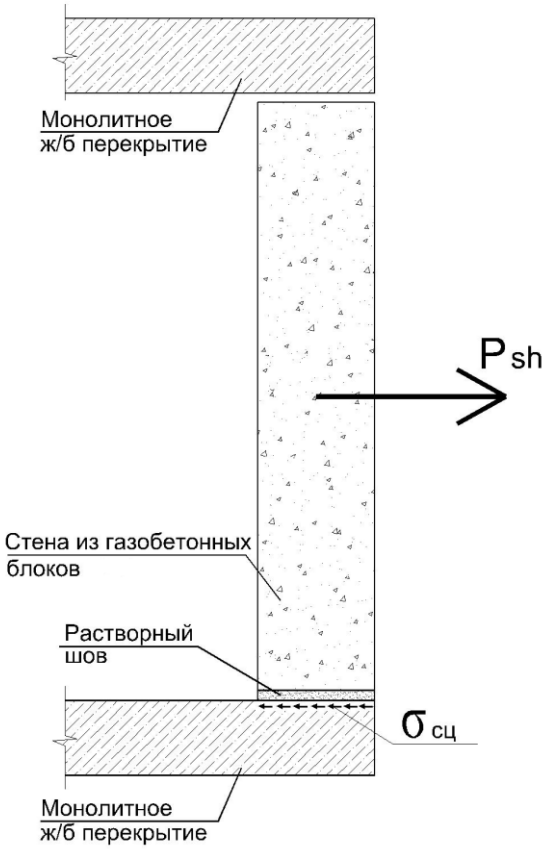


Рис. 10. Схема усилий в кладке фрагмента стенового заполнения в результате действия горизонтального усилия смещения P_{sh}

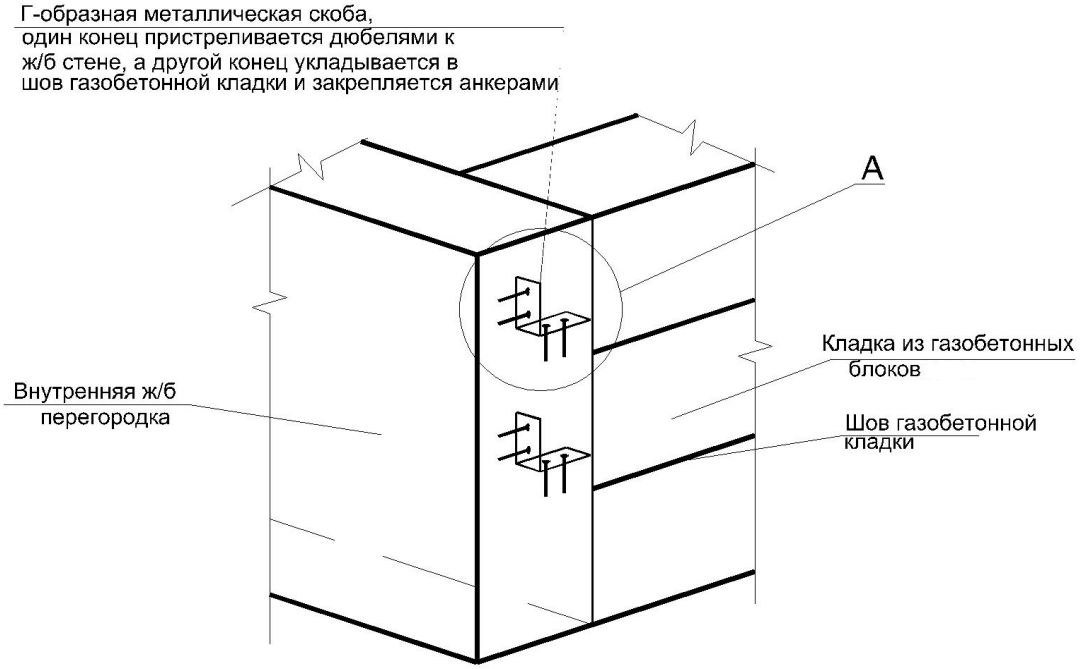


Рис. 11. Схема расположения механических связей в кладке стен из газобетонных блоков

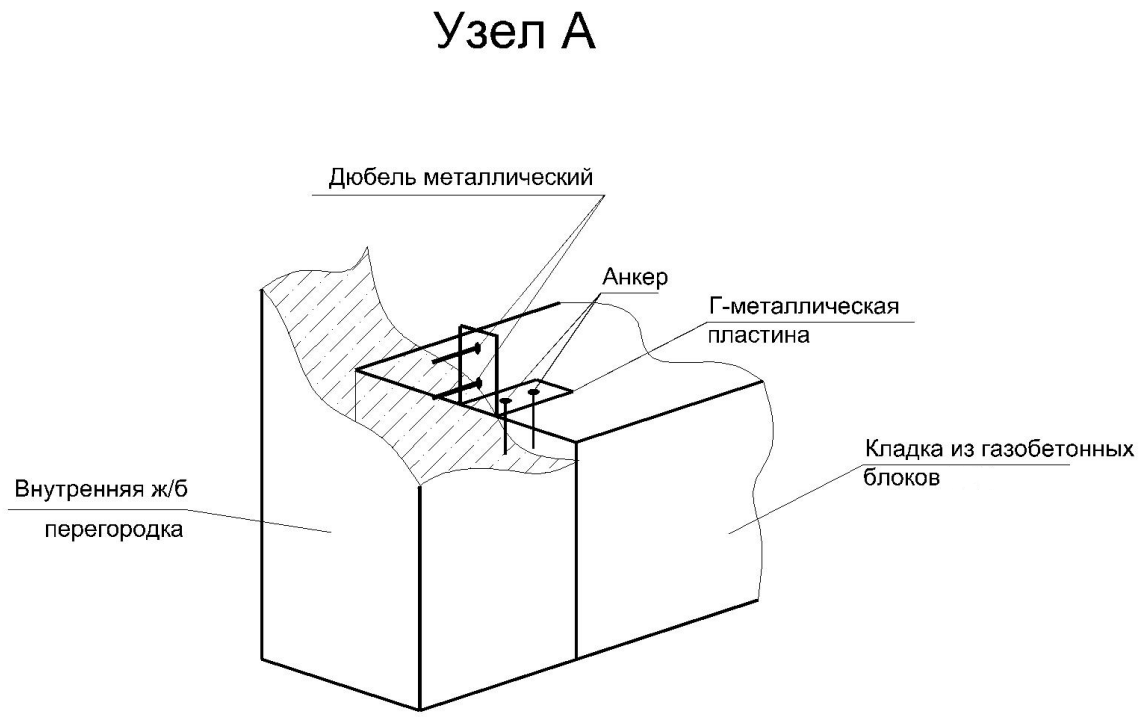


Рис. 12. Узел А из рис. 11 (подробно)

Численное значение усилия сцепления раствора с газобетоном при тангенциальном (срезывающем) приложении усилия составляет $\sigma^{/}_{сц}$ = 0,3 МПа = 0,3·10^5 кгс/м^2.

Таким образом, усилие сцепления $P^{/}_{сц}$ кладки с перекрытием при наличии растворного шва между ними составит:

$$P_{сц} = \sigma^{/}_{сц} \cdot S_{пов} = \sigma_{сц} \cdot \delta \cdot \ell = 0.3 \cdot 10^5 \cdot 0.25 \cdot 3.43 = 25725\ кгс..$$

Следовательно усилие сцепления $P^{/}_{сц}$ кладки с перекрытием значительно выше усилия смещения P_{sh}, т. е. условие (5) выполняется.

Помимо химического сцепления может быть рекомендовано механическое сцепление кладки с монолитными несущими конструкциями здания за счет установки механических связей (анкеров или забиваемых в тело газобетона стальных гвоздей) в двух уровнях по высоте кладки в пределах одного этажа. Схема механического крепления кладки представлена на рис.2, 11, 12.

Механическое усилие сцепление $P^{//}_{сц}$ в этом случае будет определяться следующим выражением:

$$P^{//}_{сц} = p_{анс} \cdot n \cdot k_n, \qquad (7)$$

где $p_{анс}$ – усилие вырыва анкера (или металлического гвоздя) из газобетона (априори принимаем, что усилие вырыва анкера из монолитного бетона существенно выше), направлено перпендикулярно его оси;

n – количество установленных анкеров (гвоздей);

k_n – коэффициент запаса (k_n = 0.2, т. е. принят 5-кратный запас**).**

В формуле (7) при расчете $P^{//}_{сц}$ принято усилие вырыва анкера или гвоздя из газобетона исходя из факта, основанного на том очевидном предположении, что усилие вырыва анкера из монолитного бетона будет существенно выше.

Стальные гвозди в ячеистом бетоне марки по плотности D600 при действии усилий, перпендикулярно их оси выдерживают от 20 до 60 кгс при глубине вбиваемой части от 40 до 100 мм и от 50 до 80 кгс при глубине забивки до 150 мм [8]. Результаты контрольных испытаний на срез стальных оцинкованных гвоздей 5,0×150 (диаметр - 5 мм, длина – 150 мм) из газобетона марки по плотности D600 перпендикулярно оси гвоздя представлены в табл. 7.

Таблица 7

Срезающие усилия стальных гвоздей из газобетона

№ п/п	Усилие среза гвоздя из газобетона, направленное перпендикулярно их оси, кгс
1	60
2	80
3	70
4	80
Ср.	72,5

Зная фактические значения усилий на выдергивание гвоздей из газобетона перпендикулярно их оси, после подстановки рассчитанного по формуле (6) усилия смещения P_{sh} вместо усилия сцепления $P^{//}_{\text{сц}}$ в формулу (7) можно рассчитать необходимое количество устанавливаемых анкеров (гвоздей) в газобетон:

$$n = \frac{P_{\text{sh}}}{\text{p}_{\text{anc}} \cdot k_n}. \qquad (8)$$

Таким образом, для компенсации усилия смещения P_{sh}, обусловленного действием отрицательной ветровой нагрузки на рассматриваемый фрагмент стенового заполнения, достаточно химического сцепления кладки с монолитным перекрытием, обеспечивающегося растворным швом нижнего ряда кладки. Однако с целью обеспечения более высокой устойчивости и надежности фрагмента стенового заполнения от выпадения его наружу, рекомендуем установить механические крепления в соответствии со схемой, приведенной на рисунках 11, 12. Количество механических связей, необходимых для крепления фрагмента стенового заполнения и обеспечения условий его закрепления в проектном положении, рассчитано в зависимости от типа устанавливаемого анкера, условий его закрепления в теле газобетона и усилий вырыва.

Таким образом, механические и химические связи между фрагментом стенового заполнения, выполненным из газобетонных блоков марки по плотности D600 толщиной 250 мм, и внутренними железобетонными конструкциями монолитного каркаса здания, обеспечивают устойчивость рассматриваемого фрагмента стенового заполнения от возможного горизонтального смещения, вызванного воздействием на него ветрового давления.

Наличие механических связей между кладкой стенового заполнения проема и внутренними монолитными ж.б. конструкциями помимо устойчивости фрагмента от действия усилия смещения P_{sh}, повышает также его устойчивость от действия опрокидывающего момента $M_{ov.t}$ (рис. 3).

Кроме того, необходимо отметить, что и усилие смещения P_{sh} и опрокидывающий момент $M_{ov.t}$ от ветрового давления на любой участок наружной стены здания не передается непосредственно на кладку стен из газобетона. Усилие от ветрового давления воздействует непосредственно на штукатурное покрытие, стремясь оторвать его от утеплителя, и только затем, от заделанных в стену анкеров, передается фрагменту стенового заполнения, расходуя к этому моменту времени значительную часть своей энергии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Городецкий А.С. Некоторые аспекты расчета и проектирования конструкций высотных зданий // Жилищное строительство. 2007. № 1. С. 13-23.
2. Расчет и проектирование конструкций высотных зданий из монолитного железобетона / А.С. Городецкий, Л.Г. Батрак, Д.А. Городецкий, М.В. Лазнюк., С.В. Юсипенко. – Киев: изд. «Факт», 2004. – 106 с.
3. Галкин С.Л. Поэтажно опертые стены каркасных зданий. Опыт проектирования и строительства в Республике Беларусь // Строительные материалы. 2005. № 10. С. 92-98.

4. ГОСТ 31360-2007. Изделия стеновые неармированные из ячеистого бетона автоклавного твердения. Технические условия.
5. Ишмуратов В.В., Каримов В.Э., Эпп А.Я. Не сдует ли ветер стены высоток? // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2011. № 1. С. 60-67.
6. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. М.: 2003
7. СТО 501-52-01-2007. Часть I. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. М.: 2007
8. Каталог: малоэтажные дома из ячеистого бетона // Госкомархитектуры. – Л.: ЛенЗНИИЭП, 1989. – 228 с.

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ СТО НААГ «АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ НА ТЕРРИТОРИИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ». ПРЕДПОСЫЛКИ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ И ОСНОВНЫЕ ИСТОЧНИКИ

Г.И. ГРИНФЕЛЬД, Национальная Ассоциация производителей автоклавного газобетона г. Санкт-Петербург

Стандарт организации (СТО НААГ 3.1–2013) разработан с целью актуализации основных расчетных характеристик, конструктивных требований и рекомендаций, касающихся применения изделий из автоклавного ячеистого бетона в строительстве. Упор в стандарте сделан на использование неармированных изделий по ГОСТ 31360-2007 при наличии основных сведений по использованию армированных брусковых перемычек и панелей.

В СТО НААГ 3.1–2013 за основу рекомендаций взята современная номенклатура изделий из автоклавного ячеистого бетона. Предложенные конструктивные решения ограждающих конструкций являются оптимизированным обобщением опыта строительства, накопленного в России и за рубежом в последние годы.

Более 95 % изделий из автоклавных ячеистых бетонов, поступающих на строительный рынок Российской Федерации в последние 15–20 лет, — это неармированные блоки, которые в прежней терминологии назывались «блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие». За период 1992—2012 гг. обновление производственной базы автоклавных ячеистых бетонов произошло более чем на 90%. Выпуск автоклавного газобетона в России вырос в 2 раза относительно объемов 1989-1991 гг., при этом выпуск блоков увеличился более чем в 10 раз, а производство панелей наружных стен резко сократилось в корреляции со спадом панельного домостроения в 1990-е годы.

Средняя плотность автоклавных ячеистобетонных блоков по сравнению с 1989-м годом снизилась с 643 кг/м³ до 520 кг/м³, а средняя прочность, наоборот, возросла с класса по прочности В2,0 до класса В2,5. В конце 1980-х в СССР производились только блоки второй и третьей категории по точности геометрических размеров (по ГОСТ 25485-89), а производство блоков первой категории практически отсутствовало [1]. Соответственно кладка блоков велась только на растворах с расчетной толщиной шва 12 мм, а использование клеевых паст носило характер эксперимента. В настоящее время в России более 90 % всех блоков производится с допусками геометрических размеров в пределах первой категории (по ГОСТ 31360-2007), что сделало кладку блоков на тонкослойные клеевые растворы нормой. Увеличилась номенклатура, стала значительно более совершенной упаковка, стали массово доступны специализированные инструменты для кладки газобетона. Значительно изменились требования к конструкциям, для применения в которых планировался газобетон в конце 1980-х гг. [2]. Все эти изменения были учтены при составлении Технического задания и последующей разработке рассматриваемого стандарта.

Разработка представляемого СТО была начата три года назад, осенью 2009 года. Тогда был заключен договор между НААГ и Центром ячеистых бетонов (Санкт-Петербург) на двухэтапную разработку норматива. Однако представленная разработчиком в марте 2010 г. первая редакция документа не содержала значительных отличий от ранее разработанных им документов в части учета реально выпускаемой номенклатуры и актуальных технических решений.

После безуспешного поиска подрядчика, готового полностью взять на себя разработку документа, регламентирующего применение автоклавного газобетона на всей территории России с учетом актуального состояния производственной базы и практики строительства, на заседании НТС НААГ, прошедшем осенью 2010 г., было принято решение о разделении работы над СТО между несколькими соисполнителями.

В результате первые разделы СТО НААГ «Автоклавный газобетон в строительстве» написаны членами НТС НААГ, раздел по проектированию тепловой защиты адаптирован к автоклавному газобетону в ФБГОУ СПб ГПУ, раздел по отделке проработан в ФБГОУ БГТУ им. Шухова совместно с СПб ГПУ [3], расчет несущей способности выполнен Центром ячеистых бетонов при НП «Северо-западная строительная палата», разделы с описанием конструктивных решений созданы с учетом систематизированного опыта строительства

последних полутора десятилетий (западно-европейского и российского), а альбомы технических решений по применению автоклавного газобетона в малоэтажном строительстве и в поэтажно опертых стенах разработаны на основе заданных вводных в отделе ограждающих конструкций РУП «Институт БелНИИС». Общая редакция документа осуществлена членами НТС НААГ.

Основные положения и элементы документа, отличающие его от документов по применению ячеистых бетонов, созданных в предыдущие нормотворческие периоды, представлены ниже.

Номенклатура изделий и физико-технические характеристики бетонов внесены в СТО на основании данных ГОСТ 31359-2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия» и ГОСТ 31360-2007 «Изделия стеновые неармированные из ячеистых бетонов автоклавного твердения. Технические условия». Эти стандарты в части расчетных характеристик гармонизированы с EN 771-4: 2003 «Элементы для каменной кладки. Блоки из автоклавного ячеистого бетона» и EN 12524: 2006 «Каменная кладка. Методы определения температурно-влажностных характеристик».

Раздел теплотехнического проектирования создан с учетом возможности расчетного определения влажностного состояния кладки в зависимости от состава конструкции, режима эксплуатации и региона применения. Показаны основные положения СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» в части, касающейся получения исходных данных для включения кладки в расчет теплозащитной оболочки здания.

Расчет несущей способности основан на требованиях СП 15.13330.2012 «Каменные и армокаменные конструкции». Различные понижающие коэффициенты, учитывающие особенности работы ячеистого бетона и конструкций из него, внесены непосредственно в соответствующие формулы. Расчетные сопротивления сжатию кладки на клее оставлены как и для кладки на растворе максимальной прочности, без явного введения повышающих коэффициентов, но с оставлением такой возможности по результатам дополнительных экспериментов.

В разделе конструктивных решений более подробно, чем в предшествующих документах, рассмотрены вопросы армирования кладки (в зависимости от принимаемой допустимой по условиям эксплуатации ширины раскрытия трещин). Значительное внимание уделено оптимальному решению опирания перекрытий на кладку — даны мотивирующие основания для введения распределительных подушек, железобетонных обвязочных поясов, подстилающих слоев раствора или выравнивающих местные неровности материалов. Впервые в отечественный нормативный документ введено явное разделение кладочных растворов (и образуемых ими растворных швов) на тонкослойные и стандартные — классификация принята в соответствии с EN 1996-1-1: 2005 (Еврокод 6).

Разобран вопрос с закреплением на газобетонное основание навесных элементов, с закреплением газобетонной кладки к несущему каркасу многоэтажных зданий для сопротивления ветровым воздействиям.

В разделе, посвященном отделочным покрытиям, приведены конструктивные и целевые требования к штукатурным и окрасочным составам, предназначенным для нанесения на газобетонное основание, к состоянию кладки перед началом отделочных работ.

В целом созданный по заказу Ассоциации НААГ и при активном участии ее членов стандарт «Автоклавный газобетон в строительстве зданий и сооружений на территории Российской Федерации» учитывает актуальное состояние производства, сложившуюся практику строительства и позволяет более полно и рационально использовать материал, занимающий первое место среди кладочных материалов на строительном рынке России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Малоэтажные дома из ячеистых бетонов. Каталог /ЛенЗНИИЭП. Минск: изд. Минский филиал ЦИТП, 1989. 284 с.
2. Левченко В.Н., Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России: перспективы развития подотрасли // Строительные материалы. 2011. №7. С. 17–19.
3. Гринфельд Г.И. Инженерные решения обеспечения энергоэффективности зданий. Отделка кладки из автоклавного газобетона: учеб. Пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2011. – 90 с.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ШТУКАТУРНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ОТДЕЛКИ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

В.А. ПАРУТА, канд. техн. наук, доц.; О.П. ГНЫП канд. техн. наук, доц.;
Л.И. ЛАВРЕНЮК, канд. техн. наук, доц.; Е.В. МАРТЫНОВ канд. техн. наук, доц.;
А.В. МУРАШКО, канд. техн. наук, доц.; А.А. САЕВСКИЙ; И. БЕНРАДИ; Г.Г. КИРИЧЕНКО;
А.Н. ЛЫСЕНКО; Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
Украина
Е.В. БРЫНЗИН, канд. техн. наук; ООО UDK GAZBETON,
г. Днепропетровск, Украина

Разработка составов штукатурных растворов для автоклавного газобетона и технологии их применения, является актуальной задачей. Одним из таких решений является технология трехслойной штукатурки, в соответствии с которой на загрунтованную поверхность наносят первый слой толщиной 2-3 мм, затем второй, выравнивающий, толщиной 5-7 мм и защитно-отделочный слой. Получаемая по такому способу система бетон—покрытие отличается достаточно высокой паропроницаемостью и низким водопоглощением при капиллярном подсосе [1]. Недостатком данной технологии является то, что нанесение нескольких слоев уменьшает производительность труда, а само многослойное покрытие испытывает напряжения, присущие многослойным композитам. Поэтому целесообразно применение однослойных штукатурных систем.

Недостатком однослойных штукатурок является трещинообразование, которое приводит к разрушению штукатурного слоя, ухудшению теплоизоляционных параметров ограждающей конструкции и уменьшению ее долговечности. Происходит это из-за того, что при проектировании состава и свойств штукатурки не в полной мере учитывают совместность ее работы с газобетонным основанием. Так, в СТО 501-52-01-2007 [2] указаны допустимые значения таких свойств штукатурных покрытий, как: сопротивление паропроницанию, водонепроницаемость через 24 часа, адгезия к ячеистому бетону, морозостойкость, устойчивость к разрыву по трещине в ячеистом бетоне, стойкость к переменному увлажнению и высушиванию. Европейский стандарт EN 998-1:2003 [3] дополнительно к вышеперечисленным свойствам требует декларирования: плотности раствора, класса по прочности на сжатие, теплопроводности и огнестойкости.

Этого недостаточно, для того чтобы обеспечить совместность работы газобетонной кладки и штукатурного покрытия, а следовательно, и высокую долговечность ограждающей конструкции. Необходимо, учитывать не только соотношение их паропроницаемости, но и прочности при сжатии и растяжении, модуля упругости, деформаций (температурных, влажностных, карбонизационных). Нельзя назначать один и тот же состав раствора для газобетонных блоков со средней плотностью 300 и 700 кг/м^3.

Влияние разности модулей упругости основания и штукатурного покрытия, на прочность сцепления между ними, указывали в своих работах Я. Паплавскис, А. Фрош, Э. Гранау [4,5], однако только синхронизации этого показателя тоже недостаточно. Стеновую конструкцию следует рассматривать как многослойную систему, в которой, в зависимости от свойств материала кладки, необходимо целенаправленно модифицировать штукатурку, создать условия для формирования качественной контактной зоны между ними.

В связи с этим важным является рассмотрение процессов, происходящих в системе при нанесении штукатурного раствора на кладку и его твердении. Изучение причин возникновения напряжений в системе, образования и развитие трещин является предварительным условием в построении теории разрушения, что позволит описать ход разрушения, предсказать поведение системы «кладка-покрытие» во времени и разработать рекомендации по предотвращению деструктивных процессов, повышению долговечности ограждающих конструкций.

При нанесении растворной смеси на кладку из-за высокого капиллярного потенциала газобетона происходит отсос влаги из твердеющего раствора, испарение ее под воздействием солнечных лучей и воздушных потоков. Это приводит к усадке раствора и образованию в нем (см. рис.1) и в контактной зоне с газобетонным основанием (см. рис. 6) микротрещин.

Причиной образования трещин в штукатурном растворе являются напряжения (δ), возникающие из-за его усадки и разницы деформаций газобетонной кладки и штукатурного покрытия (Δε):

$$\delta = \frac{\Delta\varepsilon * E}{1-\mu} \qquad (1)$$

где: E и μ - модуль упругости и коэффициента Пуассона штукатурного покрытия; Δε - разность деформаций штукатурки и газобетонного основания;

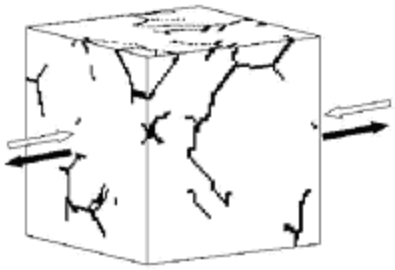


Рис. 1. Трещинообразование в штукатурном растворе

При эксплуатации происходит деформация стеновой конструкции (рис.2). Деформация кладки происходит под воздействием постоянных и временных нагрузок, усадки кладочного раствора, карбонизации газобетона, увлажнения парообразной влагой, мигрирующей из помещения и конденсирующейся внутри конструкции, температуры.

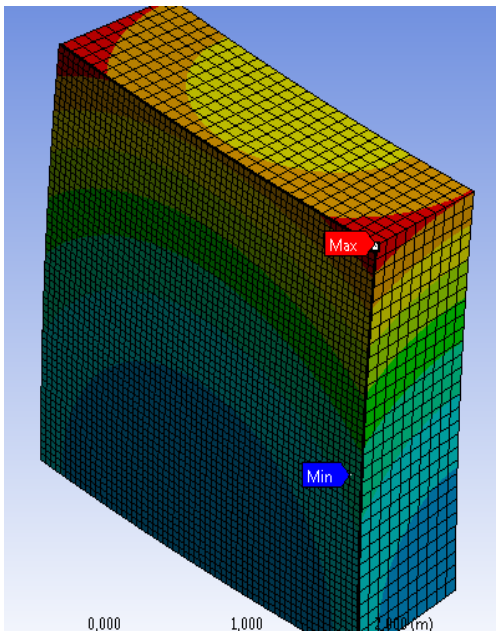


Рис. 2. Температурные деформации стеновой конструкции

Деформации штукатурного покрытия происходят из-за увлажнения атмосферной влагой, воздействия плюсовых и минусовых температур, деформации кладки (рис.3).

$$\Delta L_p = \alpha \Delta T^p L; \Delta L_c = \alpha \Delta T^c L; \qquad (2)$$

$$\Delta L_{тв} = (\alpha \Delta T L F_m) + (\Delta L_q L) \qquad (3)$$

где ΔL_p, ΔLc – деформации растяжения и сжатия; α – коэффициент температурного удлинения материала; ΔT – разность температур; L – длина стенового элемента; $\Delta L_{тв}$ - тепло-влажностные деформации; F_m– показатель материальных дефектов; ΔL_q – влажностные деформации;

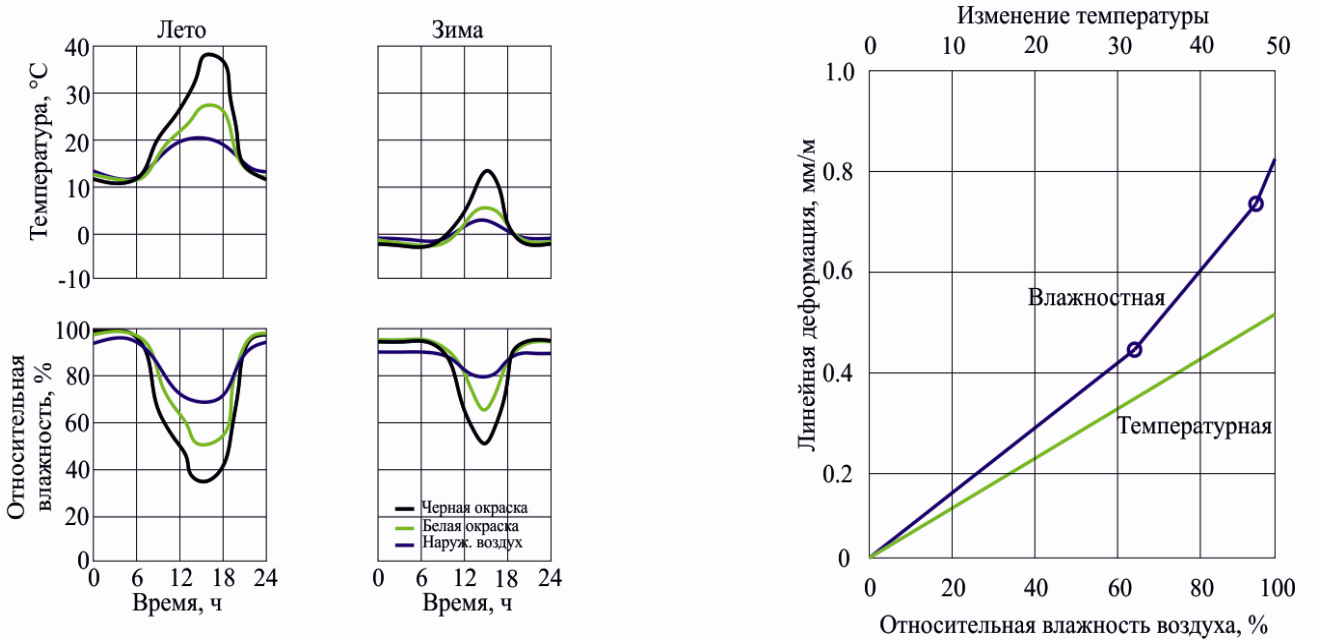
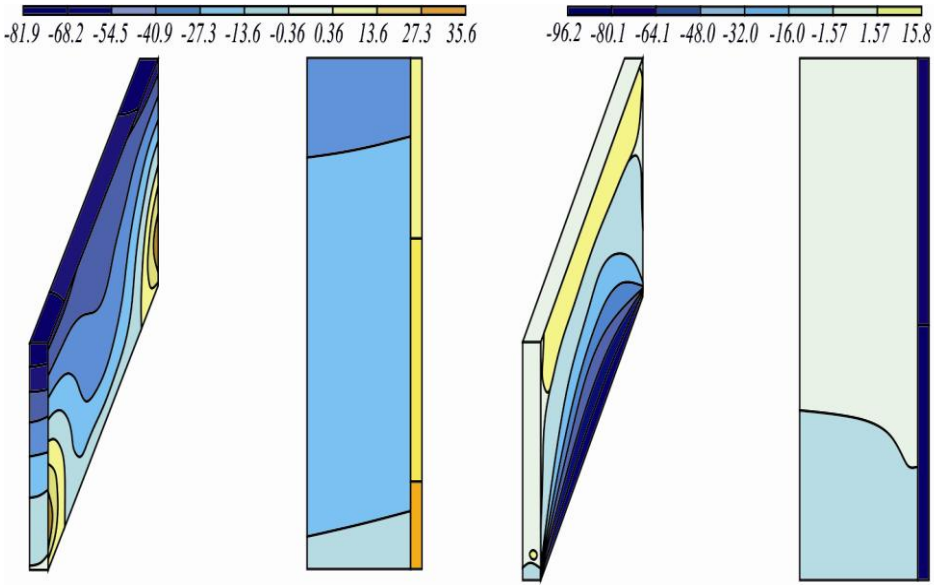


Рис. 3. Графики изменения температур и влажности штукатурного покрытия [2]

Из-за разности коэффициентов температурного расширения, модулей упругости газобетона и штукатурного покрытия, в контактной зоне между ними, возникают напряжения сдвига (рис. 4):

$$\tau = (\Delta T_1 \alpha_1 - \Delta T_2 \alpha_2) / \left[\frac{1}{E_1} + \frac{1}{E_2} \right], \qquad (4)$$

где: τ - напряжение сдвига от температурных деформаций, кгс/см^2; ΔT_1, ΔT_2 – разность температуры штукатурного покрытия и кладки, ºС; α_1, α_2 – коэффициент термического расширения кладки и штукатурного покрытия; E_1, E_2 – модули упругости кладки и штукатурного покрытия, кгс/см^2;



а) *б)*

Рис. 4. Температурные деформации (*а*) и напряжения (*б*) в контактной зоне «газобетонная кладка - штукатурное покрытие»

Они являются причиной страгивания трещины, а вместе с температурно-влажностными деформациями и основной причиной развития магистральной трещины в контактной зоне между штукатуркой и кладкой со скоростью (dl/dN) (рис. 5):

$$dl / dN = A(\Delta K)^n \quad , \qquad (5)$$

где: A и n - эмпирические коэффициенты, n = 2 - 7, с увеличением хрупкости материала n увеличивается; $\Delta K = K_{max} - K_{min}$ - перепад коэффициента интенсивности напряжений за один цикл, N — число циклов.

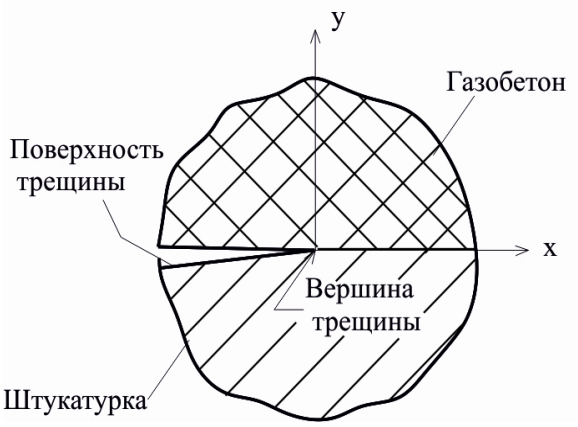


Рис. 5. Характер трещинообразования в контактной зоне «газобетонная кладка - штукатурное покрытие»

Разрушение ограждающей конструкции происходит в результате прорастания магистральной трещины в контактной зоне между штукатуркой и кладкой и семейства трещин в штукатурном покрытии. Для такой системы характерно усталостное разрушение при относительно низком уровне напряжений и частой их цикличности. Особенностью является то, что магистральная трещина в контактной зоне развивается на границе двух разнородных материалов с отличительными свойствами - газобетонной кладке и штукатурке. Трещины в штукатурном растворе развиваются в цементной матрице, в заполнителе и в контактной зоне между ними, а также в контактной зоне «кладка - штукатурное покрытие».

Рост магистральной трещины в штукатурном растворе и контактной зоне определяется состоянием и процессами - у ее вершины. Основной причиной ее развития является изменение деформации и напряжения в вершине трещины, возникающие при увлажнении и высушивании, нагревании и охлаждении стеновой конструкции. При нагревании или увлажнении, или при их совместном воздействии, происходит рост деформаций «газобетонная кладка - штукатурное покрытие», что приводит к увеличению радиуса кривизны вершины трещины. Пока уровень меньше предельного значения адгезионной или когезионной прочности, трещина не растет. Если в ходе дальнейшего роста внешней нагрузки деформации и напряжения в устье трещины превзойдут предельный уровень, произойдет ее подрастание. На обратном ходе цикла нагружения (снижении температуры или влажности) происходит частичное восстановление геометрии вершины трещины и размера пластической зоны, однако в дальнейшем трещина увеличивает свою длину. Это приводит к разрушению в штукатурке и контактной зоне, отслоению штукатурного покрытия от кладки по преимущественно адгезионному типу. Необходимым и достаточным условием полного разрушения контактной зоны и отслоения штукатурки от кладки является образование одной или нескольких магистральных трещин.

Процесс разрушения интенсифицируется из-за наличия трещин в штукатурном растворе, через которые в контактную зону проникает влага, агрессивные жидкости. Дополнительное разрушение несет попеременное замораживание и оттаивание. Следовательно, для повышения долговечности ограждающей конструкции необходимо предотвратить протекание вышеуказанных деструктивных процессов, обеспечить совместность работы газобетонной кладки и штукатурного покрытия, повысить трещиностойкость штукатурного покрытия.

Повысить трещиностойкость штукатурного покрытия можно, исходя из формулы (1), путем подбора состава штукатурного покрытия со свойствами, как можно более близкими к

свойствам газобетонной кладки. Этого можно добиться, целенаправленно модифицируя растворную смесь, создав условия для формирования бездефектной контактной зоны и штукатурного покрытия.

Для этого использовался наполнитель и заполнитель, полученный из боя газобетонных блоков. Использование низкомодульного наполнителя и заполнителя позволит уменьшить напряжения в штукатурном растворе, снизить температурные деформации и, следовательно, их перепад с газобетонным основанием. Введением метиллцеллюлозы, редиспергируемого полимерного порошка и полимерной фибры будет обеспечено формирование оптимальной структуры штукатурки и бездефектной контактной зоны. Все это позволит обеспечить повышение трещиностойкости в системе «газобетонная кладка-штукатурное покрытие» и повышение долговечности ограждающей конструкции.

Нами исследовалась трещиностойкость контрольных (состав 1, 2) и модифицированных штукатурных смесей (состав 3) (табл.2). Состав №1: перлитовая штукатурка на цементно-известковом вяжущем; состав №2: известково-цементно-песчаный раствор (так называемый «сложный раствор») и состав №3: модифицированная штукатурка на керамзито-газобетонном заполнителе с расходом материалов (табл. 1).

Таблица 1

Расход материалов для получения модифицированного штукатурного раствора

Расход материалов на 1 м^3 раствора					
Уровень варьи-рования	вяжущего, кг/м^3	заполнителя и наполнителя, м^3/м^3	фибры, кг/м^3	РПП, Winnapas 5043 Н, %	Tylose MBZ 15009,%
	X1	X2	X3	X4	X5
1	500	1,05/1	1,2	5	0,5
0	400	1,05/1	0,9	3	0,3
-1	300	1,05/1	0,6	1	0,1

Таблица 2

Основные свойства штукатурных растворов

№ состава	Свойства штукатурных растворов				
	Прочность на сжатие, МПа	Прочность на изгиб, МПа	Средняя плотность, кг/м3	Адгезия, МПа	Паропроницаемость, мг/м·год·Па
Состав 1	0,9	1,4	555	0,2	0,11
Состав 2	2,2	2,2	1810	0,29	0,9
Состав 3	1,92	3,1	1100	0,43	0,13

Для определения трещиностойкости раствора моделировали растягивающие напряжения, характерные при работе раствора в ограждающей конструкции. Для этого изготавливали кольца с внутренним диаметром 76 мм, наружным диаметром 123 мм и высотой 57 мм. Растягивающие усилия создавали при помощи конусов, деформации фиксировали индикатором часового типа (рис.6). Фиксировали величину деформации штукатурного раствора при которых образовалась трещина в нем.

Наименее трещиностойким является состав №2 (известково-цементно-песчаный раствор) - трещинообразование произошло при его деформации 0,16-0,18 мм. У состава №1 (перлитовая штукатурка на цементно-известковом вяжущем) трещинообразование произошло при деформации 0,2-0,22 мм. Модифицированный штукатурный раствор показал высокую трещиностойкость, трещинообразование произошло при деформации 0,52-0,62 мм.

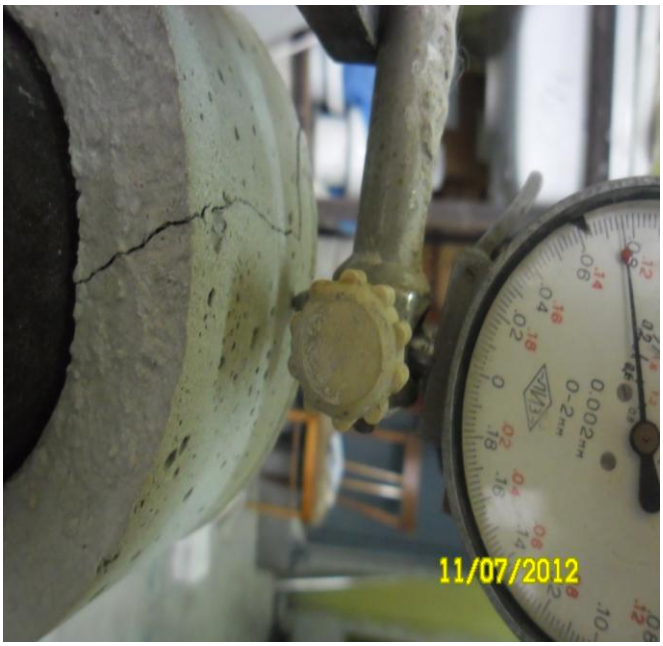


Рис. 6. Установка для определения трещиностойкости раствора

Приведенные данные подтверждают целесообразность модификации штукатурных растворов с целью повышения их трещиностойкости, контактной зоны с газобетонной кладкой и повышения долговечности ограждающей конструкции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажнева Н.Н., Сажнев Н.П., Урецкая Е.А. Защитные системы для отделки ячеистого бетона пониженной плотности // Строительные материалы. 2009. №1. С. 17-19.
2. СТО 501-52-01-2007 «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации». М.: 2009. Ч.I. 68 с.
3. EN 998-1:2003 “Specification for mortar for masonry. Part 1: Rendering and plastering mortar”. 32 с.
4. Паплавскис Я., Фрош А., Требования к штукатурным составам для наружной отделки стен из ячеистых бетонов. // Проблемы эксплуатационной надежности наружных стен на основе автоклавных газобетонных блоков и возможности их защиты от увлажнения. Штукатурные составы для наружной отделки стен из газобетона: материалы семинара; под редакцией Н.И. Ватина, - СПб.: Изд-во. Политехнического ун-та, 2010. С.10-15.
5. Гранау Э. Предупреждение дефектов в строительных конструкциях. М.: Стройиздат. 1980. 234 с.

ВЛИЯНИЕ ОТДЕЛОЧНОЙ СИСТЕМЫ BAUMIT EFFECTO НА ВЛАЖНОСТНЫЙ РЕЖИМ КЛАДКИ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

А.А. САМОЙЛОВ, канд. техн. наук, ООО «Баумит»
г. Санкт-Петербург

В процессе эксплуатации зданий влажностное состояние материалов ограждающих конструкций изменяется в зависимости от конструктивных особенностей, свойств материалов, температурно-влажностных условий в помещениях, климатических условий района строительства. Влажностный режим определяет эксплуатационные свойства ограждающих конструкций здания. Он непосредственно влияет на теплозащитные свойства, коррозию металлических деталей, прочностные свойства, напряженно-деформированное состояние, долговечность и эстетику конструкций. Для прогнозирования влажностного режима ограждающих конструкций необходимо знание влажностных характеристик строительных материалов, из которых эти ограждающие конструкции состоят. За последние 15 лет в связи с введением повышенных требований к энергоэффективности зданий появились новые ограждающие конструкции с повышенными теплозащитными свойствами. К таким конструкциям относятся однослойные стены из автоклавного газобетона.

Обобщенные требования к отделочным покрытиям наружных стен из автоклавного газобетона приведены в [1].

В 2012 г. в НИИСФ РААСН в ходе научной работы по договору с ООО «Baumit» были проведены исследования по защите от переувлажнения фасадов из автоклавного газобетона штукатурной системой Baumit Effecto. Результаты исследований приведены ниже.

Сопротивление паропроницанию отделочных слоев автоклавного газобетона влияет на то, как быстро стена достигнет равновесной влажности и соответственно расчетных значений по сопротивлению теплопередаче. Если сопротивление паропроницанию будет высоко, то влага не успеет покинуть конструкцию в период высыхания, что приведет к нежелательным эффектам от повышенных расходов на отопления до разрушения наружного отделочного слоя.

Как показано в [2], при расчетах влажностного режима фасадных теплоизоляционных систем с наружными штукатурными слоями необходимо определять совокупное сопротивление паропроницанию отделочных слоев, как разность между сопротивлениями паропроницанию всей системы и слоя основания. Такое определение повышает точность полученного сопротивления паропроницанию по сравнению с расчетом этого сопротивления с использованием коэффициентов паропроницаемости материалов составляющих отделочных слоев. Эта методика позволяет учитывать тот факт, что материалы отделочных слоев могут проникать в слой основания, что соответственно сказывается на физических свойствах всей системы. Так же невозможно точно определить толщину каждого из отделочных слоев, а предложенная методика не требует этой операции.

Сопротивление паропроницанию газобетона марки D500 толщиной 28 мм согласно экспериментальным данным [2] составляет 0,170 ($м^2$·ч·Па)/мг. Экспериментальное значение сопротивления паропроницанию системы из штукатурки Baumit ArtoPlast, нанесенной на газобетон, составляет 0,229 ($м^2$·ч·Па)/мг.

Сопротивление паропроницанию системы из газобетона и штукатурки с декоративным покрытием (Baumit Artoplast + Baumit EdelPutz Spezial Natur 2K) составляет 0,221 ($м^2$·ч·Па)/мг. Сопротивления паропроницанию системы из газобетона и штукатурки с окрашенным декоративным покрытием (Baumit Artoplast + Baumit EdelPutz Spezial Natur+ Baumit Silikat Color) составляет 0,304 ($м^2$·ч·Па)/мг.

Сопротивление паропроницанию системы из газобетона и штукатурки с декоративной силикатной штукатуркой (Baumit Artoplast + Baumit Silikat Top) составляет 0,358 ($м^2$·ч·Па)/мг. Значения сведены в табл. 1.

Таблица 1

Сопротивление паропроницанию испытанных образцов

№ п/п	Образец	Сопротивление паропроницанию, *R*п, (м^2·ч·Па)/мг
1	Газобетон D500	0,170
2	Газобетон D500+армированная штукатурка	0,229
3	Газобетон D500+армированная штукатурка+минеральная декоративная штукатурка	0,221
4	Газобетон D500+армированная штукатурка+минеральная декоративная штукатурка+силикатная краска	0,304
5	Газобетон D500+армированная штукатурка+силикатная декоративная штукатурка	0,358

Исходя из этих данных, вычисляется совместное сопротивление паропроницанию различных вариантов систем отделки фасадов из газобетона, как разность между сопротивлениями всей системы и газобетона. Результаты сведены в табл. 2.

Таблица 2

Сопротивление паропроницанию различных вариантов отделки газобетона

№ п/п	Вариант системы отделки	Сопротивление паропроницанию, *R*, (м^2·ч·Па)/мг
1	Тонкослойная армированная штукатурка Baumit ArtoPlast	0,059
2	Тонкослойная армированная штукатурка Baumit ArtoPlast + минеральная декоративная штукатурка Baumit EdelPutz Spezial Natur 2K	0,051
3	Тонкослойная армированная штукатурка Baumit ArtoPlast + минеральная декоративная штукатурка Baumit EdelPutz Spezial Natur 2K +силикатная краска Baumit Silikat Color	0,134
4	Тонкослойная штукатурка Baumit ArtoPlast и декоративное покрытие штукатуркой Baumit SilikatTop	0,188

Результаты эксперимента показывают, что сопротивление паропроницанию тонкослойной системы отделки фасадов из газобетона с различными видами финишного покрытия (минеральная штукатурка с окраской силикатной краской и силикатная штукатурка) соответствует требованиям, изложенным в [1, табл. 3.2].

Исследование капиллярного водопоглощения

Для исследования капиллярного всасывания воды строительным материалом образцы материала изготавливаются в виде призм. Боковые грани образцов влагоизолируются, образцы взвешивают, определяют площадь их поперечного сечения. Затем образцы устанавливаются вертикально так, чтобы их нижняя невлагоизолированная грань соприкасалась с поверхностью воды. Образцы взвешивают через произвольные интервалы времени. По результатам эксперимента строят график зависимости М от $\sqrt{\tau}$, где М определяют по формуле:

$$M_i = \frac{m_i - m_0}{F_0}$$

где i - порядковый номер взвешивания образца;

m_i - масса увлажненного образца в момент времени τi, кг;

m_0 - масса образца перед испытанием, кг;

F_0 - площадь поперечного сечения образца.

Чтобы вычислить значение коэффициента капиллярного всасывания для испытуемого материала, а также уточнить «закон корня квадратного из времени» для него, уравнение, описывающее процесс капиллярного всасывания, записывается в общем виде:

$$M = K\tau^n.$$

Для определения значений *K* и *n*, для конкретного образца по результатам экспериментальных исследований данное уравнение логарифмируется:

$$\ln M = \ln K + n \ln \tau$$

Затем выполняется графические построения в координатах lnM и lnτ.

Коэффициент капиллярного всасывания *K* находится, исходя из равенства $\ln M = \ln K$ при $\tau = 1$. Для нахождения показателя степени *n* в уравнении капиллярного всасывания экспериментальные точки на графике аппроксимируются – угловой коэффициент функции линейной аппроксимации и есть искомая величина.

Для испытанных образцов газобетона D500 коэффициент капиллярного всасывания (*K*) равен 3,13 кг/(м^2·ч$^{1/2}$), показатель степени в уравнении капиллярного всасывания (*n*) равен 0,2645.

Таким образом, закон, по которому происходит процесс капиллярного всасывания в газобетоне марки D500, описывается следующим уравнением:

$$M = 3{,}13 \cdot \tau^{0{,}26}.$$

Для испытанных образцов штукатурного состава Baumit Artoplast коэффициент капиллярного всасывания (K) равен 0,276 кг/(м^2·ч$^{1/2}$), показатель степени (n) в уравнении капиллярного всасывания равен 0,1835.

Таким образом, закон, по которому происходит процесс капиллярного всасывания в штукатурном составе Baumit ArtoPlast, описывается следующим уравнением:

$$M = 0{,}28 \cdot \tau^{0{,}18}.$$

В ходе эксперимента по капиллярному всасыванию воды для газобетона и штукатурного состава установлено, что коэффициент капиллярного всасывания для штукатурки на порядок меньше, чем коэффициент для газобетона и соответствует требованиям, изложенным в [1, табл. 3.2].

Коэффициент капиллярного всасывания силикатной штукатурки Baumit SilikatTop составляет менее 0,2, кг/(м^2·ч$^{1/2}$) согласно требованиям EN ISO 15148. Следовательно, при увлажнении фасада, например, косыми дождями система отделки будет являться надежным защитным слоем.

Исследование изотерм сорбции штукатурного состава и газобетона

В строительной теплофизике изотермы сорбции водяного пара строительных материалов используются при рассмотрении вопросов, связанных с влажностным состоянием материалов в конструкциях. Эти же изотермы сорбции успешно используются при исследовании характеристик пористой структуры материалов. Начальный участок изотермы позволяет определить площадь удельной поверхности материала, а вся изотерма сорбции – распределение мезопор (поры радиусом от 16 до приблизительно 1000 Å) по размерам. В свою очередь, характеристики пористой структуры могут быть использованы для прогнозирования эксплуатационных свойств материалов.

В практике исследования сорбционных свойств строительных материалов известно три экспериментальных метода: вакуумный, динамический, эксикаторный.

Эксикаторный метод положен в основу методики ГОСТ 24816-81. В ходе эксперимента определялась влажность образцов штукатурного состава и газобетона, которая соответствовала относительной влажности воздуха в эксикаторе 40, 60, 80, 90, 97 %.

Значение сорбционной влажности образцов газобетона марки D500 и штукатурного состава Baumit ArtoPlast, определенные по методике ГОСТ 24816, представлены в табл. 3.

Таблица 3

Сорбционная влажность образцов газобетона и штукатурного состава

№ п/п	Наименование материала	Средняя плотность, кг/м^3	Сорбционная влажность, мас. %, при температуре (20±2) ^{o}C и относительной влажности воздуха, %				
			40	60	80	90	97
1	ГАЗОБЕТОН D500	550	0,38	0,43	1,18	2,19	5,34
2	ШТУКАТУРКА Baumit Artoplast	1550	0,32	0,62	1,41	2,46	4,38

По данным [3] значения коэффициента температурного расширения для различных вариантов декоративного отделочного слоя, находятся в диапазоне от 0,007 до 0,013 мм/(м • °С). Измеренные величины усадки при высыхании образцов декоративного отделочного слоя – от полного насыщения водой до их равновесной влажности при 65 % относительной влажности воздуха – показывают существенно более широкий диапазон от 0,1 до 1,1 мм/м.

Таким образом, одинаковая мезопористая структура автоклавного газобетона и отделочного слоя Baumit при прочих равных условиях является гарантом высокой долговечности защитной штукатурной системы.

Проведенные исследования характеристик материалов системы отделки автоклавного газобетона Baumit Effecto показывают, что при ее эксплуатации сопротивление паропроницанию на границе газобетона и отделочного штукатурного слоя остаётся низким. В то же время у отделочного штукатурного состава мал коэффициент капиллярного всасывания, что препятствует увлажнению системы дождевой влагой и тем самым способствует увеличению долговечности конструкции. Основные характеристики соответствуют требованиям [1], предъявляемым к материалам для отделки автоклавного газобетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гринфельд Г. И. Инженерные решения обеспечения энергоэффективности кладки из автоклавного газобетона: учебное пособие. Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2011.
2. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Заключение по результатам работы по договору № 12030 «Комплексные исследования защиты от переувлажнения системы Baumit Effecto отделки фасада из газобетона» НИИСФ РААСН. 2012.
3. АВОК, №6.Теплоизоляционные фасады с тонким штукатурным слоем

ИЗГОТОВЛЕНИЕ КРУПНОФОРМАТНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ЖИЛЫХ ДОМОВ СЕРИИ Э600П

Ю. В. САХАРНИКОВ, ОАО «Пермский завод силикатных панелей»
г. Пермь

ОАО «Пермский завод силикатных панелей» в настоящее время позиционирует себя как комбинат крупнопанельного домостроения, выпускающий полный комплект конструкций для многоэтажных панельных жилых домов, каркасного и малоэтажного строительства и материалов для строительства собственными строительными подразделениями.

Производство наружных стеновых панелей для жилых зданий на предприятии было начато в 1967 году. Первые освоенные конструкции были наружными стеновыми панелями для 5-ти этажных жилых домов серии 1-468 размером 2,8×6,0 м, толщиной 280 мм и для каркасного гражданского строительства по серии ИИ-04 размером до 2,1×7,2 м толщиной 240 мм. Характеристики газобетона для этих конструкций соответствовали Д600 М35.

В 1985 году на предприятии началась реконструкция под выпуск новой серии панельных жилых домов улучшенной планировки Э600п (п - обозначает Пермская), разработанной ЦНИИЭПжилища. Аналогичная серия, но с наружными стеновыми панелями из керамзитобетона, выпускалась в Нижнем Новгороде.

В этой серии, в отличие от Нижегородской, в качестве наружных стен предусматривалось применение двухмодульных стеновых панелей из автоклавного газобетона размерами 2,8×6,0 м, толщиной 350 мм с характеристиками Д600 М35. Первый дом серии Э600 в Перми был построен в 1989 году.

Применение наружных стен толщиной 350 мм позволило предприятию безболезненно пережить в 1995 г. изменения №3 к СНиП II-3-79*.

В 1996 и 1997 гг. нашим предприятием совместно с лабораторией ячеистых бетонов ОАО «УралНИАСцентр», под руководством Микрюкова В.А., были проведены испытания двух фрагментов стеновых панелей, изготовленных из газобетона D600 в климатической камере. Полученные результаты показали, что фактическое сопротивление теплопередаче при влажности 12,6 мас. %, составило 2,29 м² ºС/Вт, что превышало требуемое по первому этапу для нашего региона R_o=2,0 м² ºС/Вт.

Одновременно проводилось исследование влажностного состояния газобетонных наружных стен жилых домов со сроками эксплуатации от 1 года до 22 лет. В результате были получены данные, значительно отличающиеся от заложенных в СНиП II-3-79* - при периоде эксплуатации зданий более 6 лет, в зависимости от вида отделки фасадов, влажность газобетона панелей составляла 3,5-5 мас. % (лучшие показатели при отделке фасадных поверхностей известняковым щебнем). На основании проведённых работ областным комитетом по архитектуре и строительству была утверждена равновесная влажность автоклавного газобетона производства Пермского завода силикатных панелей 5 % и 7 % для режимов эксплуатации А и Б соответственно.

В 1999 году повторно были испытаны фрагменты наружных стеновых панелей плотностью D500 В2, полученное термосопротивление составило 2,72 м² ºС/Вт и в 2000 году завод начал выпуск стеновых панелей для жилых домов серии Э600п с такими характеристиками.

С выходом СП 23-101-2004 появилась методика определения уровня тепловой защиты здания по нормируемому удельному расходу тепловой энергии на отопление здания в целом, это позволяет не доводить все ограждающие конструкции здания до нормативных значений по сопротивлению теплопередаче, а находить экономически целесообразные пути достижения класса по энергоэффективности зданий.

Конструкция панельных жилых домов серии Э600п предусматривает применение наружных стеновых панелей из автоклавного газобетона (марка D450, класс по прочности В2,0) толщиной 350 мм, заполнение оконных проёмов металлопластиковыми окнами из профиля

SHUKO с двухкамерными стеклопакетами из стекла TOP N, наполненными аргоном (R = 0,93 м² ºС/Вт), обеспечивает по удельному расходу тепла класс энергоэффективности «В» (высокий).

Изготовление наружных стеновых панелей из автоклавного газобетона осуществляется по агрегатно-поточной технологии в индивидуальных формах литьевым способом. Фасадная поверхность в зависимости от паспорта фасада здания может быть офактуренной камнем, отделанной мастичными составами или подготовленной под окраску на строительном объекте. Армирование панелей осуществляется объёмным арматурным каркасом, имеющим антикоррозионное латексно-минеральное покрытие; анкера и закладные детали металлизированы алюминием.

Особенностью изготовления панелей является то, что после набора пластической прочности внутренний слой панели обрабатывается на установке по срезке и прикатке «горбушки» (рис.1). При движении портала установки ножами срезается «горбушка» и скребковым транспортёром перемещается в ёмкости для сбора (рис.2). «Горбушка» срезается на 5-7 мм выше борта формы, оставшийся слой прикатывается валом установки (рис.3). При вдавливании 5 мм горбушки валом нагретым до 105 ºС, происходит уплотнение внутреннего слоя газобетона до 1000 кг/м³ с плавным переходом к 450 кг/м³ на толщине 10-15 мм. Наличие такого слоя не требует внутренней отделки с целью повышения сопротивления паропроницаемости, позволяет снизить трудоёмкость при проведении отделочных работ.

Рис. 1. Общий вид установки по прикатке горбушки

Далее форма с изделием комплектуется на автоклавную тележку и поступает в автоклав. После прохождения автоклавной обработки изделие распалубливается и навешивается на конвейерную линию доводки до заводской готовности (рис.2), где производится установка оконных и балконных блоков, ремонт дефектов и гидрофобизация наружных поверхностей. Готовая панель поступает на крытый склад готовой продукции (рис.3).

Рис. 2. Отделка панелей на конвейере

В 2012 году было выпущено более 20000 м³ наружных стеновых панелей для строительств 120 тыс. м² жилых домов серии ПО600п.

По такой же технологии с 1996 г. нами изготавливаются плиты перекрытия шириной от 0,6 до 1,8 м, длиной до 6 м, толщиной – 300 мм, и перемычки длиной до 2,6 м. из газобетона марки D700 и с классом по прочности В3,5.

Рис.3. Готовая панель из автоклавного газобетона

Применение прикатки верхнего слоя плит перекрытия кроме повышения прочности на продавливание повысило и жесткость плит. При проведении испытания плит прогиб плиты П60.12.3-я-6 с верхним прикатанным слоем после приложения контрольной нагрузки по жесткости составил 5,86 мм против 8,77 мм плиты без такого слоя. Разрушение плит произошло: у первой плиты при коэффициенте С = 1,9 по выкалыванию бетона верхней зоны, у второй – при С=1,8 по превышению прогиба из-за смятия бетона верхней зоны. При проведении долгосрочных испытаний нагружением плиты контрольной нагрузкой по

жесткости в течение 180 суток прогиб плиты увеличился с 6,03 до 8,4 мм. Снижение расхода арматуры составило 8 %.

Рис. 4. Возведение домов с наружными стенами из автоклавного газобетона

Наружные стеновые панели из автоклавного газобетона производства «Пермского завода силикатных панелей» имеют опыт эксплуатации более 45 лет. В 2011 году нашим предприятием совместно с экспертной компанией «СтройЭкспертиза» при проведении ремонтных работ жилого дома серии 1-468, построенного в 1968 году с использованием наружных стеновых панелей из автоклавного газобетона, была проведено обследование состояния монтажных узлов здания и арматурных элементов панелей.

Рис. 5. Жилой дом, возведенный ООО «ПЗСП»

При вскрытии 14 монтажных узлов конструкций и 10 участков панелей с расположением арматурных каркасов, находящихся в разных условиях эксплуатации (фасадная поверхность, балконы, лоджии, технический этаж) не было обнаружено следов значительной коррозии, состояние узлов и конструкций признано удовлетворительным, за исключением одного торцевого участка, где систематически происходило подтекание воды в месте примыкания парапетной панели и кровельного ковра. Коррозия арматуры составила до 70 %, данный

участок был отремонтирован в соответствии с рекомендациями по ремонту наружных стен из газобетона.

Таким образом, срок эксплуатации панельных жилых домов с наружными стенами из газобетона, при правильной эксплуатации и своевременном ремонте фасадов, значительно превышает нормативный.

Средняя скорость строительства панельных жилых домов, возводимых ОАО «ПЗСП», составляет для 100-квартирного двухподъездного 10- этажного жилого дома – 9 месяцев, для 160-квартирного 16-этажного – 12 месяцев от выхода на строительную площадку до ввода в эксплуатацию (рис.4, 5). Все дома сдаются с полным благоустройством территории и отделкой квартир «под ключ» с установкой шкафов купе и индивидуальных фильтров для воды.

Стоимость квадратного метра составляет от 33 до 44 тысяч рублей в зависимости от стоимости земельного участка и технических условий.

СЕКЦИЯ «СВОЙСТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА»

ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПОСТУПЛЕНИЯ И НАКОПЛЕНИЯ РАДОНА В ЗДАНИЯХ, ПОСТРОЕННЫХ ПО СОВРЕМЕННЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

А.В. ВАСИЛЬЕВ; М.В. ЖУКОВСКИЙ, д-р. техн. наук; А.Д. ОНИЩЕНКО, Институт промышленной экологии УрО РАН
А.А. ВИШНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, ООО “Производственно-Строительное Объединение “Теплит”
г. Екатеринбург

Общеизвестно, что воздействие радона является вторым по значимости фактором после курения, приводящим к развитию рака легких [1]. Согласно последним эпидемиологическим данным [2,3] существует прямая взаимосвязь между возникновением рака легких и воздействием радона внутри помещений.

В ходе обследования жилищ, проведенного Институтом промышленной экологии УрО РАН с 2007 по 2009 гг. [4], были проведены измерения объемной активности (далее – ОА) радона в 404 квартирах, расположенных в многоэтажных зданиях города Екатеринбурга.

Сравнение средних характеристик в подвыборках квартир с учетом года постройки здания представлено в табл. 1. Особое внимание было уделено относительно повышенным уровням ОА радона на верхних этажах зданий (от 70 до 230 Бк/м^3), полученным в результате измерений в домах, построенных за последние двадцать лет (91 квартира). Эти здания принимались в эксплуатацию в период действия норматива для новых проектируемых зданий, в соответствии с которым ОА не должна превышать 200 Бк/м^3 (в соответствии с Нормами радиационной безопасности-99/09).

Таблица 1

Сравнение средних характеристик ОА радона в подвыборках квартир на первом этаже и на верхних этажах многоквартирных зданий

Этаж	Среднее арифм., Бк/м^3	Среднее геометр., Бк/м^3	σ_{LN}
в зданиях, построенных в 1950-1989 г.			
первые этажи	57	38	1,4
верхние этажи	35	27	0,85
в зданиях, построенных после 1990 г.			
верхние этажи	51	34	0,96

Наблюдаемые отличия в уровнях ОА радона для различных групп помещений позволили высказать предположение о связи накопления радона с особенностями строительных технологий. Для проверки этого предположения была выделена группа помещений в зданиях, построенных с использованием преимущественно монолитного бетона, либо газобетонных блоков. Результаты измерения ОА радона в этой группе, состоящей из 20 помещений, получены следующие средние значения ОА радона представлены в табл.2.

Таблица 2

Сравнение средних характеристик ОА радона в помещениях зданий, построенных по современным технологиям

Этаж	Среднее арифм., Бк/м^3	Среднее геометр., Бк/м^3	σ_{LN}
в зданиях, построенных из монолитного бетона			
верхние этажи	103	92	0,70
в зданиях, построенных из газобетона			
нижние этажи	91	82	0,57

Таким образом, средние значения ОА радона в группе зданий, построенных за последнее время значительно выше средних ОА радона в зданиях с периодом застройки 1950-1989 гг. (табл. 1), что подтверждает гипотезу о влиянии новых строительных технологий на уровни накопления радона в помещениях.

Учитывая приведенные факторы, были поставлены следующие задачи исследования:

1. Проведение оценки динамики ОА радона в зависимости от погодных условий и режима содержания помещения.
2. Лабораторные исследования строительных материалов и исходного сырья.
3. Моделирование поступления радона на основании данных лабораторных исследований и натурных измерений.

Изучение динамики ОА радона в зависимости от погодных условий и режима содержания помещения

Для анализа динамики изменения ОА радона в зданиях, построенных по современным технологиям, были проведены продолжительные натурные измерения ОА радона в двух помещениях (табл. 3). Помещение 1 построено с максимальным использованием ячеистого бетона в стенах и перекрытиях здания. Стены помещения 2 выполнены в основном из тяжелого бетона, за исключением ограждения, в котором присутствует ячеистый бетон, минеральная плита и силикатный кирпич.

Таблица 3

Характеристики помещений и период измерений

Характеристика	Помещение 1	Помещение 2
Количество этажей	2	10
Материал стен	автоклавный газозолобетон D500	несущие стены выполнены из тяжелого бетона М300; наружные стены - из автоклавного газозолобетона D500, утеплителя и силикатного кирпича
Плита перекрытия	сборно-монолитное (железобетон +автоклавный газозолобетон D500)	тяжелый бетон М300
Характер помещения	офисное	жилое
Объем помещения, $м^3$	55,4	110,8
Вентиляция	естественная, кондиционер	естественная
Средняя кратность воздухообмена, $ч^{-1}$	0,31	0,28
Этаж измерения	2 этаж	6 этаж
Период измерений	15.08.2012 – 31.12.2012	24.01.2012 – 14.08.2012
Средняя ОА радона за период измерений, $Бк/м^3$	107	143
ОА радона, теплый сезон, $Бк/м^3$	107	121
ОА радона, холодный сезон, $Бк/м^3$	108	154

Для изучения динамики изменения ОА радона [5] проводились непрерывные измерения активности радона, температуры и фиксированной разности температур снаружи и внутри помещений при помощи радон-монитора AlphaGUARD с интервалом в один час.

Как правило, помещения находятся в двух типичных состояниях: активном (при активной деятельности человека) и стационарном состоянии (люди покидают помещение или ложатся спать). Используя метод определения параметров поступления радона в помещение [5, 6], были получены оценки значения кратности ВО (КВО) в помещении: в диапазоне от 0,1 до 0,3 $ч^{-1}$ для стационарного режима содержания помещения и от 0,5 до 1,2 $ч^{-1}$ для активного. На рис. 1 представлены диаграммы значений КВО в помещениях, из которых следует, что в период измерений помещение 1 преимущественно эксплуатировалось в режиме, близком к стационарному. Для помещения 2 наблюдается четкое различие в кратности воздухообмена между активными и стационарными режимами эксплуатации.

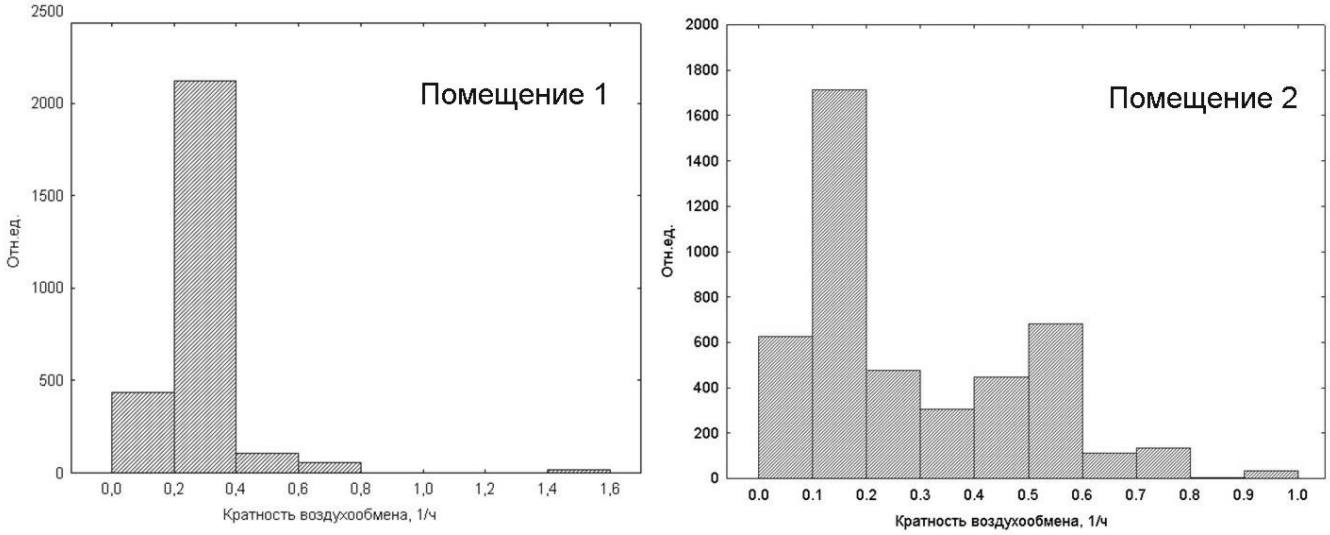


Рис. 1. Распределение значений КВО в помещениях

Поступление радона в помещение осуществляется двумя механизмами: диффузионным, обусловленным наличием градиента объемной активности радона в среде и конвективным, вызванным наличием разности давлений между внутренним объемом здания и внешней атмосферой [7]. Зависимость скорости поступления радона в помещение от разницы температур ΔT однозначно позволяет определить доминирующий механизм поступления радона в помещение – диффузионный (отсутствие зависимости от ΔT) или конвективный (рост скорости поступления с увеличением ΔT) [5]. Для обоих обследованных помещений был определен доминирующий диффузионный механизм поступления радона.

Лабораторные исследования строительных материалов и исходного сырья

Для установления вклада современных строительных материалов в ОА радона в помещениях, были проведены лабораторные исследования образцов сырья и готовой продукции. В соответствии с модифицированным методом измерения удельной активности [8] был проведен анализ радиационных характеристик строительных материалов (табл. 4). Произведено определение удельной активности естественных радионуклидов (радий ^{226}Ra, торий ^{232}Th, калий ^{40}K) на гамма-радиометре РКГ-АТ1320 и определение эффективной удельной активности естественных радионуклидов (ЕРН) согласно ГОСТ 30108-94:

Таблица 4

Радиационные характеристики строительных материалов

№ п/п	Наименование материала	Активность, Бк/кг			
		K-40	Ra-226	Th-238	Эффективная удельная активность ЕРН $А_{эфф}$
1	2	3	4	5	6
Исходное сырье					
1	Портландцемент ОАО «Сухоложскцемент»	172±52	65±14	7±5	89±16

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6
2	Известь молотая ЗАО «Известь Сысерти»	0±53	23±6	0±5	23±10
3	Зола уноса Рефтинской ГРЭС	167±53	34±10	34±8	93±15
4	Алюминиевая паста ООО «НСК-ТЕК»	0±140	0±24	0±16	< 32
5	Отсев дробления Режевского щебеночного карьера	600±130	46±12	21±6	125±18
6	Отсев дробления Шарташского щебеночного карьера	841±171	66±15	31±7	178±23
Конечная продукция					
7	Автоклавный газозолобетон D400 ООО “ПСО “Теплит”	113±53	25±10	14±6	53±13
8	Автоклавный газозолобетон D500 ООО “ПСО “Теплит”	118±40	23±8	20±6	59±12
9	Тяжелый бетон М300	658±137	55±12	29±7	149±19

Измеренная $А_{эфф}$ для всех материалов не превышает 370 Бк/кг (материалы I класса – материалы, используемые в строящихся и реконструируемых жилых и общественных зданиях).

Были определены коэффициенты эманирования радона для готовых строительных материалов: для монолитного бетона коэффициент эманирования составил 0,17; для газобетона - 0,22.

Моделирование поступления радона

Для проверки того, что наблюдаемые при натурных измерениях средние значения ОА радона могут быть полностью обусловлены диффузионным переносом радона из материалов строительных конструкций, было выполнено моделирование для двух помещений, построенных по современным технологиям.

Для выполнения моделирования был использован программный пакет RESRAD-Building, предназначенный для оценки доз облучения людей, находящихся в зданиях и помещениях, содержащих различные источники ионизирующего излучения [9].

На основании результатов моделирования были получены уровни ОА радона помещениях $А_{1расч}$=60 Бк/м^3 и $А_{2расч}$= 160 Бк/м^3. Для помещения 2 расчетное значение хорошо соответствуют экспериментально измеренному значению ОА радона. Таким образом, расчет согласуется с предположением о доминирующем диффузионном пути поступления радона в помещение за счет его выделения из строительных материалов. Наблюдаемые различия в расчетных и экспериментальных значениях ОА радона для помещения 1 может быть обусловлены дополнительным поступлением радона из грунта под двухэтажным зданием.

Был проведен анализ влияния изменения различных характеристик строительных материалов и режима содержания помещения на уровни ОА радона (коэффициент диффузии радона $1\cdot10^{-6} \div 4\cdot10^{-4}$ м^2/с, коэффициент эманирования 0,16 ÷ 0,28, пористость 0,05 ÷ 0,75 и КВО 0,1 ÷ 0,5 ч$^{-1}$). В результате моделирования было получено, что основной вклад в изменчивость ОА радона обусловлен изменениями КВО (рис. 3). Следующий параметр, имеющий существенно меньшее влияние, это коэффициент эманирования. При низкой КВО (менее 0,2 ч$^{-1}$), в помещении может наблюдаться превышение нормируемого уровня ЭРОА радона в 100 Бк/м^3.

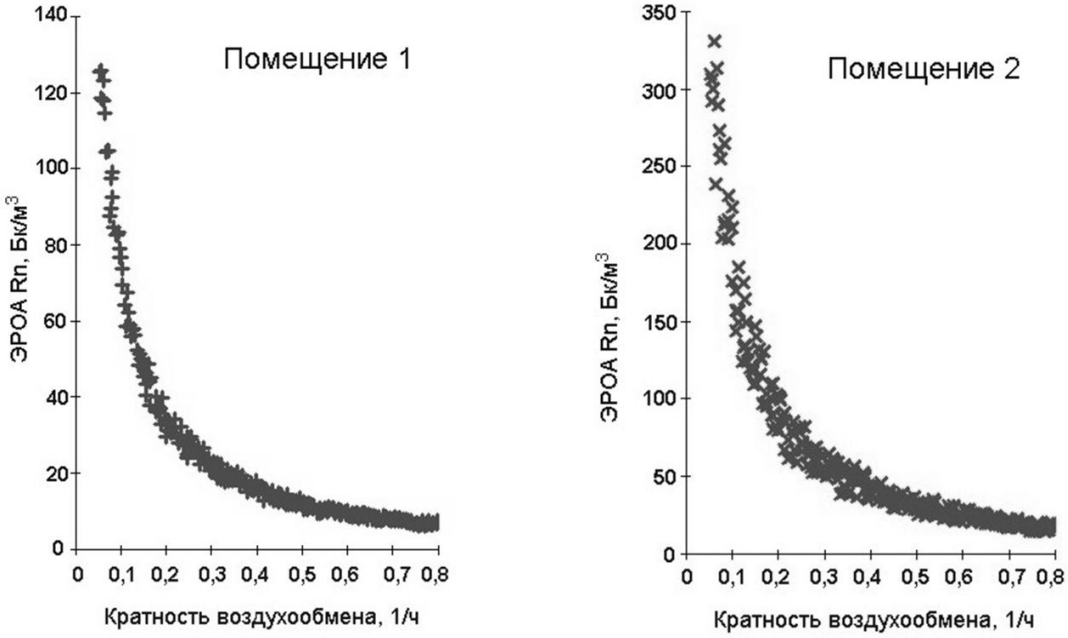


Рис. 2. Зависимость ожидаемого значения ЭРОА радона от режима содержания помещения

Выводы

Проведенные исследования позволяют выделить следующие ключевые моменты:

1. Использование современных технологий строительства приводит к тому, что уровни ОА радона в помещениях приближаются к современным санитарным нормативам вследствие:

- использования монолитного бетона в качестве перекрытий, а в ряде случаев и несущих стен;
- замены пустотелых плит на монолитные плиты перекрытия, что приводит к ухудшению удаления радона;
- применения современных методов герметизации зданий (стеклопакеты, пенные уплотнители), приводящих к снижению кратности ВО.

Таким образом, даже при соблюдении требований к удельной активности строительных материалов уровни объемной активности радона в помещениях могут быть повышенными и в ряде случаев превышать санитарные нормативы. При низкой КВО (менее 0,2 $ч^{-1}$), обусловленной высокой герметизацией зданий, в помещении может наблюдаться превышение норматива ЭРОА радона в 100 $Бк/м^3$ (НРБ-99/09). В процессе проектирования и строительства здания КВО должна быть обеспечена в эксплуатируемом помещении на нормативном уровне не ниже 0,35 $ч^{-1}$.

2. Использование автоклавного газозолобетона в качестве теплоизоляционных и ограждающих конструкций не вносит ощутимого вклада в ОА радона внутри помещений.

3. Результаты исследований указывают на необходимость дополнительного нормирования удельной активности строительных материалов по радию. Норматив в $А_{эфф}$ = 370 Бк/кг, введенный для обеспечения защиты от гамма-излучения, не обеспечивает допустимых уровней ОА радона. По нашим оценкам содержание радия-226 в строительных материалах при современных технологиях строительства не должно превышать величину порядка 100 Бк/кг.

4. Для малоэтажных зданий, построенных с использованием блоков из газобетона, нельзя исключить дополнительное поступление радона из грунта под зданием.

ЛИТЕРАТУРА

1. HajoZeeb, FeridShannoun. WHO handbook on indoor radon: a public health perspective. World Health Organization. 2009.

2. Darby S, Hill D, Auvinen A, Barros-Dios JM, Baysson H, et.al. Radon in homes and lung cancer risk: a collaborative analysis of individual data from 13 Europeancase-control studies. British Medical Journal, 330 v., 2005. P. 223-227.
3. Krewski D, Lubin JH, Zielinski JM, Alavanja M, et.al. Residential radon and risk of lung cancer: a combined analysis of seven North Americancase-control studies. Epidemiology. 2005. 16 v. P. 137-145
4. Ярмошенко И.В., Онищенко А.Д., Жуковский М.В. Обследование уровней накопления радона в жилых зданиях города Екатеринбурга // Вопросы радиационной безопасности, 2010. №3(59). С. 62-69.
5. Жуковский М.В., Васильев А.В. Определение механизмов и параметров поступления радона в помещение. НПП “Доза”. АНРИ №1. 2012. С. 3-12.
6. Модификация метода накопительной камеры для измерения плотности потока радона с поверхности почвы. М.В. Жуковский, Г.И. Донцов, А.О. Шориков, А.А. Рогатко, АНРИ №3. 1999. С. 9-20.
7. Радоновая безопасность зданий. М.В. Жуковский, А.В. Кружалов, В.Б. Гурвич, И.В. Ярмошенко. Екатеринбург: УрО РАН, 2000.
8. Жуковский М.В., Новиков Д.В. Модифицированный метод измерения удельной активности Ra-226 в образцах грунта. АНРИ №2. 2011. С. 25-30.
9. http://web.ead.anl.gov/resrad/home2/Build.cfm

ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ НА РАННЕЙ СТАДИИ

Ф.А.ГОЛЬДМАН, ЗАО «Элгад ЗСИ», канд.техн.наук,
г. Коломна
Д.И. ШТАКЕЛЬБЕРГ, д-р техн. наук, фирма Concretec Ltd.,
Израиль
Н.Р.ГАДАЕВ, канд. техн. наук, ООО «Элгад»,
г. Москва
Г.Е. ШТЕЙНБУК, ЗАО «Элгад ЗСИ»,
г. Коломна
М.Я. ШЕЙНЕР, ООО «Элгад»,
г. Москва

Исследуемые параметры:

- Высота вспучивания ячеистобетонной смеси
- Нарастание пластической прочности по мере созревания смеси
- Отпускная прочность блоков (по измерению электросопротивления смеси в момент достижения ею пластической прочности, достаточной для резки массива струнами (через 2 – 3 часа после заливки смеси в форму)
- Температура смеси

В настоящее время контроль за этими параметрами осуществляется вручную стандартными методами работниками заводских лабораторий. В частности, высота вспучивания определяется линейкой при периодических измерениях, температура определяется периодически с помощью погружного зонда-термометра, пластическая прочность оценивается с помощью специального пенетрометра с градуированной шкалой. Результаты определения отпускной прочности блоков могут быть получены не ранее чем через 2-3 дня из-за длительности процесса определения прочности и плотности блоков стандартными методами (отбор образцов, выпиливание кубов, сушка, раздавливание кубов на прессе для определения прочности на сжатие, обработка данных и пр.). Это обстоятельство зачастую является сдерживающим фактором для сбыта продукции в кратчайшие сроки.

Определение других параметров является обязательным технологическим процессом, осуществляемым в течение всего цикла, начиная с момента заливки смеси в форму и кончая затвердеванием массива в форме (то есть достижением пластической прочности, достаточной для резки массива струнами). Обычно этот цикл длится 3-4 часа. Поэтому при необходимости изменения рецептуры, подборе новых составов смесей и прочих необходимых изменений после заливки тестового массива необходимо ждать 3-4 часа для того, чтобы убедиться в правильности выбранного состава и режима, и лишь после этого начинать массовый выпуск продукции. В случае неудачи этот процесс затягивается на неопределённый период.

Поэтому важно создать экспресс-метод оценки указанных параметров, что позволит значительно увеличить производительность предприятия, улучшить качество продукции, снизить трудоёмкость операций по контролю и сбыту продукции.

Для создания такого метода была выдвинута идея измерения электрического сопротивления ячеистобетонной смеси на ранней стадии и установления его связи с указанными параметрами. Базовой основой такого подхода является утверждение о том, что физически связанная влага в твердеющих цементно-бетонных смесях – это полноправная структурная составляющая, соединяющая твердофазные элементы. В этой связи необходимо выделить и использовать одно чрезвычайно важное свойство жидкости: она всегда находится в термодинамическом равновесии с твёрдой фазой, на которой она адсорбирована. В силу этого:

- Физически связанная влага является наиболее информативным компонентом твердеющей цементно-бетонной композиции, и все свойства этой влаги изменяются в строгом соответствии с уровнем развития структуры материала;
- Физически связанная влага наиболее просто и максимально точно идентифицируется в формирующейся капиллярно-пористой структуре как количественно (масса), так и качественно (энергия);
- Физически связанная влага является проводящей фазой в твердеющих цементно-бетонных композициях, позволяющей выполнять измерения электрического сопротивления.

Практическая реализация предлагаемой идеи базируется на использовании измерительной системы CONTEST-8, разработанной израильской фирмой “CONCRETEC Ltd”. Эта система, изначально предназначенная для мониторинга структурообразования и твердения бетонных и цементно-песчаных композиций, зарегистрирована в Государственном реестре средств измерений РФ под номером 45346-10 и допущена к применению в Российской Федерации. Система включает в себя:

- Электронный измерительный блок, управляемый компьютером
- Комплект измерительных датчиков контейнерного типа
- Комплект оригинальных управляющих, обрабатывающих и интерпретирующих программ
- Базу данных, содержащую все результаты измерений, а также функции, используемые для их обработки и анализа.

Следует отметить, что система позволяет одновременно в непрерывном режиме измерять электрическое сопротивление и температуру с интервалом от 3 до 30 минут, что делает её весьма эффективной для решения указанных задач.

С помощью измерительной системы Contest 8 были установлены корреляционные зависимости между показаниями прибора (удельное электрическое сопротивление) и каждым из вышеперечисленных параметров (высота вспучивания смеси, нарастание пластической прочности и отпускная прочность блоков после автоклавирования). На рис. 1 приведены результаты изменения электросопротивления во времени за период от момента заливки смеси в форму до созревания массива в камере (достижение пластической прочности, достаточной для резки массива струнами, оцениваемой величиной 400 psi). Кривая на рис. 1, являющаяся типичной для всех измерений, содержит практическую информацию относительно времени завершения процесса вспучивания (пик на кривой, соответствующий 45 минутам, т. е. реальному времени достижения процесса вспучивания), а также пик на кривой по прошествии 145-150 минут, свидетельствующий о завершении процесса созревания и дальнейшем упрочнении сырого массива, что также полностью соответствует практическим значениям, получаемым при использовании стандартных методов контроля. Кривая на рис. 1 свидетельствует о том, что непрерывное измерение электросопротивления ячеистобетонной смеси в режиме онлайн объективно отражает процессы структурообразования и упрочнения этой смеси во времени. Это обстоятельство позволяет предположить, что, зная величину электросопротивления смеси в определённый момент времени, например, в начале процесса (через 10-15 минут после заливки смеси в форму), можно сказать, когда массив вспучится до заданной высоты и вспучится ли вообще. Практическая ценность такого подхода состоит в том, что знание ожидаемой высоты массива на начальной стадии позволяет оптимизировать рецептуру смеси *ещё до окончания всего процесса предварительного твердения,* т. е. сэкономить как время, так и сырьевые материалы. Кроме того, изменение высоты массива характеризует степень активности алюминия. Оптимизируя дозировку алюминия, можно улучшить качество продукции и снизить расход алюминия.

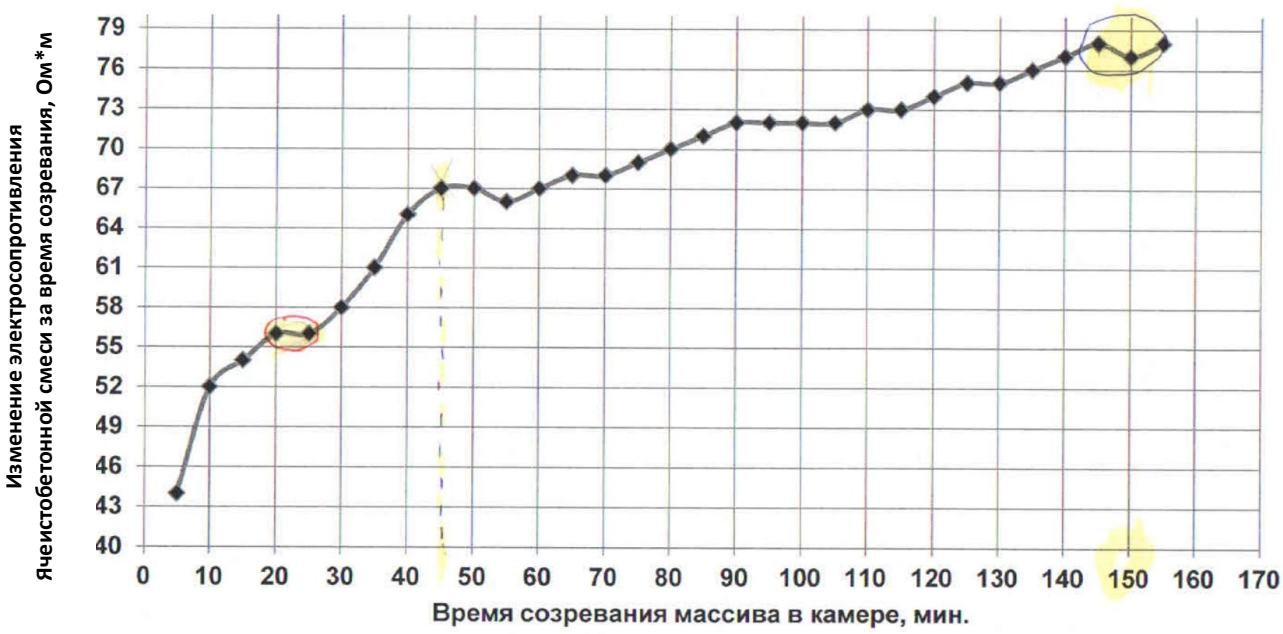


Рис. 1. Изменение электросопротивления ячеистобетонной смеси от момента заливки в форму до достижения пластичной прочности, достаточной для резки массива (получено в производственных условиях)

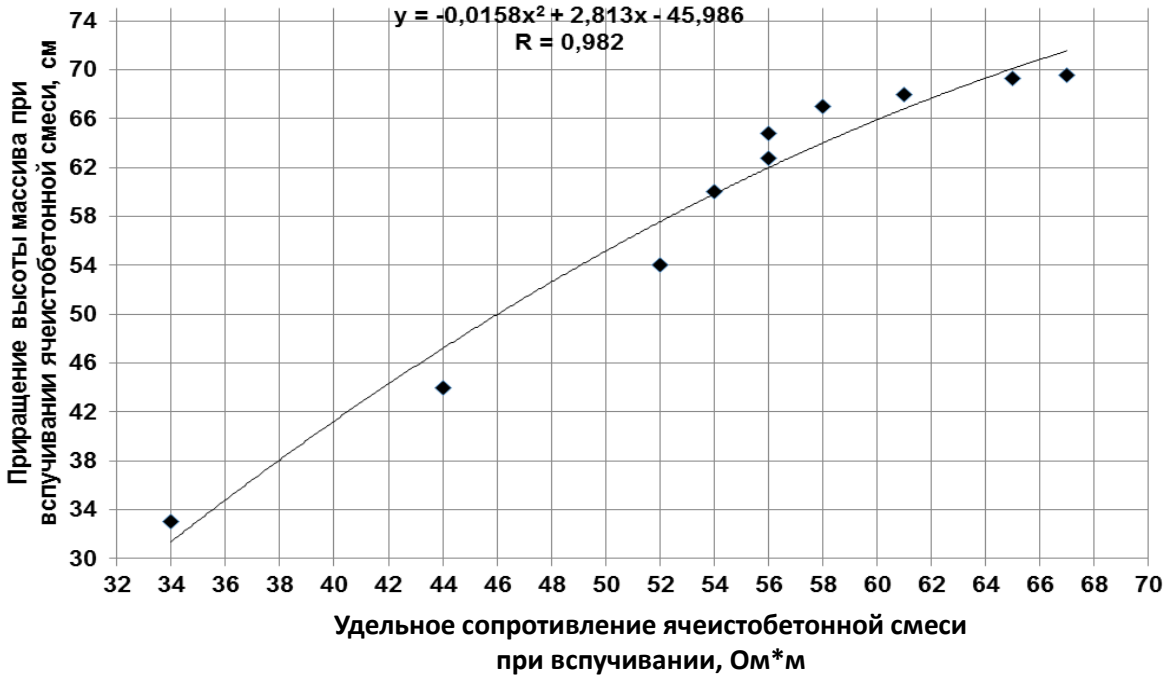


Рис. 2. Корреляция между электросопротивлением ячеистобетонной смеси и высотой массива при вспучивании (в производственных условиях)

На рис. 2 представлена корреляционная зависимость между электросопротивлением ячеистобетонной смеси и приращением высоты вспучивания массива. Сопоставляя рис. 1 и рис. 2, можно видеть, что вспучивание завершается при достижении сопротивления около 70 Ом*м. Таким образом, если значения измеренного в начальный период сопротивления лежат на кривой рис. 2, то можно сделать вывод о том, что ситуация стандартная и прогнозируемый (заданный рецептурой) рост массива будет достигнут.

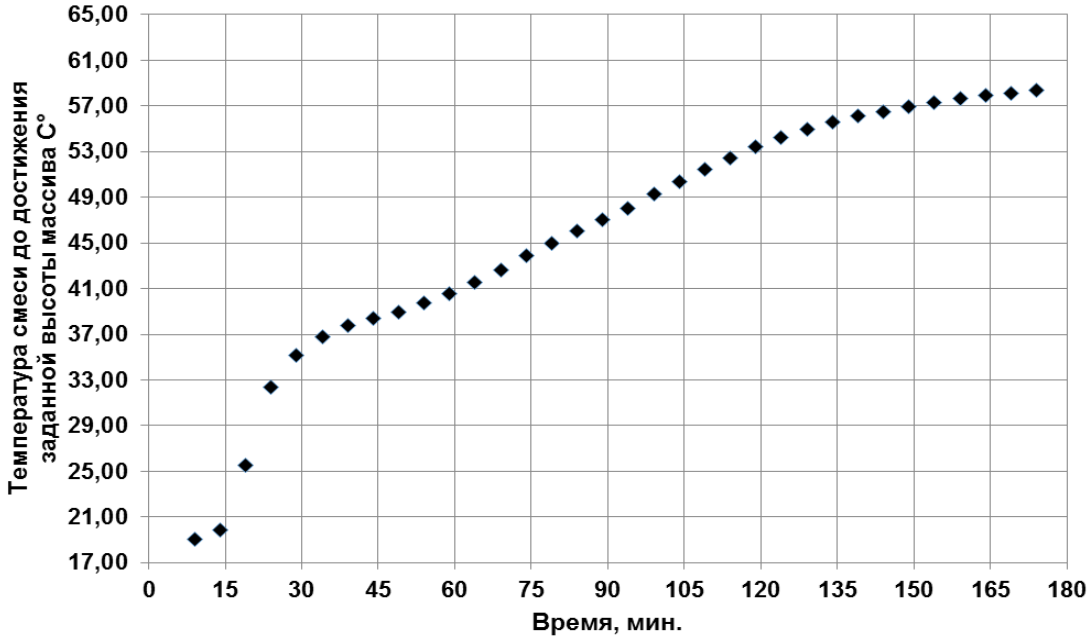


Рис. 3. Кривая изменения температуры ячеистобетонной смеси при измерениях с помощью прибора Contest 8 в режиме реального времени

Как уже отмечалось, прибор Contest 8 измеряет температуру смеси в автоматическом режиме. На рис. 3 приведена кривая изменения температуры смеси со временем, которую можно использовать практически. Кривая изменения температуры характеризует степень активности извести. С помощью корректировки содержания извести или изменения соотношения холодной и тёплой воды температурная кривая последующих массивов может быть оптимизирована.

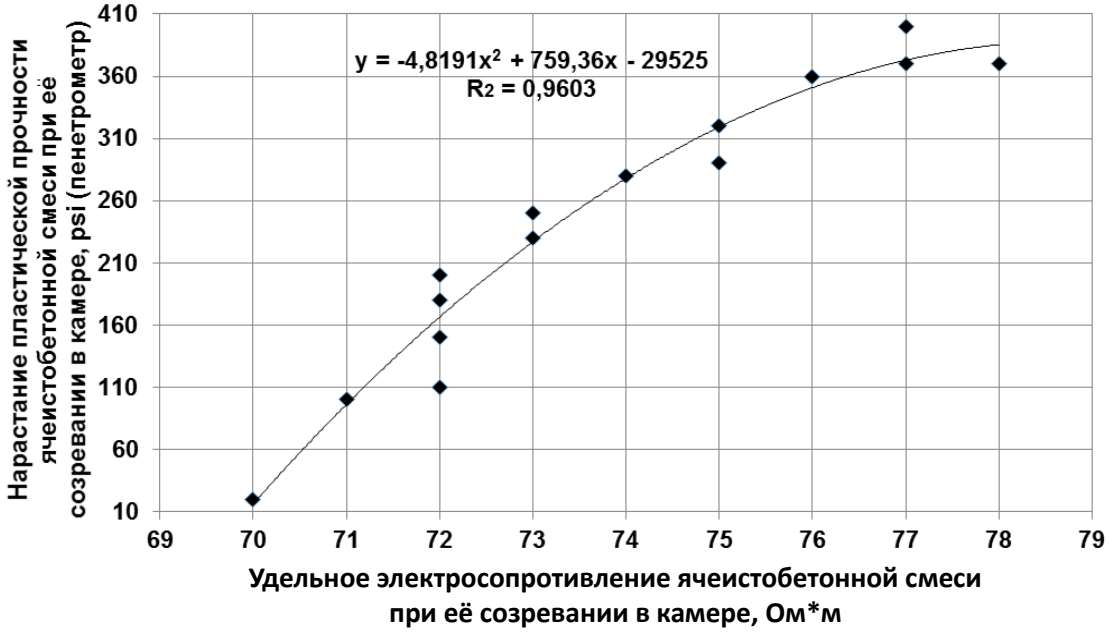


Рис. 4. Корреляция между электросопротивлением ячеистобетонной смеси и нарастанием её пластической прочности в камере созревания (заводской эксперимент)

Установлена тесная корреляционная зависимость между измеряемой стандартным методом пластической прочностью ячеистобетонной смеси в камере созревания, и электрическим сопротивлением этой смеси (см. рис. 4). По этой кривой можно определить значение электрического сопротивления смеси в момент достижения ею пластической прочности, достаточной для последующей резки массива струнами перед автоклавированием.

Суть метода определения отпускной прочности блоков заключается в следующем. При заливке смеси в форму небольшой объём этой смеси (примерно 1,0 литр) помещается в датчик контейнерного типа, соединённый с прибором Contest-8. Прибор в автоматическом режиме измеряет электрическое сопротивление и температуру смеси. В момент достижения смесью пластической прочности, достаточной для резки массива струнами (см. рис. 4), фиксируется показание прибора по электросопротивлению. При этом параллельно, после автоклавной обработки, определяется отпускная прочность блоков, изготовленных в форме, из которой брались пробы смеси для прибора. Прочность блоков определялась стандартным методом по кубикам. Таким образом, была предпринята попытка найти связь между характеристиками смеси, определяющими в конечном счёте дальнейшие свойства бетона (в данном случае оптимальная пластическая прочность в определённый момент времени), и конечной прочностью блока после автоклава. В ходе выполнения серии экспериментов (более 70 точек измерений) была установлена тесная корреляционная связь между значениями электрического сопротивления смеси в момент достижения ею заданной пластической прочности и отпускной прочностью блоков (рис. 5).

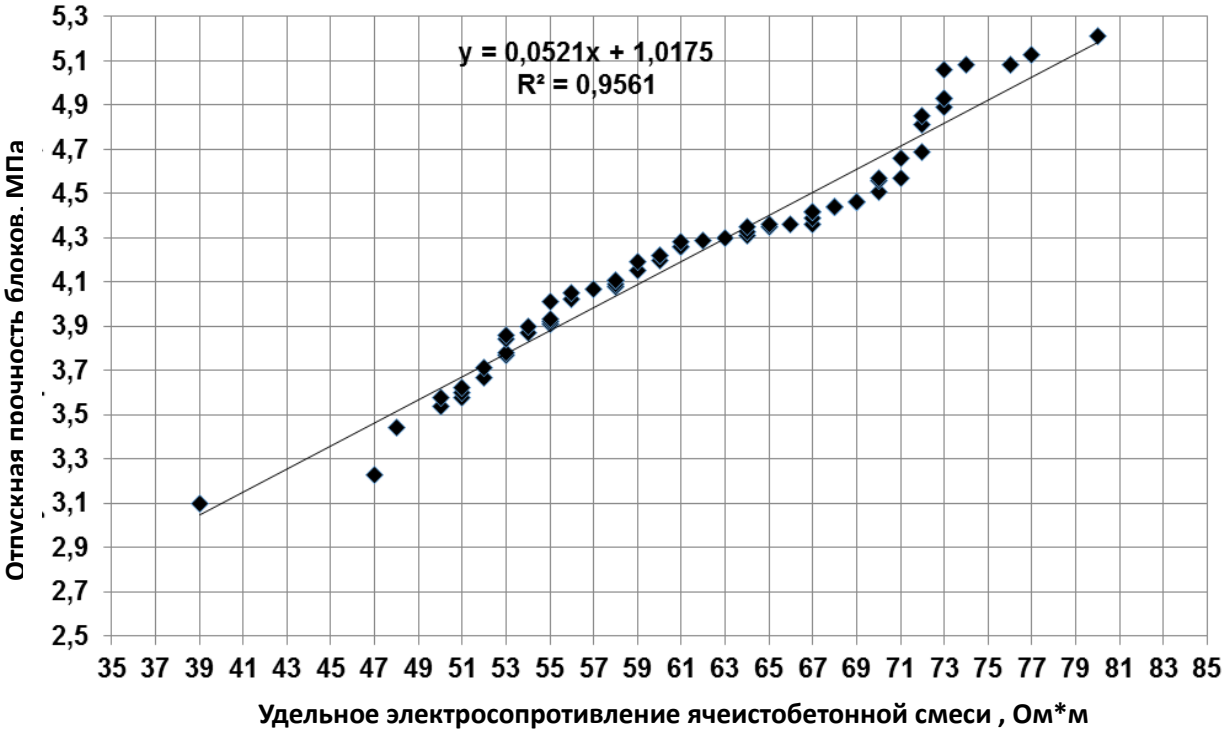


Рис. 5. Корреляция между электросопротивлением ячеистобетонной смеси в камере созревания (в момент достижения необходимой для резки фиксированной пластической прочности) и отпускной прочностью блоков при плотности D500

Для описания полученных экспериментальных данных (возрастающих и убывающих по абсолютной величине) была выбрана прямая линия тренда. Близкая к единице величина достоверности аппроксимации свидетельствует о хорошем совпадении кривой с полученными экспериментальными данными.

Таким образом, измерив электрическое сопротивление ячеистобетонной смеси в конце процесса её созревания (через 160-180 минут после её заливки в форму), по приведенному графику или формуле можно оценить отпускную прочность блоков.

Этот процесс можно упростить для удобства работы оператора, используя метод стандартного отклонения (С.О.). Этот метод основан на определении среднеквадратичного отклонения (показателя рассеяния в статистике, STDev) в техническом анализе. В частности, имея статистический набор величин электросопротивления ячеистобетонной смеси, с одной стороны, и набор значений конечной прочности блоков, с другой стороны, с помощью этого анализа можно установить связь между этими группами измерений и оценить изменение одного

параметра в определённом диапазоне в зависимости от изменения другого параметра в соответствующем диапазоне.

Расчёты, выполненные на основе проведенных измерений, показали, что при среднем значении измереннных сопротивлений 61,91 Ом*м величина стандартного отклонения (STDev) составила 11,2 Ом*м. Соответственно, при среднем значении измеренных величин прочности блоков 4.12 Мпа стандартное отклонение (STDev) составило 0,47 МПа.

Полученные данные можно использовать для практической оценки отпускной прочности блоков, прогнозируя её по значениям электросопротивления следующим образом.

При самой грубой оценке (т. е. Av ± 2STDev) в диапазоне измеренных сопротивлений 39 – 84 Ом*м значения прочности блоков будут находиться в интервале 3 – 5 МПа.

Таким образом, измерив электросопротивление смеси в нужный момент времени, оператор (лаборант) сразу может оценить минимально допустимую по ГОСТу величину отпускной прочности блоков. Это означает, что при получении величин сопротивления, выходящих за рамки нижнего значения указанного диапазона, оператор может предотвратить последующую заливку форм с заведомо низкой конечной потенциальной прочностью, что позволит сэкономить значительное количество сырья и материалов.

Более точное значение прочности блоков может быть рассчитано по формуле на рис. 5.

Описанный метод оценки отпускной прочности блоков по измерению электросопротивления смеси начал применяться на заводе «Элгад ЗСИ».

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ АНКЕРНЫХ КРЕПЛЕНИЙ В АВТОКЛАВНОМ ГАЗОБЕТОНЕ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМЫ ДЮБЕЛЯ И ПЛОТНОСТИ, ПРОЧНОСТИ И ВЛАЖНОСТИ ОСНОВАНИЯ

Г.И. ГРИНФЕЛЬД, филиал ООО «ЛСР» - «Стеновые»
Е.Н. СЫТОВА, ООО «Аэрок СПб»,
П.С. ЛИСУНОВ, О.В. ХВЕДЧЕНЯ, ФБГОУ СПб ГПУ
г. Санкт-Петербург

В современном строительстве широко используется механический крепеж для монтажа и построечной сборки элементов конструкций. Повсеместное распространение ручных перфораторов привело к частичной замене закладных деталей в железобетоне на элементы крепежа, монтируемые в пробуренные по месту отверстия. Практически ушли из практики деревянные антисептированные бруски, закладывавшиеся в каменную кладку для последующего крепления к ним гвоздями оконных и дверных коробок, костылей парапетных покрытий и других элементов.

Ячеистый бетон марок по средней плотности D700 и ниже изначально был избавлен от сложностей при креплении заполнения проемов или монтаже панелей. Хорошая гвоздимость позволяла использовать для крепления к бетону строительные гвозди и нагели (пп. 3.8–3.13 [1]).

В настоящее время кладка из штучных материалов является основой малоэтажного строительства. Кладка с поэтажным опиранием широко применяется при заполнении железобетонных каркасов многоэтажных зданий. В малоэтажном строительстве актуальные области применения механического крепежа — это крепление навесной мебели и монтаж фасадной облицовки. В высотном строительстве актуально крепление подконструкций навесных фасадов (к несущему каркасу или к стеновому заполнению) и фасадной теплоизоляции (к кладке заполнения). Допустимость крепления кронштейнов фасадных систем в высотном строительстве к кладке из ячеистого бетона широко обсуждается [2, 3]. Стремление к предсказуемости результатов несущей способности крепежа ведет либо к предложению жесткого ограничения плотности ячеистого бетона основания, либо к прямому запрету на использование ячеистого бетона в качестве основания для устройства навесных фасадов (п. 6.2 Технических рекомендаций [4]).

Работа, показывающая сопротивление осевому вытягиванию анкеров из газобетона марки D500 была проведена в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко по заказу ЗАО "Кселла-Аэроблок-Центр» [5]

Постановка задачи

В рассуждениях о возможности крепления фасадных конструкций на кладку из автоклавного газобетона встречаются следующие предложения/предположения:

- необходимо ввести нижнее ограничение плотности материала основания, поскольку снижение плотности приводит к резкому снижению вытягивающего усилия;
- использование ячеистого бетона в качестве основания для крепления фасадных конструкций недопустимо, поскольку в построечных условиях возможно увлажнение кладки вплоть до водонасыщения, а в водонасыщенном бетоне вытягивающее усилие резко снижается;
- использование ячеистого бетона в качестве материала основания недопустимо, поскольку разброс параметров бетона внутри партии влечет за собой значительный и непредсказуемый разброс вытягивающего усилия дюбелей;
- использование специализированного крепежа значительно удорожает применение ячеистого бетона в строительстве.

Для проверки обоснованности высказываемых предположений, а также для получения более полной картины взаимосвязи характеристик ячеистого бетона с несущей способностью дюбелей, была проведена описываемая работа.

Работа была разделена на два этапа.

На первом этапе были отобраны дюбели, показывающие наибольшее усилие вырыва, но не создающие при монтаже значительных растягивающих напряжений в бетоне в зоне заделки.

Такое ограничение было обусловлено выбранной методикой испытания - дюбели устанавливались не в кладку и не в целые блоки, а в кубики 100×100×100 мм. Выбор кубиков в качестве основания для монтажа определен необходимостью контролировать влажность материала. Обеспечить равномерную влажность в зоне заделки дюбеля на крупных образцах практически невозможно.

На втором этапе определялось вытягивающее усилие анкеров при приложении осевой нагрузки. Образцы материала основания различались по плотности, прочности, влажности. Плотность, прочность и влажность контролировались для каждой серии образцов. По результатам определения вытягивающего усилия выявлялись зависимости от контролируемых параметров.

Проведение испытаний

Для испытаний были отобраны (рис. 1):

1. Дюбели Sormat KBT6 (монтаж в предварительно высверленное отверстие Ø9 мм, глубина заделки 48 мм, диаметр наружной анкерящей резьбы 16 мм, распорный шуруп — шуруп-саморез универсальный UK с неполной резьбой и потайной головкой 6*70 мм);
2. Дюбели EKT KEW G7 (монтаж в предварительно высверленное отверстие Ø8 мм, глубина заделки 52 мм, распорный шуруп — шуруп-саморез универсальный UK с неполной резьбой и потайной головкой 5*70 мм);
3. Шуруп-саморез универсальный UK с неполной резьбой 6*70 мм (монтаж без засверливания закручиванием непосредственно в бетон, глубина заделки 55 мм).

Рис. 1.

Розничная цена каждого из дюбелей менее 10 рублей, самореза - меньше рубля.

Испытания проводились в лаборатории завода «Аэрок СПб» из продукции собственного производства марки AEROC.

Для испытания были подготовлены образцы в виде кубиков с гранью 10 см. Испытывались четыре вида газобетона: D300 (B1,5), D400 (B2,5), D500 (B2,5) и D600 (B3,5) первой категории (согласно ГОСТ 31360-2007) (рис. 2).

Рис. 2. Образцы

Каждый тип дюбеля был испытан по три раза в каждом из видов бетона при каждой влажности.

На ленточной пиле изготавливались образцы, при этом совершался отступ от внешней, менее однородной и более плотной части блока минимум 2-3 сантиметра. Из газобетона каждой марки изготавливалось 45 кубиков (для каждой из 5 влажностей по 9 кубиков – 3 для испытания на сжатие и 6 для испытания усилия вырыва). Все блоки каждой марки были из одной партии, а также учитывалось направление роста массива.

Испытания проводились при следующих массовых влажностях:

- 5 % - эксплуатационная влажность, при которой ведется расчет теплопроводности кладки. Обычно достигается газобетоном в естественных условиях без воздействия атмосферных осадков, за 2-3 года. В нормативном поле Евросоюза [6] «воздушно-сухое» состояние (массовая влажность 4–6%) является эталонным для определения прочности;
- 10 % - влажность ячеистого бетона, применяемая в России для определения прочности [7];
- 25 % - влажность ячеистого бетона, нормировавшаяся в качестве отпускной, используемая в [7] для назначения максимального понижающего коэффициента к расчетной прочности;
- 38 – 45 % - фактическая послеавтоклавная влажность, при которой газобетон отпускается с производства;
- 63 – 87 % - состояние водонасыщения. Насыщение производилось по ГОСТ 31359-2007 путем погружения в воду на 8 часов на 1/3, затем на 8 часов на 2/3, а затем полным погружением в воду на 24 часа.

Сначала определялась фактическая влажность каждой марки и геометрические размеры образцов с точностью до 0,1 мм. Затем образцы доводились до требуемой влажности в сушильных камерах и в изолированной емкости для водонасыщения. В образцах, которые должны были соответствовать отпускной влажности, просто измерялась влажность, и они сразу испытывались. Определение прочности анкеров на вырыв проводилось цифровым тестером отрыва (адгезиметром) Matest E142 на 16 кН с зацеплением головки шурупа адаптером, навинченным на вытяжной шток адгезиметра (рис. 3).

Рис. 3. Цифровой тестер отрыва

3 кубика каждой плотности и каждой влажности помещались под пресс, затем определялась средняя прочность из трех. Другие 6 кубиков этой же влажности и плотности испытывались на вырыв крепежей (рис. 4). Это повторялось 20 раз (4 вида бетона по 5 влажностей).

Рис. 4. Результаты испытаний

Результаты испытаний

Полученные результаты представлены в табл. 1. Графическое представление данных делает наглядными зависимости сопротивления анкеру вырыву от плотности бетона (рис. 5), от прочности (рис. 6) и от влажности (рис. 7).

Таблица 1

Характеристики бетона основания и усилие вырыва по видам анкеров

Марка бетона по средней плотности	Характеристики бетона			Усилие вырыва по видам анкеров		
	Влажность, %	Р сух, кг/м^3	Rсж, МПа	Rв(KBT), кгс	Rв(UNI), кгс	Rв(EKT), кгс
D300	5	321	2,01	74,3	42,2	41,6
	10	320	1,84	67,4	38,4	42,3
	25	322	1,74	64,3	34,7	37,6
	45	322	1,58	72,6	32,8	37,2
	87	324	1,49	61,1	33,6	36,6
D400	5	406	2,95	113	67,6	68,9
	10	406	2,81	107	63,9	71,8
	25	401	2,55	114	54,2	66,4
	39	407	2,59	107	55,3	68,6
	71	406	2,19	99,2	57,7	60,3
D500	5	489	3,54	140	100	88,0
	10	489	3,21	142	93,2	95,5
	25	488	2,85	138	100	93,7
	38	491	2,78	123	77,3	87,7
	67	488	2,47	106	74,3	78,7
D600	5	632	6,45	246	194	174
	10	623	5,87	252	185	174
	25	623	5,27	237	168	169
	38	626	5,23	214	148	153
	63	645	5,28	199	139	112

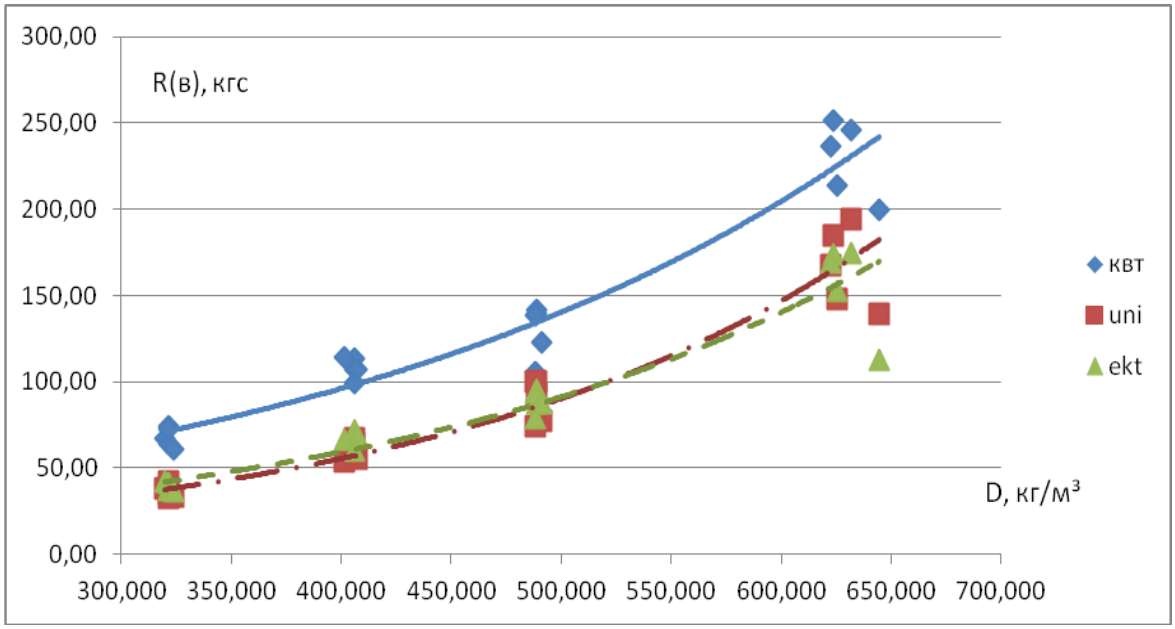


Рис. 5. Зависимость усилия вырыва от плотности бетона

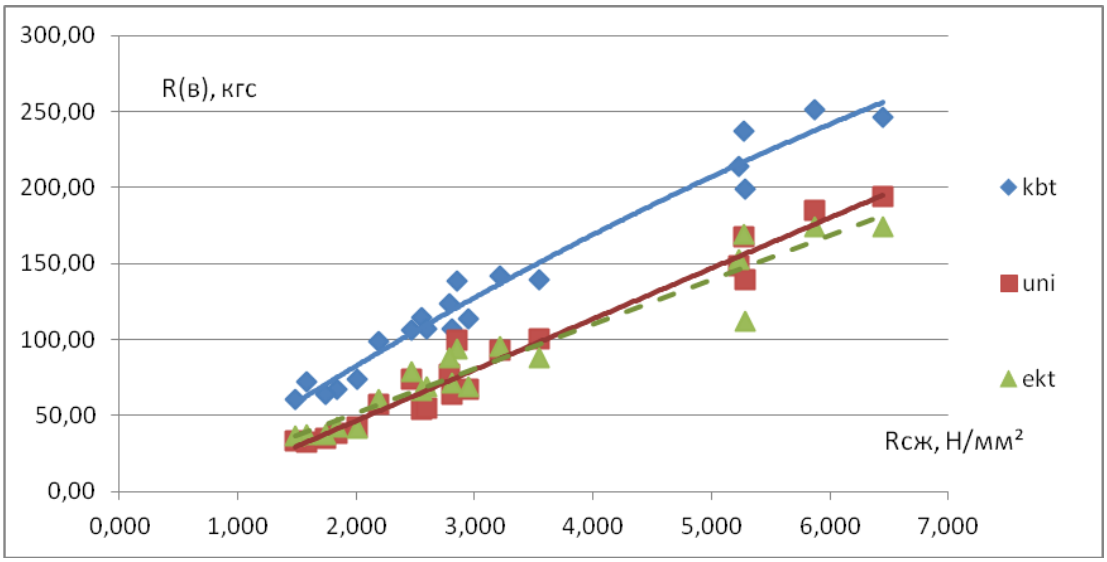


Рис. 6. Зависимость усилия вырыва от прочности бетона

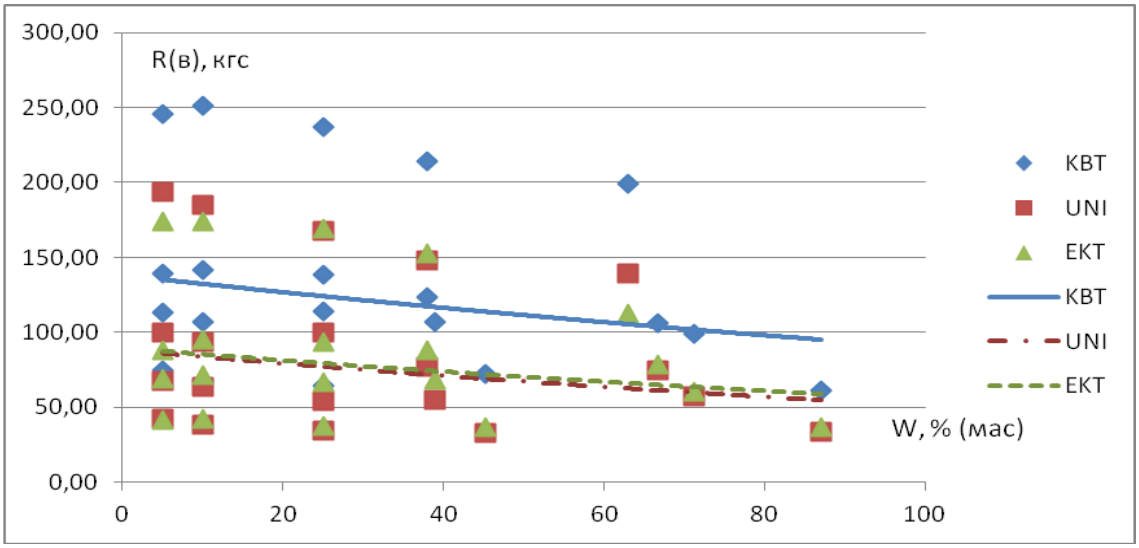


Рис. 7. Зависимость усилия вырыва от влажности бетона

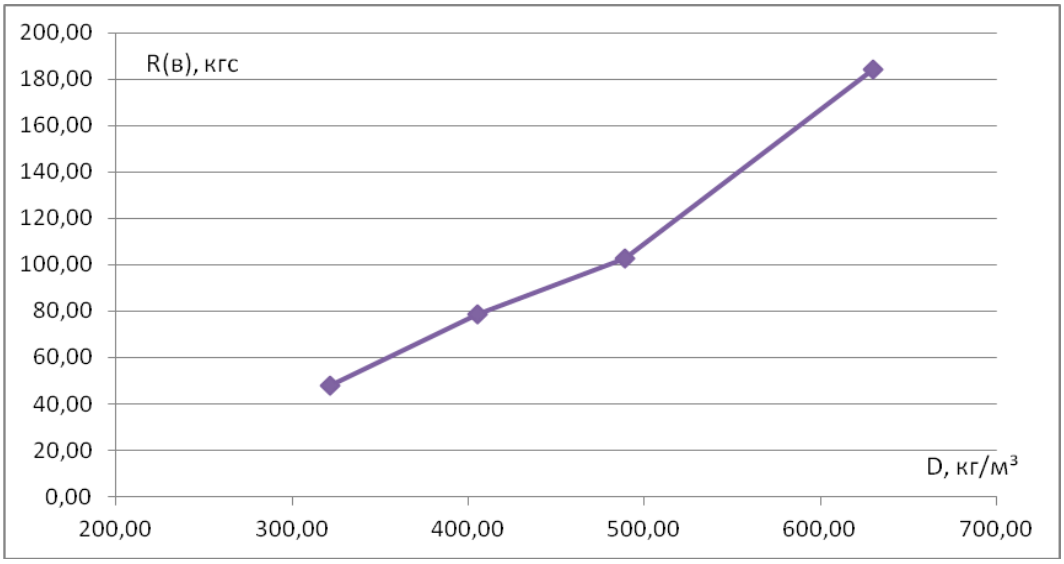


Рис. 8. Средняя для всех испытанных анкеров несущая способность в зависимости от плотности

Выводы

1. Снижение плотности ячеистого бетона не приводит к скачкообразному уменьшению сопротивления вырыву анкеров. Зависимость прочности анкерных креплений от плотности экспоненциальная близкая к линейной.
2. Увеличение влажности от эксплуатационных 5% до водонасыщенного состояния ведет к гиперболическому снижению прочности анкерного крепежа на 15–30%, что может считаться учтенным существующими расчетными коэффициентами запаса.
3. Зависимость несущей способности анкеров от прочности без учета плотности не выявлена. Рост прочности, сопровождающийся увеличением плотности, логарифмический близкий к линейному.
4. Для введения конструктивных ограничений к плотности стенового материала, являющегося основанием для механического крепежа, нет оснований. Фактическая несущая способность анкеров может быть определена испытаниями.
5. Изменения несущей способности анкеров под действием увлажнения могут быть спрогнозированы и учтены.

ЛИТЕРАТУРА

1. СТО 501-52-01-2007 Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в Российской Федерации. Часть II. Ассоциация Строителей России. М.: 2007. 56 с.
2. Немова Д.В. Навесные вентилируемые фасады: обзор основных проблем // Инженерно-строительный журнал. 2010. №5(15). С. 7-11).
3. Цыкановский Е. Ю., Гагарин В. Г., Грановский А. В., Павлова М. О. Проблемы при проектировании и строительстве вентилируемых фасадов [Электронный ресурс]. URL: http://makonstroy.ru/forum/?p=2088\ (дата обращения: 26.04.2013).
4. ТР 161-05 Технические рекомендации по проектированию, монтажу и эксплуатации навесных фасадных систем. ГУП Центр «Энлаком». М.: 2005.
5. Технический отчет по теме: «Прочностные испытания различных типов анкерных креплений в газобетонные блоки YTONG, изготовленные ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр», с учетом их влажности». ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко, Москва. 2009. 83 с.
6. EN 772-1:2000 Methods of test for masonry units - Part 1: Determination of compressive strength (Методы испытаний изделий для каменной кладки. Часть 1. Определение прочности при сжатии)
7. ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: 2001

ОПЫТ ПОЛУЧЕНИЯ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА ПОВЫШЕННОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

А.Д. КУРЗАНОВ; В.А. ХАРИТОНОВ, проф., д-р. техн. наук; В.А. ГОЛУБЕВ, канд. техн. наук,
ФГБОУ ВПО «ПНИПУ»
г. Пермь

В условиях современного строительства широкое распространение получил автоклавный газобетон (АГБ, газосиликат). Этому способствует, во-первых, доступность сырьевых материалов (известняковые породы, пески).

Во-вторых, технология производства газобетона позволяет получать материал различных марок по средней плотности, что предопределяет его разнообразное функциональное назначение.

В качестве материала для ограждающих конструкций ячеистый бетон автоклавного твердения начал применяться в середине прошлого столетия. Сейчас, на основании многолетней практики эксплуатации сооружений из газобетона, можно утверждать о недостаточной стойкости материала к воздействию атмосферных агрессивных факторов, к которым, в первую очередь, следует отнести влагу, отрицательные температуры, углекислый газ [1]. В конструкциях, работающих под влиянием этих факторов, развиваются различные дефекты, а сам материал характеризуется снижением прочности, изменением фазового состава минералов, повышенной усадкой.

Повышение стойкости газобетона к агрессивным атмосферным воздействиям в эпоху широкого распространения материала в строительстве имеет важное научное и практическое значение для обеспечения высоких параметров надежности и долговечности конструкций зданий и сооружений.

В настоящее время практика повышения физико-механических параметров тяжелых бетонов и цементно-песчаных растворов путем введения химических модификаторов получила широкое распространение [2]. Более того, технология производства автоклавного газобетона также предусматривает применение добавок, например гипсового камня ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) [3].

Основной гипотезой исследования является предположение о возможности повышения долговечности автоклавного газобетона путем введения в состав смеси добавок различного функционального назначения. Введение добавок позволит управлять структурой материала, а изменение структуры, в свою очередь, может повлечь за собой повышение стойкости материала в агрессивных средах.

Первый этап исследования – подбор оптимального состава газобетона. Согласно инструкции по изготовлению изделий из ячеистого бетона (ЯБ) расчет состава сырьевой смеси осуществляется на основании двух предварительно выбранных соотношений: С – отношение между кремнеземистым компонентом и смешанным известково-цементным вяжущим, n – доля цемента в вяжущем [4].

Изменение этих соотношений производилось по плану двухфакторного трехуровнего эксперимента (табл. 1).

Таблица 1

План первого эксперимента

№ состава	1	2	3	4	5	6	7	8	9
С	2,0	2,5	3,0	2,0	2,5	3,0	2,0	2,5	3,0
n	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5

В итоге были получены девять серий образцов газобетона со свойствами, отличными друг от друга.

Критерием отбора оптимального состава служили следующие показатели: предел прочности при сжатии, водопоглощение, коэффициент размягчения (отношение пределов

прочности при сжатии в водонасыщенном и сухом состоянии), характер пористости материала, теплопроводность.

Необходимо отметить, что в исследование на данном этапе не входила задача выявления зависимости свойств газобетона от свойств сырьевых материалов.

Применявшиеся материалы имели стабильное качество, параметры которых представлены в таблице 2.

Таблица 2

Свойства сырьевых материалов

Материал	Карьер/ Производитель	Дисперсность, $см^3/г$	Прочие показатели
Известь	Всеволодо-вильвенское	5300-5700	Активность 55-60 %
Цемент	Горнозаводск-цемент	2800-2900	ПЦ 400 Д0
Песок	Пролетарское месторождение, г. Пермь	2800-3000	Содержание SiO_2 ~ 87%

Методики испытаний образцов указаны в соответствующих ГОСТах [5], размеры образцов принимались следующие: определение предела прочности при сжатии – кубы 100*100*100 мм, предела прочности при изгибе – балочки 160*40*40 мм, теплопроводности – плиточки 100*100*25 мм. Характер пористости определялся расчетным путем по показателям водопоглощения. Результаты испытаний представлены в табл.3.

Комплексный анализ результатов эксперимента, в том числе при помощи программного комплекса STATISTICA, позволил выделить состав 8, как максимально удовлетворяющий вышеуказанным критериям: наибольшая прочность при сжатии (с учетом высокой плотности), относительно высокое значение коэффициента размягчения, большое количество закрытых пор.

Таблица 3

Результаты испытаний

Показатель	Размер-ность	1	2	3	4	5	6	7	8	9
средняя плотность	$кг/м^3$	513	529	580	522	485	484	509	559	540
предел прочности при сжатии	МПа	2,1	2,8	2,5	2,5	2,4	2,6	2,4	3,5	2,3
предел прочности при изгибе	$кгс/см^2$	16,6	13,5	9,2	9,0	9,2	8,9	7,8	12,0	8,9
коэффициент размягчения		0,76	0,6	0,59	0,74	0,74	0,61	0,65	0,73	0,74
теплопро-водность	Вт/м·°С	0,129	0,134	0,138	0,129	0,13	0,123	0,146	0,133	0,126
общая пористость	%	79	80	79	78	82	81	77	77	79
закрытая пористость	%	38	33	36	30	41	39	37	45	43

На рис. 1 представлены сравнительные диаграммы свойств различных составов газобетона, а на рис. 2 – характер пористости материала.

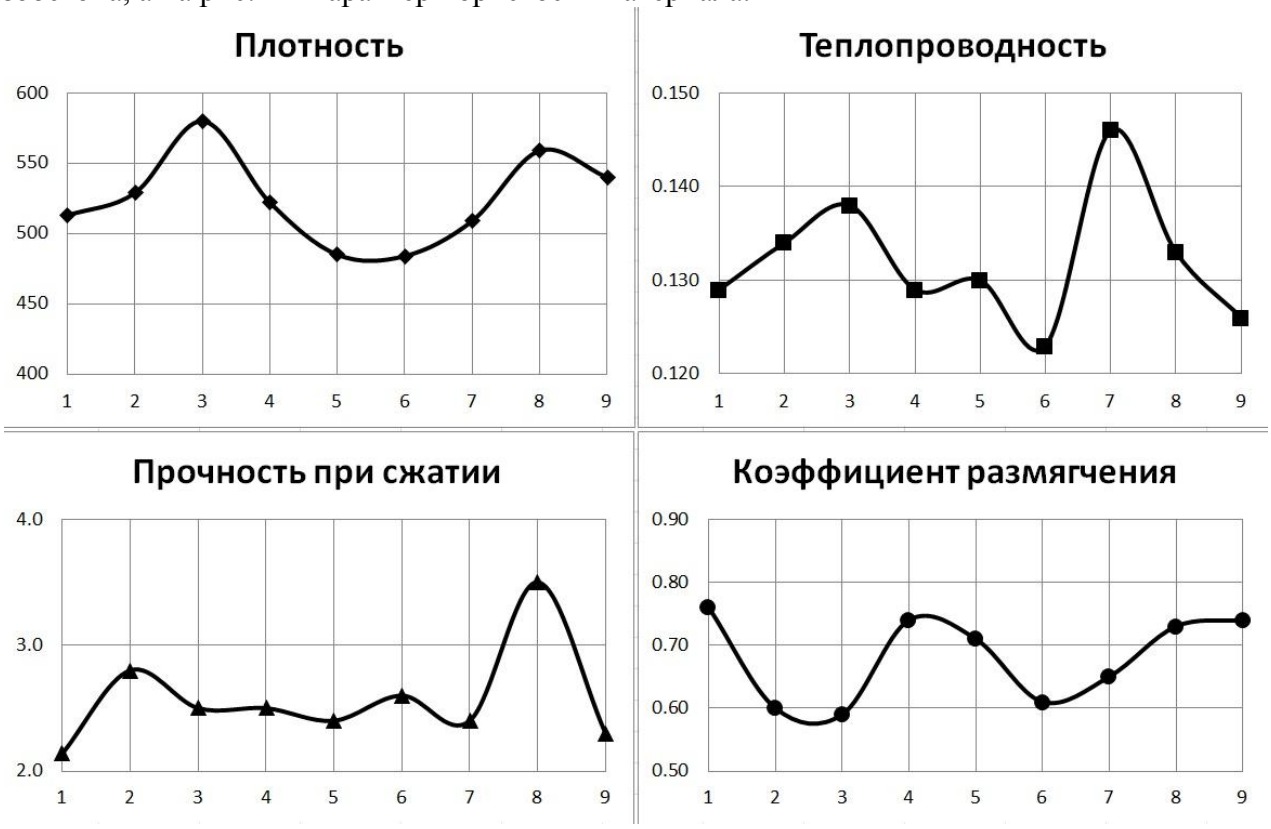


Рис. 1. Параметры газобетона

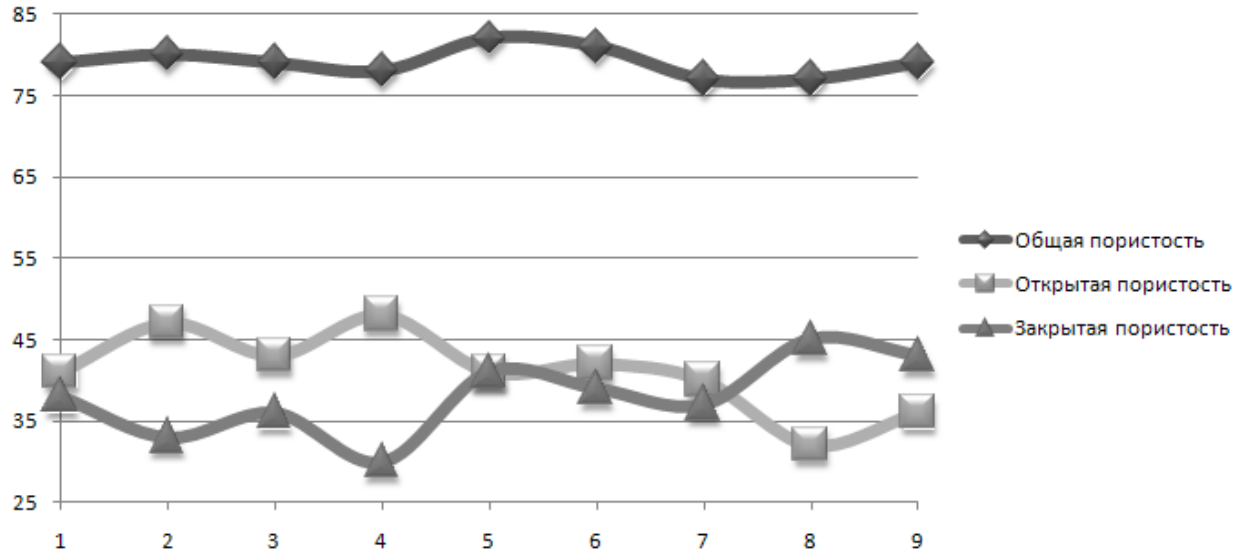


Рис. 2. Характер пористости материала

Второй этап исследования – экспериментальное установление возможности повышения эксплуатационных параметров газобетона введением добавок.

Для апробации были выбраны добавки различного функционального назначения:

1. Гидрофобизаторы ГКЖ-10 (этилсиликонат натрия) и ГКЖ-94 (полиэтилгидросилоксан) успешно применяются для придания водоотталкивающих свойств поверхностям минеральных стеновых материалов. Предполагалось, что введение ГКЖ в состав газобетона позволит модифицировать структуру по всему объему. Стоит отметить, что ранее уже проводились опыты по введению этих гидрофобизаторов в ячеистый бетон; однако их эффективность оказалась отрицательной: прочность образцов с добавкой уступала прочности контрольных образцов [6].

2. ПЕНЕТРОН АДМИКС. Сухая строительная смесь, основной эффект которой достигается за счет специального компонента, уплотняет структуру бетона, повышая водонепроницаемость и стойкость к воздействию агрессивных факторов.

3. Смола нейтрализованная воздухововлекающая (СНВ) получила широкое распространение в технологии тяжелого бетона с целью повышения его морозостойкости за счет создания закрытой резервной пористости. Ожидаемый эффект от применения СНВ в составе АГБ – увеличение доли закрытой пористости по сравнению с открытой.

4. Поликарбоксилатный гиперпластификатор. Уменьшение В/Т при одинаковой текучести газобетонной смеси за счет пластифицирующего эффекта, по аналогии с бетоном, должно создавать предпосылки для получения более плотной структуры межпоровых перегородок.

Расход добавок на кубометр газобетона принимался по литературным данным с вариацией на трех уровнях. Общая методика эксперимента соответствует методике, принятой на первом этапе исследования.

Эксперимент по изучению влияния добавок на свойства газобетона на текущий момент не закончен. К моменту написания статьи получены лишь первоначальные результаты по отдельным добавкам, они представлены в табл. 4.

Таблица 4

Результаты испытаний газобетона с добавкой

Показатель	Размер-ность	Добавка									10
		ГКЖ 94			Пенетрон Адмикс			ГКЖ 10			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Расход добавки	%	0,5	0,75	1,0	0,6	1,0	1,4	1,2	1,6	2,0	-
		от массы смешанного вяжущего						от массы воды			
средняя плотность	кг/м^3	540	590	670	617	748	649	661	576	660	592
предел прочности при сжатии	МПа	2,9	2,7	3,2	4,0	4,9	4,0	5,8	4,2	5,5	3,6
предел прочности при изгибе	кгс/см^2	15,2	8,4	9,0	9,1	16,4	15,8	7,8	12,5	15,8	12,1
коэф-т размяг-я		0,44	0,63	0,58	0,71	0,82	0,8	0,38	0,54	0,61	0,68
теплопро-водность	Вт/м°С	0,152	0,144	0,153	0,148	0,163	0,162	0,158	0,131	0,153	0,138
общая пористость	%	79	77	74	76	71	75	75	77	74	77
закрытая пористость	%	31	21	21	34	23	31	30	36	26	38

Тем не менее уже сейчас можно сделать предварительные выводы. Как и предполагалось, кремнийорганические гидрофобизаторы не только не повысили, но и заметно снизили параметры газосиликата. Возможно, причиной этому послужило нарушение процессов синтеза низкоосновных гидросиликатов кальция при автоклавировании; ГКЖ, обволакивая частицы извести и цемента, понизила степень их растворимости, как следствие, привела к неполному протеканию реакции гидратации.

Введение в смесь пенетрона, наоборот, дало положительный эффект: существенно увеличилась водостойкость материала. Сравнение прочности образцов с добавкой пенетрона и контрольных составов весьма затруднительно из-за сильного разброса показателей средней плотности. Этот разброс обусловлен различием методики приготовления газобетонной смеси, также не исключаются колебания свойств исходного сырья.

Отдельного внимания заслуживает анализ пористости материала с добавкой пенетрона в сравнении с газобетоном контрольного состава рис. 3. Нерешенным пока остается вопрос о

низком соотношении закрытых и открытых пор, что особенно заметно у состава 5. В конечном итоге это может отрицательно сказаться на морозостойкости материала.

В настоящее время продолжается эксперимент по сравнению выбранных модификаторов. Конечной целью второго этапа является выбор добавки, технический эффект от применения которой будет очевиден.

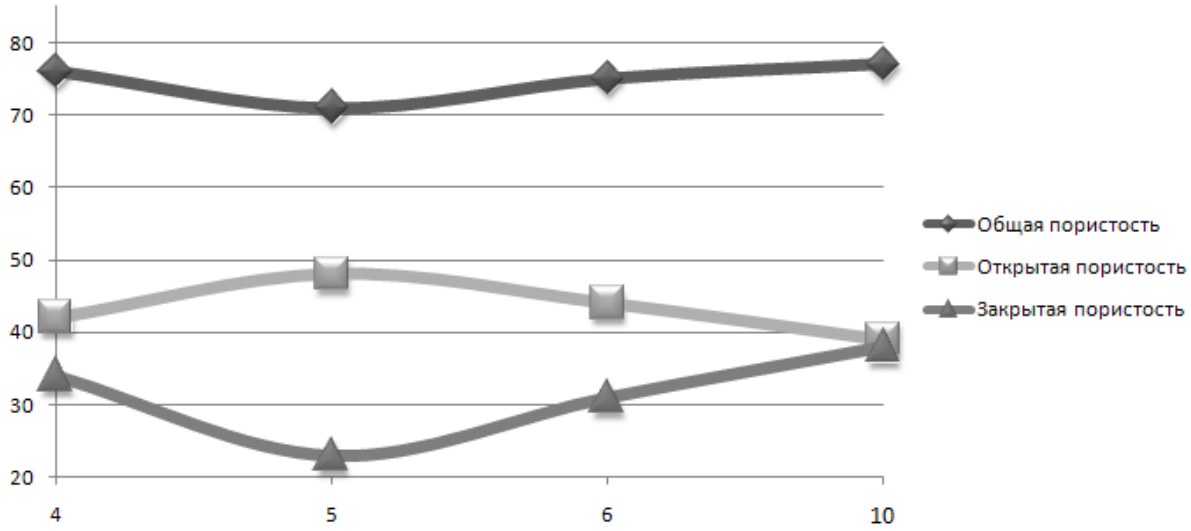


Рис. 3. Сравнение пористости газобетона (номера составов приняты по табл. 4)

Третий этап исследования – оптимизация состава газобетона с добавкой, комплексное изучение показателей модифицированного материала.

В задачи третьего этапа входит следующий комплекс работ:

1. Выявление влияния добавки на кинетику образования гидросиликатов кальция и других по составу цементирующих новообразований.

2. Комплексное изучение свойств модифицированного газобетона, особое внимание необходимо уделить следующим показателям: влажностная и карбонизационная усадка, морозостойкость, стойкость к воздействию агрессивных сред.

3. Оптимизация состава газобетона с добавкой с учетом возможного колебания качества сырьевых компонентов.

4. Промышленная апробация, корректировка состава с учетом различных технологических факторов (принятая схема производства, режим гидротермальной обработки сырца).

В заключение необходимо отметить, что настоящее исследование имеет высокую научную и практическую значимость: использование газобетона с улучшенными характеристиками позволит расширить области его применения, а также повысить срок службы материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Силаенков Е.С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. М.: Стройиздат, 1986. – 176 с.
2. Проблемы прочности и долговечности бетона и железобетона: материалы научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения профессора Полака Алексея Филипповича. – Уфа: УГНТУ, БашНИИстрой, 2011. – 302 с.
3. Применение изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения: сборник докладов IV науч.-практ. семинара. Екатеринбург, 5 декабря 2012 г. / Под общей редакцией Ф.Л. Капустина. – Екатеринбург: УрФУ, 2012. – 107 с.
4. СН 277-80 Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона. М.: Госстрой СССР, 1980
5. ГОСТ 31359-2007 Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия. МНТКС, 2008
6. Бутт Ю.М., Куатбаев К.К. Долговечность автоклавных силикатных бетонов. – М.: Стройиздат, 1966. – 215 с.

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

С.В. ЛЕОНТЬЕВ; В.А. ГОЛУБЕВ, канд. техн. наук; В.А. ХАРИТОНОВ, д-р. техн. наук; К.А. САРАЙКИНА, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ)
г. Пермь

В последнее время четко прослеживается тенденция роста стоимости теплоносителя и электроэнергии, будь-то газ, горячая вода или любой другой энергоноситель [1]. В связи с этим энерго- и ресурсосбережение является приоритетным направлением современной политики в области строительных материалов и изделий. Говоря об энергосбережении, нельзя не отметить возрастающие требования к теплозащите ограждающих конструкций и повышению комфортного микроклимата зданий и сооружений. Таким образом, очевидна необходимость использования более эффективных теплоизоляционных материалов.

Помимо теплоизолирующей способности, растут требования и к безопасности строительных материалов для жизни и здоровья человека: современные теплоизоляционные материалы должны быть пожаробезопасными, не выделять вредных веществ как при производстве, так и при эксплуатации. Наиболее полно данным требованиям отвечают материалы и изделия на основе неорганического сырья, поэтому их применение представляется весьма перспективным.

Анализ характеристик существующих теплоизоляционных материалов показывает, что наиболее оптимальным было бы сочетание в одном материале ячеистой структуры в виде закрытых пор, присущей пенопластам, и экологичности и паропроницаемости, свойственной материалам на основе газосиликата.

Примером материала, структура и свойства которого представляются весьма эффективными в плане теплозащиты ограждающих конструкций зданий и сооружений, является теплоизоляционный материал из автоклавного ячеистого бетона – особо легкий, пористый силикатный продукт. Однако, ввиду того, что автоклавный газобетон в большей степени используется как конструкционно-теплоизоляционный материал, по своим теплотехническим характеристикам (средняя плотность около 500 кг/м^3, и теплопроводность - 0,12 Вт/мК [2]) он уступает другим теплоизоляционным материалам, представленным на современном рынке.

В связи с этим появляется потребность создания теплоизоляционного материала на основе ячеистого газобетона, обладающего оптимальными теплофизическими свойствами. В свою очередь повышение эффективности данного вида бетона состоит прежде всего в предельно возможном уменьшении его средней плотности с одновременным обеспечением требуемого уровня прочностных показателей, необходимого для изготовления изделий в виде блоков и плит заданных размеров. При этом стоит обратить внимание на такие решения, которые позволили бы, во-первых, приблизить теплотехнические характеристики газосиликата к показателям полимерных теплоизоляционных материалов, а, во-вторых, обеспечить одновременно с этим и реализацию преимуществ, заложенных в неорганической основе твердой фазы ячеистых бетонов. Эти преимущества состоят в территориальной и экономической доступности исходного сырья, в возможности использования данного материала при более высокой температуре (если для органических материалов максимальная температура применения составляет всего 60 – 180 °С, то для неорганических – не ниже 400 °С), и что не менее важно, в экологической безопасности материалов на неорганической основе [3].

Был проведен ряд экспериментов с целью снижения плотности газосиликата, а также произведен анализ свойств и теплотехнических характеристик полученного материала. В качестве сырьевых компонентов для изготовления опытных образцов был использован горнозаводский высокомарочный цемент с началом схватывания 2 ч, комовая известь со временем гашения 2-3 минуты (удельная поверхность известкового вяжущего $S_{уд}$ = 5500-

6000 см^2/г), песок Пролетарского месторождения (г. Пермь) с удельной поверхностью $S_{уд}$ = 2500-3000 см^2/г. В качестве газообразователя применялась алюминиевая пудра ПАП-1.

Для того чтобы обеспечить постепенное вспучивание массива и получить равномерную структуру газобетона, составы формовались при водотвердом отношении В/Т = 0,6. Начальная температура смеси устанавливалась в пределах 38-42 ^{o}С в зависимости от температуры гашения извести. Регулирование начальной температуры смеси производилось изменением температуры воды затворения (табл. 1).

Таблица 1

Соотношение температуры воды затворения и температуры гашения извести

Температура гашения извести, ^{o}С	Температура воды, ^{o}С
50-65	75-85
70-80	50-65

Полученная газобетонная смесь заливалась в формы-спутники размером 400×400×400 мм. Автоклавную обработку заформованных массивов осуществляли по следующему режиму: подъем давления до 0,8 МПа за 3-4 ч, выдержка при давлении 0,8 МПа в течение 7-8 ч и спуск давления - 2-3 ч. Общий цикл запаривания составлял 14-15 ч.

Составы и технологические свойства смесей при формировании газобетона со средними плотностями 250, 300, 400, 500 кг/м^3 приведены в табл.2 и 3.

Таблица 2

Составы и технологические свойства смесей

Плотность газобетона, кг/м^3	$T_н$, ^{o}С	$T_в$, ^{o}С	$T_к$, ^{o}С	Растекаемость по Суттарду, см	Время роста массива, мин
250	38	57	90	38	2,0
300	39	56	94	34	2,7
400	40	60	95	35	2,5
500	40	60	91	32	3,0

При исследовании технологических параметров сырьевой смеси регистрировали начальную температуру смеси ($T_н$), температуру начала роста массива ($T_в$), конечную температуру разогрева массива (за которую принимается максимальная температура разогрева смеси) ($T_к$), растекаемость смеси по прибору Суттарда, время роста массива. Начальная температура сырьевой смеси после ее перемешивания и разлива в формы составляла 38-40 ^{o}С, рост (вспучивание) массивов начинался при температуре 56-60 ^{o}С, конечная температура массива достигала 90-95 ^{o}С. Растекаемость смеси варьировалась от 32 до 38 см. Время роста ячеисто-бетонного сырца составляло 2-3 минуты.

Исследования физико-механических и теплотехнических свойств полученных образцов из газосиликата проводились по стандартным методикам [4], их результаты представлены в табл.3.

Таблица 3

Физико-механические и теплотехнические свойства газобетона

Параметр	Размерность	Шифр массива											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Средняя плотность	кг/м^3	237	235	240	297	289	288	393	382	390	490	498	497
Предел прочности при сжатии	МПа	0,45	0,42	0,51	0,75	0,81	0,83	1,51	1,64	1,72	2,55	2,69	2,57
Предел прочности при изгибе	МПа	0,47	0,58	0,45	0,71	0,62	0,65	1,11	1,20	0,94	1,45	1,33	1,75
Прочность на сжатие в водонасыщенном состоянии	МПа	0,39	0,37	0,28	0,55	0,52	0,60	1,0	1,10	0,90	2,37	1,48	2,20
Коэффициент размягчения		0,87	0,88	0,55	0,73	0,64	0,72	0,66	0,67	0,52	0,93	0,55	0,86
Теплопроводность	Вт/(м·°С)	0,061	0,059	0,062	0,07	0,063	0,065	0,095	0,091	0,094	0,115	0,119	0,120
Пористость	%	88,8	90,1	91,2	84,3	85,7	85,9	82,7	83,7	81,6	79,3	81,0	77,7
Открытая пористость	%	53,0	40,1	45,6	49,9	51,5	48,5	46,7	41,7	49,9	37,3	43,8	37,5
Закрытая пористость	%	35,8	50,0	45,6	34,7	34,2	37,4	36,0	42,0	31,7	42,0	37,2	40,2

В результате эксперимента был получен теплоизоляционный автоклавный газобетон с плотностью 250 кг/м^3, однако, при анализе приведенных данных становится очевидной необходимость улучшения структуры и свойств газосиликата. В частности, следует увеличить прочностные характеристики материала, снизить показатели теплопроводности, а также обеспечить равномерность распределения пор.

Реализация вышеперечисленных задач возможна с помощью введения в сырьевую смесь различного рода добавок, благодаря которым станет реальным как увеличение прочностных показателей автоклавного ячеистого бетона пониженной плотности, так и улучшение качества пористой структуры материала.

Так, эффективным технологическим приемом для повышения физико-механических характеристик является дисперсное армирование силикатного камня волокнистыми добавками [5]. Армирование позволяет влиять на характер напряженного состояния матрицы ячеистого бетона при приложении нагрузок, а за счет перераспределения напряжений - тормозить процессы развития трещин и разрушения материала.

Кроме того, в последнее время все большее внимание уделяется микро-, ультра- и нанодисперсному армированию и влиянию армирующих компонентов (добавок) на различные физико-химические процессы и конечные свойства ячеистого бетона. В научной литературе появляется все больше работ, направленных на изучение факторов, связанных с тонкодисперсионным состоянием вещества, воздействие которых рассматривается на наноуровне [6]. К примеру, использование углеродных нанотрубок изменяет фазовый состав новообразований, их морфологию, за счет чего оптимизируется строение связывающего соединения. Структура полученного газобетона отличается от традиционного практически непрерывной равномерной пористостью, качественным составом новообразований. Это приводит к увеличению прочности сырца и готовых изделий, повышению морозостойкости и уменьшению усадки, что соответственно увеличивает долговечность силикатных материалов.

В результате анализа научных публикаций были определены виды и содержание добавок, введение в сырьевую смесь которых позволит оптимизировать структуру и прочностные характеристики разрабатываемого теплоизоляционного газобетона. Так, целью

дальнейшего исследования стало изучение влияния таких добавок, как базальтовая фибра и углеродные многослойные нанотрубки (Master batch CW2-45), на конечные физико-механические характеристики газосиликата. Для этого был проведен трехфакторный эксперимент. В качестве варьируемых факторов приняты: содержание базальтовой фибры, количество нанотрубок и расход алюминиевой пудры. Исследуемые факторы и интервалы их варьирования представлены в табл. 4.

Таблица 4

Исследуемые факторы и интервалы их варьирования

Код	Значение кода	Исследуемые факторы		
		X1 – количество алюминиевой пудры, г	X2 – количество углеродных нанотрубок, % от вяжущего (г)	X3 – количество базальтовой фибры, % от вяжущего (г)
Интервал варьирования	ΔX	2,274	0,002 (0,225)	0,2 (22,56)
Нижний уровень	-1	43,411	0,001 (0,113)	0,1 (11,28)
Основной уровень	0	45,685	0,003 (0,338)	0,3 (33,84)
Верхний уровень	+1	47,959	0,005 (0,564)	0,5 (56,4)

В результате проведенного эксперимента было выявлено, что прочность образцов содержащих добавки нанотрубок и базальтовой фибры, выше, чем прочность образцов, без введения данных составляющих (рис.1).

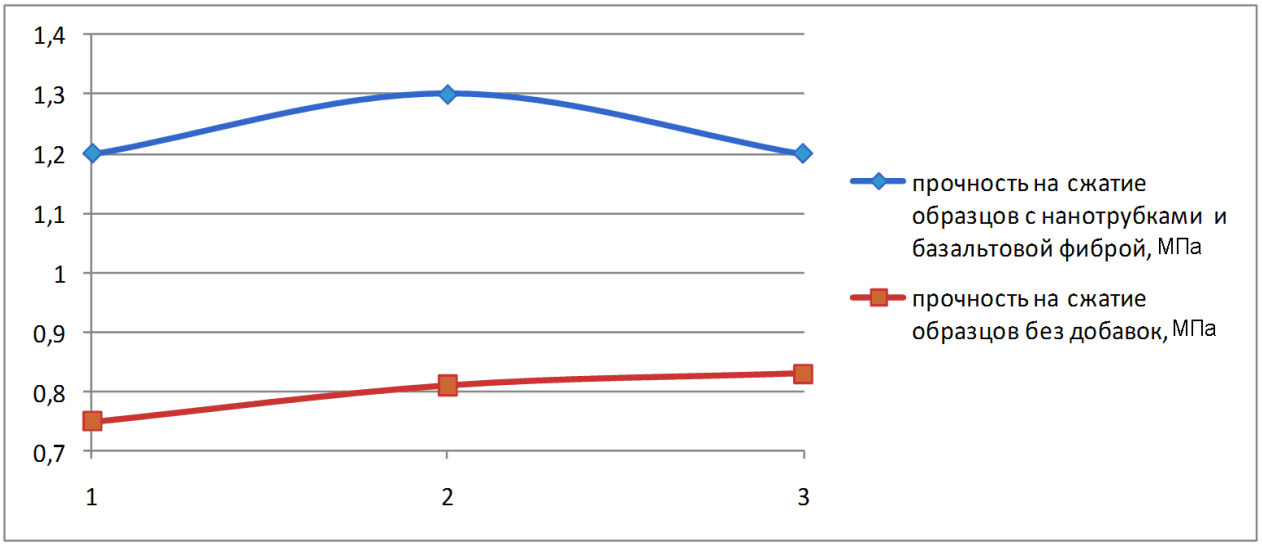


Рис. 1. Прочность газобетона плотностью 300 кг/м^3 с добавкой нанотрубок и базальтовой фибры и без них

Так же характерной особенностью является то, что при наибольшем содержании фибры и нанотрубок в составе опытных образцов последние имеют наибольшую прочность. Данная зависимость отображена на рис. 2.

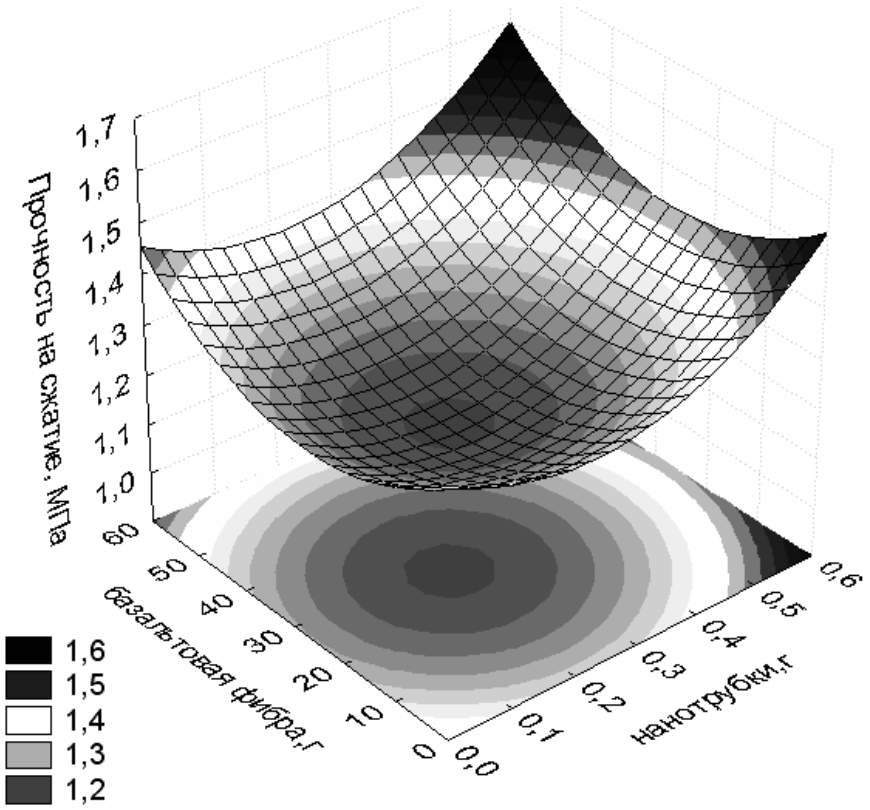


Рис. 2. Поверхность функции откликов прочности

Обратный эффект наблюдается при анализе поверхности функции отклика плотности. В этом случае плотность газобетона возрастает при увеличении количества добавок. Однако, предположительно, плотность можно снизить путем введения большего количества алюминиевой пудры (рис. 3).

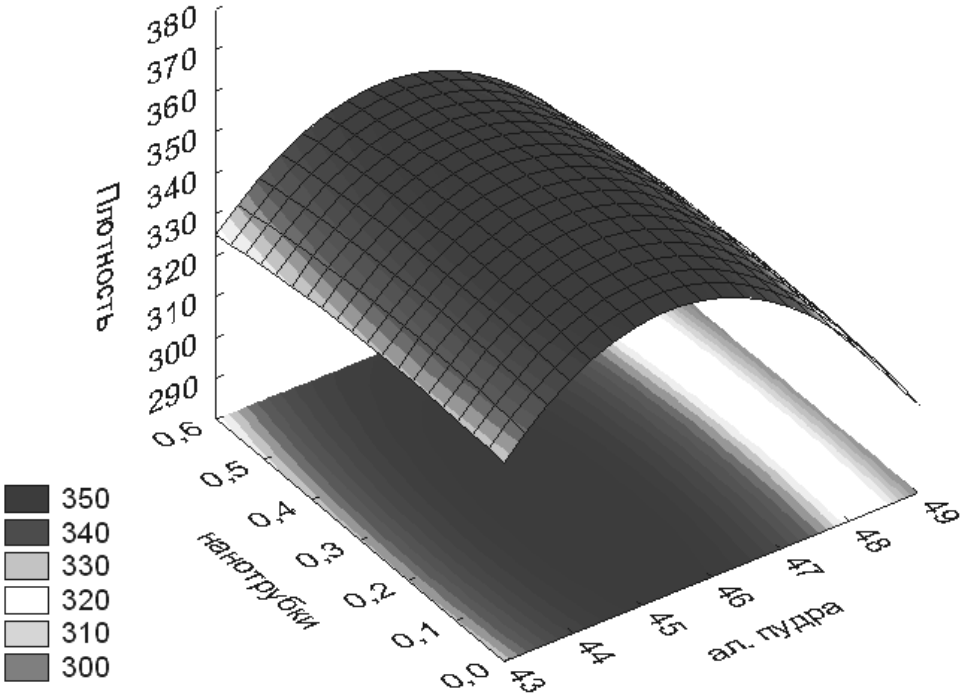


Рис. 3. Поверхность функции откликов плотности

Результаты исследований показывают, что закрытая пористость образцов с добавками выше, чем эталонных. Кроме того, при рассмотрении образцов под микроскопом (десятикратное увеличение) наблюдается различие в структуре пор и межпоровых перегородок. Так, в модифицированных образцах четко видны включения базальтовой фибры, которые способствуют повышению прочностных характеристик материала (рис. 4).

Рис. 4. Изображение волокна базальтовой фибры в структуре газобетона

Таким образом, в результате проведенных исследований получен теплоизоляционный автоклавный газобетон плотностью 250 кг/м^3, по своим физико-механическим и теплотехническим характеристикам отвечающий требованиям ГОСТ 31359. Также подтверждены существующие предположения и результаты работ о перспективности применения модифицирующих добавок углеродных наноструктур для повышения механических свойств ячеистых бетонов. Установлено, что основными факторами, способствующими улучшению механических свойств, являются: изменение структуры стенок пор за счет дисперсного упрочнения. В дальнейших исследованиях предполагается вести работу над понижением плотности и увеличением прочностных характеристик автоклавного газобетона.

ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт федеральной службы государственной статистики: http://www.gks.ru/
2. ГОСТ 31359-2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия». МНТКС, 2008.
3. Чернышов Е.М. «Высокопоризованные ячеистые бетоны для эффективных теплоизоляционных плит» // Вестник ТГАСУ. 2007. №1. С.34-40.
4. ГОСТ 12852.0-77 «Бетон ячеистый. Общие требования к методам испытаний» М.: Госстрой СССР, 1987
5. Богданова Н.П., Белов И.А. Ячеистый бетон пониженной плотности для изоляции строительного и технического назначения // Строительные материалы 2010. №3. С.63-66.
6. Ваганов В.Е., Захаров В.Д. Структура и свойства ячеистого газобетона, модифицированного углеродными наноструктурами // Строительные материалы. 2010. №9. С.59-61.

ГАЗОБЕТОН АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ С ПОВЫШЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ КОНСТРУКТИВНОГО КАЧЕСТВА

Д.Г. РУДЧЕНКО, ООО «Аэрок»
Украина

Учитывая то, что автоклавный газобетон является конструкционно-теплоизоляционным материалом, в современной научной деятельности и производственной практике его изготовления прослеживается стратегическая задача - повышение коэффициента конструктивного качества (ККК) материала, и она сводится к повышению прочностных характеристик при одновременном снижении его плотности.

Коэффициент конструктивного качества (удельная прочность) материала представляет собой отношение прочности к плотности. Для определения ККК материалов ячеистой структуры используют формулу [1].

$$ККК = R_{ст}/d^2,$$

где $R_{ст}$ - прочность при сжатии, МПа; d - плотность материала, (т/м^3).

Следует заметить, что в бывшем СССР в 80-е годы XX века производилось примерно 6,3 млн. м^3 ячеистых бетонов в год с довольно низким ККК: теплоизоляционный газобетон со средней плотностью 400 кг/м^3 имел прочность при сжатии 11 кгс/см^2; стеновые камни и блоки - соответственно плотность 668 кг/м^3 и прочность при сжатии 51 кгс/см^2, армированные изделия имели среднюю плотность 710 кг/м^3 и прочность при сжатии 56 кгс/см^2 [2].

До последнего времени продолжается бескомпромиссный спор приверженцев ударной технологии формования без применения сульфатсодержащих добавок и литьевой технологии с введением данных добавок в процессе производства автоклавного газобетона, преследующих цель - повышение его ККК.

Литьевая и ударная технология производства автоклавного газобетона

Харьковский ЗЖБК-3 стал одним из первых предприятий в стране и первым в Украине, на котором была внедрена комплексная вибротехнология изготовления стеновых панелей из ячеистого бетона. Впервые в производственной практике была применена продольно-горизонтальная вибрация форм при вспучивании массы. В качестве источника вибрации использованы электромагнитные вибраторы мощностью 4 или 8 кВт, применяемые в горнорудной промышленности для транспортирования горной породы по вибролоткам и обеспечивающие возможность плавного регулирования амплитуды колебаний от 0 до 1,8 мм. В результате внедрения вибрационной технологии была решена задача широкого изготовления стеновых панелей для промышленного, жилищного и культурно-бытового строительства [3].

В Республике Беларусь (РБ) с 1978 года используется ударная технология производства ячеистого бетона, в которой применяются смеси с более низким количеством воды затворения. Ударная технология обеспечивает тиксотропное разжижение высоковязких смесей с помощью ударных воздействий, энергию и частоту которых назначают в зависимости от реологических свойств смеси [4].

Ударная технология на данный момент массово используется только в Белоруссии. Все западные предприятия, новые заводы в Украине часть новых заводов в России используют на сегодняшний день литьевую технологию формования газобетонной смеси с применением в качестве дополнительного компонента - добавку гипса в том или ином виде.

О роли гипсовой добавки в автоклавном газобетоне

Следует заметить, что ситуация с использованием гипса в составе газобетона в бывшем СССР выглядит трудно объяснимой и несколько противоречивой. Согласно СН 277-80 [5] предусматривается использование гипсовой добавки в качестве регулятора структурообразования. В табл. 1 приведены данные НИИЖБ об использования добавки гипса в бывшем СССР при производстве ячеистого бетона автоклавного твердения на 10 заводах

польской поставки проектной мощностью около 200 тыс. $м^3$ в год, составляющих основную производственную мощность отрасли страны того времени.

Таблица 1

Расход компонентов вяжущего на производство 1 $м^3$ ячеистых бетонов плотностью 600-700 $кг/м^3$ [6]*

№	Месторасположение предприятия	Содержание сырья, $кг/м^3$		
		гипс	известь	цемент
1	Ленинград (Автово)	-	7	276
2	Московская обл. (Ступино)	14	116	-
3	Ижевск	-	118	127
4	Набережные Челны	-	22	288
5	Пенза	-	35	320
6	Новосибирск	3	148	137
7	Барнаул	-	60	280
8	Павлодар	-	36	307
9	Темир-Тау	-	54	318
10	Ворошиловград	-	178	81

*Примечание: название заводов сохранено согласно авторскому названию.

Как видно из табл. 1, СН 277-80 сыграл «злую шутку» - на 10 наиболее крупных заводах гипсовые добавки не использовались. Исключение составил завод в Ступино, где вместо песка использовалась зола, а также известь. На других предприятиях отрасли только на заводе в Нижнем Тагиле, который работал на доменном шлаке и извести, использовался гипс (290 кг доменного шлака, 99 кг извести и 33 кг гипса). Таким образом, вопреки СН 277-80, добавка гипса использовалась в качестве замедлителя гидратации извести только на одном предприятии отрасли.

Следует заметить, что еще в начале 60-х годов XX века, когда в стране зарождалась массовое производство автоклавного газобетона, ряд отечественных исследователей [7-10] убедительно показывали положительное влияние гипсовых добавок на взаимодействие CaO и SiO_2 в процессе автоклавной обработки. Только после распада СССР и поставок новых современных заводов от европейских производителей газобетона в независимых постсоветских странах «по-новому» рассматривается вопрос использования гипсовых добавок. В табл. 2 и табл. 3 приведены виды технологий ведущих производителей газобетона РБ, РФ и Украины и характеристики продукции.

Таблица 2

Технологии производства и характеристики продукции ведущих предприятий РБ, РФ и Украины

№ п/п	Наименование предприятия	Страна	Установленные технологические линии, производительность предприятий, м^3/год	Технология формования, В/Т отношение	Использование гипса	Наименование выпускаемой продукции, D, В
1	ОАО «Берёзовский КСИ»	Беларусь	«Маза-Хенке» - Германия 350 000	Виброударная, В/Т 0,45-0,48	–	Блоки D 500 В 1.5; 2,0; 2,5 D 600 В 2,0; 2,5; 3,5 D 700 В 3,5
2	ОАО «Гродненский КСМ»	Беларусь	«Верхан» -Германия; «Универсал» - СССР; «Силбет» - СССР 390 000	Виброударная, В/Т 0,48-0,6 В зависимости от условий	–	Блоки D 400 В 1,0-2,0 D 500 В 1,0-2,5 D 600 В 2,5 D 700 В 3,0 Армированные перемычки D 700
3	ЗАО «Могилёвский КСИ»	Беларусь	«Маза-Хенке» - Германия; «Силбет» - СССР 550 000	Виброударная, В/Т 0,45-0,48	–	Блоки D 400 В 1,5; 2,0 D 450 В 1,5; 2,0 D 500 В 2,0; 2,5 D 550 В 2,5 D 600 В 2,5; 3,5 D 700 В 3,5; 5,0 Армированные перемычки D 700
4	ОАО «Гомельский КСМ»	Беларусь	«WKB» - Германия; «Универсал» - СССР 380 000	Литьевая В/Т 0,6-0,62 Применяют динамическое воздействие на смесь	–	Блоки D 400 В 1,0 D 500 В 2,5 D 550 В 2,5 D 600 В 3,5
5	ООО «Аэрок»	Россия	«Верхан» - Германия 400 000	Литьевая В/Т 0,62-0,67	+	Блоки D 300 В 1,5 D 400 В 2,5 D 500 В 2,5
6	ООО «Аэрок»	Украина	Два предприятия: 1. г. Березань: «Хесс» -Германия 2. г. Обухов: «Верхан» - Германия; «Универсал» - СССР 800 000	Литьевая В/Т 0,62-0,67	+	Блоки D 200 В 0,75 D 300 В 2,0 D 400 В 2,5 D 500 В 2,5 Армированные перемычки, плиты покрытий и перекрытий D 500

Таблица 3

Основные физико-механические характеристики продукции

№ п/п	Наименования предприятия	Наименование продукции, отобранной для испытаний	Прочность при сжатии, МПа				Разница по прочности верх/низ, МПа	Плотность, кг/м^3				Разница по плотности верх/низ, кг/м^3	Влажность, %	Морозостойкость, F циклов
			Верх блока	Средина блока	Низ блока	Среднее знач.		Верх блока	Средина блока	Низ блока	Среднее знач.			
1	ОАО «Берёзовский КСИ»	D 500	2,69	3,09	3,49	3,09	0,8	504	519	526	516	22	23,9	Заявлено F25-35 Продукция проходит испытания
2	ОАО «Гродненский КСМ»	D 400	1,6	2,37	3,02	2,33	1,42	428	425	446	431	18	25,6	Заявлено F35 Продукция проходит испытания
3	ЗАО «Могилёвский КСИ»	D 550	3,46	3,67	3,81	3,68	0,35	520	537	554	537	34	20,9	Заявлено F25-35 Продукция проходит испытания
4	ОАО «Гомельский КСМ»	D 500	2,94	2,95	3,55	3,15	0,61	515	549	560	541	45	34,3	Заявлено F35 Продукция проходит испытания
5	ООО «Аэрок», Санкт-Петербург	D 300 D 400 D 500	2,2 3,0 3,22	2,25 3,1 3,41	2,3 3,2 3,42	2,25 3,1 3,35	0,1 0,2 0,2	305 386 492	308 390 494	312 394 498	308 390 494	7 8 6	40 38 36	F 50 F 100 F 100
6	ООО «Аэрок», Украина	D 200 D 300 D 400 D 500	0,96 2,34 2,98 3,14	0,96 2,4 3,0 3,19	0,98 2,43 3,08 3,25	0,97 2,39 3,02 3,19	0,02 0,09 0,1 0,11	212 310 378 436	215 311 384 444	216 312 388 444	214 311 383 441	4 2 10 8	48 37 36 32	- F 50 F 100 F 100

Как видно из табл. 2 и табл. 3, использование литьевой технологии с применением гипсовой добавки обеспечивает повышение ККК автоклавного газобетона и значительно предпочтительнее ударной технологии без применения сульфатосодержащей добавки.

На предприятиях «Аэрок» - крупнейшем производителе газобетона на территории стран СНГ технологическая схема производства ячеистого бетона предусматривает подачу гипсового камня из расчета 3-4 % в перерасчете на SO_3 в мельницы мокрого помола песка. Полученный шлам (прямой) имеет плотность 1,65-1,74 кг/л, а содержание SO_3 в шламе составляет 3-5,3%. Вместе с прямым шламом в смеситель вводится и возвратный шлам, образующийся в результате срезки горбушки и калибровки изделий.

Проведенные нами исследования оценки динамики расслоения исходного усредненного песчаного шлама (прямого) и шлама (прямой + возвратный) при одинаковой их плотности свидетельствует о том, что наличие возвратного шлама в исходной сырьевой смеси обеспечивает снижение её расслоения. Повышение седиментационной устойчивости сырьевых шламов и соответственно смеси особенно актуально при производстве ячеистых бетонов низкой плотности с высоким В/Т плотностью 300 кг/м^3 и ниже [11-13].

Наличие в песчаном шламе гипсового камня и добавка возвратного шлама до 20 % позволяют интенсифицировать технологический процесс набора пластической прочности газобетона до автоклавной обработки - сократить на 50-70 минут время до разрезки массива и калибровки изделий при прочих равных условиях.

Учитывая то, что при существующей технологической схеме производства газобетона в газобетономешалку совместно с молотым песком вводится возвратный шлам (гидратированный C_3A и другие клинкерные минералы, в том числе и продукт взаимодействия алюминиевой пудры с известью ($Ca_3(AlO_3)\ nH_2O$)), по сути, в смеситель вводится добавка третьего класса, которую Ратинов В.Б. относит к готовым центрам кристаллизации. Такие добавки ускоряют твердение вяжущих веществ, что положительно сказывается на прочности материала.

Добавка гипсового камня на ранней стадии гидратационного твердения формирует высокосульфатную форму гидросульфоалюмината ($3CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}3CaSO_4{\cdot}31H_2O$), обладающего «армирующим» эффектом (рис.1).

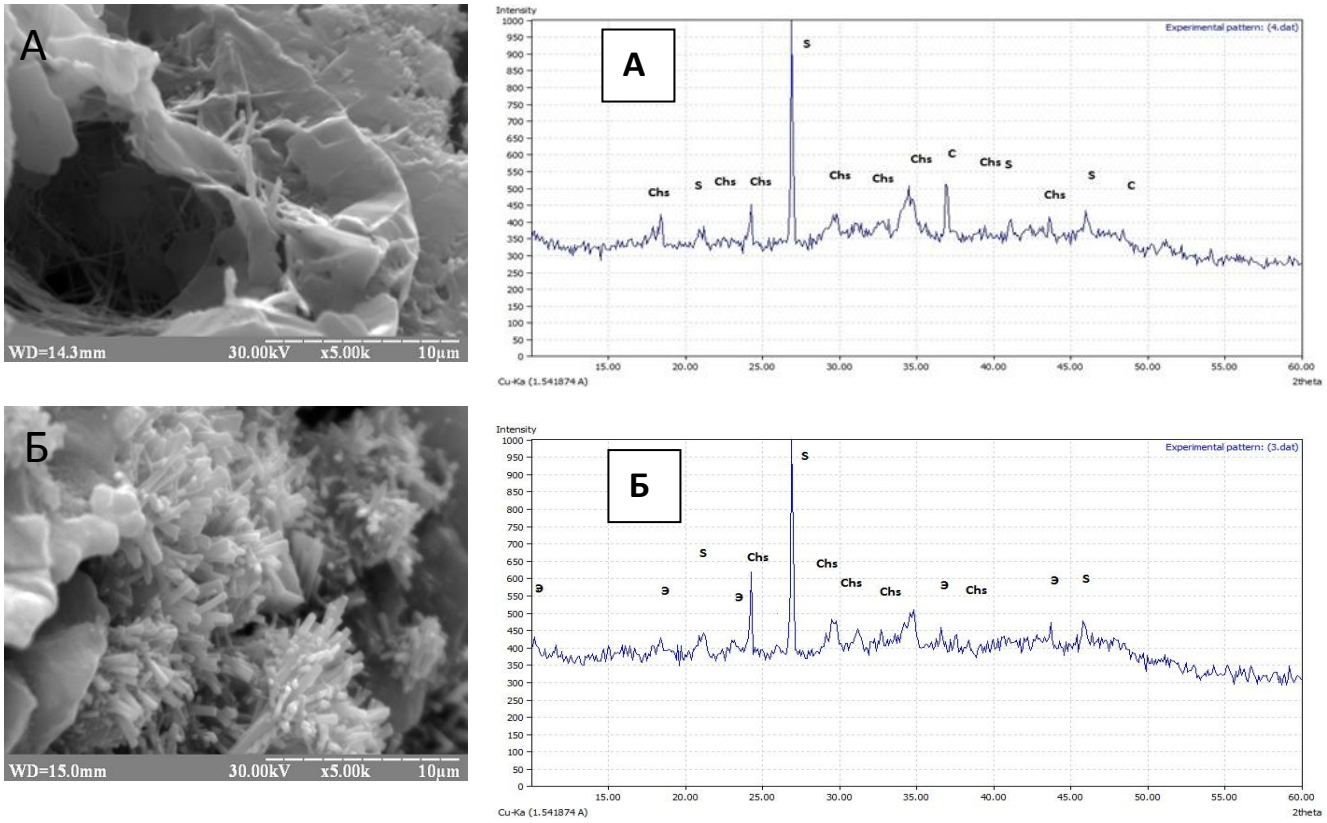


Рис. 1. Рентгенофазовый анализ и электронные микрофотографии межпоровых перегородок газобетона:
где А – образец сырца газобетона без добавки гипсового камня;
Б – образец сырца с добавкой 5 % гипсового камня;
Э – эттрингит.

Как известно, по показателям прочности и водостойкости гидросульфоалюминаты превышают показатели гидратированного гидроалюмината кальция и являются более приоритетными в составе новообразований бетонов автоклавного твердения.

При наличии дополнительной гипсовой добавки в газобетонной смеси C_3A создает одно из двух практически нерастворимых комплексных соединений - трисульфогидроалюминат кальция ($3CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}3CaSO_4{\cdot}31H_2O$) или моносульфогидроалюминат кальция. Первая высокосульфатная форма кристаллизуется в виде игл и соответствует по составу и оптическим свойствам минералу эттрингит, вторая - низкосульфатная дает гексагональные пластинки.

Согласно химической реакции и молекулярным массам на 1 % C_3A нужно 1,61 % гипса. Если содержание C_3A в рядовом цементе составляет 6-8 %, тогда на 8 % трехкальциевого алюмината нужно полуводного гипса 8·1,61 = 12,8 %. В составе рядового цемента уже содержится гипса 2-3 % в пересчете на SO_3.

Введение добавки гипса в ячеистые бетоны в виде гипсового камня приводит к образованию метастабильного гидросульфоалюмината кальция, который повышает структурную прочность газобетонного сырца.

При отсутствии дополнительной добавки гипсового камня C_3A переходит в кубический гидроалюминат кальция, что сопровождается снижением прочности образцов.

На рентгенограммах образцов газобетона с добавкой гипсового камня значительно снижается интенсивность пиков, характерных для SiO_2, и увеличивается интенсивность линий, характерных для низкоосновных гидросиликатов кальция типа тоберморита и гидросульфоалюминатов кальция (рис. 2).

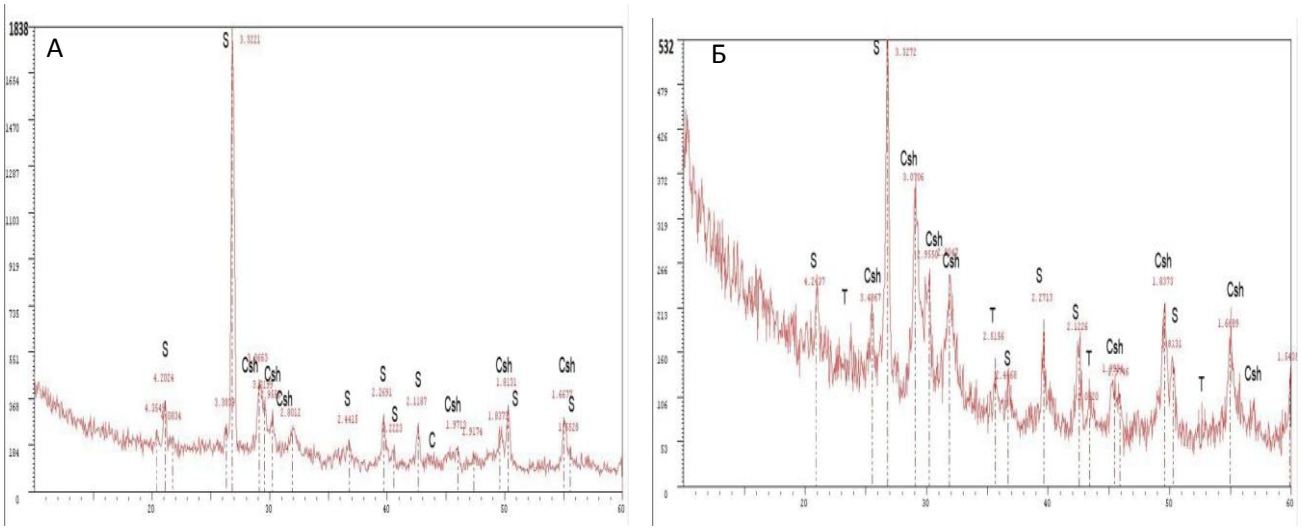


Рис. 2. Рентгенограммы автоклавного газобетона, где А - без добавки гипса, Б - с добавкой гипса

В РФ в последние годы многочисленные исследования Козловой В.К., Овчаренко Г.И., Каракулова В.М., Лотова В.А. и др. были посвящены исследованию производства газозолобетона в различных условиях гидратационного твердения, в том числе и с добавкой гипса.

В работах Козловой В.К., Овчаренко Г.И. и др [14-17] показано, что при автоклавной обработке C_3A с любым количеством гипса образуется низкосульфатная форма сульфогидроалюмината кальция. Продукты гидратации смесей гидроксидов кальция и алюминия с гипсом представлены преимущественно высокосульфатной эттрингитоподобной фазой, имеющей состав $Ca_2Al_2O_5{\cdot}2CaSO_4{\cdot}nH_2O$. С повышением температуры в условиях автоклавной обработки ранее образовавшийся эттрингит не превращается в низкосульфатную AFm- фазу, а переходит в указанную эттрингитоподобную фазу. В составе продуктов гидратации высококальциевых зол при повышенных температурах присутствует эттрингитоподобная высокосульфатная гидроалюминатная фаза состава $Ca_2Al_2O_5{\cdot}2CaSO_4{\cdot}nH2O$.

Гипсовая добавка замедляет процесс начальной реакции гидратации негашеной извести и цемента, как следствие – сохранение вязкости смеси в процессе газовыделения, что уменьшает количество дефектов в массиве (рис.3), которые возникают из-за неизбежной несбалансированности во времени процесса газовыделения и роста пластической прочности сырца.

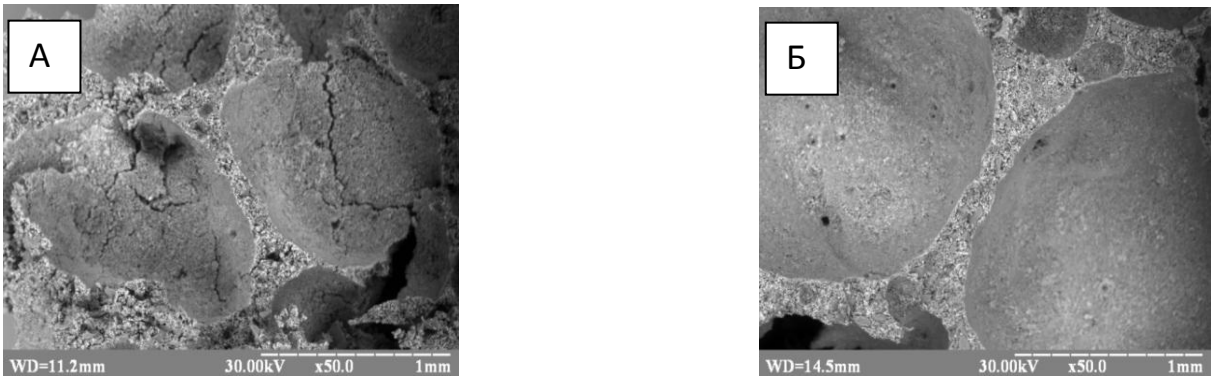


Рис. 3. Электронные микрофотографии сырца газобетона, где А – образец газобетона с добавкой 20 % возвратного шлама; Б - образец газобетона с добавкой 20 % возвратного шлама + 5 % гипса в пересчете на SO_3

Как видно из рис. 3Б, межпоровые перегородки газобетона с добавкой гипса не имеют явно выраженных микротрещин по сравнению с образцом, не содержащим добавку гипса (рис. 3А). Изначально, еще до автоклавной обработки гипсовая добавка обеспечивает формирование более качественной макроструктуры газобетонного сырца, а в процессе

автоклавной обработки интенсифицирует образование низкоосновных гидросиликатов кальция. Продукция характеризуется более низкой усадкой, высокой прочностью и морозостойкостью. Положительное действие гипсовой добавки усиливается наличием в составе смеси добавки возвратного шлама.

Если на старых заводах по производству автоклавного газобетона «горбушка» прикатывалась на армированных изделиях, частично возвращалась в технологический процесс или зачастую выбрасывалась в отвалы, то на современных заводах ее количество существенно увеличилось и ее удельный вес в газобетонной смеси достигает 20 % и больше.

Существенное повышение морозостойкости автоклавного газобетона связано именно с наличием в его составе гипсового камня. Моносульфат (AFm) карбонизируется в зависимости от температурно-влажностных условий относительно быстро. Конечными продуктами реакции карбонизации являются карбонат кальция, гипс и гидрооксид алюминия. Карбонизация гидроалюминатов и гидроалюмоферритов может проходить в несколько этапов, зависящих от условий окружающей среды. Например, известны нестабильные промежуточные фазы $C_4A{\cdot}0{,}5CO_2 \cdot 12H_2O$ и $C_3A{\cdot}CaCO_3{\cdot}11H_2O$. Образующийся на последнем этапе гипс может спровоцировать повторное образование эттрингита. При этом решающее значение имеют температурно-влажностные условия. Для переноса SO_3 через поровую жидкость необходимо наличие достаточного количества влаги. Реакции протекают преимущественно при низких температурах, так как, с точки зрения термодинамики, пониженная температура создает благоприятные условия для реакций карбонизации и вероятность образования эттрингита постоянно увеличивается. Штарк и Людвиг (STARK, LUDWIG) описывают реакции частичной карбонизации моносульфата и повторного образования эттрингита при воздействии замораживания:

Реакция 1-го этапа:

$$2C_3A{\cdot}CS{\cdot}12H+6CO_2+2H_2O \rightarrow 6CaCO_3+2CSH_2+4Al(OH)_3+16H$$

Реакция 2-го этапа:

$$2C_3A{\cdot}CS{\cdot}12H+ CSH_2+16H_2O \longrightarrow C_3A{\cdot}3CS{\cdot}32H$$

Окончательная реакция:

$$3C_3A{\cdot}CS{\cdot}12H+6CO_2+2H_2O \rightarrow C_3A{\cdot}3CS{\cdot}32H+6CaCO_3+4Al(OH)_3$$ [18],

что подтверждено нашими исследованиями (рис. 4).

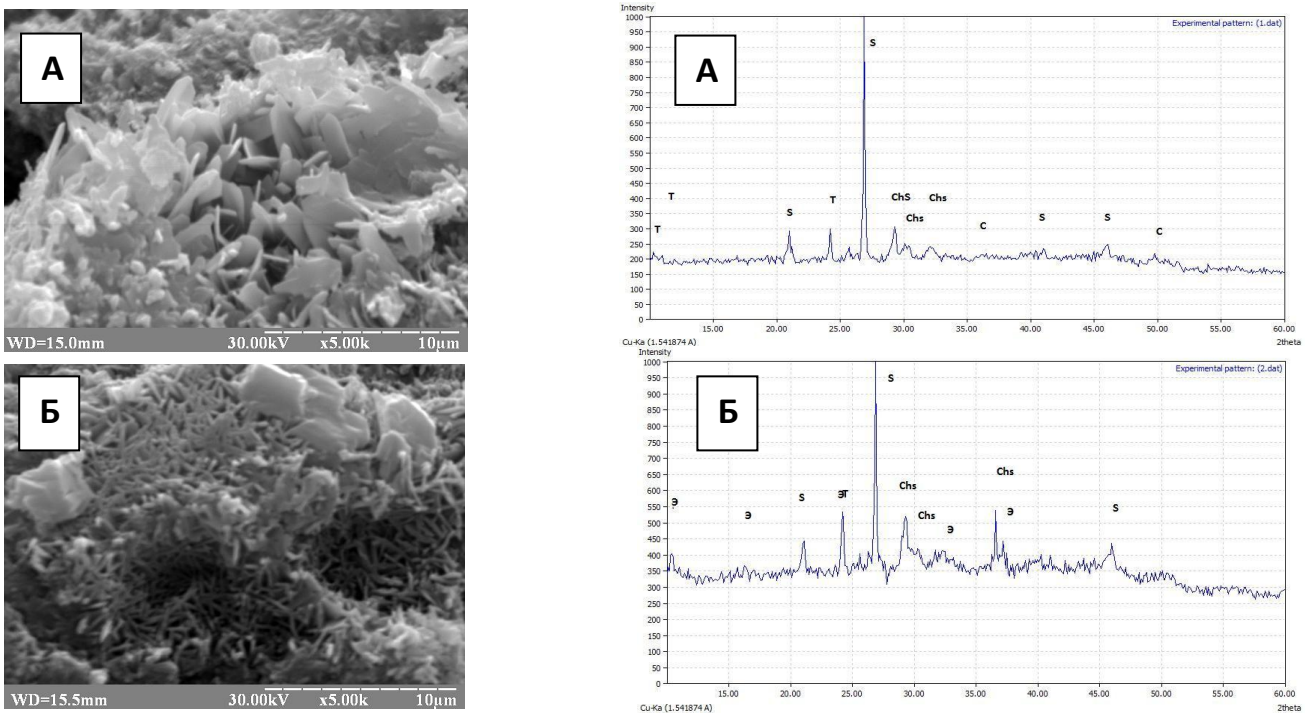


Рис. 4. Образование вторичного эттрингита при проведении испытаний на морозостойкость

где А – Контрольный образец;

Б – Образец после проведения испытания на морозостойкость F100;

Э – Эттрингит

Так как газобетон имеет пористую структуру, образование вторичного эттрингита не разрушает материал, как это происходит в случае с тяжёлыми бетонами, а наоборот упрочняет его, что подтверждается нашими исследованиями по влиянию добавки гипса на морозостойкость. Испытания проводились по ДСТУ Б В.2.7-45:2010.

Таблица 4

Влияние добавки гипса на морозостойкость газобетона автоклавного твердения

Содержание гипса в пересчете на SO_3 в П.Ш., %	Количество циклов поперечного замораживание и оттаивания, F											
	15		25		35		50		75		100	
	Потеря прочности, %	Потеря массы, %	Потеря прочности, %	Потеря массы, %	Потеря прочности, %	Потеря массы, %	Потеря прочности %	Потеря массы, %	Потеря прочности, %	Потеря массы, %	Потеря прочности, %	Потеря массы, %
0	-5	-2	-12	- 4	-16	-10	разрушение		-	-	-	-
2	-3	0	-3	0	-6	-2	-10	-5	-14	-10	разрушение	
4	0	0	-1	0	-3	-1	0	-2	+1	-2	+3	-2
7	0	0	0	0	-1	0	0	0	+2	0	+3	0

Выводы

Вполне очевидно, что гипс выполняет функцию распределителя воды, а новообразования с его участием являются более прочными и водостойкими, чем гидроалюминаты кальция, они кольматируют микропоры гидросиликатных новообразований.

Литьевая технология, предусматривающая использование гипсовых добавок, широко используется европейскими производителями газобетона, крупнейшим производителем на территории СНГ – компанией «Аэрок» в РФ и Украине и рядом современных украинских и российских предприятий. В РБ по-прежнему большинство производителей автоклавного газобетона используют ударную технологию, которая исключает возможность использования гипсовых добавок.

Добавка гипсового камня и возвратного шлама обеспечивает проявление положительного синергетического эффекта, который способствует повышению ККК конструкционно-теплоизоляционного автоклавного газобетона плотностью 300 кг/м^3 с повышением класса с В0,75 до В2,0 (с 1,1 до 2,4 МПа) морозостойкостью F50 и газобетона плотностью 400 кг/м^3 с В1,5 до В2,5 (с 2,17 до 3,2 МПа) морозостойкостью F100.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горлов Ю.П., Меркин А.П., Устенко А.А. Технология теплоизоляционных материалов. - М.: Стройиздат. 1980. 399 с.
2. Кузнецов Ю.Б. Производство изделий из автоклавных ячеистых бетонов // Бетон и железобетон. 1978. №11.
3. Ударная технология формования. Н.П. Сажнев, А.В. Домбровский, Ю.Я. Новаков, Э.В. Повель // сб. материалов и информации постоянной комиссии СЭВ по сотрудничеству в области строительства. ИСИ. 1983. №2 (73).
4. Качество и долговечность ограждающих конструкций из ячеистого бетона. А.Ф. Гаевой, Б.А. Качура. Харьков: издательское объединение «Вища школа», 1978. - 224 с.
5. Инструкция по изготовлению изделий из ячеистого бетона СН 277-80. Государственный комитет СССР по делам строительства Госстроя СССР. М., 1980. 44 с.
6. Горяйнов К.Э., Горяйнова С.К. Технология теплоизоляционных материалов и изделий/ К.Э. Горяйнов, //М.: Стройиздат, 1982. -С.260.

7. Бутт Ю.М., Паримбетов Б.П. Влияние двуводного гипса на свойства известково-глинистых материалов гидротермального твердения. // Сборник трудов РОСНИИСМ, М.: Промстройиздат, Вып.10. 1954.
8. Влияние гипса на скорость связывания окиси кальция при автоклавной обработке силикатных материалов и на их прочность /С.А. Кржеминский, Л.А. Кройчук, З.П. Котикова [и др] // Сборник трудов ВНИИСТРОМ М., 1972. №24 (52) С.15-22.
9. Мещеряков Ю.Г., Климина О.М. Влияние условий твердения на прочность цементного камня в зависимости от минералогического состава портландцемента и добавки гипса // Строительные материалы из попутных продуктов промышленности. межвуз. тематич. сбор. труд. ЛИСИ.1978.-С.80-85.
10. Автоклавная обработка силикатных изделий/ С.А. Кржеминский, Н.К. Судина, Л.А. Кройчук, В.П. Варламов. М.: Стройиздат. 1974. 160 с.
11. Рудченко Д.Г. Снижение плотности газобетона автоклавного твердения как резерв экономии энергетических ресурсов // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірн. наук. праць. Вип.№22. НУВГП. м. Рівне. 2011.-С.137-145.
12. Рудченко Д. Г. О повышении коэффициента конструктивного качества газобетона автоклавного твердения/Д.Г. Рудченко//Строительные материалы и изделия. 2011. №14.-С.11-14.
13. Рудченко Д.Г. О роли гипсового камня в формировании фазового состава новообразований автоклавного ячеистого бетона // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Наук. техн. збірник. - 2012. - № 43. - С. 47-54.
14. Особенности состава и свойств цементирующей связки газозолобетонов / В.К. Козлова, А.В. Вольф, В.М. Каракулов [и др.] // Сборник трудов Международной НПК «Научные исследования, наносистемы и ресурсосберегающие технологии в стройиндустрии». Белгород: изд. БГТУ, 2007. Ч.2.-С.103-111.
15. Состав сульфатсодержащих кальциевоалюминатных гидратных фаз при повышенной температуре/В.К. Козлова, А.В. [и др.] // Ползуновский вестник. -2008.-Вып. №3.-С.235-239.
16. Энергосберегающая технология производства ячеистого бетона / Ю.В. Щукина, Г.И. Овчаренко, Е.В. Горобец [и др.] // Сборник трудов X Академических чтений РААСН. – Казань, 2006. -С.469-471.
17. Вишневский А.А. Оптимизация свойств автоклавного газозолобетона пониженной плотности // Применение изделий из ячеистого бетона автоклавного твердения: сборник докл. IV науч. - практ. семинара. Екатеринбург, 5 декабря 2012г. под ред. Ф.Л. Капустина. УрФУ, 2012.-107 с.
18. Штарк Йохен, Вихт Бернд. Цемент и известь / пер. с нем.- А. Тулаганова, под ред. П. Кривенко. Киев, 2008. С.251-253.

СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ КЛАДКИ ИЗ АВТОКЛАВНЫХ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ С РАЗЛИЧНЫМ ИСПОЛНЕНИЕМ КЛАДОЧНОГО ШВА

А.П. ХАРЧЕНКО, ВНИИГС,
Г.И. ГРИНФЕЛЬД, Национальная Ассоциация производителей автоклавного газобетона
г. Санкт-Петербург

Физико-технические характеристики каменной кладки (прочность и деформативность при различных видах напряженного состояния) зависят как от характеристик камней, так и от характеристик кладочного шва [1].

Для штучных каменных изделий учитываемыми в нормативах [2] параметрами являются вид материала (табл. 2–10 [2]) и высота ряда кладки, т. е. размер камня (табл. 2–10 [2]), точность геометрических размеров камня (табл. 5,6, 8–10 [2]). Для кладочного шва учитывается марочная прочность раствора (табл. 2–10 [2]), качество заполнения шва (примечания к таблицам 2, 3(1), 5(3), 10 [2]), толщина шва (примечание 3 к табл. 6 [2]).

При этом в основном отечественном нормативе по проектированию каменных конструкций [2] отсутствуют расчетные значения для кладки с тонким растворным швом из камней правильной формы с отклонениями геометрических размеров по высоте камня в пределах ±1,0 мм. Стеновые и перегородочные блоки с допусками в описанных пределах выпускаются в России массово. Это гипсовые перегородочные плиты (ГОСТ 6428-83), камни из мелкозернистого бетона, изготавливаемые методом вибро- и гиперпрессования, стеновые силикатные блоки (ГОСТ 379-95), шлифованные крупноформатные керамические камни (ГОСТ 530-2007) и, наконец, наиболее массовые изделия для каменной кладки — неармированные блоки из ячеистого бетона автоклавного твердения (ГОСТ 31360-2007), выпускаемые в объеме более 30% от всего рынка штучных материалов для каменной кладки.

Испытания каменной кладки с тонким растворным швом проводились в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко и в ЛенЗНИИЭПе в 1980-х гг. и ранее. Результатом испытаний явилось примечание 3 к табл. 5 в СНиП II-22–81 *(«Расчетные сопротивления кладки из… камней… с ровными поверхностями и допусками по размерам, не превышающими ±2 мм, при толщине растворных швов не более 5 мм, выполненных на цементных пастах или клеевых составах, допускается принимать… с коэффициентом 1,3»)* и примечание (*) к табл. 6.6 в СТО 501-52-01–2007 [3], приравнивающее расчетное сопротивление сжатию кладки «на клее» к сопротивлению кладки на растворе максимальной прочности.

При этом определение понятию «клей», «кладка на клеевых составах» в действующих нормативах не дано. Отсутствие такой дефиниции лишает примечания 1 к табл.3 [2] и примечание 4 к табл. 11 [2] нормативной определенности.

Вопрос применения для каменной кладки растворов, укладываемых тонким слоем, получил нормативное определение в странах Евросоюза в Еврокоде 6 [4]. Анализ практических результатов перехода от применения национальных стандартов к проектированию по [4] сделан в [5].

Значительно позже вопроса о сравнительных характеристиках кладки на минеральном строительном растворе с различной толщиной кладочного шва появился вопрос о характеристиках кладки со швом, выполненным с применением полиуретанового монтажного клея [6].

Наряду с вопросами материала и толщины кладочного шва заслуживающим рассмотрения представлялся вопрос влияния фактических отклонений высоты камней на прочность и трещиностойкость кладки. Рекомендации по шлифовке кладки из автоклавных газобетонных блоков при использовании тонкослойного кладочного раствора присутствуют в технических материалах многих производителей (Ytong.ru/Baubuch, aeroc.ru/Руководство пользователя, HplusH.ru/Альбом технических решений…). При этом влияние шлифовки на снижение расхода клеевой смеси измеримо, а ее влияние на трещинообразование или несущую способность кладки оценивалось умозрительно.

Описанный выше перечень вопросов, а также потребность оценить применимость кладки из газобетонных блоков марки D400 с кладочным швом, выполненным на полиуретановом монтажном клею, для устройства однослойных наружных стен высотных зданий с поэтажным опиранием, позволили филиалу ООО «ЛСР—Стеновые» (AEROC) и ООО «ПСО «Теплит» сформулировать техническое задание на проведение исследовательской работы. Проведение работы было поручено Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона. НААГ совместно с ЗАО «Испытательный центр ВНИИГС» разработали программу исследований, опираясь, в т.ч. и на проведенную ранее в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко работу по испытанию кладки из блоков с тонким растворным швом [7].

Программа испытаний включала проверку фактической плотности и прочности ячеистого бетона автоклавного твердения на образцах кубах размером 100x100x100; определение адгезии образцов из бетона на цементно-песчаном растворе, клее для блоков на основе цемента и на полиуретановой монтажной пене; определение усилия на срез по растворному/клеевому шву; определение прочности на изгиб балок, изготовленных из блоков; определение разрушающей нагрузки для фрагментов кладки из блоков (рис. 1) с измерением величины деформации по четырём сторонам фрагментов с базой измерения 500 мм.

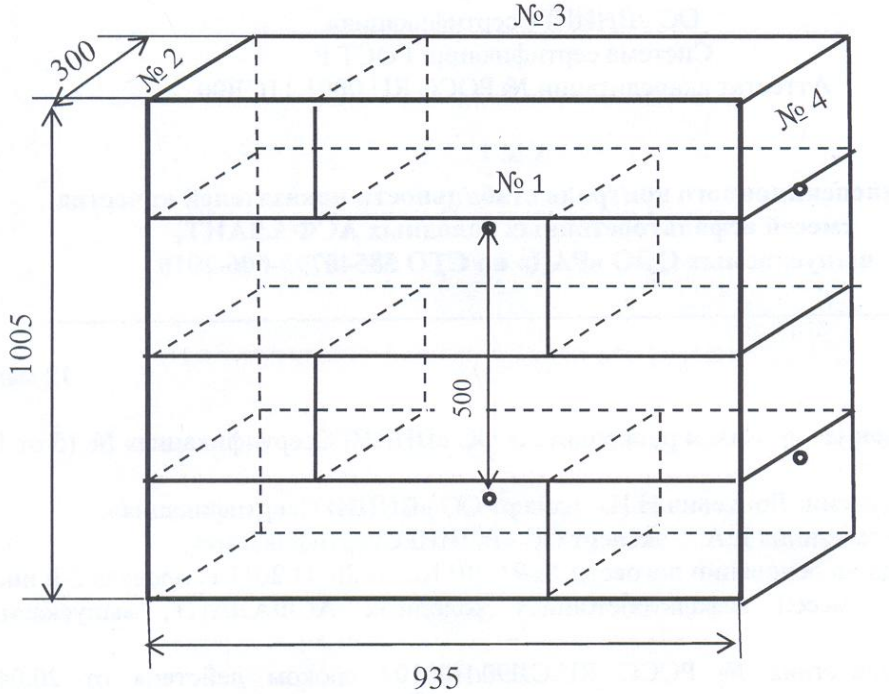


Рис. 1. Схема испытываемого фрагмента кладки
(нагружение до разрушения при центральном сжатии)

Фрагменты кладки выполнялись на ЦПС (с толщиной растворного шва 10–12 мм), цементном клее для блоков (с толщиной шва 1–3 мм) и монтажной пене по три фрагмента, такие же фрагменты со шлифованными блоками на цементном клее и три фрагмента кладки, сложенные насухо.

Для испытаний были использованы блоки из автоклавного газобетона марки по средней плотности D400 (фактическая плотность 412 кг/м³) класса по прочности при сжатии В2,5 (фактическая средняя прочность по паспорту 3,04 МПа) одной партии. В качестве кладочного использовался цементно-песчаный раствор М100, модифицированный для предотвращения обезвоживания добавкой КМЦ. В качестве раствора для тонкошовной кладки использовалась сухая строительная смесь на основе цемента с максимальной крупностью заполнителя 0,63 мм, марочной прочностью М75 и временем коррекции склеенных блоков 10 мин. Монтажная полиуретановая пена была приобретена в розничной сети, выбрана из нижнего ценового диапазона. Торговая марка приведена в отчете об испытаниях.

Результаты испытаний представлены ниже.

В табл. 1 приведены результаты определения характеристик кладочного шва.

Таблица 1

Результаты испытаний различных вариантов шва между блоками на растяжение, срез и растяжение при изгибе

Среднее значение для типа шва	нормальное сцепление (растяжение), МПа			касательное сцепление (срез), МПа			растяжение при изгибе, кН		
	Клей	ППУ	раствор	клей	ППУ	раствор	клей	ППУ	раствор
	1,17	1,38	1,50	0,35	0,30	0,28	10,8	9,15	4,2
%, раствор = 100%	78	92	100	122	107	100	257	218	100

При определении нормального сцепления разрушение во всех случаях происходило по бетону. При срезе также во всех разрушенных образцах не происходило разделения строго по границе бетон-материал шва, разрушался бетон в зоне шва.

Фрагменты кладки испытывали на гидравлическом пресе ПГ-100 с верхней шаровой шарнирной опорой через швеллер № 40, установленных на нижней и верхней опорах. Швеллеры внутри (площадь соприкосновения с фрагментами) были оклеены мягким рулонным материалом толщиной 4 мм. Нагрузку создавали непрерывно с отсчётом деформации через каждые 5 т нагрузки. Время нагружения составляло 3,5-4,0 мин.

Фрагменты кладки изготавливали на подложках и выдерживали с клеем AEROC и ЦПС две недели, на монтажной пене – трое суток, и кран-балкой устанавливали вместе со швеллером на гидравлический пресс. Вертикальные швы между блоками оставались без клеевой прослойки (т.е. положены насухо).

Фрагменты кладки, положенной насухо, выполнены путём укладки блоков на нижний швеллер непосредственно на гидравлическом прессе без шлифовки блоков.

В таблице 2 приведены результаты испытания фрагментов кладки. Значения деформаций при нагрузке приведены усредненные для индикаторов, расположенных на сторонах фрагментов №№ 1 и 3.

Таблица 2

Результаты испытаний фрагментов кладки с различным исполнением кладочного шва

№ фраг-мента	Деформации при нагрузке [тс], мм/500 мм							N разрушающая, тс		Исполнение кладочного шва
	5	10	15	20	25	30	35	значение	средняя	
1	0,09	0,16	0,24	0,35	0,46	0,55	0,64	37,0	34,5	кладка на клею (шов 1–3 мм)
2	0,06	0,17	0,30	0,44	0,59	0,75		35,1		
3	0,10	0,20	0,30	0,42	0,58	0,51		31,4	*132 %**	
4	0,07	0,15	0,22	0,37	1,33	2,66		24,9	26,2	кладка на растворе (М100, шов 10–12 мм)
5	0,10	0,21	0,36	0,66	1,19			27,8		
6	0,05	0,13	0,21	0,46	0,47			26,0	*100 %*	
7	0,10	0,22	0,34	0,49	0,65	0,85	1,15	36,4	33,1	клей со шлифовкой (0,5–2 мм)
8	0,10	0,21	0,34	0,49	0,65	0,81		33,2		
9	0,13	0,28	0,47	0,71	1,00	1,16		29,8	*126 %*	
10	0,70	1,07	1,33	1,56	1,80	1,90		31,5	30,9	кладка на ППУ клею
11	0,64	1,54	1,43	1,63	1,81	1,99	2,22	34,5		
12	0,60	0,90	1,12	1,35	1,30			26,8	*118 %*	
13	0,35	0,51	0,70	0,90	1,03	1,11		32,2	31,6	кладка насухо
14	0,51	0,74	0,95	1,12	1,29	1,50		31,0		
15	0,56	0,75	0,90	1,02	1,15	1,20		31,5	*121 %*	

*значение разрушающей нагрузки для фрагмента с данным типом шва относительно нагрузки для фрагмента с растворным швом 10–12 мм

В столбце с разрушающей нагрузкой под усредненным для каждого типа кладочного шва значением приведено сравнительное временное сопротивление, полученное делением средней разрушающей нагрузки для данного типа шва на среднюю разрушающую нагрузку для кладки со стандартным растворным швом. Из полученных данных следует, что отсутствие в кладке прослоек из сравнительно высокопрочного раствора повышает временное сопротивление центральному сжатию на 20–30% по сравнению со стандартными образцами на ЦПС.

На рис. 2 показаны графики «нагрузка-деформация» для испытанных фрагментов в диапазоне напряжений 0,15–0,6 МПа, усредненные по каждому из типов кладочного шва. Из приведенных данных хорошо видно, что модуль деформации кладок при различных вариантах исполнения шва в рассматриваемом диапазоне близок. Однако экстраполяция графиков к нулевым напряжениям (прямые линии с длинным штрихом на рис. 2) показывает, что кладки с постельным швом, заполненным минеральным раствором, начинают работать упруго уже при незначительных нагрузках, а кладки, постельный шов которых оставлен «сухим» или заполнен легкодеформируемым материалом, перед началом упругой работы имеют область пластических деформаций, которые при малых напряжениях могут достигать величины 0,8–1,5 мм/м. Возможно, что эти начальные деформации в реальных построечных условиях будут происходить под действием собственного веса и под действием монтажных нагрузок от вышерасположенных конструкций. Однако в рамках проведенного исследования ответ на вопрос о характере деформаций при малых (до 0,15 МПа) напряжениях в кладке не получен.

Проведенные испытания не выявили влияния шлифовки постельной поверхности кладки при использовании тонкослойного раствора на ее прочностные и деформативные характеристики. Деформативность испытанных шлифованных фрагментов оказалась даже несколько выше деформативности нешлифованной кладки на цементном клею. Трещинообразование фрагментов со шлифованной кладкой также происходило без заметных отличий от нешлифованных фрагментов.

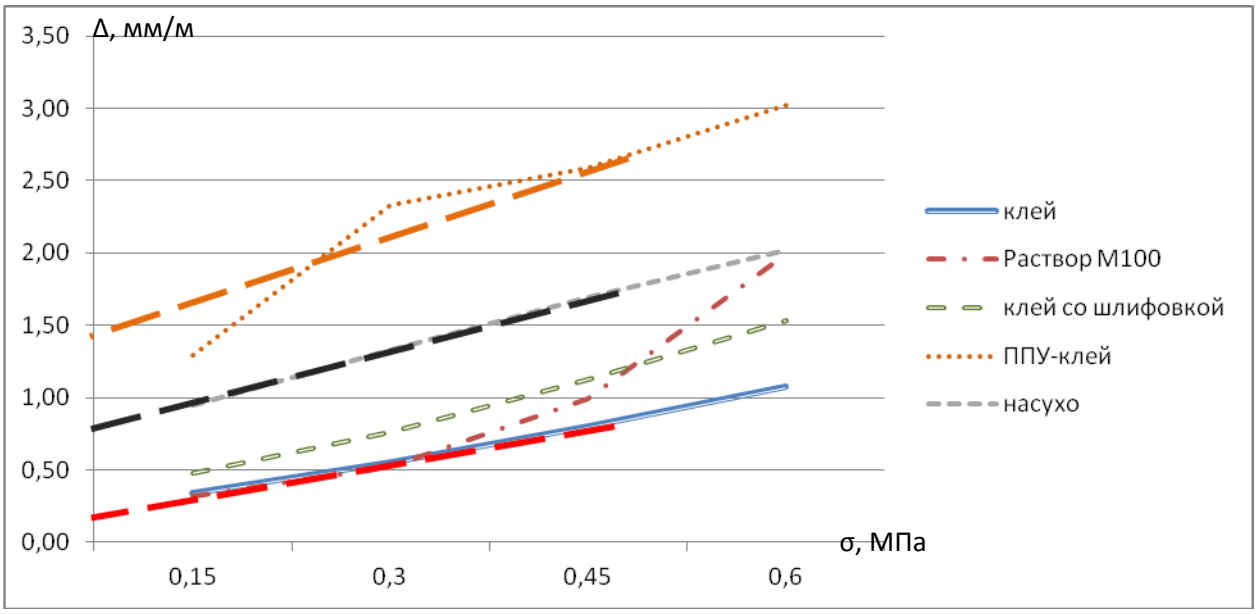


Рис. 2. Диаграмма «нагрузка-деформация» усредненная для каждого из типов кладочного шва. Длинным штрихом показаны линии трендов

Выводы

1. Кладка с тонким растворным швом обладает более высокими прочностными характеристиками, чем кладка с толщиной растворного шва 10–12 мм.
2. Деформативные характеристики кладок с заполнением постельного шва минеральным раствором одинаковы вне зависимости от толщины шва.
3. Шлифовка кладки не меняет характера трещинообразования под действием вертикальных нагрузок, не повышает сопротивление кладки сжатию.

4. Кладка на полиуретановый клей и кладка насухо при незначительных нагрузках деформируются в пределах толщины шва до возникновения плотного контакта смежных по вертикали камней. После этого их деформативность под действием вертикальных нагрузок становится идентичной деформативности кладок с минеральным кладочным раствором.

ЛИТЕРАТУРА

1. Онищик Л.И. Прочность и устойчивость каменных конструкций. Москва, Ленинград. Главная редакция строительной литературы. 1937. 564 с.
2. СП 15.13330.2012 Каменные и армокаменные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-22-81*. М.: ФГУП ЦПП, 2012. 76 с.
3. СТО 501-52-01-2007. Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий из ячеистых бетонов в Российской Федерации. Ассоциация Строителей России. М., 2008. 44 с.
4. EN 1996-1-1: 2005 Eurocode 6. Design of masonry structures. Part 1-1.
5. Гайовник Р., Сечковски Я. Сопротивление сжатию стены из автоклавного газобетона согласно ЕС6 в избранных странах // Справочник для проектирующих и строящих из газобетона. 2011. №1. Warszawa. Poland
6. Горшков А.С, Никифоров Е.С. Инновационная технология возведения стен и перегородок из ячеистобетонных изделий автоклавного твердения на полиуретановый клей // Современный автоклавный газобетон. Сборник докладов. Краснодар, 2013. С.48–54.
7. Грановский А.В., Джамуев Б.К. Испытания стеновых конструкций из ячеистобетонных блоков на сейсмические воздействия // Научно-практическая конференция «Современное производство автоклавного газобетона»: сборник докладов. СПб., 2011. С.104–109.

ПОЛУЧЕНИЕ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА ИЗ СЫРЬЯ НИЗКОГО КАЧЕСТВА

В.А. ШАМАНОВ; В.А. ГОЛУБЕВ, канд. техн. наук; С.Н. ЗОМАРЕВА, ФГБОУ ВПО «ПНИПУ»
К.В. ПОЛИЩУК, ОАО «ПЗСП»
г. Пермь

На протяжении многих лет стеновые конструкции из автоклавного газобетона по объемам потребления удерживают лидирующие позиции. В первую очередь это связано с высокими прочностными и теплоизоляционными показателями, благодаря чему данный материал отнесен к группе энергоэффективных. В последние годы Россия заняла достойное место в «группе лидеров» по вводу в действие жилых домов. Более того, учитывая политику государства, имеются предпосылки к дальнейшему увеличению объемов строительства «белорусскими» темпами: к 2015 году ввод в действие жилых площадей в России может увеличиться в 1,5 раза к уровню 2007 года и составить около 700 м^2 общей площади на 1000 человек населения.

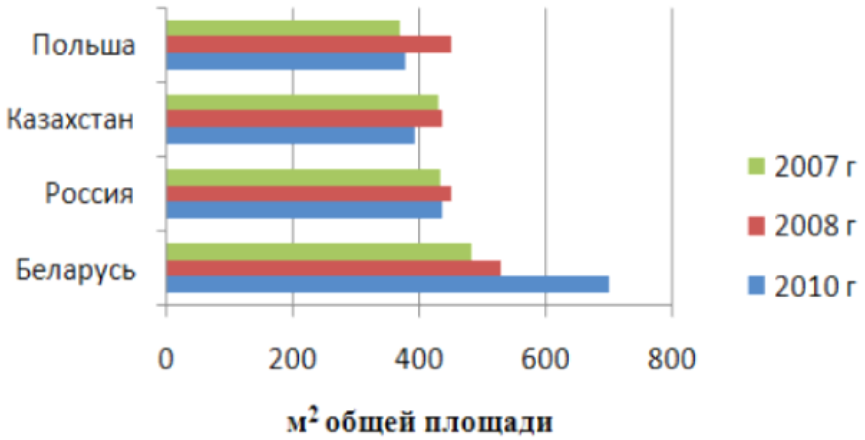


Рис. 1. Объемы ввода в действие жилых площадей на 1000 чел. населения

Стоит отметить, что в разных регионах страны объемы применения автоклавного газобетона в качестве стенового материала существенно различаются. Этому способствуют несколько факторов, главным из которых является отсутствие удовлетворяющего требованиям отечественных стандартов сырья. К примеру, на территории Пермского края располагается около 25 месторождений полезных ископаемых, представленных осадочными породами. При этом суммарный объем запасов категории $A+B+C_1$ на шести наиболее крупных месторождениях составляет около 150 млн. м^3, а удовлетворяющих требованиям стандартов для производства строительной извести для автоклавного газобетона – чуть больше 13 %.

Оставшаяся часть перерабатывается, как правило, в строительный щебень или переходит в разряд некондиционного сырья и складируется вблизи карьеров.

Подобная картина наблюдается и с песками: лишь 19 % строительных песков края пригодны для производства газосиликата. Этот фактор, безусловно, сдерживает развитие отрасли производства автоклавных газобетонов.

Ситуация начала меняться после введения в действие новых стандартов ГОСТ 31359 и ГОСТ 31360, где помимо четкого разграничения автоклавных ячеистых бетонов по видам и введения для них дополнительных показателей качества были унифицированы и гармонизированы с евронормами требования к исходным материалам.

Усл. обозн.	Месторождение	Территория, район	Запасы кат. А+В+С1, млн. м3
1	Губахинское	г. Губаха	42,5
2	Ломовское	Горнозаводский	28,6
3	Шарашинское	Кишертский	20,8
4	Южно-Чусовское	г. Чусовой	23,8
5	Гора Матюковая	г. Александровск	21,6
6	Заготовкинское	г. Гремячинск	20,9
7	Луньевское (Западный участок)	г. Александровск	20,0

Рис. 2. Распределение запасов осадочных горных пород на территории Пермского края

Показатель		ГОСТ 25485	ГОСТ 31359
Вяжущее	Портландцемент	по ГОСТ 10178 C_3A<6%	по ГОСТ 10178 или 31108 C_3A<8%
	Известь	Быстро- или среднегасящаяся, активностью не менее 70%, пережога не более 2%	
	Зола высокоосновная	CaO>40%, $CaO_{св}$>16%, SO_3<6%, R_2O<3,5%	
Кремнеземистый компонент	Песок	по ГОСТ 8736 $SiO_2^{общ}$ > 90 % или кварца не менее 75 %, слюды < 0,5 %, илистых и глинистых примесей < 3 %	кварцевый SiO_2 > 85 %, илистых и глинистых примесей не более 3 %, монтмориллонитовых глинистых примесей < 1,5 %
	Зола-унос	SiO_2 > 45 %, CaO < 10 %, R_2O < 3 %, SO_3 < 3 %;	вторичные продукты промышленности и энергетики*
	Продукты обогощения руды	SiO_2 > 60 %	

Рис. 3. Сравнение требований к сырьевым материалам «старого» и «нового» стандартов

После выхода «новых» стандартов для автоклавных газобетонов применение разного рода некондиционного сырья окончательно узаконено, и, казалось, все эти изменения могли бы привести к строительству на территории Пермского края новых заводов по производству газосиликатов. Однако и в этом случае нашелся ряд сдерживающих факторов. К одному из них можно отнести устаревшие данные по геологии месторождений, а также отсутствие данных по

минерало-химическому составу некондиционного сырья и его однородности. Другой проблемой является отсутствие интереса большинства производителей к комплексному изучению влияния различных факторов на качество газосиликата.

Изучением возможности использования при производстве автоклавного ячеистого бетона песков с пониженным содержанием кварца занимались в основном в 60-е годы прошлого столетия. При этом авторами исследований [1,2] было установлено, что наличие в сырье полевых шпатов увеличивает водопотребность ячеистобетонной смеси, а степень взаимодействия с известью и степень разложения полевых шпатов напрямую влияет на прочность готового изделия. Кроме того, установлено, что в газобетоне на кварцево-полевошпатовом песке помимо низкоосновных гидросиликатов кальция типа тоберморит также образуются гидрогранаты. Влияние последних на основные свойства автоклавного газобетона неоднозначно: одни [3] считают, что в структуре силикатных материалов гидрогранаты являются микронаполнителем, снижающим деформативность цементирующего вещества и увеличивающим его прочность и стойкость в условиях эксплуатации; другие ученые [4] полагают, что автоклавные газобетоны, содержащие в своем составе гидрогранаты, неизбежно характеризуются пониженными свойствами.

Обобщая полученную информацию, можно заключить, что особенности применения кварцево-полевошпатовых песков зависят как от содержания в них щелочей, так и от минералогии присутствующих примесей.

Для изучения влияния качества различных песков Пермского края были одновременно исследованы пески двух месторождений. В качестве «эталонного» был применен монофракционный Вольский песок. Результаты химического анализа (в процентах) представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты химического анализа песков

№ пробы	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	MgO	K_2O	Na_2O	SO_3	TiO_2
Песок №1	87,08	5,36	0,76	2,28	0,31	0,94	0,97	0,11	0,23
Песок №2	91,25	3,61	0,67	1,69	0,23	0,78	0,62	0,10	0,19
Вольский песок	Практически чистый кварц								

По результатам петрографического анализа песок №1 представлен 88-90 % кварца с примазками 10-12 % алюмосиликатов и железа (рис. 4, *а,б*), а также глины (рис. 4, *в*). Песок №2 на 92 % состоит из кварца более чистой поверхности (рис. 4, *г*) и на 8 % из алюмосиликатов и полевых шпатов (рис. 4, *д*).

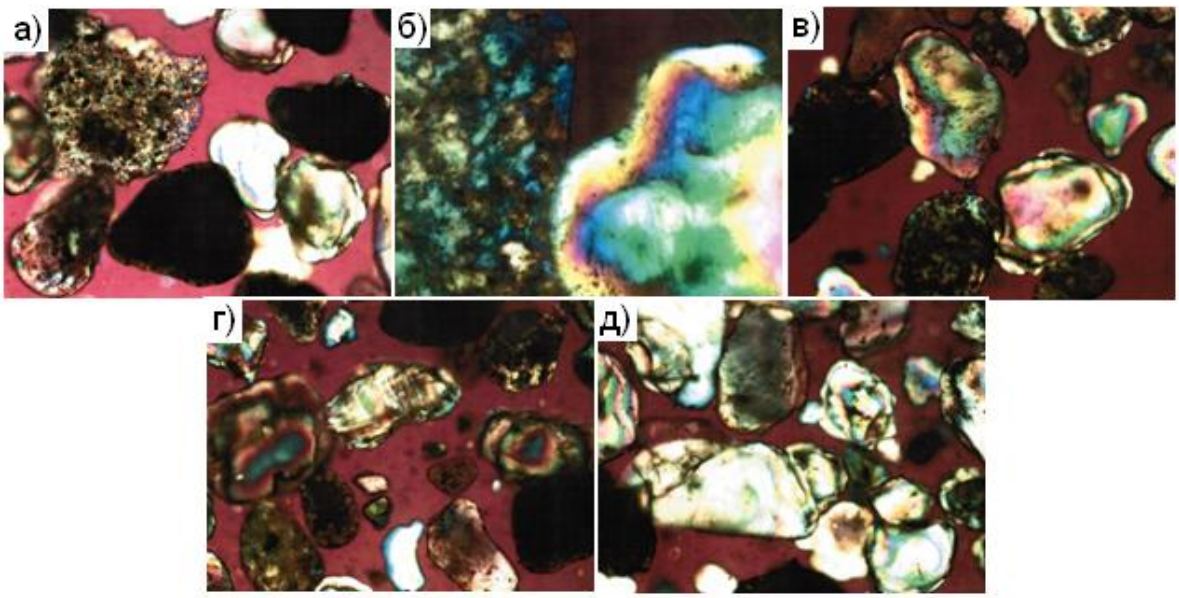


Рис. 4. Результаты петрографического анализа песков различных меторождений

По результатом комплексного анализа наибольший интерес для дальнейших исследований представляет песок №1, который (согласно классификации по П.И. Фадееву) относится к кварцево-полевошпатовому.

Эксперимент, целью которого являлось изучение возможности получения газосиликата различной плотности с требуемыми нормативными качественными характеристиками, предусматривал проведение 5 опытов. План эксперимента приведен в табл. 2.

Работы проводились на базе «Пермского завода силикатных панелей». Сырьевые материалы отбирались непосредственно с технологических переделов, а испытания выполнялись в заводской лаборатории.

Таблица 2

План эксперимента

Параметр	Номер состава				
	1	2	3	4	5
Марка по средней плотности	D500			D300	
Ссв	1,67		3,0	2,5	
n	0,55		0,4	0,4	
CaO, %	57		61	62	
Вид песка	Карьер	Вольский	Карьер	Карьер	Вольский
Sуд, см^2/г	2527	2073	2711	2620	3650
В/Т	0,48	0,47	0,48	0,6	0,58

В связи с тем, что удельная поверхность песков для плотности D500 различна, утверждать о повышенной водопотребности песков с примесями полевых шпатов некорректно. Однако, анализируя значения В/Т для плотности D300 с учетом разницы в удельной поверхности песков, влияние примесей полевых шпатов на водопотребность смесей становится очевидным.

У полученных образцов определяли прочность на сжатие и растяжение при изгибе, среднюю плотность, коэффициент теплопроводности. Результаты испытаний сведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты определения основных показателей качества газосиликата

№ п/п	Показатель	Состав				
		1	2	3	4	5
1	Средняя плотность, кг/м^3	517	488	484	297	314
2	Прочность на сжатие, МПа	1,56	1,53	2,6	0,4	0,66
3	Прочность на растяжение при изгибе, кгс/см^2	11,6	16,4	8,9	4,7	4,7
4	Теплопроводность, Вт/(м·°С)	0,134	0,109	0,123	0,081	0,079

Принимая во внимание полученные данные для газобетона плотности D500, можно предположить, что примеси полевых шпатов в песках не оказывают значимого влияния на конечные свойства автоклавного газобетона. Намного большее значение на конечные свойства оказывают исходные параметры, назначаемые при подборе состава газобетона: $C_{св}$ и *n*. Данное утверждение сохраняется и для плотности D300.

В заключение хотелось бы отметить, что проблема применения низкосортного сырья, будь-то кремнеземистый компонент или известь, с каждым годом становится все более актуальной. На данный момент первостепенные вопросы, связанные с особенностями

структуры и свойств газобетонов на некондиционном сырье, с их долговечностью, требуют комплексного подхода как со стороны исследовательских институтов и университетов, так и со стороны производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Блюмен, Л.М., Воронов А.Г. Влияние минералогического состава песков и степени их дисперсности на прочность силикатных изделий гидротермального твердения // Строительные материалы. – 1962. – №4. – С. 31-34.
2. Ломидзе Н.М. Ячеистые бетоны на местном сырье Грузинской ССР // Строительные материалы. – 1962. – №5. – С. 37-39.
3. Володченко А.Н. Влияние песчано-глинистых пород на оптимизацию микроструктуры автоклавных силикатных материалов // Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании – 2012 : материалы междунар. науч.-практ. Интернет-конф. – 2012. – URL: www.sworld.com.ua/konfer29/91.pdf. (10.04.2013).
4. Качесова, А.В., Качесова А.В., Недопекина В.А., Овчаренко Г.И. Роль гидрогранатов в силикатном камне // Наука и молодежь-2012: материалы IX Всерос. науч.-техн. конф. – Барнаул, 2012. URL: www.edu.secna.ru/media/f/stroitmater.pdf. (10.04.2013).

СЕКЦИЯ «ПРОИЗВОДСТВО АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА»

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНОГО ГИПСА НА ПРОИЗВОДСТВО И СВОЙСТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

Л.И. БОЧЕРОВА, ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр»
г. Можайск, Московская обл.

При производстве блоков из ячеистого бетона автоклавного твердения помимо основного сырья (цемент, песок, известь и алюминий) используется также и гипс. Он является основным поставщиком сульфата в ячеистобетонную смесь. Как правило, при производстве автоклавного газобетона применяется природный гипс или ангидрит.

В этом докладе рассматривается влияние природного гипсового камня на свойства газобетона из опыта применения на производстве «Кселла-Аэроблок-Центр» в Можайске и в лабораторных исследованиях.

Применение гипса в производстве ячеистого бетона берет свое начало с 1935 года. В газобетонную смесь гипс может вводиться тремя способами: в виде природного гипсового камня (при помоле песка), в молотом виде (непосредственно в замес), вместе с портландцементом.

Ниже приведены требования к гипсу, взятые из внутреннего регламента компании «Кселла-Аэроблок-Можайск». В них ограничивается химический состав, а также в зависимости от способа ввода в смесь диктуются требования к гранулометрическому составу. При вводе гипса в песок дополнительно даются требования по размеру исходных кусков - размер не должен превышать 100 мм.

Требования к природному гипсу в соответствии с регламентом компании «Кселла-Аэроблок-Можайск»

Наименование	Требования	Допустимые отклонения
Насыпная плотность, г/см^3	0,80-1,20	±0,05
Влажность, мас. %	≤ 3,0	± 0,5
Химический состав:		
CaO , мас. %	33-43	± 1,0
SO_3, мас. %	47-59	± 1,0
CO_2 , мас. %	<5,0	-
Потери при прокаливании. масс. %	<24	± 1,5

Оптимальным и наиболее распространённым сегодня типом дозации гипса является его введение в молотом виде непосредственно в смеситель. Исходным ориентиром для определения количества гипса в рецептуре является процентное содержание цемента в рецептуре. Как правило, гипс добавляется в количестве 10-15 % от массы цемента.

При более точном определении дозировки гипса в смесь решающим является содержание в цементе Al_2O_3. Если процентное содержание Al_2O_3 в цементе умножить на 4 или 5, то можно определить количество гипса, необходимое для данной смеси. Это простейший способ для рассчета необходимого количества гипса.

Если поставщик цемента готов сразу добавлять требуемое содержание ангидрита в цемент, то можно закупать специальный цемент, избежав тем самым дозировку двуводного сульфата на производстве.

Устаревшей, но простой (и неточной) является дозировка гипса в песок при его помоле в мельнице. В этом случае приемлемым показало себя соотношение 8 % ангидрита или 10 % двуводного гипса от количества песка.

На производстве в Можайске гипс вводится именно таким способом. Однако данный способ имеет недостаток, заключающийся в том, что при таком введении добавки исключается возможность оперативной корректировки ее концентрации в зависимости от технологических факторов (плотности выпускаемой продукции, изменении параметров сырья и т. п.).

В течение нескольких месяцев, при запуске производства проводились тестовые помолы с различным содержанием гипса. В конечном итоге было найдено оптимальное соотношение, которое позволило получить высокую прочность продукции, низкую теплопроводность и требуемые показатели по усадке.

Гипс вводился как при помоле песка, так и непосредственно в смеситель (в молотом виде). Параллельно были проведены переговоры с поставщиком цемента и заключено соглашение о поставке цемента с требуемыми показателями (срокам схватывания, водопотребности), а также по химическому составу.

Из лабораторных исследований установлено, что большое влияние имеет содержание алюмината в цементе. Цемент с низким содержанием алюмината ($Al_2O_3 \leq 3$ %) даёт достаточную прочность и низкую теплопроводность продукции, но усадка получается слишком большой по сравнению с продукцией, в которой добавлен гипс. В рецептах, где используется такой цемент, придётся добавлять как минимум 10 % ангидрита или 12 % двуводного гипса (указано их процентное содержание к цементу), чтобы снизить усадку до требуемого уровня. Если добавить большее количество гипса, то улучшаются показатели прочности и усадки, но повышается теплопроводность продукции.

Цемент с высоким содержанием алюмината (содержание $Al_2O_3 > 4,5$ %) не даёт достаточной прочности, зато подходит для низкой теплопроводности и имеет неплохие показатели усадки. В зависимости от требующейся прочности производимого газобетона при введении 5-10 % ангидрита (6-12 % двуводного гипса) можно добиться удовлетворительных показателей прочности; теплопроводность будет несколько выше, усадка несколько меньше.

При проведении тестов на производстве с разным процентным содержанием гипса в рецептурах получены следующие результаты:

1. Гипс замедляет реакцию гашения извести и приводит к повышению температуры смеси. Это дает возможность регулировать и стабилизировать процесс «созревания» и «кипения» массивов.
2. В зависимости от соотношения цемента и извести: от 0,8:1 до 5:1 (типичных для заводов «Хебель» и «Итонг») гипс оказывает ускоряющее действие на твердение газобетонной смеси. Самое короткое время твердения наблюдалось при соотношении 2:1 и 3:1 при добавлении 10 - 20 % ангидрита.
3. От содержания гипса в смеси определена прямая зависимость прочности автоклавного газобетона. При дозации гипса с песком в соотношении 1/6 прочность продукции была выше от 0,49 до 0,98 кгс/см^2 от продукции с дозацией гипса в соотношении 1/7. При этом теплопроводность была выше на 0,009 Вт/м º С.
4. Что касается усадки, мы не получили однозначного результата и не увидели прямой зависимости. Усадка примерно осталась такой же, и разница была на 0,01 мм/м, при этом большая часть испытаний имела одинаковые показатели.
5. При использовании гипса в большом количестве, где соотношение гипса к песку составило 1/4, мы наблюдали следующую картину: сроки «созревания» массивов сократились на 1 час. Сырцы имели хрупкую структуру, при резке появлялись трещины, которые впоследствии, после автоклавирования, открывались, и на продукции образовывались сколы. Сам массив внешне выглядел сухим, конечная температура массива была на 5-10 ^{0} С выше, что привело к «высушиванию» массива. Если взять сырец в руку, то он рассыпался.

Эти данные получены из тестов, проводимых на заводе при запуске и последующей эксплуатации. К сожалению, на нашем производстве, как говорилось выше, применяется способ «грубой» дозации гипса, что не позволяет провести более точные тесты, но и при таком вводе двуводного сульфата кальция в смесь заметно его влияние.

Если взять 2 образца газобетона марок D500 и D400 и сравнить их показатели по теплопроводности и усадке, то можно заметить разницу. При использовании шлама с одинаковым содержанием гипса мы получим разные показатели по теплопроводности и усадке. Разница связана с количеством цемента в этих рецептурах и соответственно необходимо разное количество гипса. Но при использовании дозации гипса в песок на мельнице сложно нарабатывать шлам для разных плотностей.

У себя на заводе мы нашли оптимальное содержание гипса в шламе, которое позволило нам сделать подбор рецептов на различные плотности, не потеряв при этом качество выпускаемой продукции.

ПРОИЗВОДСТВО АВТОКЛАВНОГО ГАЗОЗОЛОБЕТОНА ПОНИЖЕННОЙ ПЛОТНОСТИ

А.А. ВИШНЕВСКИЙ, канд. техн. наук; И.А. БОВЫКИН, ООО «ПСО «Теплит»
г. Екатеринбург

Повышению объемов использования автоклавного ячеистого бетона (АЯБ) в современном строительстве способствует снижение плотности выпускаемых изделий [1]. В частности, некоторые производители в течение последних лет предлагают потребителям изделия из АЯБ с плотностью 300-400 кг/м^3. Применение изделий пониженной плотности позволяет повысить теплотехнические свойства стен, снизить нагрузку на несущие конструкции здания, увеличить производительность работ. Однако при снижении плотности уменьшаются прочностные характеристики и повышается усадка изделий. В этой связи для повышения энергоэффективности строительства и сохранения несущей способности конструкций производителям АЯБ необходимо решать задачи по оптимизации свойств ячеистого бетона пониженной плотности.

На ООО «ПСО «Теплит» первые партии автоклавного газозолобетона плотностью 400 кг/м^3 были выпущены в 2009 г. При этом более широкое производство данного материала началось только в 2011 г., когда выпущенный газобетон начал успешно применяться при строительстве нескольких жилых комплексов г. Екатеринбурга, а также ряда коттеджных поселков Свердловской области.

В 2012 г. был реализован комплекс мероприятий, направленных на оптимизацию свойств газозолобетона марки D400. В частности, были изменены требования к составу и качеству сырьевых компонентов. Для выпуска газобетона с пониженной плотностью использовался высокомарочный бездобавочный портландцемент с началом схватывания 2 ч 30 мин, комовая известь со временем гашения более 3 мин, зола-уноса Рефтинской ГРЭС с удельной поверхностью $S_{уд}$ = 300-320 м^2/кг и температурой не более 40 ºС. В качестве порообразователя применялись мелкодисперсные алюминиевые порошки с преобладающим размером частиц 20-25 мкм как отечественного, так и импортного производства.

Кроме этого, для повышения прочностных характеристик газобетона пониженной плотности и снижения его усадочных деформаций в состав газобетонной смеси было предложено вводить гипсовый камень ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) в количестве 3 -5 % от массы сухих компонентов. Изначально, технология автоклавного газозолобетона не предусматривала введение природного гипса, так как считалось, что в присутствие кислой золы процессы структурообразования газобетона происходят достаточно интенсивно, а свойства получаемого газобетона удовлетворяют предъявляемым требованиям. Между тем, по данным исследований различных лет [2-4], а также исходя из опыта зарубежных предприятий, выпускающих автоклавный газозолобетон (CELCON, Великобритания; HYDERABAD Industries Ltd, Индия) добавка гипса интенсифицирует взаимодействие оксида кальция и кремнезема (извести и золы), что приводит к повышению прочности газобетона. Кроме того, по данным зарубежных производителей, введение гипса способствует снижению усадки при высыхании. В технологическом плане, гипсовый камень замедляет гашение извести, что имеет особое значение при использовании извести с короткими сроками гашения [5].

Введение гипса осуществляли непосредственно в смеситель на стадии приготовления газобетонной смеси. Выбор способа введения обусловлен тем, что на заводе отсутствует мокрый помол кремнеземистого компонента (зола-унос не требует предварительного измельчения) и введение гипса по традиционной схеме (при помоле песка) невозможно. Кроме этого, введение гипса в смеситель является наиболее эффективным способом доставки сульфата в газобетонную смесь, так как позволяет оперативно корректировать содержание гипса в смеси в зависимости от технологических факторов.

Также, были внесены изменения в технологический режим производства газобетона пониженной плотности, главным из которых стал отказ от использования «жестких» газобетонных смесей (с пониженным содержанием воды) и переход на литьевую технологию,

предусматривающую формование газобетона из смесей с пониженной вязкостью (расплыв по Суттарда 20-22 см). Была снижена начальная температура смеси с 47^0 С до $40\text{-}41^0$ С.

Все это обеспечило более спокойный характер формирования структуры газобетона, выражающийся в медленном вспучивании смеси. За счет пониженной вязкости смеси улучшилось перемешивание исходных компонентов при приготовлении газобетонной смеси. Кроме этого, сократился расход газообразователя, требуемого для вспучивания смеси: в частности для пасты Газобетоплюс 400 с 0,72 до 0,5 кг/м^3.

Характеристики газобетонной смеси, а также параметры ее твердения представлены в табл. 1. Как видно из приведенных значений, не смотря на снижение начальной температуры смеси и понижение её вязкости продолжительность предварительного твердения смеси с добавкой гипса не изменилась по отношению к составу, без добавления природного гипса. При этом конечная температура массивов с добавкой гипса, оказалась на $4\text{-}5^0$ С ниже, чем у бездобавочного массива.

Таблица 1

Характеристика газобетонной смеси

Режим производства	Температура смеси, ^{0} С		Продолжительность, мин	
	Начальная	Конечная	Вспучивания	Твердения
Без добавки гипса	47-48	71-72	8-9	80
С добавкой гипса	40-41	67-68	28-30	80

* здесь и далее под режимом производства «без добавки гипса» подразумевается получение газобетона из «жестких» смесей без добавки природного гипса. Режим производства «с добавкой гипса» предусматривает формование газобетона из смесей пониженной вязкости с добавлением гипса.

Реализация перечисленных выше мероприятий привела к улучшению структуры и свойств автоклавного газозолобетона пониженной плотности и уменьшила недостатки, зафиксированные при выпуске данного материала ранее. В частности, структура газобетона стала характеризоваться повышенной однородностью и отсутствием крупных пор (раковин) (рис.1). Сами поры приобрели более правильную сферическую форму. Также изменилось соотношение открытых и закрытых пор в сторону увеличения последних (табл. 2). Благодаря этому на 6 % снизилось водопоглощение газобетона.

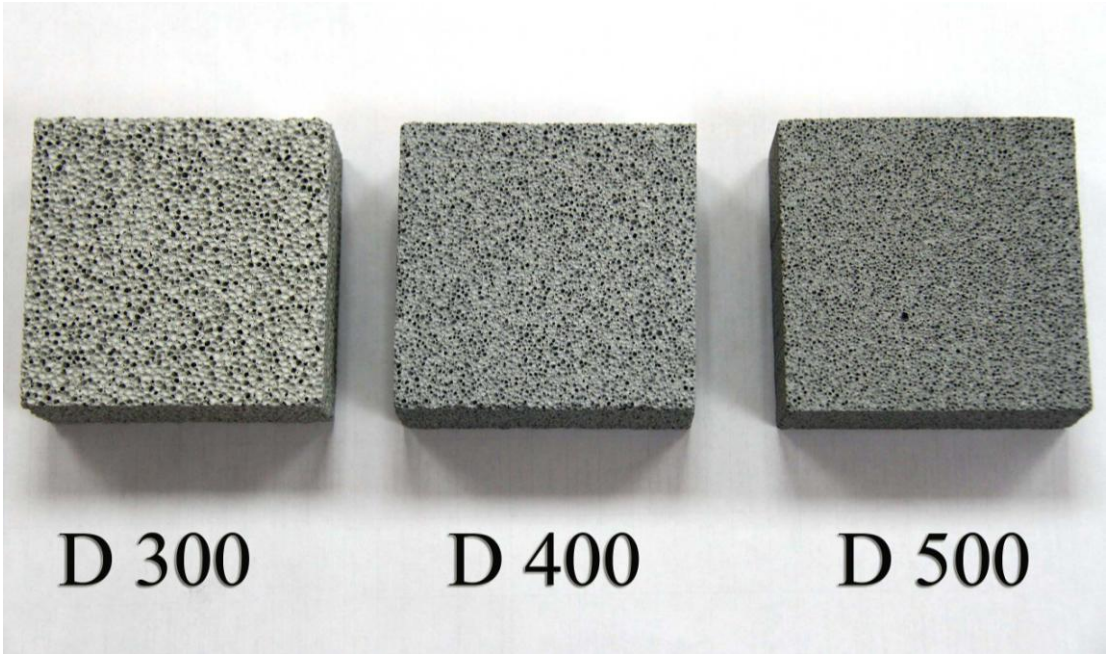


Рис. 1. Структура автоклавного газозолобетона различной плотности: образцы газобетона марок по плотности D300 и D400 получены из газобетонных смесей пониженной вязкости с добавлением гипса; газобетон марки D500 изготовлен из жестких смесей без добавления гипса

Таблица 2

Пористость автоклавного газозолобетона марки D400

АГЗБ	Объем пор, мас. %			
	Полный	Открытые капиллярные поры	Открытые некапиллярные поры	Условно-закрытые поры
С добавкой гипса	83,9	31,6	6,4	45,9
Без добавки гипса	83,2	36,5	7,2	39,8

Кроме того, повысились прочностные характеристики газозолобетона: предел прочности на сжатие увеличился до 3,2-3,4 МПа, прочность на изгиб увеличилась до 0,6 МПа, что соответствует значению $R_{изг}$ для газобетона марки D500 без гипса (табл. 3). Усадка при высыхании снизилась до 0,45 мм/м.

Таблица 3

Изменение свойств автоклавного газозолобетона марки D400

Характеристики	Требования ГОСТ 31359-2007	Фактические данные для газозолобетона марки D400	
		Без добавки гипса	С добавкой гипса
Класс по прочности при сжатии	В1,5	В2,0	В2,5
Предел прочности при изгибе, МПа	-	0,5	0,6
Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии, Вт/м ^{0}С	0,106	0,105	0,097
Усадка при высыхании, мм/м	0,7	0,59	0,45
Морозостойкость, не менее	>F35	F100	F100

Как показал рентгенофазовый анализ, основными новообразованиями автоклавного газозолобетона с добавкой гипса являются 11,3 Å тоберморит, 9,3 Å тоберморит, а также другие гидросиликаты кальция с соотношением Ca/Si<1,3. При этом существует вероятность, что тоберморитовая фаза представляет собой алюминий замещенный тоберморит. Также, среди новообразований газозолобетона с добавкой гипса обнаружены кварц, муллит, волластонит.

Проведенные мероприятия позволили не только улучшить свойства автоклавного газозолобетона марки D400, но и открыли возможность для начала производства АЯБ с плотностью менее 400 кг/м^3. В настоящее время отработана технология производства газозолобетона с плотностью 300 кг/м^3. Данный материал характеризуется коэффициентом теплопроводности 0,078 Вт/м^{0}С и пределом прочности при сжатии 1,5-1,8 МПа, что соответствует классу по прочности В1,5. В соответствии с ГОСТ 31359 данный материал относится к конструкционно-теплоизоляционным материалам и может применяться для монтажа ограждающих конструкций различных зданий и сооружений. В отдельных случаях он может применяться для утепления конструкций. Ограждающая конструкция из газозолобетона данной марки толщиной 300 мм, в условиях свердловской области, обеспечит требуемое сопротивление теплопередаче и не будет нуждаться в дополнительном утеплении.

Таким образом реализованные мероприятия позволили повысить прочностные характеристики автоклавного газозолобетона, снизить его водопоглощение и усадку при высыхании, тем самым повысив его конкурентные свойства и расширив область применения данного материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сахаров Г.П. Развитие производства и повышение конструктивных свойств автоклавного ячеистого бетона и изделий на его основе // «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения»: сб. докладов 7-й научно-практ. конференции. Брест, 2012. С. 32-35.
2. С.А. Кржеминский, Л.А. Кройчук, З.П. Котикова [и др.]. Влияние гипса на скорость связывания окиси кальция При автоклавной обработке силикатных материалов и на их прочность // Сборник трудов ВНИИСТРОМ №24 (52) М.: 1972. С.15-22.
3. Людвиг У. Исследование механизма гидратации клинкерных минералов // 6-й межд. конгр. по химии цемента. М.: Стройиздат, 1997. Т. 2, кн.1. С. 104.
4. Совершенствование технологии производства автоклавного газобетона с повышенным коэффициентом конструктивного качества. Рудченко Д.Г.// сб. докладов 7-й научно-практ. конференции. Брест, 2012. С. 49-54
5. Производство ячеистобетонных изделий. Теория и практика. Н.П. Сажнев. 2-е изд., Минск: Стринко. 2004.- 84с.

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ПОДШИПНИКОВ С ГРАФИТОМ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

В.А. ПЕРЕВЕРТОВ, ООО «Реновация»
г. Москва

Попытки применения твердых смазок в подшипниках качения известны еще с начала века. Весьма привлекательными являются свойства твердых смазок обеспечивать стабильный и низкий коэффициент трения в очень широком диапазоне температур. Наибольшее распространение получили подшипники качения с самосмазывающимися сепараторами и подшипники, на рабочие поверхности которых нанесены твердосмазочные покрытия.

Хотя в отдельных случаях эти решения оказываются весьма эффективными, в частности, в аэрокосмической, вакуумной технологии, в целом они нашли очень ограниченное применение из-за присущих им серьезных недостатков: твердосмазочные покрытия не восстанавливаются в процессе работы подшипника.

Для широкого применения твердых смазок в подшипниках качения необходимо обеспечить непрерывное генерирование твердосмазочной пленки на рабочих поверхностях, т. е. создать внутри подшипника запас твердой смазки, достаточный для его длительной работы. Этот запас смазки необходимо разместить в подшипнике таким образом, чтобы он не сказывался на служебных характеристиках подшипника, таких как восприятие нагрузки, частота вращения и др.

Длительный опыт эксплуатации подшипников с компаундом как в России, так и в Германии и Японии показывает, что они высокоэффективны в тяжелых условиях эксплуатации, при воздействии высоких и низких температур, агрессивных сред, а также при работе в вакууме. В таких условиях ресурс работы узлов трения при использовании подшипников с антифрикционным заполнением (АФЗ) увеличивается в несколько раз. Чрезвычайно важно, что АФЗ не нуждается в дополнительной смазке и технологическом обслуживании в течение всего срока эксплуатации. Разработанная технология позволяет выпускать АФЗ практически всех типов (кроме игольчатых и упорных) в широком диапазоне типоразмеров.

Смазывание поверхностей трения происходит за счет истирания материала заполнителя. Элементы вращения подшипника, имеющие зазор плавания, касаются заполнителя, истирают его и переносят смазочную пленку на дорожки качения. Уже на стадии технологической приработки на всех поверхностях трения формируется тонкая смазочная пленка, которая восстанавливается по мере ее износа в процессе эксплуатации.

Преимущества АФЗ перед подшипниками с традиционными смазочными материалами

Применение АФЗ эффективно в тех случаях, когда низкий срок эксплуатации обычных подшипников определяется неудовлетворительным смазочным действием обычных материалов, вызванным их физико-химическим разрушением или удалением смазки из зоны контакта.

Запас твердой смазки в АФЗ рассчитан на длительные сроки эксплуатации, поэтому АФЗ не нуждается в дополнительной смазке, технологическом обслуживании, применении специальных смазочных систем. Благодаря высокой степени пылезащищенности АФЗ при его использовании отпадает необходимость в применении пылезащитных систем. Необходимо отметить, что АФЗ имеют весьма низкий момент страгивания, сравнимый с моментом страгивания сухого подшипника.

В отличие от жидких и пластичных смазок при использовании АФЗ смазочная пленка генерируется равномерно вне зависимости от температуры. Скорость окисления металла в восстановительной среде, обусловленной наличием смазочной пленки в приповерхностных слоях, снижается.

АФЗ успешно эксплуатируется в интервале температур от криогенных (температура жидкого азота) до 350°С. Это делает целесообразным их применение в металлургической, автомобильной, керамической, цементной, горнорудной, деревообрабатывающей промышленности, производстве ячеистого бетона и силикатного кирпича, пищевых технологиях, процессах точного машиностроения, криогенной техники и др.

Увеличение срока службы АФЗ по сравнению с подшипниками с традиционными пластичными смазками в запыленных условиях определяется:

- малой величиной зазора между материалом заполнителя и поверхностями колец подшипника;
- сложной геометрией зазора между поверхностями заполнителя и колец подшипника, затрудняющей проход частиц пыли от наружной поверхности к дорожке качения (рис.1);
- принципиальным различием в поведении частиц пыли при попадании в подшипник. При использовании АФЗ частицы пыли, прошедшие через лабиринтный зазор, не только не конгломерируются, а наоборот размалываются телами качения.

Кроме обозначенных выше областей применения, рассматриваемые подшипники предназначены для работы в транспортных системах и конвейерных машинах, обжиговых и спекательных тележках, сушильных и заправочных вагонетках предприятий (изготавливаются по ТУ 37.006.143-85). Они не имеют аналогов на российском рынке и в странах СНГ. Только Шведская компания SKF является производителем подобной продукции (рис. 3). В отличие от подшипников с АФЗ производства ООО «Реновация» (рис. 2) они содержат искусственный графит, и в них нет сепаратора. Цена подшипников SKF примерно в 5 раз дороже подшипников нашего производства.

«Реновация» уже активно сотрудничает с предприятиями по производству автоклавного ячеистого бетона. Подшипники с АФЗ установлены полностью или частично на следующих заводах:

Комбинат строительных материалов (г. Старый Оскол),
Алит-тм (г. Иркутск), Н+Н (г. Санкт-Петербург),
ДСК Грас-Калуга, Аэробел (г. Белгород),
Воронежский комбинат строительных материалов,
Череповецкий завод силикатного кирпича (в цехе ячеистого бетона),
Главновосибирскстрой, Аэрок (Украина),
Аэрок (Санкт-Петербург) (таблица).

Также на некоторых предприятиях в настоящее время проходят испытания предлагаемых подшипников: Комбинат строительных материалов (г. Ялуторовск), Комбинат дорожных и строительных материалов (п. Быстрогорский), Казанский завод силикатных стеновых материалов, Головной завод (г. Санкт-Петербург), Коттедж (г. Самара), BIKTON (г. Волжск).

Специалисты ООО «Реновация» готовы к обсуждению пожеланий заказчиков и вариантов сотрудничества для наиболее полного и быстрого обеспечения их потребностей в подшипниковой продукции с оптимальными затратами сил, времени и средств.

Таблица

Опыт применения подшипников с АФЗ на предприятиях, производящих автоклавный ячеистый бетон

Наименование предприятия	Срок использования подшипников с АФЗ	Срок использования обычных подшипников	Экономическая выгода	Объем продукции (метр кубический в год)	Кол-во циклов использования тележки в день	Отзыв
ОАО «Череповецкий завод силикатного кирпича» (цех ячеистого бетона)	3 года	Применяют подшипники с АФЗ с момента запуска цеха	Невозможно посчитать	3600	1	Имеет-ся
ООО «Комбинат строительных материалов»	1 год	7 мес.	Экономия от расходов на ремонт оборудования	500 тысяч	2	Имеет-ся
Н+Н	7 месяцев + (продолжают работать по настоящее время)	1 год	Невозможно посчитать	400 тысяч	2	Не имеет-ся
Воронежский комбинат строительных материалов	2-3 года	работают на подшипниках с АФЗ с начала открытия цеха	Не нужно смазывать подшипники на протяжении всего срока их службы, как это происходит в соседнем цехе по изготовлению керамического кирпича (подшипник смазывается 2 раза в сутки)	350 тысяч	2	Имеет-ся
Глав новосибирск-строй	Более двух лет	Менее месяца	Окупаются за счет длительного срока службы	400 тысяч	1	Имеет-ся

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ПРОИЗВОДСТВО ГАЗОБЕТОНА НА ОБОРУДОВАНИИ «WEHRHAHN»

Г. РОМАНОВА, ФРАНК ПОТТИН, УВЕ ШЛАЙ, «Wehrhahn»
Германия

Компания Wehrhahn уделяет особое внимание вопросам рационализации и оптимизации производства. Основная цель - достижение максимальной рентабельности производства в рамках концепции устойчивого развития, требующей бережного отношения к природным и людским ресурсам.

Рационализация производства – это комплексная задача, решение которой предполагает работу сразу по нескольким направлениям. Основные из них – это рационализация использования сырьевой базы, утилизация вторичной тепловой энергии, меры по сбережению электроэнергии.

Рационализация использования сырьевых материалов

Тема рационального использования сырья разрабатывается Wehrhahn уже в течение многих лет. Так, в 2002 году была запатентована установка удаления нижнего подрезного слоя массива, обеспечивающая безотходное производство газобетонной продукции высокого качества с использованием технологии кантования. Это изобретение Wehrhahn позволило производить блоки улучшенного качества, экономить сырье и энергоресурсы (до 7 %), экономить затраты на утилизацию твердых отходов.

В 1989 году был построен первый газозолобетонный завод по технологии Wehrhahn (CELCON, Великобритания), который и по сей день наряду с другими предприятиями (HYDERABAD Industries Ltd в Индии с 1997 г., ТЕПЛИТ в России с 2004 г.) успешно производит блоки на основе мелкодисперсной золы уноса.

В настоящее время уже несколько производственных линий Wehrhahn используют в качестве кремнеземосодержащего сырьевого компонента отвальную золу вместо песка. Это ООО «Пораблок», Курган и ЗАО «Стройкомплекс» в г. Ангарск Иркутской области. В течение 2013 года будет введен в эксплуатацию завод «Эко-Золопродукт Рязань», который оснащается оборудованием, позволяющим использовать золу уноса и золу отвала для производства газобетонных блоков, а также песок для производства армированных изделий.

Данные технологические разработки очень важны как с точки зрения охраны окружающей среды, так и с экономической точки зрения.

Переработка твердых отходов. На каждом предприятии в зависимости от качества оборудования и технологического процесса образуется определенное количество твердых отходов. Рано или поздно возникает вопрос их утилизации. На многих газобетонных заводах уже есть опыт успешного использования твердых отходов в качестве вторичного сырья для производства газобетона.

Опыт использования твердых отходов на заводах в Германии показывает, что добавление твердых отходов в рецептуру не только решает вопрос их утилизации, но и позволяет улучшить качество газобетонной продукции, обеспечивая:

- повышенное содержание тоберморита,
- увеличение прочности блоков на сжатие,
- увеличение прочности кромок блоков.

Совместно с техническим университетом «Горная академия Фрайберг» технологи WEHRHAHN провели серию испытаний по вторичному использованию твердых газобетонных отходов в производстве. В лаборатории Wehrhahn были изготовлены пробные массивы с добавлением разного количества тонкоизмельченных твердых отходов (от 0 % до 5,25 % от общей массы твердых веществ, при этом соответствующее количество песка изымалось из рецептуры).

Было установлено, что твердые отходы в количестве до 3% от общего содержания сухих веществ повышают прочность газобетона (рис.1).

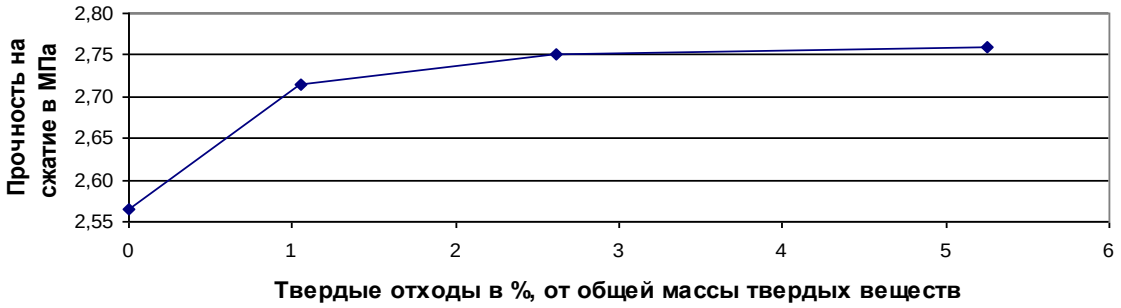


Рис. 1. Прочность на сжатие газобетона в зависимости от содержания твердых отходов в газобетонной смеси

Многие заводы Wehrhahn уже имеют простую и эффективную систему утилизации твердых отходов: предварительно измельченные в дробилке отходы (до < 20 мм) подаются в накопительную емкость и оттуда дозируются в мельницу для песка. При помоле в шаровой мельнице для песка можно максимально добавлять 3 – 5 % твердых отходов (сухой вес) от общей массы песка или примерно 2 – 3 % от общего количества твердых материалов.

Наиболее предпочтительным с технологической точки зрения является дозирование твердых отходов непосредственно в главный смеситель. В данном случае помимо дробилки необходима молотковая мельница для измельчения твердых отходов до размера зерен менее 1 мм. Из силоса с помощью весового оборудования сырье дозируется точно в соответствии с рецептурой в главный смеситель.

Этот метод обеспечивает точное и целевое дозирование, например для производства продукта определенной группы, и дает возможность добавлять до 10 % отходов от общей массы твердых материалов рецептуры, так как при этом методе возникает меньше проблем с вязкостью газобетонного шлама.

Производители газобетона в Германии предпочитают именно этот метод использования твердых отходов.

Производство блоков пониженной плотности. Разработки по производству блоков пониженной плотности ведутся, прежде всего, с целью расширения ассортимента газобетонной продукции, в том числе за счет выпуска сверх-легких термоизолирущих панелей плотностью не более 200 кг/м^3. Однако ресурсоресберегающий аспект играет при этом также немаловажную роль.

Рассмотрим примеры рецептур для производства блоков разной плотности. В качестве исходного для расчета возможных рецептов для блоков пониженной плотности был взят реальный рецепт одного предприятия в Германии для производства блоков плотностью 600 кг/м^3 (табл. 1).

Таблица 1

Расчетные рецептуры для производства 1 кубометра газобетонной продукции различной плотности

Характеристики	Плотность газобетона, кг/м^3				
	600	500	400	300	200
Содержание CaO в газобетоне	22	24	26	29	33
Содержание CaO в обратном шламе	22	24	26	29	33
$CaO_{известь}/CaO_{вяжущее}$	50	40	30	20	10
Водотвердое отношение	57,5	62,5	67,5	75,0	85,0
Состав смеси, кг/м^3:					
Известь	59,4	43,2	28,1	15,7	5,9
Цемент	84,3	92,0	93,0	88,9	75,9
Гипс/Ангидрит	11,4	9,4	7,5	5,5	3,6
Песок	299,2	230,5	168,6	109,6	58,3
Обратный шлам	114,0	95,0	76,0	57,0	38,0
Вода	335,8	294,8	251,8	207,6	154,5
Алюминий	0,480	0,550	0,629	0,717	0,768
Всего сухих*	568,3	470,1	373,2	276,7	181,7
Вес смеси*	904,1	764,9	625,0	484,3	336,2

* Без учета содержания алюминия

При производстве блоков пониженной плотности содержание твердых веществ в газобенной смеси значительно снижается. В рассматриваемых нами рецептах общее содержание твердых веществ уменьшается с 568,3 кг на 1 кубометр газобетонной продукции при плотности 600 кг/м^3 до 181,7 кг при плотности 200 кг/м^3. Это значит, что расход сырья на 1 кубометр продукции уменьшается на 68 %.

Конечно, это не означает, что и стоимость сырья сокращается соответственно, так как для производства блоков пониженной плотности необходимо более качественное сырье: кварцевый песок очень тонкого помола (для плотности 200 кг/м^3 остаток на сите 90 микрон не должен превышать 10 %); мелкодиперсный алюминий (средний размер зерен в пределах от 15 до 25 микрон).

Помимо этого изменяется также соотношение сырьевых материалов. Так, должно быть увеличено содержание вяжущих (известь и цемент). При этом обычно требуется увеличение содержания цемента по отношению к извести, поскольку цемент обеспечивает более высокую начальную прочность массива. Содержание песка уменьшается соответственно. Значительно увеличивается содержание алюминия, причем в данном случае не только в процентном соотношении, но и в абсолютном количестве (в нашем примере: с 0,480 кг на 1 кубометр продукции при плотности 600 кг/м^3 до 0,768 кг при плотности 200 кг/м^3).

Блоки пониженной плотности являются энергосберегающими как на этапе их производства, так и по своим эксплуатационным свойствам. При автоклавировании блоков пониженной плотности время выдержки может быть сокращено на 2 часа. Это объясняется более пористой структурой газобетона, что позволяет насыщенному пару быстрее проникать вглубь материала. По мере уменьшения плотности газобетонных блоков снижается теплопроводность материала, то есть повышаются его теплоизолирующие свойства (табл.2).

Таблица 2

Зависимость прочности на сжатие и теплопроводности газобетона от его плотности

Газобетон	Предел прочности при сжатии, Н/мм^2	Теплопроводность, Вт/м·К
РР6-0,65	7,5	0,180
РР4-0,60	5,0	0,160
РР4-0,55	5,0	0,140
РР4-0,50	5,0	0,120
РР2-0,40	2,5	0,100
РР2-0,35	2,5	0,085
РР1,6-0,30	2,0	0,080
РР1,6-0,25	2,0	0,070
Мультипор - 12	0,35	

Рекуперация тепловой энергии: подогрев питательной воды для парогенератора

При производстве автоклавного газобетона наиболее энергоемким является процесс автоклавирования. В то же время в процессе автоклавирования образуется большое количество вторичной тепловой энергии в виде отработанного пара и конденсата. Использование этой вторичной тепловой энергии позволяет существенно снизить расход энергоносителей. Наиболее эффективно вторичная тепловая энергия может быть использована для подогрева питательной воды парогенератора.

Система рекуперации тепла конденсата. Предварительный нагрев питательной воды парогенератора необходим в первую очередь с целью ее дегазации, в противном случае растворенные в воде газы вызовут коррозию металлосодержащего оборудования: парового котла, трубопровода, автоклавов.

Для удаления CO_2 и некоторых других газов питательную воду парогенератора необходимо нагреть до температуры выше 100 °С. Нагрев воды до 100 °С осуществляется в дегазаторе питательной воды обычно полностью за счет свежего пара из парогенератора. На это расходуется около 15% и более свежего пара, производимого парогенератором.

Система рекуперации тепловой энергии Wehrhahn обеспечивает подогрев питательной воды парогенератора исключительно с помощью вторичного тепла отработанного пара и конденсата, что позволяет круглогодично экономить около 15 % тепловой энергии.

Рассмотрим схематично процесс использования вторичного тепла в системе рекуперации тепловой энергии (рис. 2).

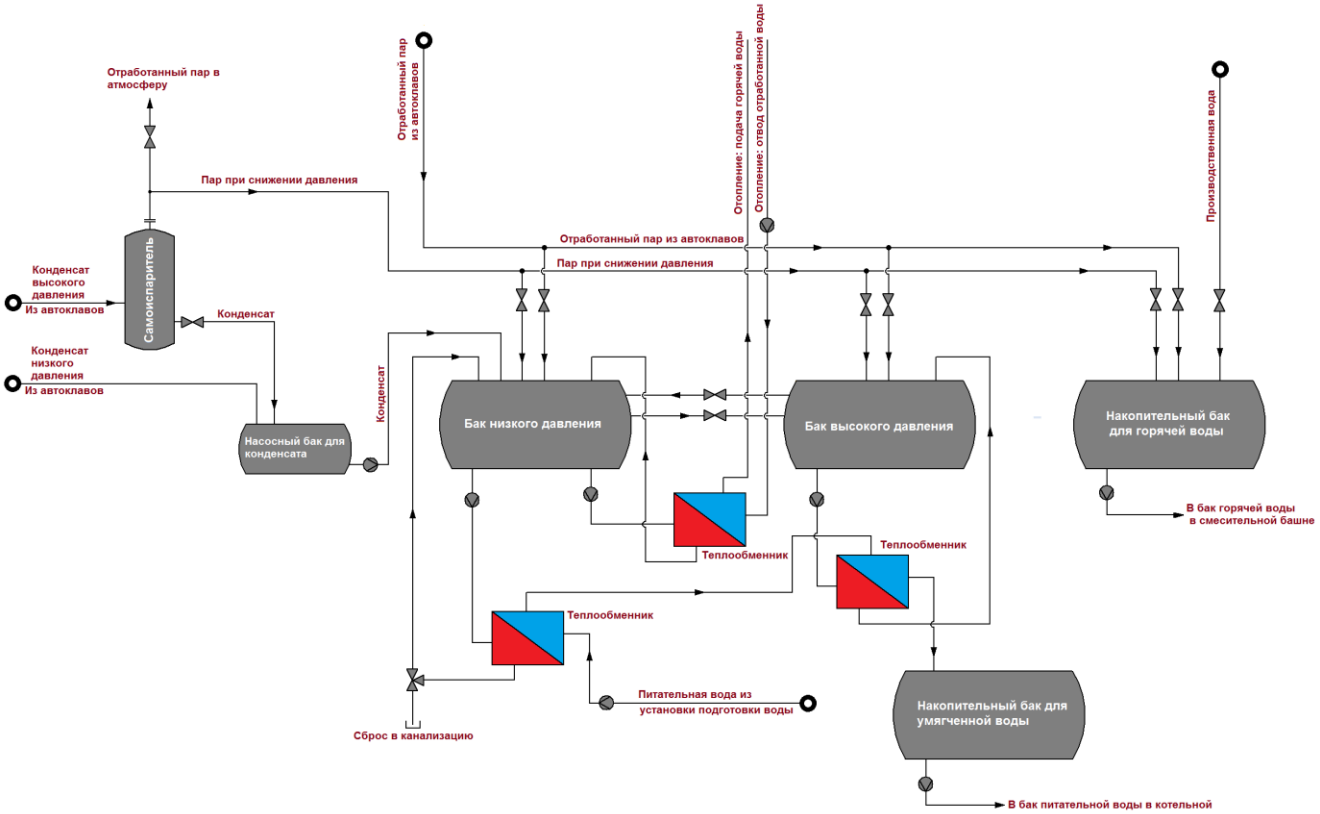


Рис. 2. Использование вторичного пара

При разогреве автоклава сначала образуется достаточно холодный конденсат. Автоматическая система управления автоклавами WACO направляет этот «холодный конденсат» прямо в бак-сборник конденсата, который представляет собой изолированную ёмкость, служащую в первую очередь для аккумуляции тепла.

По мере разогрева автоклава образуется «горячий конденсат», который содержит больше тепловой энергии. Автоматическая система управления направляет этот конденсат в самоиспаритель. Благодаря высокой температуре в самоиспарителе часть конденсата превращается в пар. Этот пар используется для нагрева дегазатора питательной воды, в результате уменьшается забор пара из парового котла для нагрева дегазатора. Затем этот уже охлаждённый «горячий конденсат» поступает в бак-сборник конденсата.

Из бака-сборника конденсат перекачивается через два циркуляционных контура с теплообменниками.

1 циркуляционный контур - это подогрев питательной воды для парогенератора в дегазаторе. Здесь холодная водопроводная вода после подготовки перекачивается через высокоэффективные теплообменники с многоступенчатым подключением, что обеспечивает максимальную теплопередачу между конденсатом и водой.

Нагретая питательная вода подается в бак-сборник умягчённой воды, где она хранится для дальнейшего использования в процессе производства пара.

2 циркуляционный контур - это нагрев циркуляционной воды для различных отопительных систем завода. Эти отопительные системы обеспечивают теплоснабжение камер предварительного твердения, путей ожидания перед автоклавами, офисных помещений, мастерских и т. д.

Нагрев питательной воды в емкости высокого давления. Помимо дегазации нагрев питательной воды парогенератора позволяет снизить энергозатраты самого парогенератора на производство пара: чем выше температура питательной воды, тем меньше тепловой энергии необходимо для образования насыщенного пара в парогенераторе.

Обычный дегазатор питательной воды с рабочим давлением немного выше атмосферного не позволяет нагревать воду до температуры выше 100 °С. При увеличении температуры воды выше 100 °С в обычном дегазаторе повышение давления ведет к тому, что срабатывает предохранительный клапан, выпуская избыточное давление. Температура воды при этом снова снижается до 100 °С.

Поэтому WEHRHAHN предлагает дегазатор питательной воды высокого давления (рабочее давление до 8 бар), позволяющий нагревать воду до 170 °С.

Опыт многих уже построенных и работающих заводов показывает, что система рекуперации тепловой энергии Wehrhahn позволяет повторно использовать до 90 % остаточного тепла, содержащегося в конденсате. Это существенно снижает нагрузку на парогенератор, обеспечивает экономию до 25 % тепловой энергии и соответствующее, очень существенное сокращение расходов на энергоносители.

Электроменеджмент и меры по снижению электропотребления (Wehrhahn Energie Management System, W-EMS)

В настоящее время на всех новых линиях Wehrhahn внедряется эффективная Система электроменеджмента (**W-EMS**), позволяющая значительно сокращать электропотребление и соответственно снижать производственные расходы и сберегать природные ресурсы. W-EMS состоит из системы сбора и обработки данных электропотребления отдельными машинами и линией в целом, а также из энергосберегающих компонентов.

Система сбора и обработки данных электропотребления. Сбор и обработка данных электропотребления позволяют:

- идентифицировать наиболее энергоемкие потребители;
- оптимизировать закупку электроэнергии (в том числе благодаря снижению пиковых нагрузок);
- протоколировать энергосберегающие мероприятия;
- формировать у обслуживающего персонала сознательное отношение к энергопотреблению.

Специальное программное обеспечение «Powermanager» сохраняет все данные электропотребления и позволяет составлять отчеты в формате EXCEL. Наиболее важная информация выводится на монитор управления и позволяет оператору вовремя распознавать неполадки оборудования по аномально высокому электропотреблению, опасность превышения допустимых пиковых нагрузок, а также мотивировать оператора к выполнению энергосберегающих мер, например, отключать гидравлическое оборудование во время пауз.

Рекуперация электроэнергии в электросеть. Обычно к частотным преобразователям подключено тормозное сопротивление, с помощью которого во время торможения электродинамическая энергия превращается в тепло. Если тормозное сопротивление находится в электрощитовой, то производимое тепло «уничтожается» с помощью кондиционера. На это охлаждение также затрачивается электроэнергия.

С помощью сетевого прибора рекуперации, который подключается к частотному преобразователю вместо тормозного сопротивления, электродинамическая энергия возвращается снова в электросеть завода, где сразу же используется оборудованием линии. В зависимости от мощности сетевого прибора рекуперации к нему можно подключить до 6 частотных преобразователей (рис. 3).

В зависимости от частоты и интенсивности процессов торможения можно экономить до 40 % стоимости электроэнергии на каждый привод. И это еще без учета экономии электроэнергии, потребляемой кондиционером.

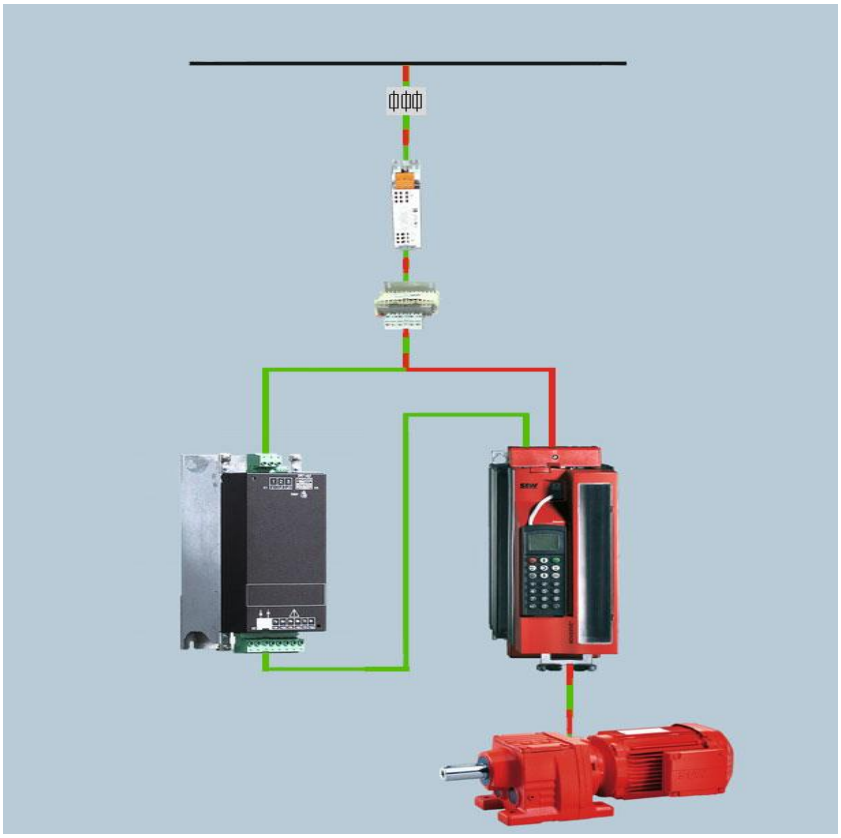


Рис. 3. Принципиальная схема рекуперации тормозной энергии, позволяющая экономить до 40 % энергии

Энергосберегающие моторы. Почти на всех электроприводах Wehrhahn применяет энергосберегающие частотные преобразователи, благодаря которым двигатели работают с оптимальным КПД, что позволяет экономить до 30 % энергии.

Так, энергосберегающий мотор, установленный на мешалку, экономит энергии больше, чем потребляет семья из 5 человек, живущая в отдельном доме! На линии по производству газобетона используется от 4 до 9 таких мешалок.

Предвидящая автоматика отключения. Новые системы управления Wehrhahn оснащены «предвидящей» автоматикой отключения. Если предвидится, что привод в ближайшее время не будет использоваться и с энергетической точки зрения выгодно его отключить, то он автоматически отключается и при необходимости автоматически включается. Это экономит электроэнергию и обеспечивает щадящий режим работы электропривода. Почти каждую линию Wehrhahn можно дооснастить «предвидящей» автоматикой отключения.

На каждом газобетонном предприятии есть возможности для увеличения эффективности производства. Надеемся, что данный обзор поможет Вам найти оптимальные пути решения этой задачи на Вашем заводе.

ПРИМЕНЕНИЕ ДОБАВОК ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

КШИШТОФ СТЕМПЕНЬ, «NOWA»
Польша

Польская компания «NOWA» занимается оптимизацией и развитием технологий в области строительной промышленности. Одним из главных направлений является оптимизация технологии производства автоклавного ячеистого бетона (АЯБ), а также производство, внедрение и продажа химических добавок, поддерживающих производство АЯБ. Наша компания имеет опыт работы с ячеистым бетоном 14 лет. В советское время автор данной статьи работал технологом - координатором концерна «Xella» в Польше.

В самом начале необходимо кратко обсудить теоретические основы применения добавок при производстве автоклавного ячеистого бетона. Технология производства АЯБ широкоизвестна. Все технологические линии, применяемые на сегодняшний день используют один и тот же алгоритм и отличаются только по техническому способу получения продукта. Ключевым этапом этого алгоритма является процесс автоклавирования.

Автоклавирование - это процесс, который является результатом всех предыдущих этапов производственного процесса. Существуют заводы, где автоклавирование происходит по одному и тому же режиму, при этом характеристики готовой продукции могут меняться.

Пытаясь понять и объяснить наблюдаемые различия, следует определить, в чем заключается процесс автоклавирования с точки зрения энергетического баланса его компонентов и взаимосвязи между ними. С точки зрения физики, автоклавирование - это процесс получения, с помощью определенной энергии, из литой ячеистобетонной смеси упорядоченного *кристаллического* состояния (ячеистого бетона). Из физики известно, что все изменения типа жидкость – газ, жидкость – твердое тело происходят с участием четко определенной энергии. То же самое происходит и в случае автоклавирования. Необходимо сообщить определенное количество энергии нашему полуфабрикату (смеси), чтобы преодолеть барьер активации фазового перехода и получить продукт, состоящий из различных минералов. Зависимость доставляемой к системе энергии от температуры представлена на рис. 1.

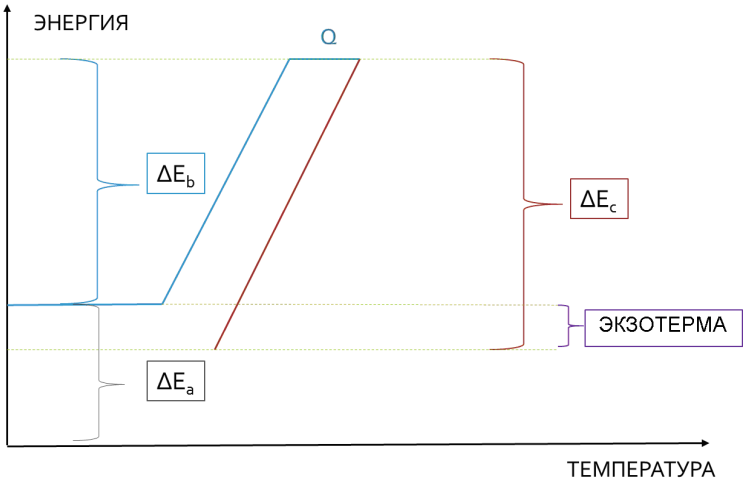


Рис. 1. Зависимость доставляемой к системе энергии от температуры

ΔEa - доставляемая энергия с сырьем (известь, цемент, молотый песок, теплая вода), а также при смешивании в смесителе, нагревание в прогревочных камерах и др.

ΔEb - доставляемая энергия с насыщенным водяным паром во время фазы роста автоклавирования. Другими словами, это энергия, необходимая для преодоления барьера активации фазового перехода.

Q – момент преодоления барьера активации фазового перехода

ΔEc – энергия, освобождающаяся в системе в результате фазового перехода массы в упорядоченную кристаллическую структуру, которая является телом с более низкой

потенциальной энергией, чем исходная ячеистобетонная смесь. Другими словами, это физико-химическая энергия, теряемая материалом, которую изображает так называемая EXOTERMA на диаграмме зависимости давления или температуры от времени (рис. 2). Это своеобразный критерий эффективности процесса. При условии хорошего автоклавирования она всегда должна появиться (рис. 3).

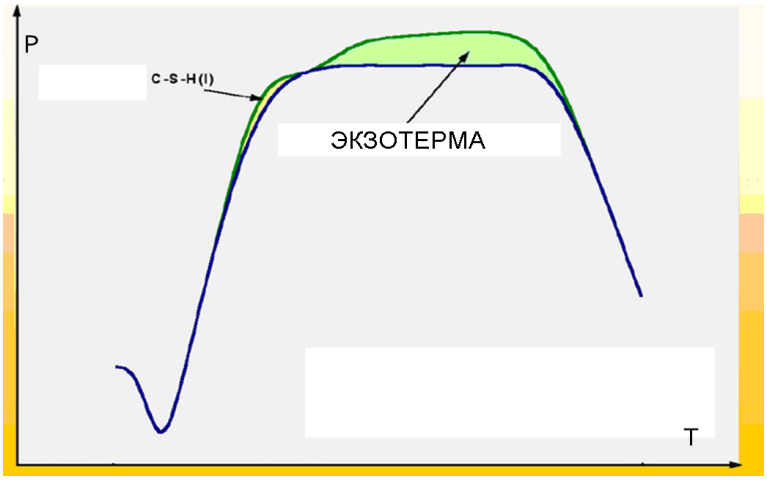


Рис. 2. Экзотермический эффект при переходе массы в упорядоченную кристаллическую структуру

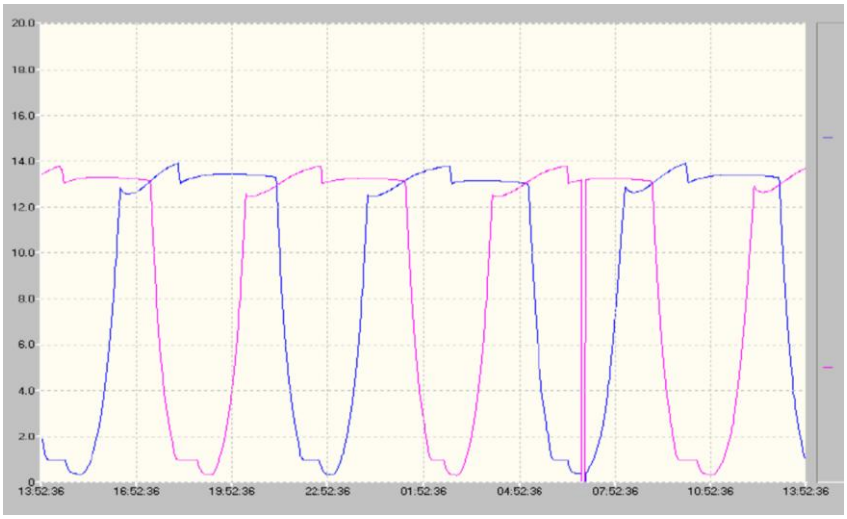


Рис. 3. Практический пример одного из заводов

Также необходимо упомянуть о физико-химической энергии, освобождающейся из сырья и во время его переработки на всех этапах до момента автоклавирования. Как известно, известь, цемент, алюминий в результате гидротации выделяют химическую энергию (энтальпия). Кроме того, они измельчены, т. е. у них есть определенная потенциальная энергия: она тем выше, чем лучше они размолоты. Песчаный шлам также имеет определенную потенциальную энергию – она выше, чем энергия сырого песка. Он приобретает энергию в процессе своего измельчения (механическая активация). Обратный шлам представляет собой смесь свежего сырья и песчаного шлама, которая сообщает дополнительную порцию энергии. Также система приобретает энергию вместе с горячей водой и другими нагретыми материалами (когда их температура выше нормальной).

При смешивании также выделяется энергия от трения между молекулами.

Кроме этого, на величину ΔEa влияет температура смесителя, форм, нагревание или охлаждение массивов до момента загрузки в автоклав, а также температура автоклавов.

На значение ΔEb, в свою очередь, кроме известных факторов (количества стали вместе с массивами, плотность бетона, температура массивов) значительно влияет минералогический баланс:

$C/S = CaO/SiO_2$

$C/G = CaO/CaSO_4 \cdot 2H_2O$

$S/A = SiO_2/Al_2O_3$

При условии соблюдения соответствующих пропорций и с учетом возникающих среди них зависимостей можно уменьшить энергию активации. Мы можем представить баланс энергии активации следующим образом:

Рис. 4. Затраты энергии

Как видно из представленной диаграммы (рис. 4), почти 50 % энергии активации потребляется для испарения воды, содержащейся в ячеистобетонной смеси. Это связано с тем, что вода имеет самую высокую теплоемкость среди всех известных веществ. Чтобы нагреть 1 кг воды и получить водяной пар требуется 2257 кДж (рис. 5).

Потребность в энергии в зависимости от плотности выпускаемого АЯБ выглядит следующим образом: для плотности 350 кг/м^3 необходимая энергия: 59,6 кВт.ч/м^3; для плотности 600 кг/м^3 необходимо 91,9 кВт.ч/м^3.

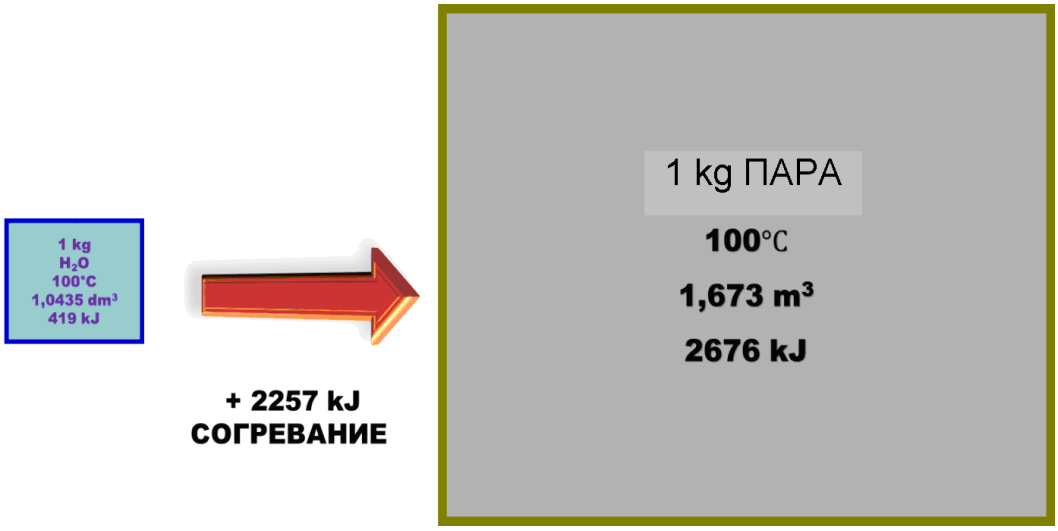


Рис. 5. Расход энергии на нагрев воды

Одним из основных параметров, контролируемых при производстве АЯБ, является водотвердое отношение (В/Т). Чем данный показатель выше, тем больше энергии необходимо для преодоления энергетического барьера активации (рис. 6).

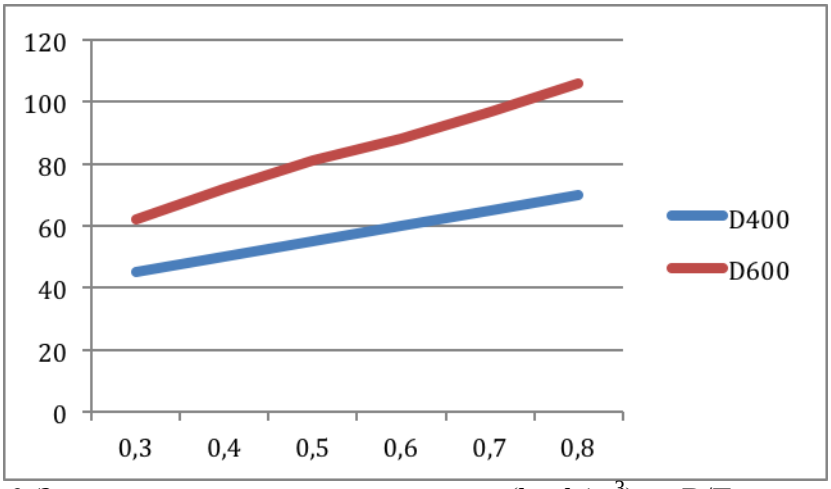


Рис. 6. Зависимость энергии активации в (kWh/m^3) от B/T отношения

Из представленных данных видно, что с сокращением воды в массивах появляется дополнительный потенциал свободной энергии ΔE.

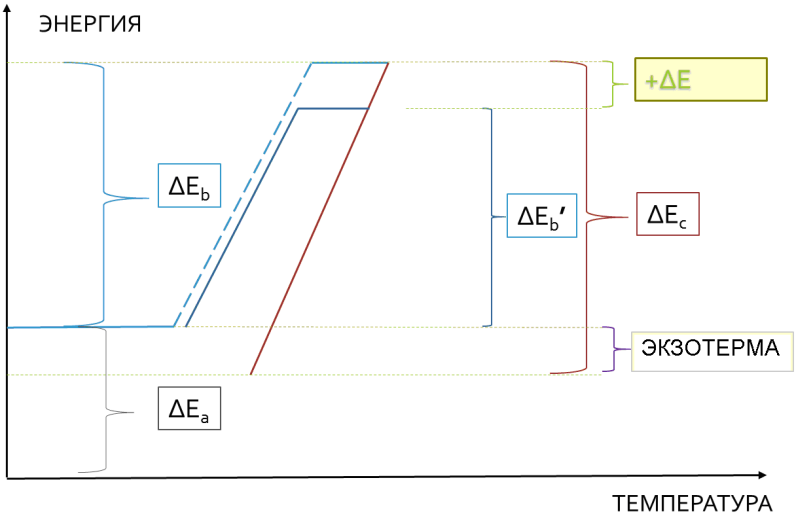


Рис.7. Свободная энергия при сокращении содержания воды в смеси

Этот потенциал ΔE может быть использован для оптимизации процесса автоклавирования или для понижения ΔEa, то есть, например, сокращения химической энергии извести и цемента = ΔEa'. Другими словами это позволит сократить расход этих материалов в рецептурах и приведет к ощутимой экономии затрат.

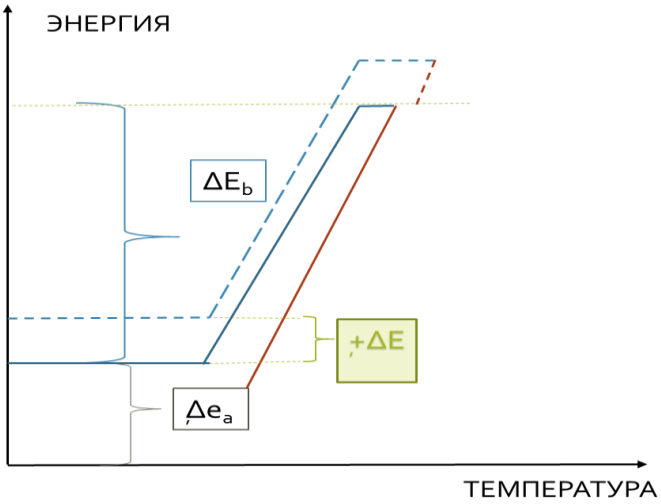


Рис. 8. Понижение ΔEa

Кроме того, за счет сокращения воды в массивах мы можем получить материал более высокого качества, без поврежденных углов, и т. д.

Однако снижение В/Т за счет корректировки рецептуры может привести к негативным последствиям: проблемам с вспучиванием и стабильностью массивов; возникновением трещин, ухудшением структуры и внешнего вида массивов, увеличением расхода газообразователей. Нам удалось найти решение этой проблемы, используя в качестве вспомогательного средства химическую добавку в виде специально созданной композиции природных полимеров со специальными добавками.

Действие добавок аналогично действию добавок, применяемых при производстве товарного бетона. Основой добавки являются полимерные молекулы, состоящие из гидрофильной группы, имеющей статический заряд, и гидрофобной цепи.

После добавления добавки к раствору молекулы поглощаются заряженной поверхностью зерен сырья, создавая своего рода барьеры против притягивания противоположно заряженных молекул.

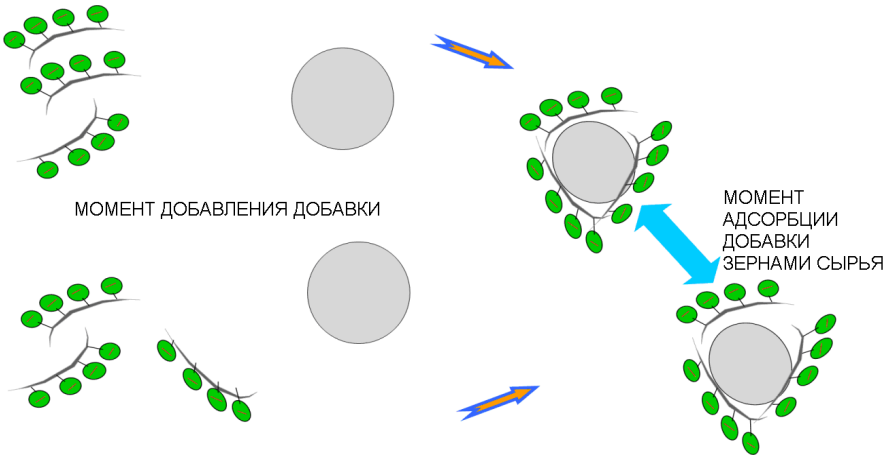


Рис. 9. Введение добавки в смесь

Длинные гидрофильные цепи действуют как пружины и противодействуют сближению молекул. Речь идет об электростатическом и сферическом результатах действия добавки. Другое влияние добавки - это его смазочная способность: способность уменьшать трение между молекулами. Кроме того, наблюдается очень желательный при производстве ячеистого бетона эффект задержки гидратации оксида кальция.

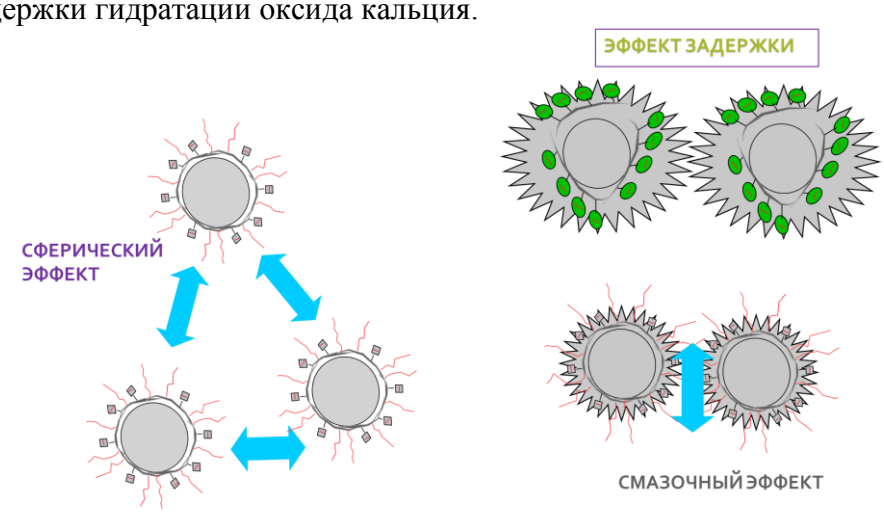


Рис. 10. Влияние добавки

Кроме того, в состав средств входят поверхностно-активные вещества, которые дают лучшее смачивание молекул, перемешивание замеса и меньшее напряжение бетонной массы во время порообразования.

Добавками для производства ячеистого бетона мы начали заниматься в 2003 году: проводили испытания на заводах концерна «Xella» в Польше (технология YTONG). В настоящее время они полностью оптимизированы и широко используются на заводах по производству ячеистого бетона.

Расход добавки в большинстве случаев – это 0,01 % от сухих компонентов. Добавка вводится непосредственно в смеситель. Добавка позволяет уменьшить В/Т в 2 раза. Также применение добавки приводит к сокращению расхода извести и цемента до 20 %, при этом расход порообразователя не увеличивается. Это повышает пластичность массы и улучшает ее структуру. Что касается готового изделия - наблюдается увеличение прочности при сжатии, снижение влажности и повышение морозостойкости.

В настоящее время мы предлагаем добавки:

PORPLAST - 2. Используется для АЯБ с плотностью > 500 кг/м^3.

PORPLAST - 3. Используется АЯБ с плотностью <500 кг/м^3.

В каждом конкретном случае, добавки могут быть адаптированы под условия конкретного производства, применяемого сырья и других факторов.

Кроме того, мы разработали средство для обезжиривания алюминия: SULFOMIKS-20 и SULFOMIKS-35. Это средство, кроме соли ABSNa, имеет в своем составе пеноотделитель, аммонийный буфер и другие средства, способствующие гомогенизации алюминиевых сплавов.

Эти средства являются полностью безопасными для людей и окружающей среды.

РЕКЛАМНЫЙ РАЗДЕЛ

НАДЕЖНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ WKB – ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ВАШЕЙ ПРОДУКЦИИ

Фирма WKB Systems GmbH – немецкий производитель высокотехнологичного оборудования для производства строительных материалов (силикатного кирпича, ячеистого бетона, керамического кирпича), кузнечной промышленности, а также оптимальных решений модернизации/автоматизации производственных процессов.

Являясь надежным партнером международных заказчиков, WKB Systems GmbH предлагает полный спектр услуг в области машиностроения:

- проектирование
- конструирование
- производство оборудования
- программирование
- шеф-монтаж
- ввод оборудования в производство
- обучение персонала
- послепродажное обслуживание
- поставки запчастей

Специалисты компании WKB Systems GmbH обладают многолетним профессиональным опытом, обширным ноу-хау, абсолютной ориентацией на требования заказчика. Непосредственный доступ к международному производству ячеистого бетона и силикатного кирпича позволяет разрабатывать современные, проверенные на практике решения, повышающие конкурентоспособность наших заказчиков.

Инновативные технологии, комплексные решения и индивидуальный подход к заказчику характеризуют WKB Systems GmbH как надежного партнера на международном рынке машиностроения. Таким образом, оборудование и технологические линии WKB эксплуатируются сегодня почти на всех континентах – в странах Европы и СНГ, в странах Азии, Америке, Африке, Тайланде.

Оборудование для производства ячеистого бетона

WKB Systems GmbH выполняет полное оснащение заводов и производит оборудование для производства ячеистого бетона.

На Комбинате стеновых материалов Кубани производство ячеистого бетона осуществляется с использованием оборудования WKB Systems GmbH. Полностью автоматизированная технологическая линия WKB гарантирует производство 300 000 м³ высококачественных блоков ячеистого бетона в год.

Песок составляет большую часть сырьевой массы. Известь и цемент отвечают за прочность готовой продукции. Алюминиевая пудра/паста способствует процессу брожения и образованию пор. Точный подбор рецептуры оказывает решающее влияние на свойства конечной продукции и ее качество. На участке массоподготовки используется система контроля дозирования и смешивания компонентов.

Перед последующей обработкой песок мелко измельчается в мельнице мокрого помола и смешивается с водой. Для каждого процесса смешивания сырьевые материалы подаются по отдельности в весовые емкости, а затем поступают в строго установленной последовательности в смесительную установку, где они смешиваются в однородную смесь. Определенное количество ячеистобетонной смеси подается из смесительной установки в предварительно смазанную заливную форму. Созревание массива происходит при точно определенных температурах в тепловой камере в течение 2,5 – 3 часов с целью увеличение объема и схватывания массы. Таким образом ячеистый бетон состоит на 80 % из воздуха и только на 20% из твердых частиц.

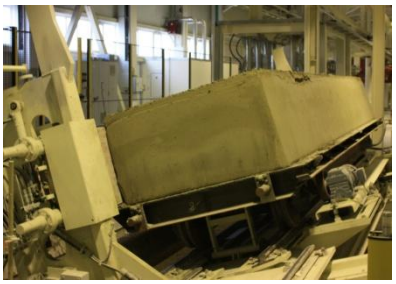
Заливные формы WKB специально разработаны для щадящего и качественного отделения сырого массива от формы. Соединение и разъединение днища и бортов формы осуществляется портальной установкой. При этом сырой массив перемещается очень осторожно, что исключает появление повреждений, которые видны лишь после автоклавирования блоков. Литьевая технология WKB гарант высокой однородности готовых изделий по плотности и прочности.

В настоящее время массив достаточно мягок, поэтому он может быть калиброван и нарезан на блоки желаемых форматов без особых усилий. Линия резки WKB CL1 гарантирует отличное качество резки и состоит из следующих узлов: предварительная резка, 2 кантователя, калибровка, горизонтальная и вертикальная резка.

На участке предварительной резки на горизонтально расположенном массиве отрезается неровность массива. После этого массив ячеистого бетона при помощи кантователя переворачивается на 90° и устанавливается вертикально на резательном поддоне. На калибровке подрезаются бока вертикально расположенного массива, осуществляется нарезка длины блока и наносятся «пазы/гребни». На участке горизонтальной резки нарезается высота блока. Пневматически натянутые металлические струны горизонтальной резки расположенны под углом 0-60°. Это гарантирует вывод струн без повреждения массива. Натянутые струны вертикальной резки, расположенные в зависимости от формата блоков, движутся в противоположном направлении осциллированными движениями. Они проходят через массив сверху вниз, нарезая при этом ширину блока. В заключение осуществляется подрезка задней и передней части массива. Обрезки подаются на установку использования обратного шлама. При необходимости возможен нарез захватов фрезой.

Вакуумный отсос удерживает верхний подрезной слой (горбушку), который позже падает в приямок и при помощи скребкового транспортера подается снова в производство.

Во время второго процесса кантования массив переворачивается на 90° на стоящий автоклавный поддон. Нижний слой массива задерживается на резательном поддоне вакуумным захватом. Как только автоклавный поддон отходит от участка резки, вакуумный захват ослабляет свое действие, нижний слой массива попадает в приямок и подается на установку использования обратного шлама.

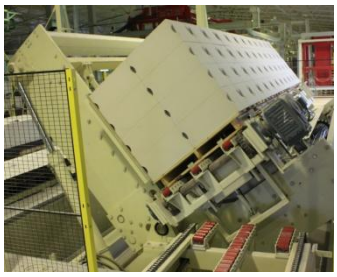


Автоклавный поддон при помощи захвата размещается на автоклавной вагонетке и перемещается к участку автоклавирования посредством фрикционных колес. Загрузка и

разгрузка автоклава осуществляется с помощью электропередаточного моста. Автоклав вмещает 18 массивов ячеистого бетона. Процесс авоклавирования происходит при давлении в 12 Бар и температуре 190°, при этом ячеистый бетон приобретает окончательные физико-химические характеристики. Полный процесс автоклавирования продолжается 12 часов.

После процесса автоклавирования автоклавные поддоны снимаются с автоклавной вагонетки при помощи портальной грейферной установки и транспортируются к третьему кантователю.

Портальная установка перемещает весь пакет с затвердевшими блоками с автоклавной вагонетки на кантователь. Следующим шагом второй пакет с блоками размещается на первом и кантователь переворачивает их на 90° на деревянные поддоны.



Деревянные поддоны с блоками по одному подаются на установку упаковки. Здесь блоки упаковываются в пленку-стреч. Пакеты с блоками ячеистого бетона транспортируются при помощи автопогрузчика на склад.

Блоки ячеистого бетона, произведенные на линии WKB Systems GmbH, отвечают европейским стандартам качества.

Преимущества оборудования WKB Systems GmbH для производства ячеистого бетона:

- Низкий расход материалов благодаря точному дозированию
- Специально разработанная форма предотвращает повреждения массива при распалубке
- Высокая однородность готовых изделий - литьевая технология WKB
- Использование портальных установок
- Высокое качество резки - обработка массива со всех сторон
- Безотходное производство – полная переработка отходов
- Низкое потребление энергии
- Европейское качество продукции

Оборудование для производства силикатного кирпича

WKB Systems GmbH предлагает полное оснащение заводов и отдельные установки для производства силикатного кирпича.

Прессы являются основной составляющей каждого завода по производству силикатного кирпича. Все прессы WKP фирмы WKB Systems GmbH отличаются долгим сроком службы, надежностью, высоким качеством и разнообразием производимой продукции. Благодаря использованию прессов WKP возможно производство полнотелых и пустотелых кирпичей/блоков. Самым известным прессом является пресс WKP 750, который впечатляет

своей производительностью. Так, до 10 000 кирпичей в час могут быть произведены при максимальной мощности прессования до 750 тонн.

Одним из преимуществ пресса является его компактность. Пресс занимает очень малую площадь и может быть использован в целях модернизации производства и заменить оборудование с меньшей производительностью.

Для производства мелкоформатных и среднеформатных кирпичей (высота до 250 мм) используется пресс WKP 750S. Специально сконструированный штапелеукладчик размещает силикатный кирпич в автоматическом режиме на запарочной вагонетке определенным образом, что гарантирует оптимальное использование автоклава.

Пресс двустороннего прессования WKP750 DD используется в производстве среднеформатных силикатных изделий (высота до 250 мм). Благодаря двустороннему прессованию гарантируется высокая и равномерная прочность кирпича. На данном прессе производится также мелкоформатный облицовочный кирпич и блоки с повышенными характеристиками прочности для дальнейшей обработки на установке колки и рустирования.

Установки пакетирования фирмы WKB имеют модульную конструкцию и могут быть индивидуально подобраны согласно требованиям заказчика. Накопители поддонов, снабжающие установку пакетирования, являются решающим фактором для использования автоматизированной системы упаковки силикатного кирпича. Кроме того, предлагаются такие системы подачи поддонов, как цепные или роликовые транспортеры, а также роликовые конвейеры с тактовым толкателем.

Сервисное обслуживание WKB Systems GmbH включает:

- Поставка запчастей и быстроизнашивающихся деталей
- Тех. обслуживание оборудования
- Ремонтные работы
- Модернизация технологических линий без остановки производства
- Автоматизация производственных процессов

Преимущества сотрудничества с WKB Systems GmbH:

- Отдельные установки и заводы под ключ из одних рук
- Опыт собственного производства ячеистого бетона и силикатного кирпича
- Собственные конструкторские разработки (механика, электрика, гидравлика/пневматика, программное обеспечение)
- Адаптация технологий для Российского рынка фирмой WKB Engineering
- Модернизация / автоматизация технологических линий без остановки производства
- Прямые поставки запчастей со склада в России / послепродажное техобслуживание оборудования
- Поддержка заказчика на любой стадии проекта

Более подробную информацию Вы найдете на нашем сайте www.wkb-systems.com.

WKB

innovation made by experience

инновации опыт качество

Силикатный кирпич

Ячеистый бетон

- оборудование и заводы „под ключ"
- шеф-монтаж и ввод в производство
- обучение персонала
- поставка запчастей
- техобслуживание
- автоматизация/модернизация производства

надежное оборудование WKB –
высокое качество Вашей продукции

Наш партнер

Josef Jasper
Behälter- und Apparatebau

Спектр услуг

конструирование и инжиниринг/автоклавы
технологические резервуары и аппараты/
установки подготовки воды/вытяжные трубы/колонны

www.jasper-behaelterbau.de

WKB Systems GmbH • Daimlerstraße 5-8 • 48477 Horstel/Германия • тел. +49 5459 8059 297 • факс +49 5459 8059 25
info@wkb-systems.com • www.wkb-systems.com

ПРОИЗВОДСТВО СОВРЕМЕННЫХ ГИДРОФИЛЬНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ПУДР И ПАСТ ДЛЯ ГАЗОБЕТОНА

С.В. ЗМАНОВСКИЙ, П.Н. НИКИТИН, ОК РУСАЛ

В связи с повышением требований к теплозащите зданий и сооружений, как одного из этапов решения задач ресурсо- и энергосбережения в строительстве, наблюдается увеличение спроса на ячеистые бетоны автоклавного твердения. Ежегодный рост объема производства газобетона в странах СНГ составляет 15-20 %.

Выбор качественных сырьевых компонентов – извести, цемента, песка, гипса, алюминиевой пудры или пасты – обеспечивает уникальные эксплуатационные свойства газобетонных блоков. Как известно, в странах СНГ рынок сырьевых материалов очень богат, но не совершенен. Из большого количества предприятий, занимающихся добычей и поставками сырья заводам-производителям строительных материалов, стабильность качества сырьевых компонентов могут гарантировать лишь единицы.

Многим заводам приходится работать с известью, характеризующейся высокой изменчивостью свойств и часто пониженной активностью и короткими сроками гашения; песком, содержащим повышенное количество илистых, глинистых и пылевидных частиц (ИГП). Ячеистобетонная смесь в момент ее выгрузки из смесителя нередко имеет высокую температуру летом и низкую - зимой.

В этих условиях выбор оптимального газообразователя играет первостепенную роль.

До недавнего времени основным газообразующим компонентом, применяемым на заводах по производству ячеистого бетона в странах СНГ, являлась пигментная алюминиевая пудра (марки ПАП-1 и ПАП-2), производимая по ГОСТ 5494 и требовавшая дополнительного прокаливания либо введения поверхностно-активных веществ в процессе приготовления алюминиевой суспензии.

В процессе производства пигментов ПАП-1/ПАП-2 проводится контроль показателей, значения которых регламентируются вышеуказанным ГОСТом (кроющая способность на воде, гранулометрический состав (остаток на ситах), всплываемость, химический состав), при этом, характеристики, существенно влияющие на процесс формирования газобетонного массива, остаются не определенными (табл. 1).

Таблица 1

Показатели, регламентирующиеся ГОСТ 5494

Марка	Кроющая способность на воде, см^2/г, не менее	Гранулометрический состав			Химический состав, %							Всплываемость, %, не менее
		Остаток на ситах, %, не более (номера сеток по ГОСТ 6613)			$Al_{акт}$, не менее	Примеси, не более						
		+008	+0056	+0045		железа	кремния	меди	марганца	влаги	жировых добавок	
ПАП-1	7000	1	-	-	-	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8	80
ПАП-2	10000	-	0,3	0,5	-	0,5	0,4	0,05	0,01	0,2	3,8	80

Кроющая способность на воде может значительно отличаться для одной и той же марки. Теоретически, пудры, имеющие кроющую способность на воде ≥ 10000 см^2/г, маркируются под марками ПАП-2. Однако в случае, когда остаток на одном из сит не удовлетворяет указанным выше требованиям (остаток на сите +0056 > 0,3 % или на сите +0045 > 0,5 %), пудры маркируются под марками ПАП-1.

При этом возникает ситуация, когда кроющая способность на воде ПАП-1 оказывается выше аналогичной характеристики пудры ПАП-2 (табл.2).

Таблица 2

Фактические характеристики пигментных пудр ПАП-1/ПАП-2

Марка	Кроющая способность на воде, см^2/г	Гранулометрический состав			Средний размер частиц Д50, мкм
		Остаток на сите +008, %	Остаток на сите +0056, %	Остаток на сите +0045, %	
ПАП-1	7 000-11 000	0 - 1	-	-	15 - 35
ПАП-2	10 000-13 000	-	0 – 0,3	0 – 0,5	10 - 25

Если говорить о среднем размере частиц, то этот показатель также значительно отличается для продуктов одной марки, однако данный параметр не контролируется.

Работая по оптимизированной рецептуре, технологи, в случае изменения характеристик продукта, сталкиваются с нестандартным процессом газовыделения, приводящим, в конечном итоге, к выпуску некачественной продукции (рис. 1).

Рис. 1. Некондиционные газобетонные блоки, полученные в результате использования некачественного газообразователя

Однако согласно ГОСТ 5494 нормативные характеристики пудры отвечают необходимым требованиям, а следовательно, использованная пудра является качественной.

При инструментальном осмотре пигментной пудры можно заметить наличие комков, состоящих из сваренных между собой алюминиевых частиц, образующихся в процессе размола. При приготовлении алюминиевой суспензии подобные частицы не отделяются друг от друга, и вводимое поверхностно-активное вещество обволакивает не отдельные частицы, а укрупненный агломерат в целом.

Наличие комков не позволяет получить однородную структуру ячеистого бетона. Образующиеся ячейки больших размеров имеют далёкую от идеальной сферы форму и тенденцию соединяться между собой при вспучивании массива (рис. 2).

Рис. 2. Газобетонные блоки, полученные в результате использования пудры, содержащей сваренные алюминиевые частицы

Укрупненные поры могут быть вызваны также некорректно подобранной вязкостью ячеистобетонной смеси и не подходящим гранулометрическим составом газообразователя.

Полное превращение агломерата в гидроалюминат кальция

$$2Al + Ca(OH)_2 + 6\,H_2O \rightarrow CaO\cdot\,Al_2O_3\cdot 4\,H_2O + 3H_2\uparrow$$

происходит значительно медленнее аналогичной реакции с участием свободной частицы, часто вызывая бурную конечную стадию газовыделения, сопровождающуюся значительной просадкой массива или полным его падением (рис. 3).

Рис. 3. Газобетонный массив, полученный в результате использования некачественного газообразователя

Нестабильность свойств пигментной пудры привела к необходимости разработки новых видов газообразователей, отвечающих современным требованиям газобетонных производств. Кинетика газовыделения, содержание активного алюминия, средний размер частиц (D_{50}), а также величины D_{10} и D_{90}, характеризующие их однородность, – параметры, существенно влияющие на технологический процесс производства газобетона.

В 2012 году ОК РУСАЛ реализовано 7 752 т алюминиевых компонентов для производства газобетонных изделий на рынке стран СНГ и Европы. Объединенная компания крепко удерживает лидирующие позиции в данном сегменте рынка и планирует увеличение объема продаж уже с 2014 года более чем на 1400 т с последующим ежегодным наращиванием объемов.

Для реализации поставленных задач в 2013 году компанией инвестировано более 5 млн. долларов на модернизацию размольного оборудования для ООО «СУАЛ-ПМ», г. Шелехов, позволяющего производить новые гидрофильные газообразователи.

Исходя из требований рынка, ОК РУСАЛ разработала новые виды алюминиевых гидрофильных пудр для производства газобетона (табл. 3).

Таблица 3

Алюминиевые гидрофильные пудры для газобетона, производимые ОК РУСАЛ

Марка	Содержание активного алюминия, %	Средний размер частиц D_{50}, μm	Смачиваемость	Рекомендуемая плотность газобетона, кг/м^3
ГАП -1	> 91	≤ 15	+	< 450
ГАП - 2	> 91	15-25	+	350-500
ГАП - 3	> 91	25-35	+	500-600
ГАП - 4	> 91	35-45	+	> 600
ГАП - 5	> 91	45-55	+	> 600

Процесс производства гидрофильных алюминиевых пудр осуществляется сухим измельчением алюминиевой заготовки в атмосфере инертного газа (азота) с контролируемым содержанием кислорода. Для придания пудре гидрофильных свойств, предупреждения

сваривания алюминиевых частиц, а также уменьшения пыления конечного продукта и сокращения времени приготовления алюминиевой суспензии, в процессе измельчения в мельницу подается комплексная добавка.

Одним из компонентов комплексной добавки является поверхностно-активное вещество. Подача ПАВ непосредственно в мельницу позволяет добиться его равномерной адсорбции на алюминиевых частицах, исключая присутствие укрупненных агломератов (склеенных комков), часто возникающих при производстве гидрофобной пудры марок ПАП, как указывалось выше.

Существенным фактором, влияющим на формирование однородной структуры газобетона, является однородность самих частиц. Остаток на сите не дает полной картины гранулометрического состава пудры, когда речь идет о столь малых величинах.

Оснащенные современным оборудованием лаборатории ОК РУСАЛ позволяют контролировать этот показатель на качественно новом уровне. Лазерный дифракционный микроанализатор размеров частиц «Analysette 22» фирмы FRITSCH – прибор, основанный на явлении дифракции сходящегося лазерного луча и зависимости угла рассеяния света от размера частиц.

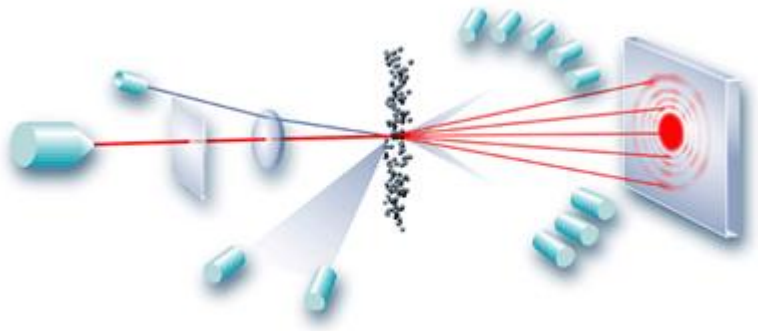


Рис. 4. Принцип работы лазерного дифракционного микроанализатора

Прибор позволяет измерять эквивалентный диаметр частиц и их распределение по фракциям, составляющим 10% (D_{10}), 50% (D_{50}) и 90% (D_{90}) по массовой доле твердого вещества. Метод является более точным и быстрым (подготовка и анализ занимают около 5 минут) по сравнению со способом определения гранулометрического состава пудр путем их просеивания через сита.

Interpolation Values... C:\Program Files\a22___32\FRITSCH\0,1_100.FPS

****** %	<=	0.100 µm	5.9 %	<=	5.000 µm	21.0 %	<=	10.000 µm
55.3 %	<=	20.000 µm	78.2 %	<=	30.000 µm	89.8 %	<=	40.000 µm
95.0 %	<=	50.000 µm	97.4 %	<=	60.000 µm	98.4 %	<=	70.000 µm
99.0 %	<=	80.000 µm	99.3 %	<=	90.000 µm	99.5 %	<=	100.000 µm

Interpolation Values... C:\Program Files\a22___32\FRITSCH\10_50_90.FPV

10.0 %	<=	6.580 µm	50.0 %	<=	18.299 µm	90.0 %	<=	40.324 µm

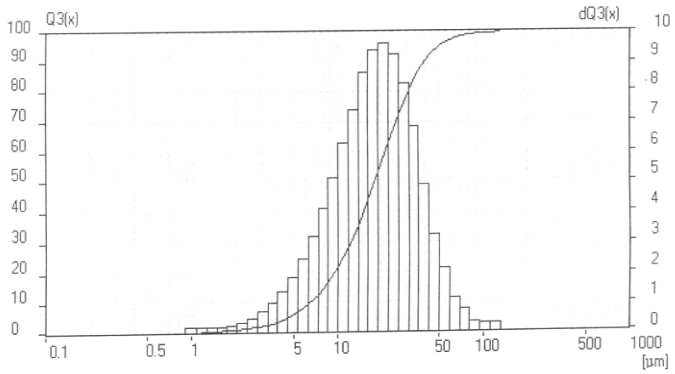


Рис. 5. Данные гранулометрического состава пудр, полученные методом лазерной дифракции

Лаборатория осуществляет непрерывный поэтапный производственный контроль выпускаемой продукции.

Промышленное оборудование позволяет получать пудры монодисперсного состава (далее «узкие» пудры).

Полидисперсный состав пудр (далее «широкие» пудры) ухудшает структуру ячеистого бетона и вызывает перерасход газообразователя.

Таким образом, гранулометрический состав (величины D_{10}, D_{50}, D_{90}) – это основная характеристика, существенно влияющая на кинетику газовыделения.

Кинетика газовыделения 2 типов пудр представлена кривыми на рис. 6.

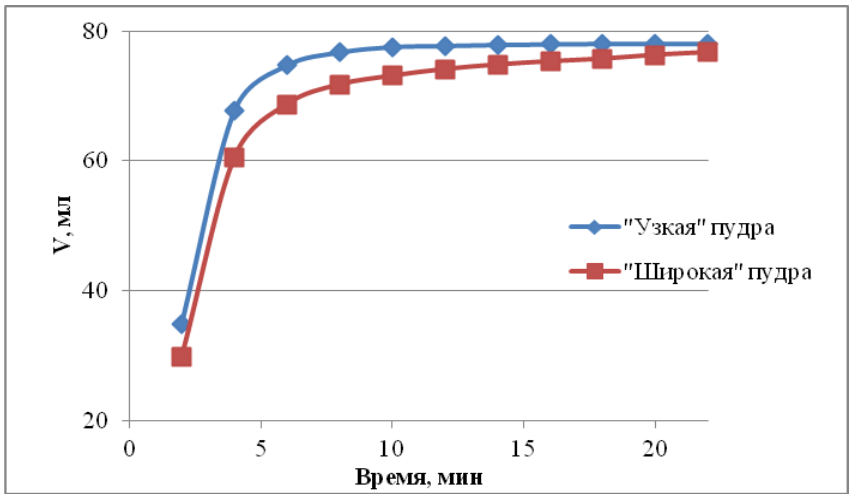


Рис. 6. Кривые газовыделения алюминиевых пудр

Представленные на рис.6 пудры имеют следующий гранулометрический состав:

Таблица 4

Размер зерен газообразователя

Тип пудры	$Д_{10}$, мкм	$Д_{50}$, мкм	$Д_{90}$, мкм
"Узкая" пудра	11,1	24,7	45
"Широкая" пудра	9,0	22,1	58,3

Полное окончание газовыделения «узких» пудр происходит на 5-10 минут раньше по сравнению с пудрами, имеющими широкий фракционный состав. Этот показатель является определяющим для многих производителей ячеистого бетона.

Прирост объема газа после 16 минуты (лабораторный метод определения кинетики газовыделения) вызывает либо значительную просадку смеси, либо возникновение усадочных трещин при промышленном производстве газобетона (рис. 7).

Рис. 7. Усадочные трещины, вызванные приростом объема газа после 16 минуты

Усадочные трещины могут возникать также при некорректном выборе крупности газообразователя (существует ряд других факторов, которые в данном исследовании не рассматриваются).

ОК РУСАЛ выпускает 5 марок алюминиевых гидрофильных пудр.

Пудры имеют различный гранулометрический состав, а следовательно, отличаются кинетикой газовыделения (рис. 8).

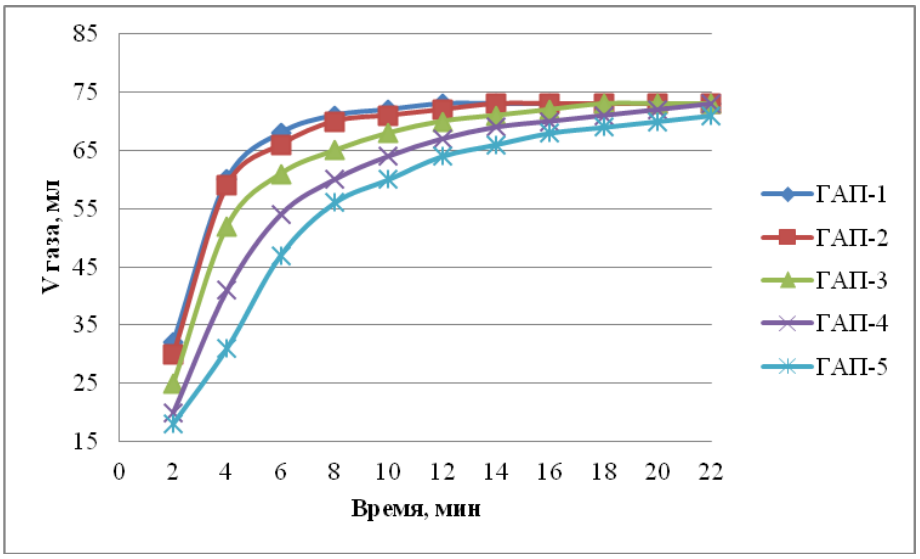


Рис. 8. Кривые газовыделения алюминиевых гидрофильных пудр ОК РУСАЛ

Наличие 5 марок пудр с узким гранулометрическим составом позволяет подобрать оптимальный газообразователь для каждого газобетонного завода, имеющего свои технологические особенности и специфику сырьевой базы, включая возможность смешения крупных и мелких пудр в различных соотношениях.

Известно, что на газообразующую способность ячеистобетонной смеси влияет ряд факторов. Основные из них – начальная вязкость, текучесть смеси, ее температура, скорость образования структуры с определенными свойствами, дисперсность алюминиевой пудры (пасты) и ее количество, химический состав среды [1].

Выбор оптимального гранулометрического состава пудры, определяющего размеры пор ячеистого бетона и кинетику газовыделения, - одна из основных задач любого газобетонного производства.

В настоящий момент средняя плотность газобетона, продаваемого в Северо-западном федеральном округе РФ, самая низкая по России — она составляет менее 440 кг/м^3 (более 60 % реализуемого газобетона имеет марки по средней плотности D400 и D300). А по России средняя плотность газобетона составляет чуть более 500 кг/м^3 [2].

ОК РУСАЛ производит газообразователи с гранулометрическим составом 10-55 мкм. Продукты со средним размером частиц < 15 мкм - оптимальны при производстве газобетона плотностью < 450 кг/м^3.

В 2011-2013 годах клиентами, потребляющими гидрофильные алюминиевые пудры марок ГАП, стали:

- Xella (Нидерланды);
- Neochem (Индонезия);
- LCC Siporex (Саудовская Аравия) и др.

Распространения в России гидрофильные пудры не получили, по причине того, что заводы, работающие на пудрах, предпочитают пигментные пудры ПАП, несмотря на многочисленные проблемы при их использовании.

Для существенного снижения пыления значительная часть современных заводов по производству автоклавного газобетона использует исключительно алюминиевые пасты.

Главными преимуществами работы с алюминиевыми пастами является практически полное отсутствие пыления (повышенная безопасность работы) и уменьшение влияния

погрешности дозирующего оборудования. Кроме того, существует ряд заводов, способных работать исключительно на пастах.

Повышенный расход является основным недостатком использования алюминиевых паст.

ОК РУСАЛ производит 15 видов алюминиевых паст, отличающихся друг от друга гранулометрическим составом (аналогично алюминиевым гидрофильным пудрам), а также содержанием сольвента (табл. 4).

Таблица 5

Алюминиевые пасты для газобетона, производимые ОК РУСАЛ

Марка	Содержание металла, %	Содержание активного алюминия в металле, %	Среднийр азмер частиц D_{50}, μm	Смачиваемость	Рекомендуемая плотность газобетона, кг/м^3
АПГ-1.1	≥ 85	> 91	≤ 15	+	< 450
АПГ-1.2	75-85	> 91	≤ 15	+	< 450
АПГ-1.3	65-75	> 91	≤ 15	+	< 450
АПГ-2.1	≥ 85	> 91	15-25	+	350-500
АПГ-2.2	75-85	> 91	15-25	+	350-500
АПГ-2.3	65-75	> 91	15-25	+	350-500
АПГ-3.1	≥ 85	> 91	25-35	+	500-600
АПГ-3.2	75-85	> 91	25-35	+	500-600
АПГ-3.3	65-75	> 91	25-35	+	500-600
АПГ-4.1	≥ 85	> 91	35-45	+	> 600
АПГ-4.2	75-85	> 91	35-45	+	> 600
АПГ-4.3	65-75	> 91	35-45	+	> 600
АПГ-5.1	≥ 85	> 91	45-55	+	> 600
АПГ-5.2	75-85	> 91	45-55	+	> 600
АПГ-5.3	65-75	> 91	45-55	+	> 600

Баланс «степень пыления – расход газообразователя» для различных производств различен. Выпуск алюминиевых паст с большим или меньшим содержанием сольвента позволяет выбрать наиболее оптимальный вариант для каждого потребителя (табл. 5).

Таблица 6

Изменение степени пыления и расхода газообразователей

Название продукта	Содержание металла, %	Расход, кг/м^3 ячеистобетонного массива плотности Д 500 (до разрезки)	Уменьшение степени пыления газообразователя
ГАП-2	> 95	0,39	↓
АПГ-2.1	90	0,41	
АПГ-2.2	80	0,44	
АПГ-2.3	73	0,47	

Расход газообразователей ГАП-2, АПГ-2.1, АПГ-2.2, АПГ-2.3 демонстрирует увеличение потребления и уменьшение степени пыления при переходе от ГАП-2 к АПГ-2.3, вызванное увеличением содержания сольвента.

Увеличение содержания сольвента вызывает уменьшение выделяемого водорода без изменения кинетики газовыделения (рис. 9).

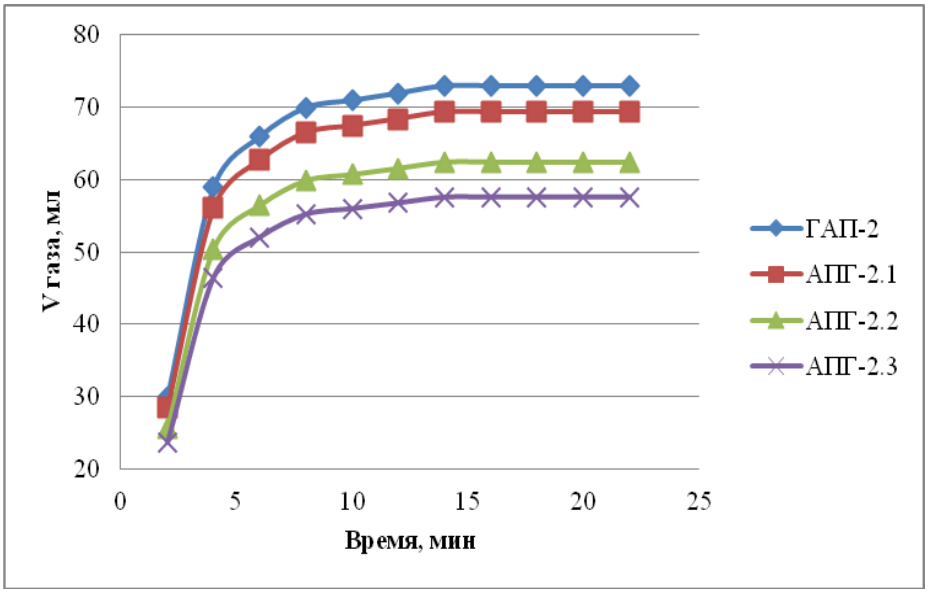


Рис. 9. Кривые газовыделения продуктов, содержащих различное количество сольвента

Технологические особенности применения паст не отличаются от описанных выше особенностей применения алюминиевых гидрофильных пудр.

В 2011-2013 годах алюминиевые пасты марок АПГ были успешно использованы в производстве газобетона на следующих предприятиях:

- ООО «Сибирский Строитель» (Россия);
- ООО «Байкальский газобетон» (Россия);
- ОАО «Лискинский Газосиликат» (Россия);
- ООО «Главстрой-Усть-Лабинск» (Россия);
- ЗАО «ПГ Стройкомплект» (Россия);
- ЗАО «Евроаэробетон» (Россия);
- ОАО «Бонолит Констракшн Солюшнс» (Россия);
- Neochem (Индонезия);
- Celco (Румыния);
- Somaco (Румыния) и др.

Таким образом, производимые ОК «РУСАЛ» алюминиевые гидрофильные пудры и пасты являются современными газообразователями мирового уровня. Высокопрофессиональный коллектив, осуществляющий непрерывный контроль важных для производителей газобетона параметров пудр и паст, таких как гранулометрический состав (D_{10}, D_{50}, D_{90}), кинетика газовыделения, содержание активного алюминия, содержание сольвента, степень смачиваемости, удельная поверхность, - позволяет выпускать пудры и пасты, характеризующиеся повышенной стабильностью и сниженным пылением.

Различный гранулометрический состав продуктов дает возможность подобрать оптимальный газообразователь для каждого потребителя согласно марке по плотности выпускаемого газобетона и специфики производственного процесса.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ячеистые бетоны (технология, свойства и конструкции) / М.Я. Кривицкий [и др.] М.: Издательство литературы по строительству. 1972. – 137 с.

2 Гринфельд Г.И. Автоклавный газобетон в малоэтажном строительстве // Стройпрофиль. - 2011. - №5. – С. 34-36.

ПРОИЗВОДСТВО МИНЕРАЛЬНОГО ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ

дипл. инж. ОЛИВЕР ШТРОТОТТЕ, дипл. инж. МАТИАС КЛАРЕ,
Германия
дипл. инж. А.К. ИВАНОВ, «Masa GmbH»
г. Москва

В течение двух лет фирма «Masa GmbH» и исследовательская фирма «Dr. Lucà & Partner Ingenieurkontor GmbH» разрабатывали технологию и оборудование для производства минеральных теплоизоляционных плит на цементной основе под маркой «технология «Masa-LithoPore®».

Рост стоимости энергоносителей (газ, нефть) ведет к тому, что экономия электроэнергии для обогрева или охлаждения жилых зданий приобретает все большее значение. В частности, все более важной становится теплоизоляция зданий, построенных из новых и старых конструкционных материалов. Например, в Германии выпуск нового регламента по теплоизоляции состоится в 2013 году, и, возможно, будет служить примером для подобных регламентов в других странах.

Изоляционные материалы

Изоляционные материалы – это материалы с тепло- и/или звукоизолирующими свойствами, коэффициент теплопроводности λ которых составляет менее 0,1 Вт/(м • К). Как правило, в качестве теплоизоляционных материалов для фасада используются панели, которые прочно крепятся на фасаде. Применение любого вида теплоизоляционного материала в каждой стране регулируется специальными стандартами или допусками архитектурно-строительного надзора.

До сих пор известные традиционные изоляционные материалы в основном производились из органического сырья, такого как пенопласт или полистирол. По огнестойкости эти изоляционные материалы относятся к классу Е («нормально возгораемые») согласно стандарту DIN EN 13501, в Германии их подчас относят к классу горючих строительных материалов В1 («трудно возгораемые») согласно стандарту DIN 4102. В недавнем прошлом многие случаи пожаров были связаны с воспламенением фасадов зданий, что доказывает необходимость применения негорючих материалов в данном случае.

Альтернативными неорганическими изоляционными материалами являются, например, некоторые виды минеральной ваты, пеностекло и минеральные теплоизоляционные панели, произведенные по технологии «Masa-LithoPore®». Неорганические изоляционные материалы относятся к классу А 1 («невозгораемые») согласно стандарту DIN 4102.

Рис. 1. Пример возгорания фасада дома гостиничного типа с изоляцией из полистирола (источник: журнал Der Spiegel, 26/2012)

Этапы разработки минерального изоляционного строительного материала «Masa-LithoPore®»

После заключения соглашения о сотрудничестве между фирмами «Masa GmbH» и «Dr. Luca GmbH» с целью совместной работы над созданием нового минерального изоляционного строительного материала были определены важнейшие цели проекта, а именно достижение коэффициента теплопроводности λ менее 0,045 Вт/(м•К) и прочности ок. 300 – 350 кПа. В рамках сотрудничества по проекту были поставлены дальнейшие задачи - интеграция производственного процесса в существующие линии «vario-block» фирмы «Masa», а также создание концепции отдельного завода. Первые образцы продукции была выпущены в лабораторных условиях еще два года назад. Уже по предварительным результатам можно было заключить, что благодаря разработанной технологии поставленные цели проекта будут достигнуты.

Рис. 2. Производство изделий в исследовательской лаборатории фирмы «Dr. Luca GmbH» для оценки достижимых показателей теплопроводности и прочности

После испытаний в лабораторных условиях были проведены работы по оптимизации и дальнейшему усовершенствованию рецептуры смеси. Второй этап подразумевал полупромышленные испытания. Продукт был произведен в форме объемом ок. 1м³ и разрезан на резательной установке с ручным приводом для получения желаемых размеров изделий. На ручной резательной установке использовались струны для резки, что позволило оценить поведение продукта при его будущем производстве на установке «vario-block» фирмы «Masa».

Рис. 3. Производство в полупромышленных условиях.
Производились теплоизоляционные панели размерами 600 x 400 x 100 мм

Первое производство минерального теплоизоляционного строительного материала на линии «vario-block» фирмы «Masa» состоялось в Германии. Применялись формы объемом 5,4м³, по достижении необходимой прочности массивы поступали на имеющуюся линию резки фирмы «Masa». Таким образом, на этапе промышленных испытаний была осуществлена интеграция производства минерального теплоизоляционного строительного материала в линию по изготовлению изделий из автоклавного газобетона.

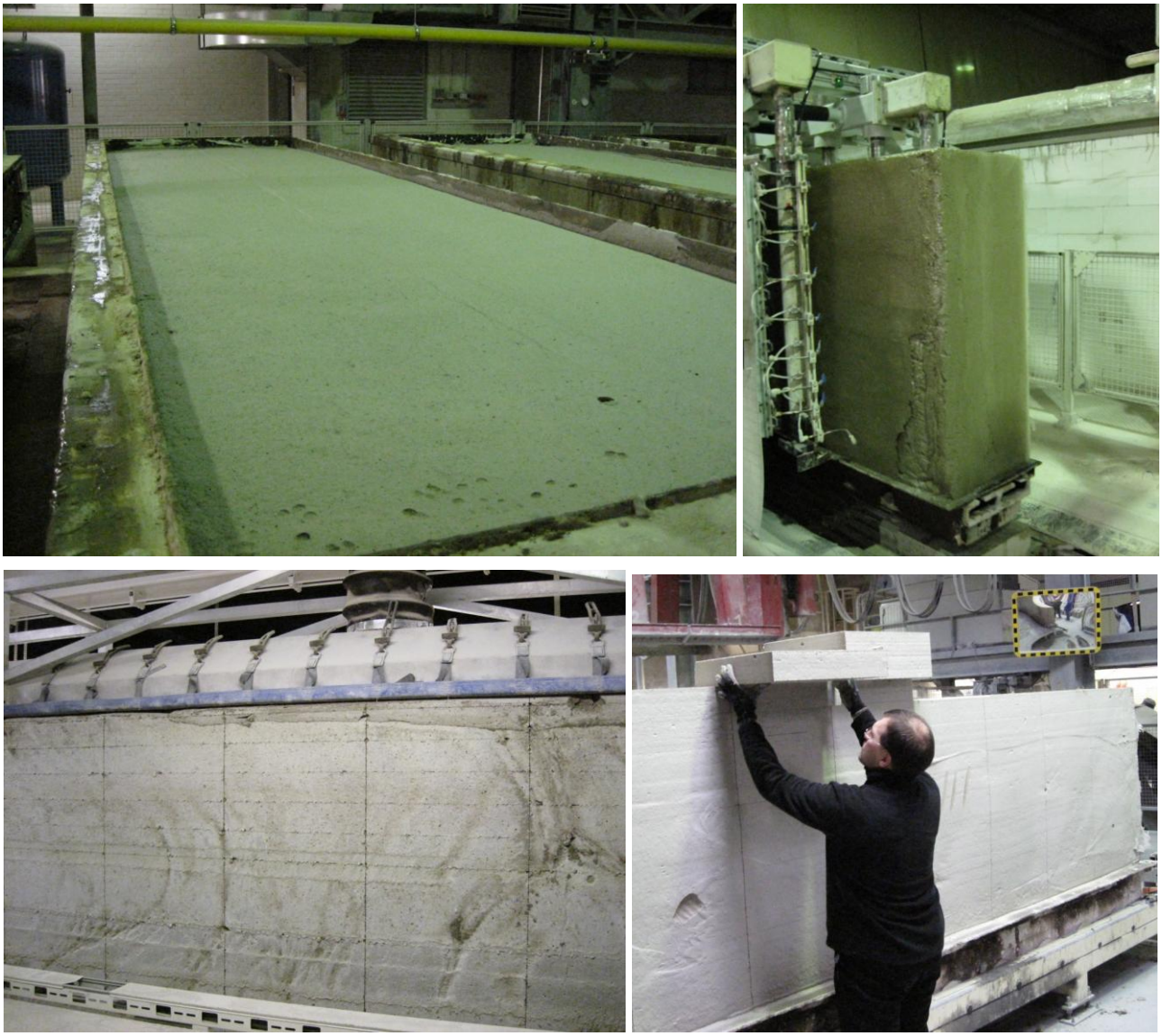


Рис. 4. Производство минеральных теплоизоляционных панелей на линии «vario-block» фирмы «Masa». Упаковка продукции осуществляется вручную. Готовые изделия были переданы в различные исследовательские институты для проверки характеристик (теплопроводность, прочность)

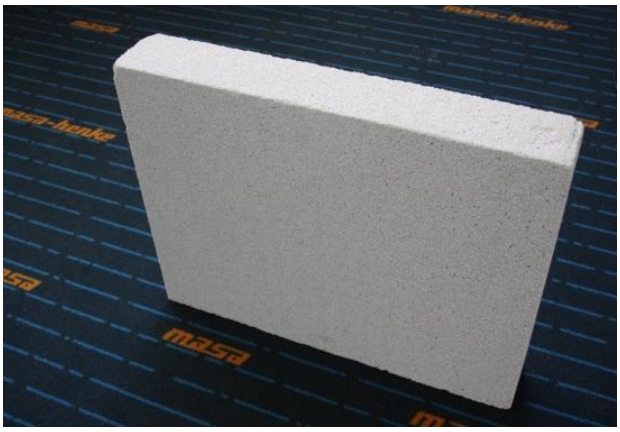


Рис. 5. Готовые минеральные теплоизоляционные панели

Технология производства

Производство теплоизоляционных панелей «Masa-LithoPore®» осуществляется на автоматических установках. Возможная производительность установки - ок. 4,500 м²/сутки теплоизоляционных панелей толщиной 100 мм. Технологическое оборудование обеспечивает

производство изделий различной толщины. Производственный процесс может протекать в полностью автоматическом режиме. Для оптимального использования цемента и аддитивных добавок смешивание сырьевой массы осуществляется в два этапа.

Сначала в высокочастотном смесителе периодического действия производится однородная масса, состоящая из воды, цемента и аддитивных добавок. Далее однородная смесь поступает в низкочастотный смеситель периодического действия, где в ней появляются воздушные поры благодаря добавлению пены, предварительно подготовленной из воды, воздуха и пенообразователя. Конструкция смесителя со специально разработанными перемешивающими лопастями предназначена для бережного перемешивания и обеспечивает производство изделий плотностью ок. 100 кг/м³. После завершения полностью автоматического смесительного процесса готовая масса подается в предварительно смазанную форму, которая при помощи перестановщика перемещается в зону предварительной выдержки. Объем формы нетто составляет 5,4 м³, что соответствует 54 м² готовых теплоизоляционных панелей с учетом их толщины 100 мм. После набора прочности осуществляется автоматическая распалубка массива из формы и резка массива (горизонтальная и вертикальная) для получения изделий нужных размеров.

Блоки разрезанных теплоизоляционных панелей поступают в зону основной выдержки для окончательного набора прочности. В завершение на поверхность изделий наносится специальное покрытие, затем происходит их подача на линию упаковки.

Энергозатратный процесс запаривания в автоклавах заменяется естественным набором прочности изделий.

Для производства данного продукта необходимы вода, цемент и аддитивные добавки.

Возможно расширение имеющихся установок «vario-block» для изготовления изделий из автоклавного газобетона посредством интеграции производства минеральных теплоизоляционных панелей по описанной выше технологии.

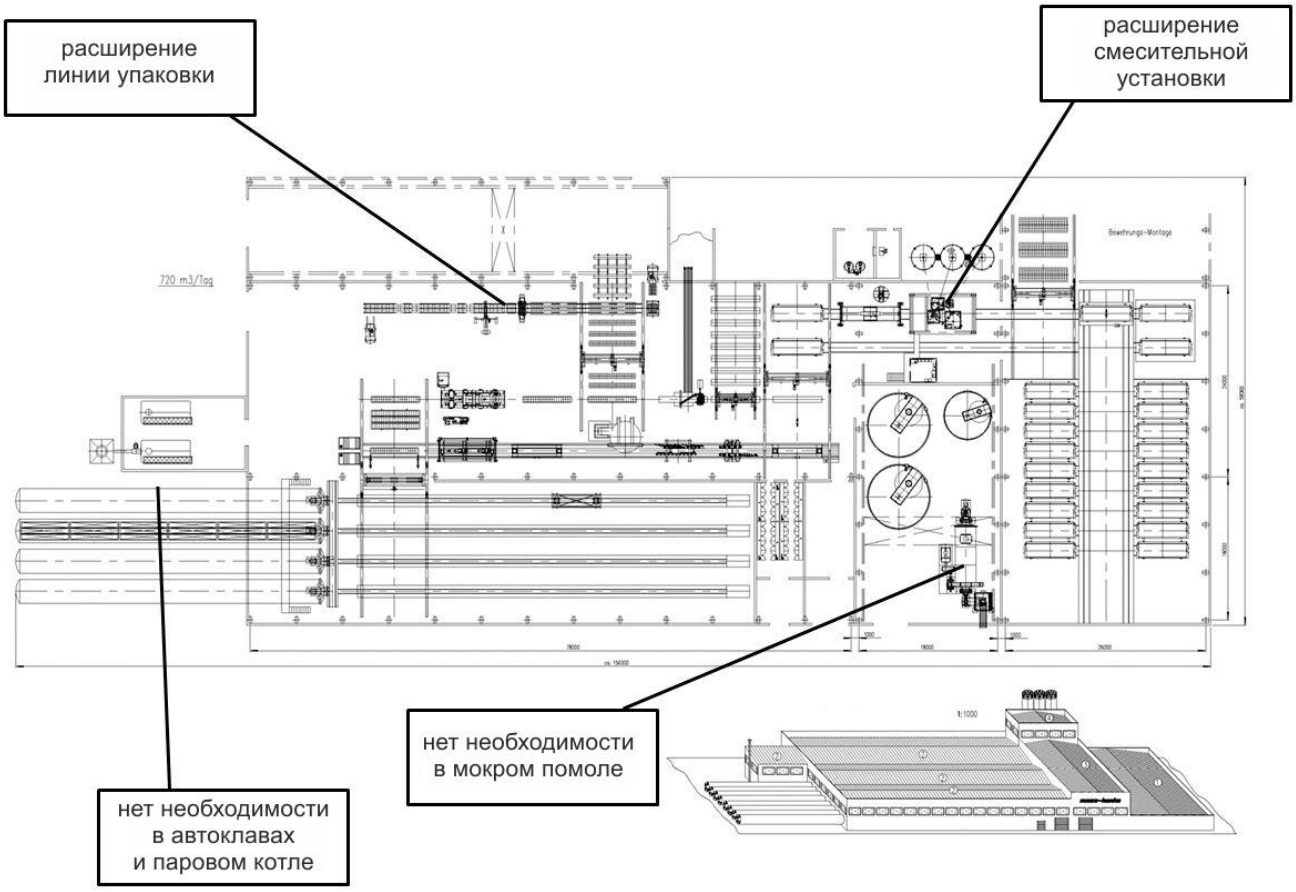


Рис. 6. Генплан действующего завода по производству изделий из автоклавного газобетона по технологии «vario-block» фирмы «Masa» с интегрированной линией для производства теплоизоляционных панелей по технологии «Masa-LithoPore®»

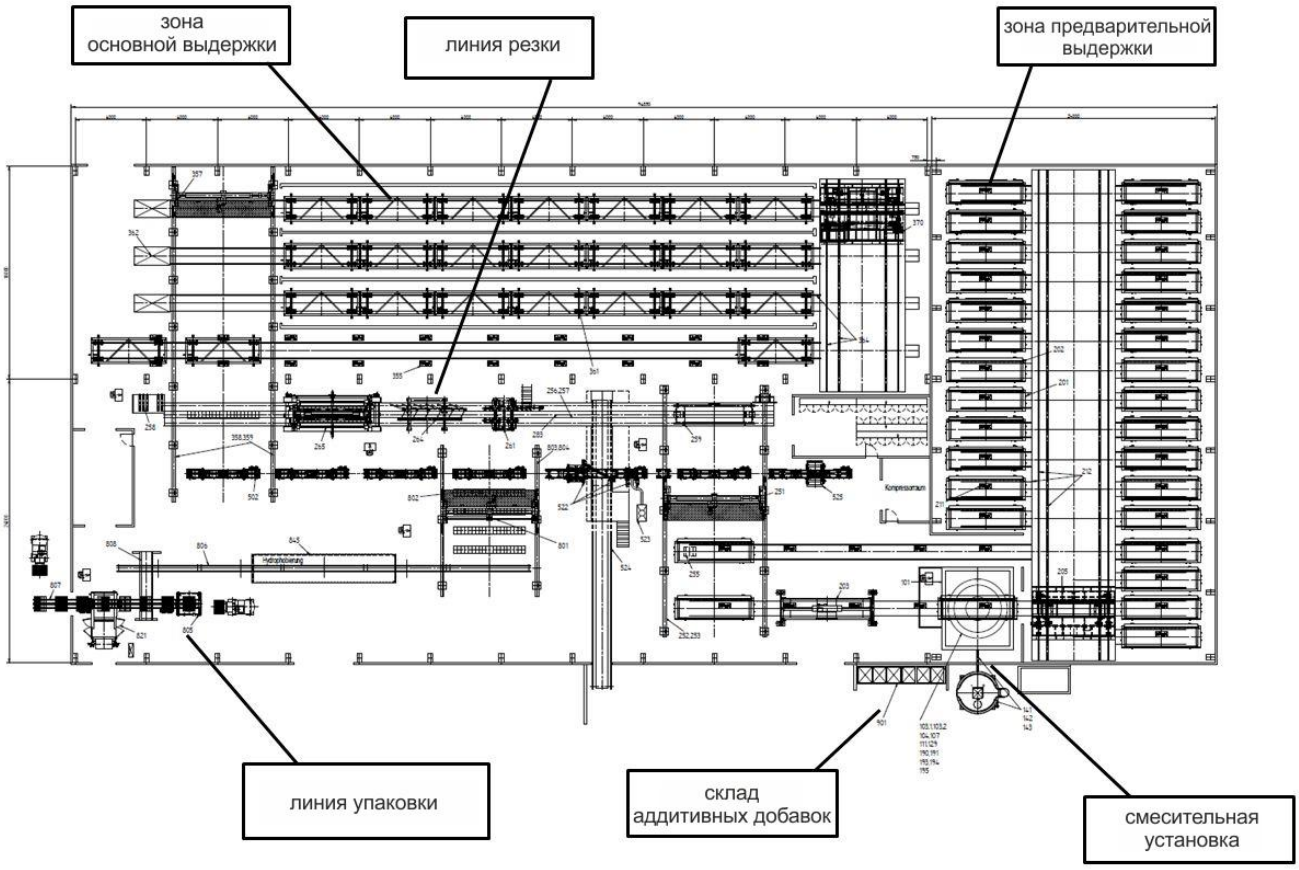


Рис. 7. Чертеж нового завода по производству теплоизоляционных панелей «Masa-LithoPore®»

Преимущества теплоизоляционных панелей «LithoPore®»

Так как теплоизоляционные панели по технологии «Masa-LithoPore®» производятся из неорганического сырья – цемента, они относятся к классу негорючих строительных материалов A1 согласно стандарту DIN 4102.

Диффузионно-открытый (паропроницаемый) строительный материал

В отличие от строительных материалов из полистирола теплоизоляционные панели, произведенные по технологии «Masa-LithoPore®», являются диффузионно-открытым (паропроницаемым) материалом. Коэффициент паропроницаемости $\mu \leq 2{,}2$ согласно стандарту DIN EN ISO 12572 однозначно свидетельствует о способности пропускать влагу (для строительных материалов из полистирола, напротив, характерен коэффициент от 60 до 150). В здании поддерживается благоприятный температурно-влажностный режим, т. к. влага, обычно образующаяся во внутренних помещениях здания, легко выводится наружу без возникновения конденсата на внутренних стенах, который становится причиной появления плесени.

Полностью перерабатываемый строительный материал

При производстве теплоизоляционных панелей по технологии «Masa-LithoPore®» возможна подача всех отходов от резки обратно в производственный процесс. В случае будущих реконструкций зданий или проведения демонтажных работ возможна полная переработка теплоизоляционных панелей «Masa-LithoPore®» как строительного материала на цементной основе. Помимо 80-95 % объема пор (воздушные включения), продукт состоит из неорганического сырья – цемента и прочих неорганических неактивных материалов, а также содержит незначительное количество биотехнических и биохимических добавок. Что касается экологической стабильности, теплоизоляционные панели «Masa-LithoPore®» представляют собой легко утилизируемый и перерабатываемый строительный материал. Таким образом,

имеется еще одно значительное преимущество перед упомянутыми выше обычными изоляционными материалами на органической основе, которое с течением времени становится все более важным в технологии строительного производства.

Отличные изоляционные способности

Удельная теплопроводность изоляционных панелей «Masa-LithoPore®» зависит не только от их толщины, но и от их состава, в частности от морфологии и размера пор. Поэтому неудивительно, что при плотности в сухом состоянии ок. 130 кг /м^3 замерены относительно низкие показатели коэффициента теплопроводности, как, например, $\lambda_{10,tr}$ = 0,035 Вт/(м • К), а такие показатели коэффициента теплопроводности, как $\lambda_{10,tr}$ = 0,040 Вт/(м • К), напротив, замерены при плотности в сухом состоянии ок. 100 кг /м^3.

Водоотталкивающие свойства

Благодаря применению определенной технологии гидрофобизации при производстве теплоизоляционных панелей «Masa-LithoPore®» возможно точное регулирование степени водопоглощения. Следовательно, теплоизоляционные панели «Masa-LithoPore®» также пригодны для изоляции наружной зоны фасада.

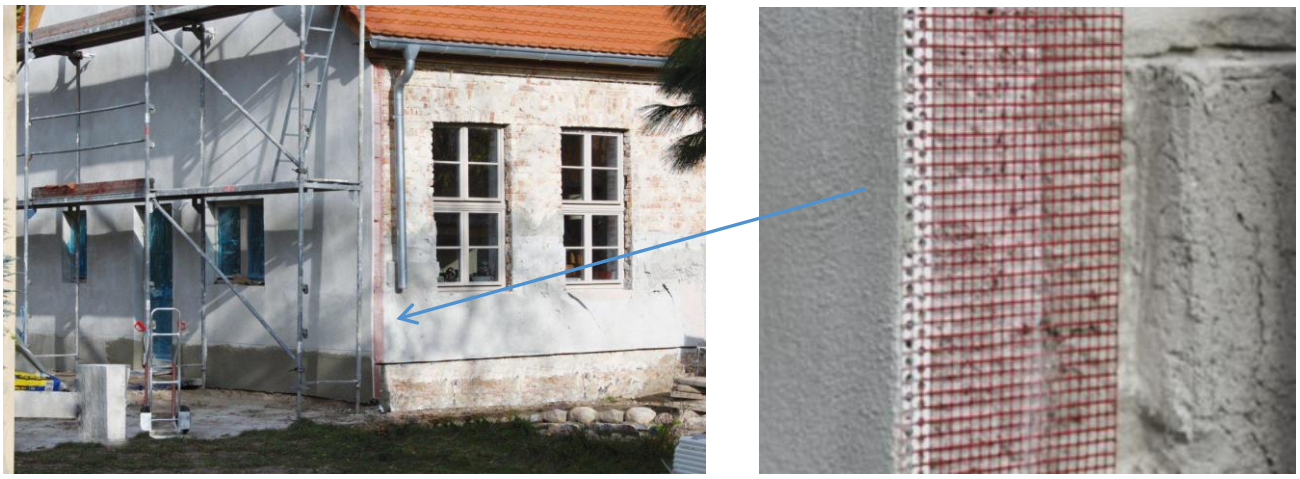


Рис. 8. Восстановление жилого дома старой постройки в г. Потсдам (Германия) с использованием минеральных теплоизоляционных панелей, произведенных по технологии «Masa-LithoPore®»

Перечень преимуществ теплоизоляционных панелей «Masa-LithoPore®»

- неорганические изоляционные панели на цементной основе с отличными механическими и изолирующими свойствами;
- класс негорючих/ невозгораемых строительных материалов А1;
- отсутствие выделения ядовитого диоксина и/или фурана в случае пожара;
- отсутствие задымления в случае пожара;
- диффузионность/ паропроницаемость;
- устойчивость к воздействию кислот, щелочей и органических растворителей;
- устойчивость к воздействию насекомых-паразитов, гниению/ разложению под действием микроорганизмов, грибковым и бактериальным поражениям;
- устойчивость к воздействию ультрафиолетовых излучений;
- устойчивость к пластификаторам и клеящим веществам;
- безвредность для окружающей среды/ экологическая безопасность, т. к. при производстве продукта не используются такие присадки, как фторированные вспенивающие агенты или огнезащитные средства;
- содержание пор: неподвижный (покоящийся) воздух;
- отсутствие эмиссий вредных веществ, отсутствие рисков в сфере промышленной гигиены при переработке;

- возможность полной вторичной переработки: 1 м^3 теплоизоляционных панелей может быть сжат до ок. 50-90 л и переработан без существенных затрат.

Области применения:

этап 1: потолок, стены во внешней и внутренней зонах,
этап 2: изоляция по периметру (изоляция подземных конструкций).

Физико-технические свойства теплоизоляционных панелей «Masa-LithoPore®»

теплопроводность $\lambda_{10,\ tr}$	0,035 Вт/(м*К) (по методу нестационарного теплового потока)
плотность в сухом состоянии DIN EN 1602	≥ 70-150 кг/м^3
прочность на сжатие DIN EN 826	≥ 300 кПа
модуль Юнга	не определялся
огнестойкость DIN EN 13501	класс А 1
теплота сгорания DIN EN ISO 1716$_{(\rho=200)}$	-0,6 МДж/кг
проверка в сушильном шкафу DIN EN ISO 1182$_{(\rho=200)}$ (при 750 °C)	
потеря массы Δ_m	≤30 %
прирост температуры Δ_T	≤1 °C
водопоглощение	3 % (полное погружение в воду)
коэффициент паропроницаемости $\mu_{(\rho=300)}$ DIN EN ISO 12572	2,8
коэффициент паропроницаемости $\mu_{(\rho=200)}$ DIN EN ISO 12572	2,2
макс. температура применения	1250 °C

Подана заявка на допуск инспекционной комиссии Немецкого института строительных технологий (DIBt), допуск ожидается во второй половине 2013 г. В 2014 г. планируется дополнительно получить Европейский технический допуск (ETA).

Milestone to your success.

Masa GmbH Werk Porta Westfalica
Osterkamp 2
32457 Porta Westfalica
Bundesrepublik Deutschland
Tel: +49 (0)5731 680-0
Fax: +49 (0)5731 680-183
email: info@masa-group.com
Internet: www.masa-group.com

Маза-Москва
123557, РФ, г. Москва,
Средний Тишинский пер., 28, офис 220

Тел.: +7 (495) 232 51 27
Факс: +7 (495) 232 51 28
info@masa.ru
www.masa-group.com

masa
Milestone to your success.

Мы умеем сочетать...

Газобетон + Сталь
= Армированные элементы

«Маза» – Ваш партнер для успешного производства строительных материалов

Masa GmbH
Werk Porta Westfalica
Osterkamp 2, 32457 Porta Westfalica, Germany
Email: info@masa-group.com
www.masa-group.com
Ваш контакт в Москве: info@masa.ru

РЫНОК СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛЕЙ В РОССИИ. КРИТЕРИИ КАЧЕСТВА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛЕЙ

С.Б. ПРОХОРОВ, ООО «НСК-ТЕК»
г. Екатеринбург

Динамичное развитие производства газобетона в России, привело к формированию и развитию рынка газообразователей, и как следствие, к выделению на этом рынке сегмента специализированных продуктов, полностью ориентированных на выпуск ячеистых бетонов автоклавного твердения. Современное состояние рынка газообразователей имеет целый ряд особенностей, которые необходимо учитывать для более точной оценки прогнозов его развития.

Несмотря на то, что история производства газобетона в России давно перешагнула полувековой рубеж, газообразователи (в истинном понимании этого слова) стали использоваться в производстве только с появлением первых заводов, оснащённых современным (как правило, немецким) оборудованием. До этого в распоряжении технолога предприятия в качестве газообразующей добавки были алюминиевые пудры ПАП-1 и ПАП-2, что существенно ограничивало поиск оптимальных составов ячеистобетонной смеси и режимов заливки и формования. В 2003-2005 годах в составе сырьевых компонентов вместо традиционных алюминиевых пудр ПАП впервые стали появляться алюминиевые пасты для газобетона. Это дало производителям возможность, хорошо зная особенности основных сырьевых компонентов (цемента, извести, песка или золы), оптимизировать процесс газообразования и влиять на качественные показатели массива-сырца путём поиска соответствующего газообразователя. Таким образом, не только вновь вводимые в строй предприятия, а их сегодня насчитывается более 30, но и предприятия с оборудованием, установленным в советское время, стали использовать в составе ячеистобетонной смеси специализированные газообразователи (СГО). Это стало основной причиной того, что рост спроса на СГО более чем вдвое (на протяжении пяти лет с 2007 по 2012) опережал рост производства газобетона [1]. Рынок специализированных газообразователей, начиная с 2005 года, неуклонно растет и сегодня доля их потребления на апрель 2013 года составляет не менее 80% (Рис.1). Необходимо подчеркнуть, что за последние десять лет на российском рынке сформировалась основная тройка разработчиков и поставщиков СГО – Eckart (Германия), Schlenk (Германия), НСК-ТЕК (Россия). За три последних года к ним присоединился Benda-Lutz (Австрия). Можно с уверенностью сказать, что именно эти предприятия формируют сегодня основные тенденции развития данного рынка. В частности, ООО «НСК-ТЕК» разработало,

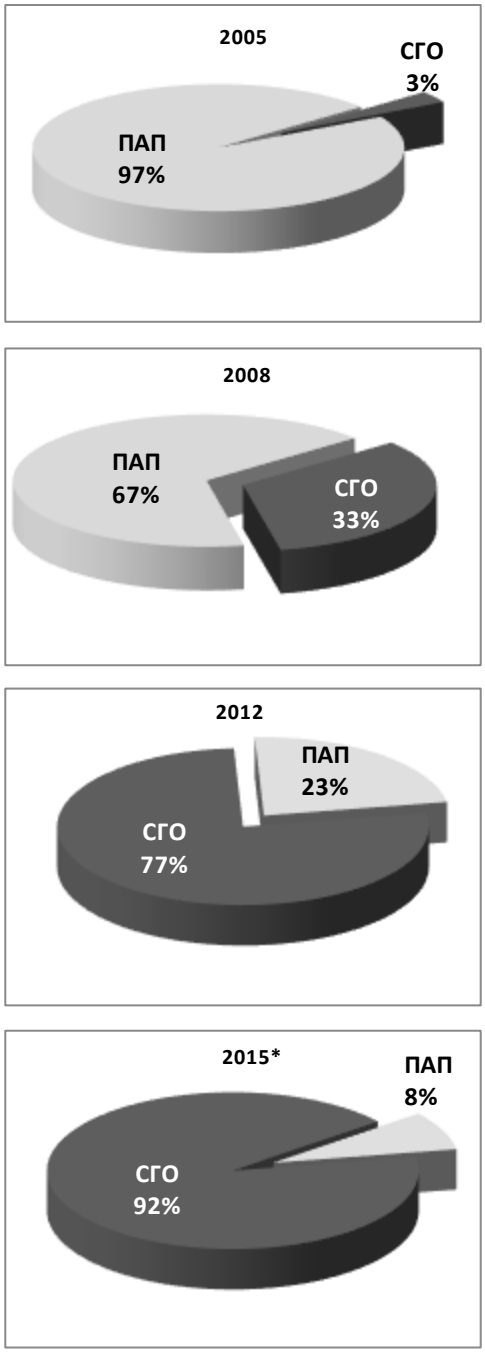


Рис. 1 – Применение СГО в производстве газобетона (*-прогноз)

профинансировало и успешно реализует отраслевую программу «Российские алюминиевые газообразователи» [2]. Практика промышленного применения разработанных компанией специализированных газообразователей показала их высокую эффективность [3]. Начиная с 2008 года, ООО «НСК-ТЕК» занимает более 20% российского рынка, а к 2013 уже треть всего газобетона выпускается в России с использованием газообразователей марок «Газобето». Если говорить о рынке специализированных газообразователей, то 42% рынка СГО составляют торговые марки НСК-ТЕК, остальная часть (58 %) совокупно представлена известными европейскими производителями.

Сейчас рынок очень пластичен, и находится в фазе роста, как за счет появления новых потребителей, так и по причине присутствия на нём алюминиевых пудр ПАП. СГО, в общем объёме газообразователей, в ближайшие два-три года будут прибавлять более 10% ежегодно, и основные игроки могут, не сталкиваясь, наращивать своё присутствие. Но в дальнейшем поставщикам СГО придётся удерживать свои позиции, борясь за единицы процентов.

Говоря о формировании в России рынка СГО и оценивая его перспективы, необходимо привести критерии, по которым, продукт, применяемый в качестве газообразователя, относится к данной группе продукции. В первую очередь они делятся по степени связанности на «пасты» (крупные гранулы с высокой степенью связанности, практически не пылит) и «пудры» (средние и мелкие гранулы со слабой связанностью, с остаточным пылением разной степени). С профессиональной точки зрения необходимо уточнить, что термин «паста» не соответствует состоянию продукта, а указывает на высокую связанность внутри каждой отдельной гранулы. Т.е. пасты тоже пылят, но в значительно меньшей степени (это не относится к пастам на водной основе, т.к. их доля на российском рынке ничтожно мала). Термин «пудра» исторически оправдан, но также неточен и мы ввели более верное определение – газообразователи с несвязанной структурой. Для любого из этих продуктов обязательно должны быть определены - кинетика газовыделения (2-8-16-30 мин.), содержание активного Al (%), смачиваемость и, в отдельных случаях, гранулометрический состав (Dср). В дополнение к этому в инструкции по применению необходимо указывать степень пыления. Также важными показателями является время, в течение которого СГО снижает активность на 10% и живучесть суспензии при заданных условиях (эти параметры измеряются для каждой марки газообразователя один раз в год и указываются справочно). Приведенные выше критерии оценки качества СГО являются основными и обязательными для данной категории продуктов. Методики определения показателей качества у конкретных производителей могут отличаться, и это сейчас является препятствием при сравнительном анализе данных. Можно с уверенностью сказать, что в дальнейшем будет проведена работа по унификации этих методик и выпущен общегосударственный стандарт.

ООО «НСК-ТЕК» провело целый ряд научно-исследовательских работ по оптимизации существующих и разработке новых методик оценки качества СГО. В частности, для точного подбора газообразователя, мы разработали свою методику оценки кинетики газообразования и некоторое время использовали её результаты в паспортных данных на продукты (СТО 75754739-001-2010). Она основана на измерении количества выделяемого газа, образующегося при взаимодействии заранее приготовленной алюминиевой суспензии с известковым молоком за единицу времени. Эта методика подтвердила свою эффективность и сейчас используется во внутреннем регламенте определения качества, что позволяет нам давать более точное заключение о пригодности продукта на конкретном предприятии. Также, в рамках этой работы, учеными и специалистами УрФУ была разработана экспресс-методика оценки степени пыления газообразователей [4].

Опыт нашей работы по внедрению газообразователей марок «Газобето» и наблюдения за использованием этих продуктов на предприятиях с разными технологиями производства позволяет нам формировать свое отношение к качественным показателям. Например, что касается гранулометрического состава, то благодаря лабораторным исследованиям и индивидуальной работе с потребителем, для каждой марки подобраны оптимальные значения по остаткам на ситах, позволяющие производить отбор продуктов для производства требуемой

плотности с учётом особенностей сырьевых компонентов. В 2012 году в паспортные данные был введен показатель Dср, оценивающий средний диаметр частиц продукта. Практической пользы от этого мы не получили. В наших СГО форма отдельно взятой частицы близка к пластинчатой и фиксировать диаметры пластин, получая при этом гистограмму распределения и интегральный показатель, можно только с целым рядом поправок на точность результата. Тем не менее, как показатель степени измельчённости продукта, он достаточно информативен. Следует отметить, что при применении наших продуктов мы обращаем внимание и на экономическую составляющую, зависящую, в частности, от соотношения металл/добавка. В результате этой работы, сегодня с уверенностью можно сказать, что продукты «Газобето» позиционируются на рынке как максимально экономичные по расходу.

Таким образом, для обеспечения высокого качества газообразователя, необходимо контролировать все вышеперечисленные показатели, так как каждый из них оказывает существенное влияние на процесс газообразования. И, в то же время, наши наблюдения показали, что даже идеальный по всем параметрам продукт как самостоятельный компонент, не гарантирует стабильной работы в условиях промышленного производства. Опыт внедрения новых продуктов доказал, что основную роль, без исключения, играет точный подбор и стабильность характеристик всех имеющихся сырьевых компонентов, выбор оптимальных режимов приготовления ячеистобетонной смеси и режимов формования, степень взаимовлияния сырьевых компонентов при изменении технологических режимов. У каждого завода это строго индивидуально и скопировать результат практически невозможно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Левченко В.Н., Гринфельд Г.И. Производство автоклавного газобетона в России. История, современность, перспективы // Материалы научно-практической конференции «Современное производство АГБ». Санкт-Петербург, ноябрь 2011.
2. Прохоров С.Б. Перспективы использования алюминиевых порошков в стройиндустрии // Материалы Международной научно-практической конференции «Перспективы производства и применения продукции глубокой переработки алюминия». Каменск-Уральский, октябрь 2005.
3. Производство ячеистобетонных изделий. Теория и практика. Н.П. Сажнев [и др.] // 3-е издание, Минск, 2010. С. 31.
4. Семериков И.С., Вишневский А.А., Запольская А.А. Сравнительная оценка новых газообразователей для производства автоклавного газобетона // Строительные материалы. М., 2010. №1. С 47-49.

Центр по разработке
и внедрению
специализированных
газообразователей

+7 (343) 373-45-20, 373-45-21
www.nsktek.ru, nsk@nsktek.ru

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ АЛЮМИНИЕВЫЕ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛИ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

марок

«ГАЗОБЕТО®»

- разработаны специально для производства газобетона
- дифференцированы по маркам в зависимости от требуемой плотности:
  Газобетолайт, Газобето+500 - для 500-700 кг/м3
  Газобетолюкс, Газобето+400 - для 350-450 кг/м3
- отличаются пониженным пылением
- не требуют обработки ПАВ
- характеризуются высокой степенью стабильности по содержанию активного Al и кинетике газовыделения
- срок годности - 12 месяцев

Группа компаний. Основана в 1999 году

соединяя интересы
НСК-ТЕК®
умножаем возможности

ШНЕКОВЫЙ ДОЗАТОР АЛЮМИНИЕВОЙ ПАСТЫ

ШПИКЕР ГЕРХАРД, Шленк Металлик Пигментс ГмбХ
Германия

Самым распространенным способом дозирования очень важного в производстве ячеистого бетона сырья – алюминиевой пасты или пудры – является взвешивание и дозирование в виде суспензии алюминиевой пасты: свободные от пыли алюминиевые пасты смешивают с водой в больших емкостях для приготовления суспензии. Из приготовленной таким образом суспензии алюминия отбирают предусмотренное в рецептуре порцию и добавляют в основную смесь ячеистого бетона.

При использовании алюминиевой пудры в качестве порообразователя в производстве ячеистого бетона алюминий подается в определенных дозах в малый бак-смеситель и смешивается там с водой. Эта операция повторяется с заданным тактом через каждые 5 - 10 минут. В отличие от технологии дозирования алюминиевой пасты здесь нет запаса суспензии и для каждого цикла можно заново настроить процедуру смешивания используемого алюминия. Это позволяет весьма эффективно минимизировать проблемы, связанные с газообразованием в смеси.

Представленная компанией SCHLENK установка для синхронного весового дозирования двух-трех видов алюминиевой пасты с минимальным тактовым временем (3 минуты) сочетает в себе технологические преимущества алюминиевых паст с дозировочными преимуществами шнекового дозатора алюминиевой пудры. С одной стороны, клиенты повышают безопасность технологического процесса, работаю с беспыльными алюминиевыми пастами. А с другой стороны, клиенты могут использовать на своем производстве высокую гибкость дозирования при одновременно низкой продолжительности цикла, присущую до сих пор только заводам, эксплуатирующим шнековые дозаторы алюминиевой пудры.

В докладе представлена установка компании SCHLENK для так называемого весового дозирования алюминиевой пасты. Эта установка представляет собой идеальный вид технологии дозирования алюминия в производстве ячеистого бетона. Будучи очень компактной, установка очень легко вписывается в существующее производство ячеистого бетона, поэтому она очень хорошо подходит и для модернизации имеющихся уже линий по производству ячеистого бетона. Кроме того, в докладе описывается объем сервисных услуг, предлагаемых вместе с установкой дозирования.

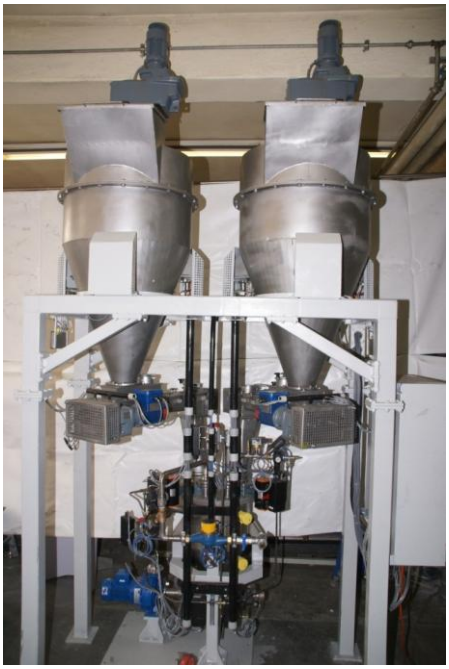


Рис. 1. Установка для дозирования алюминиевой пасты компании SCHLENK

Общий вид установки

ТЕХНОЛОГИЯ

Компания SCHLENK делает ставку на весовое дозирование алюминиевой пасты.

Преимущества и недостатки различных способов дозирования алюминия

Весовое дозирование алюминиевой пудры	Дозирование алюминиевой пасты с помощью суспензионного бака	Весовое дозирование алюминиевой пасты
Минусы - Высокие затраты на оборудование ввиду необходимости принятия мер по взрывобезопасности - Высокие расходы на строительство ввиду необходимости принятия мер по взрывобезопасности - Работа с алюминиевой пудрой - Повышенное пыление из-за работы с бочкотарой Плюсы - Высокая гибкость дозирования - Очень низкие потери при аварийном сливе	Минусы - Выделении газа H_2 в суспензаторе - Необходимость охлаждения суспензии - Малая гибкость дозирования, особенно при использовании двух разных алюминиевых паст - Высокая потеря при аварийном сливе - Необходимость наружного приёмного резервуара Плюсы - малое количество новых замесов в сутки	Плюсы - Высокая гибкость - Очень малые потери в случае нарушения процесса производства - Нетрудоемкий процесс загрузки - Высокий уровень безопасности

ПОЧЕМУ ШНЕКОВЫЙ ДОЗАТОР АЛЮМИНИЕВОЙ ПАСТЫ ОТ SMP?

- Компания Schlenk Metallic Pigments GmbH (SMP) является лидером на мировом рынке в области алюминиевых пигментов для изготовления ячеистого бетона и производит собственное специальное оборудование. Благодаря этому SMP располагает высокой компетентностью в области надежной переработки алюминиевых пудр и паст.
- Очень высокая точность дозирования при использовании алюминиевых паст от Schlenk
- Очень высокая точность воспроизведения при использовании алюминиевых паст от Schlenk
- Простая привязка к существующему оборудованию, включая систему управления
- Компактная модульная конструкция, обеспечивающая простое интегрирование в существующие помещения. Нет необходимости в отдельном здании.

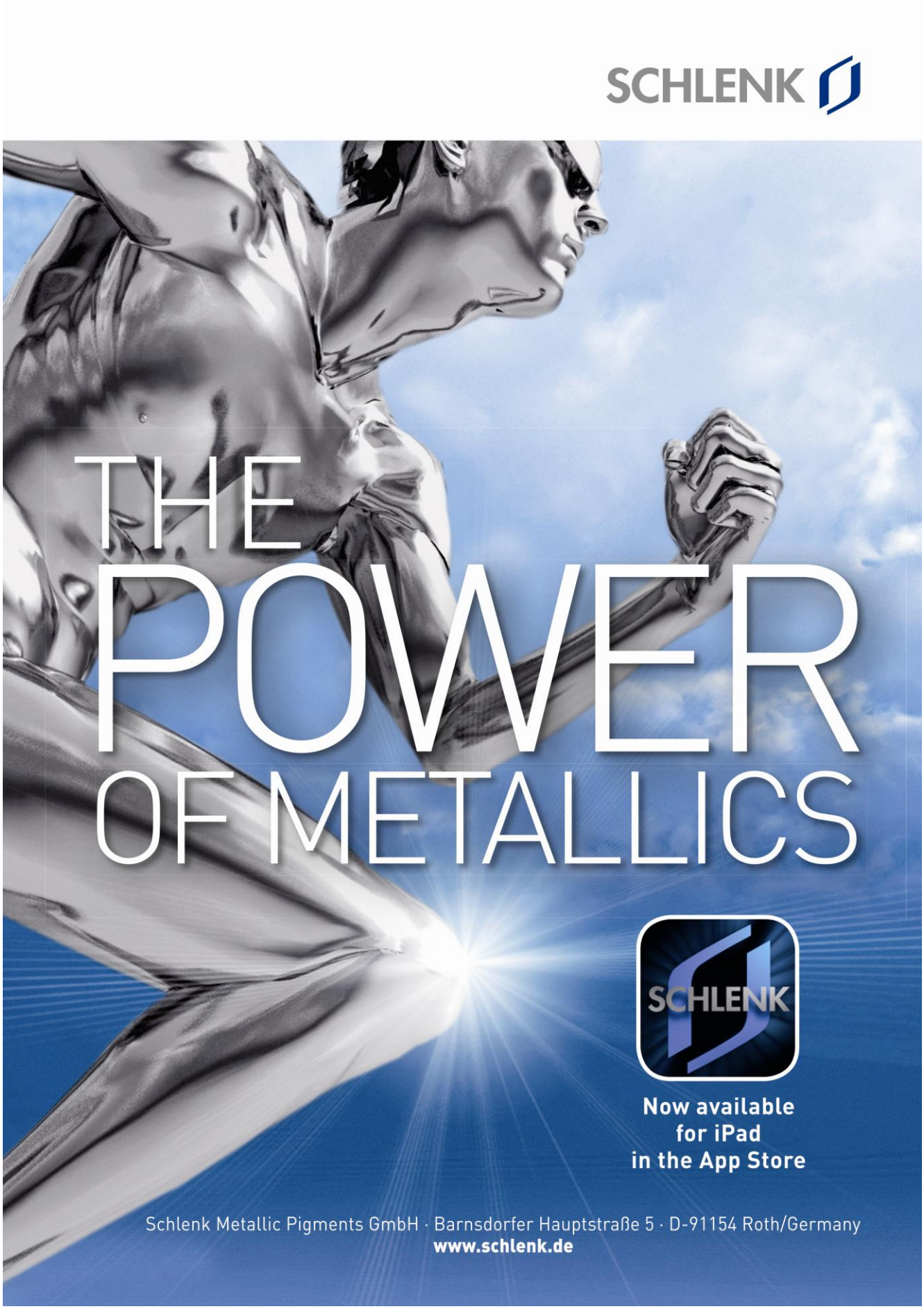
Рис. 2. Установка для дозирования алюминиевой пасты компании SCHLENK. Вид сверху

Спецификация установки

Загружаемый продукт	водные алюминиевые пасты с долей твердой фазы от 65 % (±2 %) до 75 % (±2 %) ДЭГ-пасты с долей твердой фазы от 65 % (±2 %) до 77 % (±2 %)
Температура продукта	+30 °C ≥ T ≥ +1 °C
Качество воды	pH ≈ 7 (± 1); +20 °C ≥ T ≥ +1 °C;
Производительность по загрузке	150 циклов в день по 2 – 3 кг

ОБЪЕМ УСЛУГ

Предлагаемая услуга	Основная техническая задача
Производство комплектного промышленного оборудования (инжиниринг)	Продажа полностью завершённых установок дозирования алюминия, включая или исключая ввод в эксплуатацию
Техобслуживание оборудования (технический сервис)	Контроль и техобслуживание проданного нами оборудования


SCHLENK
THE
POWER
OF METALLICS
SCHLENK
Now available
for iPad
in the App Store
Schlenk Metallic Pigments GmbH · Barnsdorfer Hauptstraße 5 · D-91154 Roth/Germany
www.schlenk.de

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ПОДДОНОВ В ПРОИЗВОДСТВЕ ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ

И.Н. ГУЛЯЕВ, ООО «Паллетные Технологии», представительство IMHart AB в России, г. Санкт-Петербург
МАТТИАС ХАРТ, IMHart AB
Швеция

На первый взгляд может показаться, что производство деревянных поддонов напрямую никаким образом не относится к производству газобетонных блоков. Скорее, поддоны можно отнести к деревообработке. Отчасти это так, однако, если посмотреть шире, то можно убедиться, что производство поддонов и их использование лежит на стыке многих отраслей и актуально для многих производств, включая производство газобетонных блоков. Практически все производители тех или иных товаров используют поддоны для отгрузки и хранения своей продукции. Это и производители пищевых продуктов, и производители химических удобрений, строительные и транспортные компании, складские комплексы. Этот список можно продолжать. В нашем докладе мы коснемся основных моментов использования деревянных поддонов в производстве газобетонных блоков.

1. Краткий обзор состояния рынка деревянной тары в России

Состояние и объем рынка поддонов в России

Прежде чем говорить непосредственно об использовании поддонов в строительной отрасли и производстве газобетонных блоков, стоит привести несколько цифр, позволяющих увидеть ситуацию на российском рынке поддонов на сегодняшний день. Россия, несмотря на свои территориальные размеры и сравнительно не плохие показатели темпов роста экономики в последние годы, очень сильно отстает по уровню объема рынка деревянной тары. Если мы рассмотрим рынок поддонов, то объем рынка в России составляет примерно 120-130 млн. поддонов в год, т. е. примерно 1 поддон на человека. Если к этому добавить остальные виды деревянной тары, например ящики, деревянная упаковка, строительные щиты, то цифра увеличится на 10-15 %. Для сравнения, объем рынка Швеции 2 поддона на человека, а в Германии объем рынка поддонов составляет 4 поддона на человека.

Тем не менее, спрос на деревянные поддоны в России относительно стабилен: каждый год в стране производится и потребляется приблизительно одинаковое их количество. Но при этом стремительно расширяется рынок одноразовых поддонов нестандартных форматов и форм.

В период с 2002 по 2008 гг. рынок деревянной тары показывал устойчивый рост, примерно по 2-3 % в год. Экономический кризис, начавшийся в конце 2008 г., оказал негативное влияние на отечественный рынок деревянной тары. Сокращение производства, грузоперевозок и оборотов розничной торговли напрямую повлияло на производство и продажу поддонов. Тем не менее, для тех участников рынка, которые всерьез занимались модернизацией своих производств и оптимизацией бизнес-процессов, падение спроса и соответственно производства не было ощутимым, поскольку с рынка ушла часть «сезонных» (и нелегальных) производителей, а ряд мелких компаний резко сократили производство из-за нехватки оборотных средств.

По данным на 2009 г. объём спроса упал почти на 15 %. Однако уже к 2010 г. рынок деревянной тары в целом отыграл падение предыдущих лет. Начиная с 2011 года спрос на деревянные поддоны в России снова стал расти. Рост составил 75,7 %: с 6,7 млн. шт. в 2007 г до 11,8 млн. шт. в 2011 году.

Основные особенности и отличия рынка деревянной тары в России

Стоит отметить некоторые отличительные особенности российского рынка деревянных поддонов от европейского, которые во многом влияют на его развитие.

Для России характерна *большая доля ручного труда и низкая степень автоматизации производства*. Это касается многих отраслей промышленности. Если говорить о производстве тары, то бытует мнение, что сколотить поддон или ящик просто. В какой-то степени это действительно так, если сравнивать, например, с каким-нибудь наукоемким или технологически сложным производством. Считается, что наняв 40 простых работяг и вооружив их в лучшем случае ручным инструментом, можно организовать производство поддонов. Такой подход может сработать в некоторых случаях, и то только на самом начальном этапе. В последствии можно столкнуться с большими трудностями в достижении необходимого качества и производительности. Здесь даже не стоит углубляться в проблемы, связанные с руководством большим коллективом, решением вопросов с миграционной службой, оплатой труда и т. д.

Другое важное отличие - это *отсутствие современных регламентирующих норм и средств контроля за качеством выпускаемой продукции*. Последняя редакция ГОСТа по производству поддонов датируется 1987 годом, что, по сути, является подтверждением ГОСТа 1984 года с некоторыми дополнениями. В Европе уже достаточно длительное время действует стандарт EPAL (Европейской ассоциации производителей поддонов), который не только постоянно совершенствуется, идя в ногу с развитием технологий, но и благодаря ему осуществляется строгий контроль за качеством продукции. Компании производители поддонов очень дорожат тем, что их поддоны сертифицированы по стандарту EPAL, т. к., лишившись сертификата, они теряют значительный объем рынка и клиентов.

Другое важное отличие - это позиционирование поддона как товара на рынке. В России деревянный поддон относится к упаковке и является её составной частью. в то время как в Европе поддон классифицируется как отдельный товар.

2. Типы поддонов и область их применения

Классификационная линейка поддонов достаточно широкая. Не будем останавливаться на всех видах поддонов, но выделим основные типы.

- *4-заходный поддон*

Четырехзаходный поддон - поддон, конструкция которого обеспечивает возможность ввода вилочного захвата с четырех сторон. Наиболее часто используемый тип поддона. Другое его название – европоддон. Применяется практически во всех отраслях промышленности, т.к. удобен для погрузки и хранения подавляющего большинства товаров. Также этот тип поддона достаточно легко поддается переработке.

- *2-заходный поддон (строительный)*

Двухзаходный поддон - поддон, конструкция которого обеспечивает возможность ввода вилочного захвата только с двух противоположных сторон. Это должно учитываться при дальнейшей эксплуатации поддона. Двухзаходный поддон часто встречается в строительной индустрии для отгрузки и хранения тяжеловесных материалов (например, кирпичей, цементных смесей и т.д.). Простая конструкция такого поддона позволяет хранить их на земле, на стройплощадках и т. д.

- *Нестандартный (специализированный) поддон*

Нестандартный поддон - поддон для грузов ограниченной номенклатуры или грузов отдельных видов.

Наиболее часто поддоны нестандартного типа и размера можно встретить в бумажной промышленности, когда почти под каждую партию бумаги требуется отдельный размер поддона. Также нестандартные поддоны часто требуются для химической отрасли, т. к. хранение и перевозка химических товаров имеет свои особенности. Нестандартные поддоны также могут иметь большие размеры для отгрузки длинных и габаритных товаров или иметь усиленную конструкцию для тяжелых товаров.

3. Особенности использования поддонов в производстве газобетонных блоков

В отгрузки и складирования газобетонных блоков используются как 4-заходные, так и 2-заходные поддоны. Нестандартные поддоны встречаются не часто. Для успешного использования поддона в производстве блоков большое значение имеет *качество* поддона. И это не только вопрос качества используемого материала (древесины), но в большей степени того как и каким способом изготовлен поддон. Несмотря на то, что газобетонный блок это строительный материал, имеющий высокие прочностные характеристики, он достаточно хрупкий. Особенно сильно это сказывается при его транспортировке на длинные расстояния по дорогам далеко не лучшего состояния. Если партия блоков была упакована на поддоне не должным образом или сам поддон выполнен некачественно, то это может напрямую повлиять на товарный вид блоков, когда поддоны с ними достигнут конечной точки.

Еще одной важной особенностью использования поддонов в производстве газобетонных блоков является наличие на современных заводах по производству таких блоков импортного упаковочного оборудования. Такое оборудование достаточно чутко реагирует на несоответствие поддона критериям качества. Если поддон изготовлен не должным образом, то упаковочная линия может его не пропустить, что в лучшем случае повлечет за собой остановку линии и потерю времени, а в худшем случае может стать причиной неисправности.

Каким же основным требованиям должен соответствовать поддон, чтобы продукция, размещенная на нем, сохранила свой товарный вид?

Прежде всего поддон должен иметь *четкую геометрию* по своему периметру. Если геометрия поддонов не будет соблюдена, то могут возникнуть проблемы с их погрузкой в транспорт в нужном количестве.

Следующий критерий – *прочность*. Поддоны должны выдерживать длительную нагрузку в процессе транспортировки и эксплуатации. Способ перемещения поддонов по территории склада, также может отразиться на требованиях к выносливости. К примеру, если поддоны перемещаются с помощью какой-либо транспортировочной системы, это должно учитываться при выборе конфигурации паллет.

Необходимо также учитывать *рисунок забивки гвоздей*. Поддон, изготовленный по стандарту, всегда имеет единый и неизменный рисунок, который составлен исходя из максимальной прочности конструкции поддона. Также не лишним будет определить желаемую конструкцию поддона исходя из номенклатуры товара, который будет размещаться на поддоне, а также веса товара и его технических характеристик.

Другой важный момент - это *соблюдение норм по толщине используемых заготовок*. В случае, если на одном поддоне использованы доски разной толщины, то это может привести к повреждению товара при транспортировке или при хранении.

Все стандарты и требования к поддонам достаточно подробно описаны в ГОСТах, однако их соблюдение в нашей стране оставляет

желать лучшего. В европейских странах ассоциации производителей товара следят за этими требованиями и дают свои рекомендации.

Лучший путь к получению качественного поддона это производить поддоны *одинаковыми* постоянно, когда сбивка поддона происходит всегда с одним рисунком гвоздей и с одинаковым усилием. Достигнуть этого можно только автоматическим способом. Вручную сколоченный поддон не будет иметь одинакового качества постоянно, т. к. человеческий фактор оказывает здесь очень большое влияние. Часто можно встретить разные по качеству партии поддонов, произведенные вручную в течение одной смены.

Какое оборудование используется для производства поддонов для газобетонных блоков?

Если не рассматривать полукустарные методы производства, то автоматизация производства поддонов может начаться уже с одного станка!

Например, станок Kombiflex R-1000 EL. Один такой станок заменяет работу почти 20 человек. При этом вы сможете производить до 600 поддонов за одну смену. В большинстве случаев такой объем позволяет не только покрыть свои нужды, но и даже продавать поддоны сторонним организациям.

Принцип работы такого станка прост. Два оператора обслуживают станок, закладывая заготовки в специальные шаблоны, станок сам сбивает поддон согласно спецификации, которая заносится в программу пульта управления. На выходе получается поддон, готовый к использованию. При необходимости у поддона можно обрезать углы для последующего оборачивания стретч-пленкой, поставить штамп, например логотип компании, и отфрезировать нижние доски для более удобного захвата вилочным погрузчиком. На таком станке можно производить 4-заходные поддоны и 2-заходные.

Если требуется более высокая производительность, то можно использовать другие комбинации станков. Например, для производства 2-заходных поддонов в количестве от 1000 до 1500 шт. в смену можно использовать станок D-1000 EL.

Комбинации станков могут быть различными, в зависимости от задач, стоящих перед производством. Станки для производства поддонов также можно интегрировать в линию по упаковке товара.

Преимущества такого подхода использованию оборудования для производства поддонов очевидны.

Во-первых, наличие собственного производства помогает не зависеть от сторонних поставщиков, а следовательно, максимально избежать проблем со своевременной поставкой поддонов.

Во-вторых, при изготовлении поддонов есть возможность следить за качеством их производства. Имея качественные поддоны собственного производства, можно максимально снизить вероятность материальных потерь при транспортировке и хранении товара, а также репутационных потерь в случае повреждения товара или нанесении ущерба чужому имуществу или людям.

В-третьих, собственное производство поддонов может быть выгодно, т. к. через это можно не только оптимизировать затраты на их приобретение у сторонних производителей, которые диктуют цены, но и при наличии излишков продавать поддоны, например, партнерским организациям. В дополнение к этому можно добавить, что на поддонах рекомендуется ставить маркировку. Это может быть логотип компании или любой другой отличительный знак. Наличие поддона с маркировкой сможет улучшить товарный вид партии товара.

4. Опыт использования оборудования для производства поддонов в технологических линиях в Европе и России

Европейский рынок производства деревянных поддонов, конечно, существенно отличается от российского. Связано это прежде всего с разницей в уровне экономического развития, нормативной базы, культуры организации производства. Среди основных отличий можно выделить следующие:

1. *Высокий уровень автоматизации производства.*

Причина - высокий уровень зарплат и, следовательно, стремление максимально снизить долю ручного труда и участия человека. Линии для производства поддонов, работающие в Европе, очень часто имеют высокую производительность (до 1500 поддонов в смену) и обслуживаются одним оператором. Участие человека сведено к минимуму. Многие предприятия производят поддоны не только на продажу, но и для собственных нужд. Например, один из ведущих производителей бумаги Скандинавии концерн Stora Enso использует оборудование компании IMHart для производства поддонов для своего предприятия в Финляндии. Также стоит отметить ведущего производителя кирпичей в Скандинавии компанию Benders, которая полностью покрывает свою потребность в поддонах, производя их самостоятельно на оборудовании компании IMHart.

Автоматизация производства – взаимосвязанный процесс. Например, использование автоматического оборудования для упаковки товара и для его складирования зависит от качества поддонов, а качественный поддон в промышленном масштабе можно изготовить только автоматически. Развитие и автоматизация одного направления неизбежно влечет за собой развитие и автоматизацию других смежных отраслей.

2. *Строгий контроль за соблюдением норм и правил производства поддонов.* Контроль осуществляется как ассоциацией производителей поддонов, так и отраслевыми объединениями. Несоответствие производителя стандартам качества и производства может повлечь за собой лишение лицензии.

Производственные процессы, так или иначе, развиваются в общем русле во всех странах. Россия не может оставаться в стороне от технического прогресса. Сегодня, чтобы оставаться конкурентоспособными многие российские предприятия пересматривают свои подходы на организацию производства, модернизируя парк оборудования, автоматизируя производство. Производство поддонов является одним из таких направлений.

Серия 1000

D-1000 EL – станок для производства строительных поддонов

- Для управления станком требуется 1 оператор.
- Производительность до 4-х паллет в минуту
- Переналадка станка для производства поддонов другого размера занимает несколько минут.
- Подходит для использования в упаковочных линиях для отгрузки готового товара

MADE IN SWEDEN

IM Hart Russia
192236, Санкт-Петербург, Софийская 14
офис: +7 (812) 385 98 48 моб.: +7 (951) 669 67 21
E-mail: imhart.russia@gmail.com
www.imhart-russia.ru www.pallet-tech.ru

ЗАО “Umaras” накапливает опыт в области производства полиэтиленовых плёнок с 1993 года. Это позволяет осмыслить потребности рынка упаковочных продуктов, новейшие технологии полиэтиленового производства, а также сырьевые рынки. Являемся гибкими, ценим партнёрство и надёжность, поэтому наша история развивалась со многими клиентами.

Предприятие уделяет большое внимание качеству продуктов. 2 июня 2011 года система управления качеством на предприятии сертифицирована и соответствует требованиям стандартов управления качеством - LST EN ISO 9001:2008, управления по охране окружающей среды - LST EN ISO 14001:2005 и практики хорошего производства - LST EN 15593:2008.

umaras
pakavimo plėvelės packaging films

UMAPACK® STRETCH HOOD PLĖVELĖ
UMAPACK® STRETCH HOOD FILM
UMAPACK® STRETCH HOOD ПЛЁНКА

UMAPACK® STRETCH HOOD PLĖVELĖ

Taikymo sritys:
Visose pramonės šakose, kur pakavimas yra vykdomas plėvelės aptempimo metodu, prekių grupėms arba atskiroms prekėms sukrautoms ant palečių. Procesas prasideda kai plėvelė atkerpama ir suformuojama viršutinė siūlė, po to ištempiama ir užmaunama ant krovinio. Paleidus plėvelę ji traukiasi tiek vertikalia, tiek horizontalia kryptimi, taip optimaliai stipriai aptraukdama krovinį. Naudojama trąšų, cemento, statybinių mišinių, maisto pramonėje.

Spalva:
Skaidri arba nudažyta pagal kliento pageidavimą.

Parametrai:
Plotis (mm): nuo 900, su klostėmis iki 6200
Storis (μ): nuo 60 iki 140

Pakavimas:
Plėvelė susukta ant 76 mm diametro ričių, max rulono diametras iki 1000 mm, ant EURO padėklų, arba pagal kliento pageidavimą.

UMAPACK® STRETCH HOOD FILM

Application:
Stretch hoods are used to unitise products stacked on pallets. Stretch hood equipment encases palletised goods in film tubing all over the package, for related or single goods placed on pallets. The process begins when the film tube is cut and top-sealed (or not for some applications) from a roll feed, then stretched with four grippers to assist the film in fitting over the stack. The tube is then pulled over the stack and around the pallet. Once released, horizontal and vertical tension produces the necessary holding force.

Color:
Transparent or according to customers demand.

Parameters:
Width (mm): from 900, with folds to 6200
Thickness (μ): from 60 to 140

Packing:
Film is reeled on paper spools (76 mm inside diameter) and wrapped up in PE film. Rolls are placed on EURO pallets. The film can be packed in a different manner by the customer's request.

UMAPACK® STRETCH HOOD ПЛЁНКА

Предназначение:
Технология «стреч-худ» (Stretch hood) для упаковки грузов, складированных на паллетах. Стреч-худ оборудование «надевает» пленку (рукав) на уложенный на паллету груз: рукав растягивается и надевается на паллету. Далее рукав отпускается с направляющих и обтягивает уложенный на паллете груз, происходит усадка как в горизонтальном так и вертикальном направлении и таким образом, достигается необходимая удерживающая сила.

Цвет:
Прозрачная или окрашенная по заказу клиента.

Параметры:
Ширина (mm): рукав от 900 с фальцем до 6200
Толщина (μ): от 60 до 140

Упаковка:
Плёнка намотана на картонные шпули (внутренний диаметр 76 мм) в рулоны, диаметр до 1000 мм, уложена на европаллеты, или упакована по желанию клиента.

UAB Umaras, Pramonės g. 19a, LT-28216 Utena, Lithuania, tel. + 370 389 66000, fax. +370 389 66001, info@umaras.lt, www.umaras.lt

baumit.com
Baumit EFFECTO
экономичная тонкослойная система отделки фасадов из автоклавного газобетона
Эффективное решение
подтвержденная трещиностойкость и долговечность
для стен из газобетона, уложенных на «тонкий» клеевой шов
разнообразие цветов и фактур
Экономичное решение
минимальный расход среди всех штукатурных материалов
высокая производительность работ
Экологичное решение
высокая паропроницаемость
Материалы сделаны специально для ГАЗОБЕТОННЫХ БЛОКОВ!
Life
COLORED BY BAUMIT
Для выбора декоративной отделки Baumit предлагает новую колерную карту Life (888 цветов).
Центральный офис ООО «Баумит»
192007, г. Санкт-Петербург,
ул. Тамбовская, д. 12, лит. Б, оф. 51
Тел.: +7 (812) 490-47-42/43/44/45,
факс +7 (812) 490-47-48

8 (812) 400-69-69
www.gidro-motors.ru

ГИДРОМОТОРС

Ваша непрерывная работа - наша основная задача!

ООО “ГидроМоторс” - это многопрофильная компания, работающая в сфере услуг.

Основными направлениями деятельности являются

Комплексное обслуживание гидравлических систем:

- Диагностика неисправностей гидравлического оборудования
- Настройка, модернизация и ремонт гидросистем
- Замена рукавов высокого давления
- Изготовление и монтаж жесткого трубопровода
- Ремонт гидравлических узлов и агрегатов
- Восстановление и ремонт гидроцилиндров

Компания имеет полный набор диагностического оборудования и осуществляет качественный и быстрый сервис.

Модернизация оборудования:

Компания осуществляет доработку существующего гидравлического и механического оборудования с составлением всей проектной и расчетной документации для оптимизации производственного процесса, увеличения производственных возможностей и как результат - повышение производственной мощности!

ООО “ГидроМоторс” предлагает набор готовых решений для предприятий изготовителей ячеистого бетона:

По техническому обслуживанию:
- замена гидроцилиндров, гидравлических насосов, ввод в эксплуатацию
- ремонт, переборка гидроцилиндров (монтажно-демонтажные работы, ввод в эксплуатацию)
- работы по замене грязесъемников, опорных втулок и втулок скольжения на вертикальных и горизонтальных направляющих кантователей и линий поперечной резки
- выполнение сварочных работ повышенной сложности
- ремонт креплений пальцев гидроцилиндров
- работы по совмещению осей оборудования
- ремонт автоклавных мостиков
- работы по замене рельсового пути
- обслуживание и ремонт кривошипно-шатунного механизма машины поперечной резки

По изготовлению и замене:
- толкателей
- подъемной планки передаточной вагонетки
- направляющих толкателя подъемной планки передаточной вагонетки

ООО «ГидроМоторс» является официальным сервисным партнером компании Parker Hannifin. Мы осуществляем прямые поставки оригинальных гидравлических компонентов производства: Parker

ООО “ГидроМоторс” тел\факс: 8 (812) 400-69-69 info@gidromotors.spb.ru
195279, Россия, Санкт-Петербург, ш. Революции дом 69 лит. А, офис 211

ЗАВОД ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА

алит™

Построим Будущее Вместе!

Мы рады предоставить информацию для научно-практической конференции «Современный автоклавный газобетон» и поделиться своими наработками в области производства и эксплуатации автоклавного газобетона с нашими коллегами. Мы готовы предоставить следующий спектр услуг, материалов и оборудования:

1. Проведение испытаний блоков из ячеистых бетонов.

Цель испытаний: определить возможность использования блоков в сейсмоопасных регионах РФ.

В соответствии с программой испытаний нами подготавливаются образцы и фрагменты конструкций из вашего материала, выпиливаются, склеиваются с помощью вашего клея или раствора. После этого производятся испытания образцов на универсальной испытательной машине “INSTRON” на сдвиг, сжатие, разрыв.

Результат: По результатам испытаний составляется отчет, где указаны произведенные испытания, разрушающие нагрузки, приведены расчеты и сделан вывод о возможности использования блоков из ячеистого бетона в сейсмоопасных регионах РФ.

2. Строительство завода автоклавного газобетона мощностью 35000м3/год.

У компании «Алит» есть уникальный 12-летний опыт производства газобетона в Иркутской области. Мы можем спроектировать технологическую линию для производства автоклавного газобетона, изготовить оборудование, построить новый завод или вписать технологическую линию в существующее здание. Мы подбираем линию под конкретные условия вашего региона в зависимости от сырьевой базы.

3. Поставка оборудования для диспергирования газобетоннной смеси.

Мы поставляем оборудование для ультразвуковой обработки газобетонной смеси. Это нужно для измельчения сырья в растворе, более мелкие частицы песка, цемента, золы, извести быстрее вступают в реакцию и за счет этого уменьшаются сроки схватывания и процесс протекает более контролируемо. Так же измельчение сырья повышает однородность раствора, что повышается качество продукции.

4. Мы предлагаем вам рассмотреть предложение на предмет сотрудничества в области поставок «витых струн» предназначенных для нарезки газобетонного, пенобетонного массива на определенные размеры.

Уникальность витой струны по сравнению с гладкой струной в том, что она обеспечивает прямолинейность среза, возможность ровной распиловки более плотного массива без изгибов струны, удаление стружки с зоны срезания, предотвращение слипания блоков после резки, а так же увеличение ресурса пользования струной. Витые струны прошли множественную проверку на заводах по производству газобетона.

Стоимость данной струны составляет 100 рублей за один погонный метр.

5. Инновационный стабилизатор «Алит» для поризации газобетонной смеси.

Ячеистый бетон получают в результате затвердевания предварительно вспученной при помощи газообразователя смеси вяжущего, воды и кремнеземистого компонента. В качестве газообразователя наиболее часто применяется алюминиевая пудра. Для повышения реакционной способности и лучшего смешивания алюминиевой пудры с водой в смесь добавляют поверхностно-активные вещества (ПАВ), понижающие поверхностное натяжение на границе «частица – вода».

Применение стабилизатора «Алит» позволяет улучшить свойства суспензии алюминиевой пудры. Он используется при проведении эмульсионной полимеризации для стабилизации эмульсии. Так же помогает ПАВ удалить парафиновую плёнку с поверхности частиц алюминиевой пудры, благодаря чему можно избавиться от коагуляции частиц алюминия и, как следствие, уйти от трещин.

Наш стабилизатор уже активно используется заводами производителями ячеистого бетона.

Стоимость одного килограмма стабилизатора составляет 5900рублей.

Способ применения:

1. Заполнить емкость для приготовления суспензии алюминиевой пудры водой.
2. Добавить ПАВ.
3. Добавить 3% стабилизатора от количества воды.
4. Перемешать.
5. Ввести алюминиевую пудру.

Автоклавный газобетон

Газобетонные блоки различных размеров и конфигураций

Качество газобетона подтверждено всеми необходимыми сертификатами и официальными письмами из ЦНИИСКа о возможности использования газобетона «Алит-тм» при строительстве высотных зданий и сооружений.

Газобетон от «Алит-тм»:

– доставка и комплектация объектов;

– дает значительное удешевление проекта.

«Алит-тм» — единственный производитель автоклавного газобетона в Иркутске!

Газобетонная крошка:

– по теплотехнике не уступает перлиту, превосходит керамзит, шунгизит, шлакопемзу и вермикулит при том же объемном весе (400 кг/м³);

– не горит, теплопроводность 0,088;

– высокая паропроницаемость.

Сопутствующие материалы для работы с газобетоном:

– клей для кладки;

– штукатурные составы;

– инструменты.

Для клиентов — специальные цены и условия сотрудничества.

г. Иркутск,
ул. Некрасова, 10 В,

e-mail: alit@alit.su
www.alit.su

+7 (3952) 6-2222-8
+7 (3952)24-38-08

ЗАВОД ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА
алит™
Построим Будущее Вместе!

РАСШИРЕНИЕ НОМЕНКЛАТУРЫ ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ ЗА СЧЕТ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА АРМИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ НА ЛИНИЯХ WEHRHAHN

КЛАУС БОНЕМАНН, ВАСИЛИЙ ЦЕЛЬМЕР, WEHRHAHN
Германия

Тема строительства современного комфортабельного и энергосберегающего жилья в кратчайшие сроки и с минимальными затратами становится все актуальней. Жилье должно быть доступным в цене и в то же время иметь превосходные потребительские качества. Этим требованиям в полной мере отвечает жилье из газобетонных блоков и модульных элементов.

В настоящее время производство газобетонных изделий в значительной мере ограничивается изготовлением блоков. Производство армированных газобетонных изделий развито слабо. В продаже нет доступных панелей и, следовательно, нет рынка. А поскольку нет рынка панелей, они не производятся. Получается замкнутый круг. Это оказывает негативное, сдерживающее влияние на развитие строительства энергосберегающего и малозатратного комфортабельного жилья из газобетона.

Ситуация может очень скоро измениться, поскольку некоторые новые заводы WEHRHAHN оборудованы всем необходимым для производства панелей.

Оборудование WEHRHAHN для производства газобетона позволяет выпускать как блоки самых разных размеров, с захватными карманами, профилированные, так и широкий ассортимент армированных изделий. Более того, совместно с немецким партнером WEHRHAHN разрабатывает комплектные модульные системы для возведения зданий полностью из газобетонных блоков, панелей и других модульных элементов. WEHRHAHN поставляет также оборудование для производства фиброцементных листов, которые идеально подходят как для внутренней, так и для внешней отделки зданий из газобетона, включая кровельные работы и облицовку зданий навесными, вентилируемыми фасадами.

Рис.1. Общий вид строительной площадки цеха по производству панелей или идеальное производственное помещение

1. Армированные газобетонные изделия: ассортимент и применение за рубежом

Ограждающие, вертикальные стеновые панели применяются как для внутренних, так и для внешних стен, они очень популярны в Австралии, Китае, Скандинавии, Нидерландах, Германии. Предпочтительный тип в Нидерландах – панели с супергладкой поверхностью, которые могут производиться на оборудовании WEHRHAHN. Супергладкая поверхность позволяет наклеивать обои сразу на стены.

Рис. 2. Вертикальные стеновые панели

Несущие плиты покрытий и перекрытий применяются в серийных домах, в основном вместе с вертикальными стеновыми панелями или блоками из газобетона; весьма популярны для изготовления плоской кровли, идеальны для битумной кровли.

Рис.: плиты покрытий

Несущие перемычки используются для всех типов домов из газобетона, более предпочтительны по сравнению с U-блоками.

Весь ассортимент газобетонных элементов успешно используется

- в жилищном строительстве (односемейные дома, таун-хаусы, многоквартирные дома);
- в коммерческом строительстве для возведения больших репрезентативных офисных зданий, супермаркетов;
- промышленном строительстве (производственные, складские помещения).

Рис. 3. Установка панелей Horiz

Как устанавливаются панели?

Рис: подмостки на полу, панель устанавливается **вертикальные стеновые панели:**

- предпочтительно на плоских бетонных платформах или этажах, главным образом устанавливаются на клей;

- Легкие панели = “панели для одного человека” со специальной тележкой;

- тяжелые панели с подъемным краном с захватом или крюком.

несущие горизонтальные панели:

- устанавливаются со специальным крепежом.

Существует большое разнообразие хорошо зарекомендовавших себя крепежей, пригодных фактически для любых типов применения, будь то сталь, бетон или газобетон.

- поднимаются с помощью подъемного крана и специального захвата

Рис. 4. Монтаж крупных армированных изделий из АЯБ

2. Производство модульных элементов из газобетона на оборудовании WEHRHAHN

На всех заводах WEHRHAHN наряду с производством блоков возможно производство полного ассортимента армированных изделий: стеновых панелей, плит покрытий и перекрытий, перемычек. WEHRHAHN проектирует и поставляет все необходимое для этого оборудование: производство арматуры, участок антикоррозийной обработки, установку арматуры в форму, распиловку и упаковку панелей.

Процесс производства панелей аналогичен производству блоков за исключением участка армирования. Стальная арматура обеспечивает достаточную прочность панелей. Вид армирования зависит от назначения панелей:

- ненесущие панели (перегородки) армируются, как правило, 3-мя одиночными арматурными стержнями, обеспечивающими достаточную для транспортировки прочность панелей
- для армирования несущих панелей используются арматурные сетки или арматурные каркасы

Арматура производится на специальном участке. Она может также поставляться субпоставщиками на завод в уже готовом виде.

Рис. 5. Производство арматурных каркасов

Правильно-отрезной станок разматывает и выпрямляет арматурную проволоку и режет её на продольные и поперечные стержни необходимой длины. Автомат сварки арматурных сеток, управляемый автоматически или вручную, приваривает поперечные стержни к продольным. Получаются сетки необходимой длины и ширины, соответствующие заданным размерам и прочности плиты. Для несущих плит из двух арматурных сеток свариваются каркасы, при этом используются распорки с отверстиями, которые фиксируются на специальных штифтах.

Смонтированные арматурные каркасы подвергаются антикоррозийной обработке путем их погружения в специальный раствор и последующего просушивания.

Готовые арматурные каркасы фиксируются на несущей раме арматурных каркасов, которая затем погружается в уже частично заполненную форму, после чего форма заполняется полностью.

Рис. 6. Установка арматурного каркаса в форму

При производстве армированных изделий несколько меняется рецептура: повышается содержание воды в смеси, чтобы удлинить процесс предварительного твердения массива для предотвращения образования пустот по арматурным стержням.

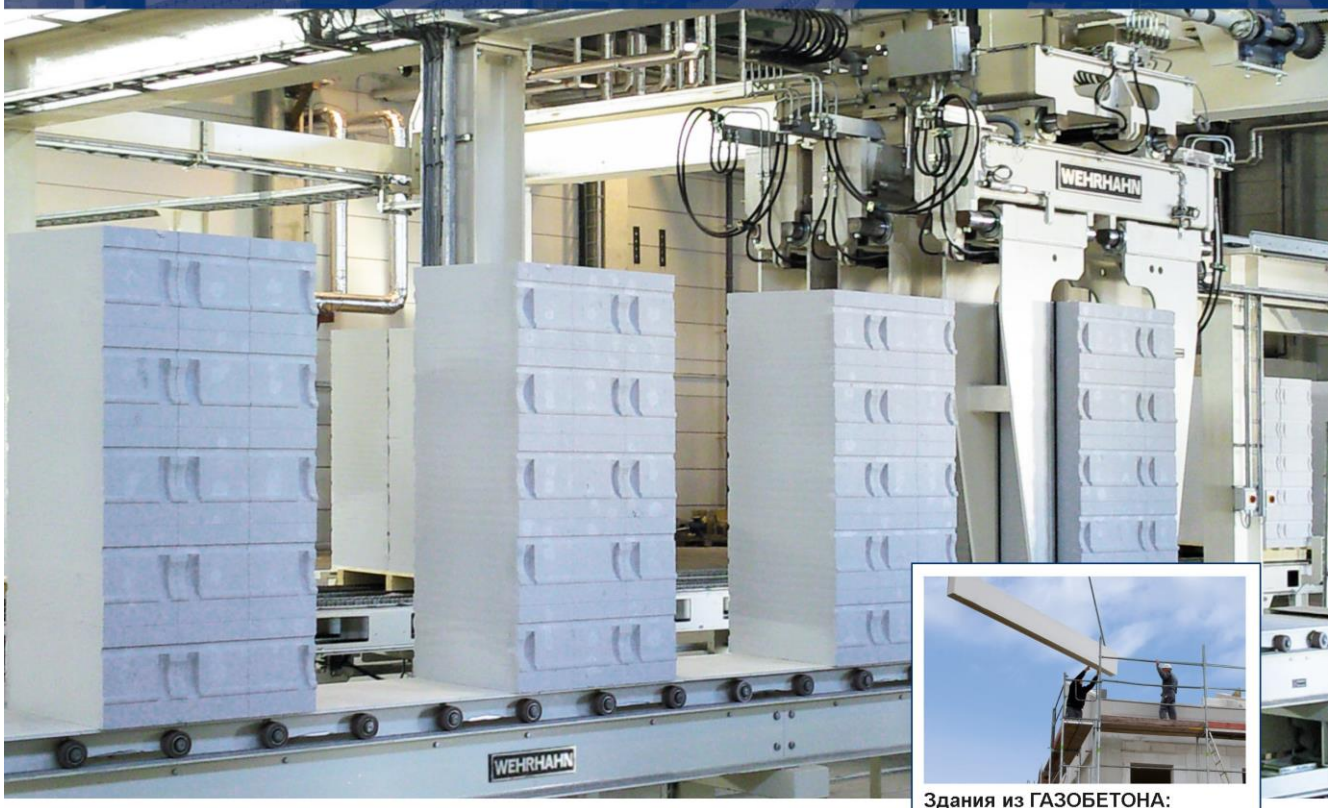
Перед резкой штифты, удерживающие несущую раму арматурных каркасов, вынимаются из массива и удаляются вместе с рамой. На линии резки может осуществляться фрезерование профилей «паз-гребень» (плиты покрытий для кровельных работ), а также заливочного паза для сцепления между собой плит перекрытий.

Время автоклавного твердения панелей на 2 – 3 часа длиннее в силу того, что нагреванию подвергаются два материала с разной теплопроводностью. При этом автоклавная кривая должна быть ступенчатой.

Заключение

Производство и применение панелей требуют сотрудничества с конечным потребителем, а еще лучше, если у производителя есть собственное проектирование домов. Цены на панели по меньшей мере вдвое выше цен на блоки. Требуется массовое производство для повышения рентабельности. Установка панелей отличается от обычной строительной работы, она больше похожа на работу плотника.

Since 1892
WEHRHAHN
традиционное немецкое качество
и высокие технологии



Здания из ГАЗОБЕТОНА:
быстро и качественно

Фасады из ФИБРОЦЕМЕНТА:
эстетично и долговечно

ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

WEHRHAHN:
Более 200 заводов автоклавного газобетона и фиброцементных листов по всему миру, 30 из них в странах СНГ и Балтии

Оборудование для производства целого спектра материалов для современного строительства:

- автоклавных газобетонных блоков и панелей
- плоских и гофрированных фиброцементных листов
- строительной извести и сухих строительных смесей

Полное оснащение линий автоматическими системами управления WEHRHAHN

Модернизация существующих производств

Весь спектр услуг: от проектирования и производства оборудования до ввода завода в эксплуатацию и последующего сервиса

Обращайтесь на фирму
WEHRHAHN!
К Вашим услугам
русскоговорящие сотрудники:
+ 49 4221 1271-331, -332, -324

SINCE 1892
WEHRHAHN
Muehlenstrasse 15
27753 Delmenhorst
Германия
Тел.: +49 4221 1271- 0
Факс: +49 4221 1271- 80
mail@wehrhahn.de
www.wehrhahn.de

ИНОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ LAHTI PRECISION OY

Г. В. ГЛУХОВ, Lahti Precision Oy
Финляндия

За свою 90-летнюю историю работы в 20 веке фирма Lahti Precision, поставила тысячи технологических линий и систем, в разные отрасли промышленности и наработала уникальный опыт проектирования и производства, который, позволил этой компании войти в 21 век лидером и законодателем новых технологий взвешивания, дозирования, смешивания и сушки сыпучих материалов. Сегодня, мы имеем эффективные, готовые решения многих практических задач, для многих отраслей промышленности, в том числе, для смесительного отделения, в производстве автоклавного ячеистого бетона (АЯБ), в том числе:

- как обеспечить высокую точность дозирования сырья, при высокой производительности;
- как обеспечить непрерывную стабильность качества замеса и надежность работы системы дозирования и всего производства;
- как предотвратить слеживание и/или залипание сырья даже при небольшом изменении «влажности» и как обеспечить подачу материала равномерным потоком;
- как собрать и обработать информацию для контроля процессов дозирования в реальном времени, при работе в автоматическом режиме;
- как сделать модернизацию («upgrade») имеющейся системы дозирования без остановки производства;
- как обеспечить статическую точность компонентов и систем взвешивания (тензодатчиков и весов), их правильную установку и калибровку;
- как обеспечить динамическую и фактическую точность дозирования компонентов смеси, путем математического моделирования, проектирования и производства систем с заданной комбинацией компонентов взвешивания и устройств дозирования с соответствующим уровнем точности;
- как эффективнее распределить потоки сырьевых материалов, и микродобавки на дозирующие системы разной мощности и точности;
- как в условиях реального производства организовать точное и стабильное дозирование микродобавок при высокой чувствительности оборудования к воздушным потокам, вибрациям и др. внешним воздействиям.

Основные инструменты, методы и подходы, которые мы применяем для решения этих задач:

- современный и уникальный алгоритм автоматического контроля техпроцесса;
- функция автоматического «гида» по обслуживанию системы управления (АСУ ТП);
- удаленный доступ и обслуживание АСУ ТП экспертами Lahti;
- запатентованная система псевдоожижения для разгрузки силосов Lahti, которая обеспечивает;
  - ✓ контролируемый равномерно текущий поток материала, что, в свою очередь, является основой точного и быстрого дозирования;
  - ✓ безшнековую, самотечную подачу материала горизонтально или наклонно (вниз) на любые расстояния (до 200 м) и с любой скоростью подачи (см.таблицу внизу, для цемента);
  - ✓ точное, высокопроизводительное клапанное дозирование;
  - ✓ контролируемую и без «обрушения сводов», разгрузку силосов, бункерных весов и т.д.;
  - ✓ сегодня, уже все проектные решения по компоновке заводов от Lahti, выполнены на основе запатентованной технологии флюидизации и гравитационного дозирования.

Работа системы флюидизации и её обслуживание

Сухие, тонкодисперсные порошковые материалы великолепно перемещаются за счет гравитации (рис. 1), самотеком, в так называемом «кипящем слое», за счет правильно разработанных и подобранных для каждого силоса (бункера), элементов флюидизации (пластин, из пористой, нержавеющей стали).

Рис. 1. Элементы флюидизации

Уровень материала, загруженного в силос меняется от степени его уплотнения, и, фактически, количество воздуха, необходимого для создания псевдоожиженного потока материала равно количеству воздуха, который выходит из материала в процессе его слёживания при хранении.

Система флюидизации, разработанная в Лахти гарантирует оптимальную разгрузку силосов. Эффективная флюидизация происходит при подачи малых объемов воздуха с давлением 1-2 Бар, при равномерном распределении воздуха по высоте конической части силоса. Равномерная подача воздуха обеспечивается правильным подбором и расположением элементов флюидизации в конусе силоса и выпускной горловине. Специальные штуцеры и воздушные форсунки, которыми оборудованы элементы флюидизации обеспечивают равномерный поток сжатого воздуха, который создает тонкую воздушную подушку между поверхностью конуса и материалом. При этом, такое небольшое количество воздуха не создает пыли внутри силоса и дополнительной нагрузки на воздушные фильтры, потому что весь воздух удаляется из силоса вместе с потоком разгружаемого материала.

Система флюидизации включается за несколько секунд до начала процесса дозирования материала, чтобы сформировать воздушную подушку и уменьшить силу трения на поверхности материала в конической части силоса.

Имея равномерный поток материала, выходящего из силоса, можно легко обеспечить его дозирование с помощью разного вида клапанных, шиберных затворов, задвижек и т.п. Процесс дозирования превращается просто в своевременное закрытие клапана, чтобы отсечь поток материала, поступающего самотеком из силоса. Соответственно, можно отказаться от шнековых, винтовых дозаторов и тем самым уменьшить количество механического оборудования, моторов и объемов работ по техобслуживанию этого оборудования. При этом, дозирование происходит быстрее и точнее, чем с помощью шнеков, а поскольку подача сжатого воздуха в систему флюидизации происходит только на время дозирования, вся система разгрузки и дозирования Lahti Precision является очень эффективной и энергосберегающей.

Псевдоожиженный материал в потоке работает по законам гидродинамики и зная характеристики материала и системы легко можно рассчитать массу потока и обеспечить быстрое и точное дозирование.

Lahti Precision производит системы флюидизации для целей разгрузки любых типов бункеров хранения, бункеров весов, загрузочных воронок и т.п. и практически для всех видов сыпучих материалов.

Элементы флюидизации монтируются в силосах и бункерах бункерных весов (рис. 2,3), в соответствии с монтажными чертежами и являются неотъемлемой частью весов, на протяжении всего срока эксплуатации оборудования (в среднем, 20-30 лет).

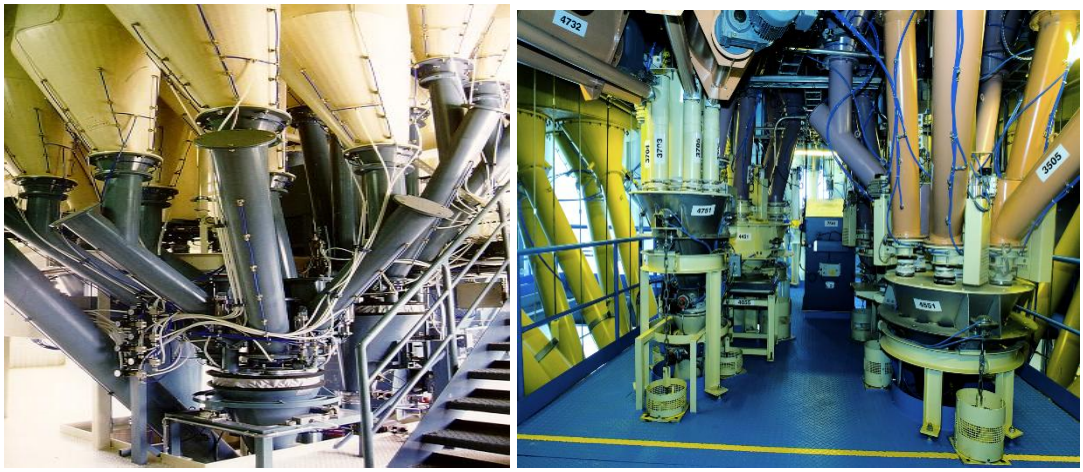


Рис. 2. Установка элементов флюидизации

Правильное положение сборки флюидизационных элементов отмечено на них стрелкой, которая должна иметь направление вниз. При монтаже особое внимание должно уделяться чистоте, чтобы предотвратить попадание грязи внутрь элементов. Рабочее давление элементов составляет от 50 кПа - 100 кПа (0,5 - 1 бар). Корректное давление зависит от материала и, как правило, нуждается в тестировании различными значениями давления для каждого используемого материала.

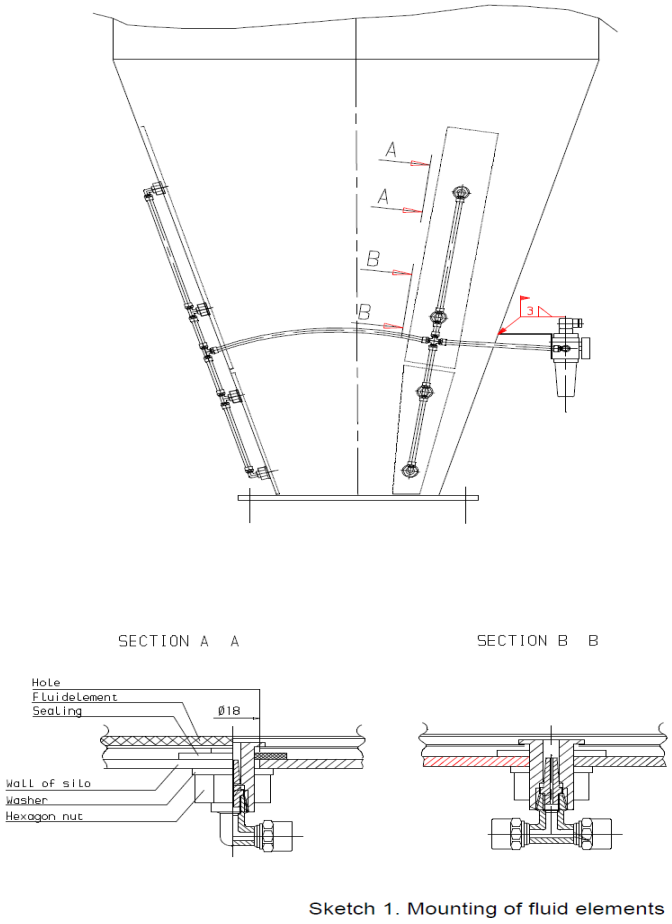


Рис.3 Схема монтажа элементов флюидизации в бункере.

Сжатый воздух для флюидизации должен быть чистым, сухим и без масла. Компрессор должен быть оборудован эффективным осушителем воздуха и фильтрами для предотвращения

попадания масла, грязи и жидкости в систему. Также должны быть влагоотделители в трубопроводе сжатого воздуха, до флюидизационных элементов. Влагоотделители должны обслуживаться регулярно. Кроме этого, необходимо проверять давление трубопровода на герметичность регулярно с интервалом в несколько месяцев.

Сегодня Lahti Precision производит и поставляет на мировой рынок прецизионную технику, тензометрическую аппаратуру (тензодатчики, весовые контроллеры и т.п.), весо-дозирующие системы, интенсивные смесители и заводы, тензометрическую аппаратуру (тензодатчики, весовые контроллеры и т.п.), услуги по калибровке весов, юстировке гирь, а также продвинутые системы управления, с возможной интеграцией в локальные АСУ ТП Заказчика.

Теперь, что касается «ноу-хау» и уникальности Lahti Precision для бизнеса АЯБ, то они заключаются в следующем:

- знание технологии производства, начиная от анализа компонентов для создания рецептур, на основе имеющегося местного сырья, до маркетинга готовой продукции;
- мы развиваемся совместно с Заказчиком, мы совместно создаем стратегию бизнеса и продукты, анализируем сырье, оцениваем поставщиков основных материалов, наполнителей и добавок;
- в Лахти можно заказать всё - от одного тензодатчика до завода «под ключ», а также ПО и отдельные системы контроля (АСУ ТП и автоматику), «заточенные» под нужды Заказчика;
- готовые комплекты заводов ССС, мощностью от 5 до 160 тонн в час, которые разработаны как для строительства «в чистом поле», так и для модернизации существующих производств;
- для сопровождения бизнеса АЯБ, мы предлагаем как отдельно стоящие заводы по производству ССС, так и технологические линии, интегрированные в основное производство АЯБ;
- в цехах компании Lahti Precision производится всё основное технологическое оборудование, а также компоненты систем дозирования, взвешивания, смешения и сушки.

Рис. 4. Производственный цикл

Гибкий трубопровод «Сирокко»

В современных условиях конкуренция во многом зависит от грамотного применения энерго- и ресурсо- сберегающих технологий, вот почему мы так любим наши безшнековые решения для заводов ССС и смесительной башни завода по производству АЯБ. Одним из таких решений является гибкий трубопровод «Сирокко» (рис. 5), который работает за счет воздуха и силы гравитации для перемещения и дозирования тонко- и ультра-дисперсных сухих, сыпучих материалов.

Рис. 5 Гибкий трубопровод

Гибкий трубопровод - это новый (начало 21 века), фантастически ресурсосберегающий инструмент для подачи сухих сыпучих сырьевых материалов и готовых смесей, который представляет собой резиновый шланг, диаметром примерно от 80 до 200 мм, который можно называть «самотечный рукав», поскольку на время подачи материала в него подается незначительное количество сжатого воздуха, который только уменьшает силу трения и чуть приподнимает нижний слой материала и за счет гравитации материал течет по рукаву, как на воздушной подушке.

Данная система, это продукт совместной многолетней работы фирмы Lahti Precision и завода резиновых изделий.

Рис. 6 Применение гибкого трубопровода

Для того, чтобы в первом приближении оценить эффективность данного изобретения, рассмотрим некоторые данные по производительности и сравнительные характеристики по затратам энергии для разных типов транспортных систем (табл.1,2).

Таблица 1

Производительность рукава, при угле наклона 3 град.,
для подачи портландцемента самотеком

Внутренний диаметр рукава, мм	Производительность рукава, т/час
102	60
152	> 135 т/час
203	> 240 т/час

Таблица 2

Сравнительные характеристики и затраты энергии для разных типов транспортных систем

Тип конвейера	Потребление электроэнергии, (кВт*час/т)	
	Прямолинейный участок транспортировки длиной 10 м, с уклоном	Прямолинейный участок транспортировки длиной 20 м, с уклоном и поворотной секцией
Гибкий трубопровод «Сиро́кко»	0,004	0,008
Традиционный вибро-желоб и ленточный конвейер	0,06	0,06
Спиральный конвейер	0,11	0,25
Шнековый конвейер	0,3 – 0,44	0,5 – 0,9
Система флюидизации	0,4 – 0,8	0,4 – 0,8
Пневмосистемы	0,8 – 1,5	0,8 – 1,5

Преимущества самотечного рукава:

* очень высокая и гибко регулируемая производительност;
* длительный (неограниченный, в рамках производства) срок службы;
* возможность точно и аккуратно отрезать рукав в нужный размер, по месту;
* снижает производственные затраты;
* легкость монтажа.

Запатентованный процесс флюидизации с помощью рукавов обеспечивает:

- равномерно распределенный поток сыпучего материала по всей длине рукава;
- регулирование подачи воздуха для оптимизации подъемной силы;
- отсутствие проблем слеживания и/или залипания материала в рукаве, на входе и выходе;

В чем секрет? Секрет - в сочетании работы сжатого воздуха и сил гравитации…… но это еще не вся правда. Воздух должен “атаковать” материал совершенно определенным образом. Абсолютно необходимо обеспечить сбалансированное и равномерное давление воздуха по всей длине рукава. Это обеспечивается за счет:

* плавного и гарантированного повторного запуска после остановки потока материала;
* эффекта автоматического (саморегулируемого) потока воздуха;
* равномерная подача материала самотёком и без “пробок”.

Данный рукав- это прецизионное изделие «ручной работы», в сочетании с некоторыми высокоточными заводскими технологическими операциями. Например, одна из причин высокой эффективности этой транспортно- дозирующей системы в точном математическом соотношении между внутренним диаметром воздушных каналов питателя, диаметром форсунок и размером расширительной камеры. Воздушные каналы проходят внутри рукава и защищены толстой стенкой рукава. Воздухопроницаемая мембрана из нетканых материалов интегрирована в резиновую стенку рукава.

Ничтожно низкий расход и низкое давление воздуха обеспечивают высокоэффективное псевдоожижение потока (эффект “кипящего слоя”) и дают следующие конкурентные преимущества:

- снижение эксплуатационных затрат;
- нет необходимости установки фильтра-воздухоотделителя;
- не нужно дополнительного расхода воздуха для очистки.

Самотечные рукава можно использовать везде, где применяются обычные винтовые (шнековые) дозаторы и питатели, ленточные конвейеры или вибро-желобы (горизонтальные или наклонные). При этом, важно принять во внимание те преимущества, что гибкость

резиновых рукавов позволяет легко прокладывать и монтировать их между существующих металлоконструкций и то, что в этой системе полностью отсутствуют движущиеся части.

Система гибких трубопроводов «Сиро́кко» была создана для сухих, порошкообразных и пылевидных материалов и не предназначена для песка, щебня, гравия, волокон, хлопьев или суспензии, т.к.:

* материал должен содержать в себе воздух;
* материал должен какое-то время удерживать воздух;
* процент содержания тонкодисперсных частиц в материале имеет решающее значение.

К настоящему времени, исследования, тестирование и применение гибких трубопроводов были сфокусированы на таких материалах как: портландцемент, микрокремнезем, кальциты и микрокальциты, известняковая мука, известь, гипс, молотый кварц, сухие строительные смеси, зола-унос, ильменит, диоксид алюминия, сульфат железа, титановый концентрат, крахмальная мука, молотый шлак, стиральный порошок, оксид свинца, фосфат и некоторых других.

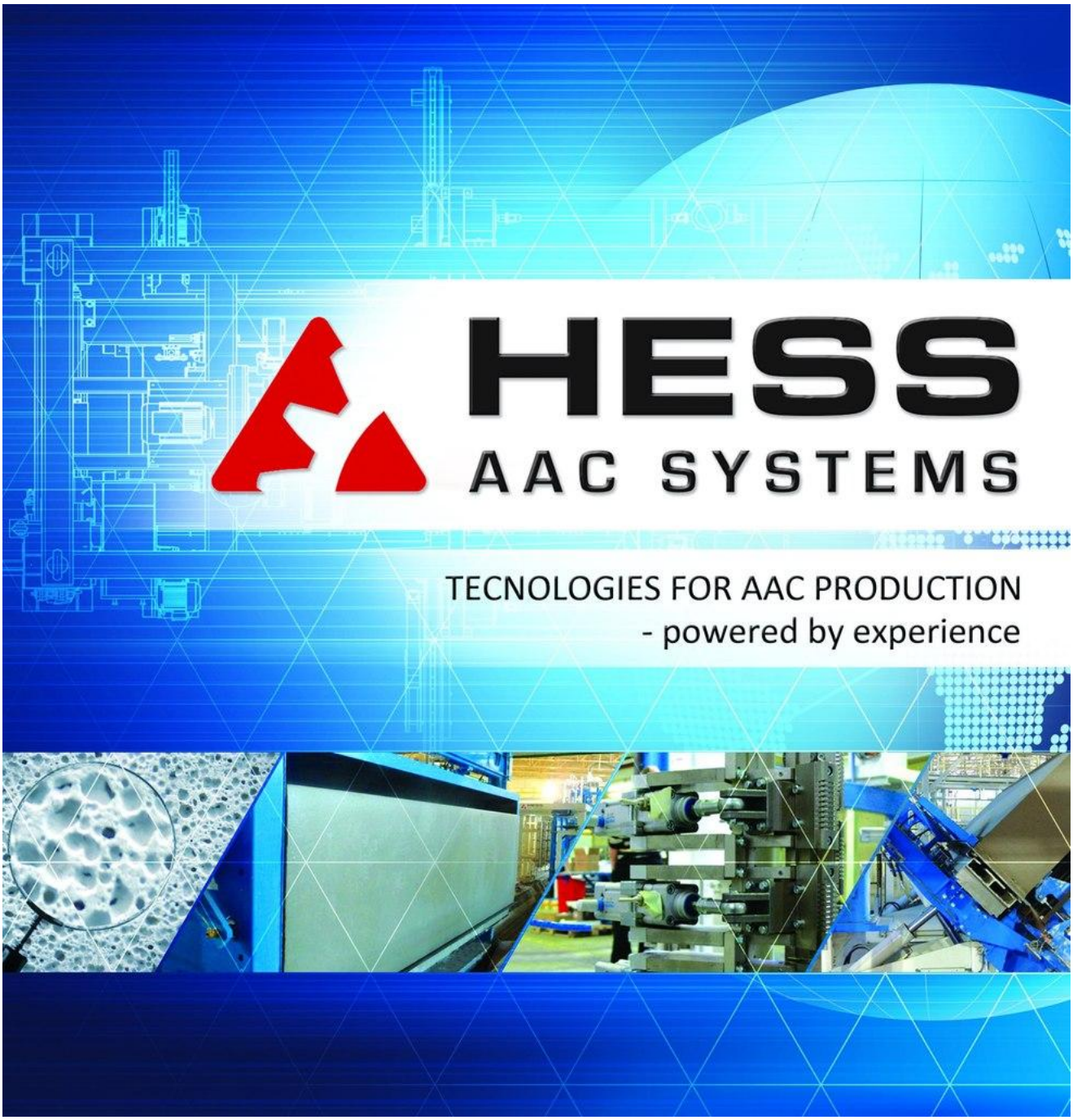
Компания Lahti Precision Oy на специальном испытательном стенде тестирует сыпучие материалы на их способность к перемещению самотеком. Стенд представляет собой полномасштабный испытательный стенд, емкостью 1.5м3, который оборудован самотечным рукавом длиной 6 м, с внутренним диаметром 4 дюйма (102 мм) и со следующими изменяемыми параметрами:

* угол наклона от -6 до +6 градусов;
* давление воздуха от 0.2 до 2 bar;
* расход воздуха от 50 до 500 л/мин.

Существует много факторов, которые так или иначе влияют на эффективность транспортировки. Изменение угла наклона рукава также влияет на работу системы, поскольку течение материала происходит естественным потоком под воздействием гравитации. Если конус силоса оборудован системой флюидизации, то работоспособность рукава гарантирована уже при угле наклона +/- 0 градусов (горизонтальная линия). Оптимальный поток достигается при угле наклона от 3 до 6 градусов

Уровень загруженного материала в силосе также имеет определенное влияние.

Поскольку система гибких трубопроводов - новый инструмент для транспортировки и дозирования материалов, то область применения постоянно расширяется. Концепция себя оправдала и уже достоверно испытана. Более 160 проектов реализовано в нескольких странах мира, в том числе и в России.


HESS
AAC SYSTEMS
TECNOLOGIES FOR AAC PRODUCTION
- powered by experience

АВТОКЛАВЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГАЗОБЕТОНА

ЙОХЕН ПАЙНЕМАНН, Concept Autoklaventechnik GmbH,
Германия

Группа компаний Josef Jasper GmbH & Co KG производит автоклавы для различных отраслей промышленности.

Команда специалистов филиала в Ганновере специализируется на проектировании автоклавного оборудования. Гарантия качества производства в данной сфере зависит от многочисленных параметров, которые необходимо учитывать. Мы изготавливаем автоклавы следующих размеров с возможностью поставки по всему миру:

- Диаметр автоклава макс. 7 000 мм
- Длина автоклава на сегмент макс. 45 000 мм
- Вес элемента на сегмент макс. 100 т

Одним из наших основных направлений являются автоклавы для производства газобетона и силикатного кирпича.

Наши услуги включают:

- Комплексные проектно-конструкторские работы
- Прохождение процедуры сертификации по ГОСТ/ТР
- Производство в соответствии с высокими немецкими стандартами менеджмента качества
- Обработка поверхностей
- Интенсивное управление проектом совместно с клиентом
- Логистика с привлечением грузового автотранспорта и водного транспорта
- Монтаж и руководство строительством
- Сервис и ремонт

В целях обеспечения комплексного выполнения проектно-конструкторских работ, мы обсуждаем с клиентами следующие основные условия:

- Требуемый диаметр
- Полезная длина
- Давление и связанная с этим температура, определяемые по таблице насыщенного пара
- Материал и учитываемые значения продольного расширения под воздействием разных температур
- Какой вес загрузки ожидается, и какая транспортировочная система будет применяться? В зависимости от этого согласуется необходимая система направляющих.
- Какая форма затвора требуется?
- Какое время загрузки требуется?

Важнейшим элементом автоклава является быстродействующий затвор. Он позволяет выполнять быструю загрузку и разгрузку корпуса котла посредством системы направляющих.

Характеристики быстродействующего затвора Jasper

Производимые нами быстродействующие затворы для производства строительных материалов могут быть укомплектованы одним из четырех механизмов открытия:

- Открытие вручную
- Пневматическое открытие
- Гидравлическое открытие
- Открытие с помощью электропривода

Необходимое защитное оборудование для затвора автоклава, такое как предохранительные устройства и уловители, является для нас стандартом и уже заслужило международное признание.

Быстродействующий затвор Jasper в стандартном исполнении состоит из следующих узлов:

- Обод кожуха с отведением конденсата и выточенной канавкой под уплотнение
- Обод крышки с приваренной выпуклой шайбой
- Горизонтальный шарнир, в данном случае со сбалансированным противовесом
- Поворотный механизм крышки, приводимый в действие вручную
- Предохранительное устройство, приводимое в действие вручную

Открытие быстродействующего затвора Jasper

Процесс открытия начинается с разблокировки предохранительного устройства. Предохранительное устройство состоит из:

- Поз. 1 Предохранительный штифт между ободом кожуха и ободом крышки, с его помощью осуществляется закрытие затвора
- Поз. 2 Шаровой кран для сброса остаточного давления
- Поз. 3 3/2-ходовой пробковый кран для подачи давления на уплотнение
- Поз. 4 Концевой выключатель для проверки барьера "Предохранительное устройство закрыто"
- 2 датчика минимального давления

Оба датчика минимального давления соединены по принципу логического умножения. Оба датчика должны быть включены. Включение происходит при остаточном давлении около 0,05 – 0,1 бар. За счет этого происходит срабатывание от электрического привода пневматического 3/2-ходового электромагнитного клапана. Далее под воздействием сжатого воздуха срабатывает пневматический цилиндр одностороннего действия. Цилиндр задвигается, и разблокируется само предохранительное устройство для операции открытия. Предохранительное устройство открывается, и подача давления на уплотнение прекращается. Одновременно происходит сброс остаточного давления через установленный шаровой кран. В случае отключения электропитания или подачи воздуха во время процесса предохранительное устройство блокируется посредством пневматического цилиндра одностороннего действия, так что открытие исключено.

Далее обод крышки откручивается с помощью поворотного механизма, благодаря чему зубья освобождаются. Через улавливающую канавку на зубьях обода крышки возможен безопасный сброс остаточного давления (при его возникновении). Одновременно посредством электрического концевого выключателя приводится в действие электромагнитный клапан, вследствие чего происходит закрытие подвода пара для подачи давления на уплотнение.

На дне затвора установлен сепаратор конденсата для отведения конденсата из уплотнения. Он служит для отведения конденсата, образующегося в зоне уплотнения. Таким образом, при открытии затвора выдавливание уплотнения после откручивания крышки вследствие дополнительного испарения в зоне уплотнения исключено.

Далее затвор отводится вверх. Это не представляет проблемы благодаря сбалансированному противовесу.

Можно производить загрузку и разгрузку автоклава.

Закрытие быстродействующего затвора Jasper

Крышка опускается вниз.

С помощью поворотного механизма крышки обод крышки приводится в закрытое положение. При этом разблокируется уплотнение. Разблокировка уплотнения осуществляется посредством концевого выключателя подвода пара для подачи давления на уплотнитель.

Предохранительное устройство закрывается. При этом происходит подача давления на уплотнитель, а также закрытие шарового крана.

Запускается процесс автоклавирования.

При увеличении давления в автоклаве свыше 0,05 – 0,1 бар включаются датчики минимального давления, в результате чего обесточивается электромагнитный клапан. Выдвигается пневматический цилиндр, который блокирует рычаг предохранительного устройства, поэтому открытие устройства под давлением исключено.

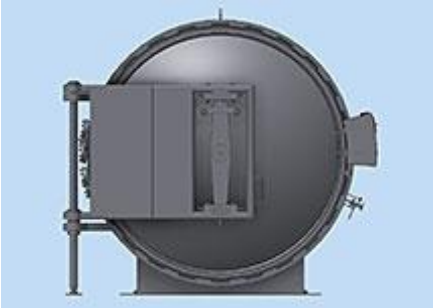


Рис. Автоклавы

Наряду с нашей основной специализацией – автоклавы для производства газобетона и силикатного кирпича, мы предлагаем и другие типы автоклавов и затворов.

- Автоклавы для резиновой промышленности
- Камеры приема и пуска очистных устройств для нефтяной промышленности
- Автоклавы для высокотемпературных процессов
- Циркуляционные автоклавы для углеродной отрасли
- Автоклавы высокого давления, рассчитанные на избыточное давление до 150 бар
- Установки для импрегнации
- Затворы из высококачественной стали для пищевой промышленности

Контакты с нашими клиентами и реализацию продукции в России осуществляет наш партнер WKB Systems.

Через WKB с нами можно связаться по адресу:

WKB Systems GmbH
48477 Hörstel
Daimlerstraße 5-8
Тел.: 0049 5459 8059 297
Контактное лицо – г-н Пауль Краузе

Напрямую с нами можно связаться через наш головной офис в Хопстене:

Josef Jasper Behälter- und Apparatebau GmbH & Co. KG
48496 Hopsten
Halverder Str. 2
Тел.: 0049 5458 9309 0
Контактное лицо – дипл. инж. г-н Йозеф Даниэль Яспер (Josef-Daniel Jasper), директор

РОСИЗВЕСТЬ
Известь негашеная гранулированная сорт 2
Известь негашеная молотая сорт 2
Известь гашеная (гидратная) сорт 1
Гипсовый камень
РОСИЗВЕСТЬ
Высококачественная известь ГОСТ 9179-77
для строительства и дорожных работ
тел.: 8 (473) 239 9071, 239 90072
www.rosizvest.ru
394000, Россия, г. Воронеж, пр-т Революции, 1 а, rosizvest@rosizvest.ru