



Национальная Ассоциация  
Производителей Автоклавного Газобетона

Wehrhahn GmbH



# Научно-практическая конференция «Современный автоклавный газобетон»

Сборник докладов



**masa**



Екатеринбург  
2017

НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

## **СОВРЕМЕННЫЙ АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН**

*Сборник докладов  
научно-практической конференции  
г. Екатеринбург, 22–24 ноября 2017 г.*

г. Екатеринбург  
2017

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.  
С 56 г. Екатеринбург, 22–24 ноября 2017 г. / Под редакцией научно-технического совета  
Национальной ассоциации производителей автоклавного газобетона. 2017. – 129 с.

Сборник содержит материалы докладов участников научно-практической конференции «Современный автоклавный газобетон», г. Екатеринбург, 22–24 ноября 2017 г.

Основные темы конференции: развитие отрасли автоклавного газобетона в условиях спада строительства; оптимизация производства (применение новых материалов, оборудования и технологий, позволяющих сократить производственные издержки и повысить качество выпускаемой продукции, информационные технологии как инструмент для оптимизации производства); расширение номенклатуры выпускаемой продукции; исследование процессов формирования газобетонной структуры; изучение физических процессов, протекающих при автоклавной обработке газобетона; исследование влияния комплексных добавок; проблемы применения автоклавного газобетона (трещинообразование в конструкциях и методы повышения трещиностойкости, возможность применения в помещениях с влажным и мокрым режимами эксплуатации, вопросы армирования кладки); пенополиуретановый клей как альтернатива цементно-песчаным смесям (опыт применения и ассортимент ППУ-составов, оценка прогнозной долговечности ППУ кладочного шва в АГБ кладке, прочностные и деформационные характеристики кладки из автоклавных газобетонных блоков на пенополиуретановом клее); использование газобетонных блоков в перекрытиях.

В сборник вошли доклады представителей производственных предприятий, сотрудников научно-исследовательских организаций и вузов, представителей смежных отраслей экономики.

УДК 691.327.332: 666.97.035.56 (06)

ББК 38.626 я 431

© НААГ

## СОДЕРЖАНИЕ

ЛЕВЧЕНКО В.Н. Приветственное слово участникам конференции НААГ–2017.....	5
ГРИНФЕЛЬД Г.И. Национальная ассоциация производителей автоклавного газобетона — 10 лет в интересах отрасли.....	6
ВИШНЕВСКИЙ А.А., ГРИНФЕЛЬД Г.И., СМИРНОВА А.С. Текущее состояние производства автоклавного газобетона в России .....	10
ГРИНФЕЛЬД Г.И. Вызовы широкому применению автоклавного газобетона.....	12
СИРОТИН О.В. Рынок автоклавного газобетона в Украине 2016–2017 гг. ....	15
<b>Раздел «Производство» .....</b>	<b>19</b>
АРТЮХОВ В.В. Инновационные решения для эффективного производства плит и перемычек из газобетона, реализованные ООО «ЭКО-Золопродукт Рязань».....	19
БАРАНОВ А.А. Ресурсосберегающая технология применения многостадийного способа переработки подрезного слоя .....	22
БОНЕМАНН К., РОМАНОВА Г.В., ЦЕЛЬМЕР В.Н. Расширение ассортимента газобетонной продукции путем выпуска теплоизоляционных панелей: потребности рынка и особенности производства на оборудовании Wehrhahn .....	27
ВИШНЕВСКИЙ А.А., ЛЯЛИН А.Ю., ШИШКАНОВ В.В. Изучение влияния различных факторов на появление «непропаров» в процессе автоклавной обработки газобетона .....	33
ЛЕОНТЬЕВ С.В., ШАМАНОВ В.А., КУРЗАНОВ А.Д. Изучение влияния рецептурно- технологических факторов на процессы формирования структуры и свойств автоклавного газобетона пониженной плотности .....	39
ЛОБОДЕНКО Е.А., ТИМОФЕЕВА Е.В., ГУСЕВ К.В., СИНЯНСКИЙ И.А. Совершенствование технологии производства армированных перемычек из ячеистого бетона автоклавного твердения .....	47
МЫШЕНКО В.В., ВИШНЕВСКИЙ А.А., ТОНКУШИН А.А. Информационные технологии как способ оптимизации производства.....	50
НЕЛЮБОВА В.В. Газобетон автоклавного твердения с использованием минеральных модификаторов различного состава.....	56
ПОНОМАРЕВ А.В. Применение композитной арматуры для производства армированных газобетонных изделий автоклавного твердения .....	61
СТЕПАНОВА В.Ф., САВИН В.И., СТРОЦКИЙ В.Н., КВАЧАДЗЕ Р.Г., БОЙКО Е.В. Применение дисперсного армирования в конструкциях из ячеистого бетона .....	63
<b>Раздел «Применение АГБ».....</b>	<b>69</b>
ВЫЛЕГЖАНИН В.П., ПИНСКЕР В.А., ГРИНФЕЛЬД Г.И. Теоретические и экспериментальные обоснования методики расчета усилий при вырыве анкеров из газобетона с учетом его прочности и плотности .....	69
ГАГАРИН В.Г. Развитие нормирования по тепловой защите зданий.....	76

ГАГАРИН В.Г., ПАСТУШКОВ П.П., ЧЖОУ ЧЖИБО. Об использовании первого коэффициента теплотехнического качества для сравнения теплопроводности автоклавного газобетона отечественного и китайского производства .....	78
ЛЕВЧЕНКО В.Н. Автоклавный газобетон – от концепции к реализации .....	80
ПАСТУШКОВ П.П., ГАГАРИН В.Г. Зависимость теплопроводности и коэффициента теплотехнического качества автоклавного газобетона от плотности .....	83
ПОДДУБНЯК М.Д. Конструктивные решения по заполнению несущего каркаса зданий автоклавным газобетоном в сейсмически опасных районах .....	87
ПОДДУБНЯК М.Д. Опыт строительства трехэтажных зданий со стенами из автоклавного газобетона В3.5 D600 в сейсмически опасных районах .....	92
ПОНОМАРЕВ О.И., ГОРБУНОВ А.М., ЧИГИРИНА О.С., МУХИН М.А., ФОКИНА Е.Г. Экспериментальные исследования напряженно-деформированного состояния кладки из автоклавных ячеистобетонных блоков на строительном клее «Проффикс 101» при действии центрально приложенной нагрузки .....	95
САТЫЛАЕВ А.В. Применение автоклавного газобетона на строительных объектах Екатеринбурга и Свердловской области .....	99
СТЕПАНОВА В.Ф., САВИН В.И., СТРОЦКИЙ В.Н. Развитие нормативной базы проектирования бетонных конструкций из ячеистых бетонов .....	102
ШЕБОЛДАСОВ А.А. Перемычки армированные из ячеистого бетона автоклавного твердения. Исследование работы перемычек с вышележащей кладкой на полиуретановом клее .....	108
<b>Рекламный раздел</b> .....	112
БЛЮСОВ В.А., ПАНФИЛОВ А.В. Междуэтажные перекрытия в каменных домах .....	112
ИГУМЕНЬЦЕВ А.С., ЗМАНОВСКИЙ С.В., МУХЕТДИНОВА А.В., БЛОХИН Н.Л., ГУБАНОВ А.В., МЕЛЬНИКОВ Н.А. Алюминиевые газообразователи ОК РУСАЛ .....	118
ПИНЧУК А.Ю. Практика применения пластифицирующих добавок «ИА1215» и «ИА1215СИЛИКАТ» на ряде производств газобетона автоклавного твердения (2015–2017 гг.) .....	121
ПРОХОРОВ С.Б. НСК: Новое в Сырьевых Компонентах .....	123
Рекламная информация от WKB Systems .....	125
Рекламная информация от ООО «Селена Восток» .....	127

## ПРИВЕТСТВЕННОЕ СЛОВО УЧАСТНИКАМ КОНФЕРЕНЦИИ НААГ–2017

*В.Н. ЛЕВЧЕНКО, директор ООО «ПСО «Теплит», почетный президент НААГ*

Уважаемые коллеги!

От имени организаторов приветствую вас на IV научно-практической конференции «Современный автоклавный газобетон», ставшей традиционной площадкой для обмена опытом в области производства и применения автоклавного газобетона. В этот раз мероприятие проходит в Екатеринбурге, одном из крупнейших и старейших центров по производству ячеистого бетона в нашей стране.

Конференция приурочена к 10-летию Национальной Ассоциации производителей автоклавного газобетона (НААГ). В декабре 2007 года в Екатеринбурге на базе объединения «Теплит» прошло учредительное собрание, с которого и началась история Ассоциации. Первому учредительному собранию предшествовали две тупиковые попытки создания объединения производителей автоклавного газобетона. Идея витала в воздухе, потребность в ее реализации ощущалась многими участниками рынка. Уже была реализована коллективная работа по разработке ГОСТов на нашу продукцию, были осознаны плюсы интеграции усилий.

Тогда, в 2007 году, учредителями Ассоциации стали заводы ООО «Аэрок СПб», ООО «Рефтинское объединение «Теплит», ЗАО «Кселла-Аэроблок-Центр Можайск», ОАО «Главновосибирскстрой», ОАО «ЗЯБ», ОАО «Лискинский газосиликат». Понимание необходимости активного продвижения продукции на рынке стало своеобразным двигателем для объединения усилий. Важно было не только изучить новые возможности материала, но и донести эти знания до всех участников строительного рынка.

За 10 лет Ассоциацией проделана большая работа. Актуализирована нормативная база производства и применения автоклавного ячеистого бетона, выполнен комплекс лабораторных и натурных исследований эксплуатационных характеристик, осуществлены мероприятия по продвижению выпускаемой продукции на рынке. Как результат, автоклавный газобетон стал основным стеновым материалом на стройплощадках нашей страны – за 10 лет его выпуск увеличился более чем в три раза.

Важным этапом в работе НААГ стало проведение конференций, на которых освещаются вопросы, актуальные для всех участников рынка. Не станет исключением и предстоящая конференция, посвященная оптимизации производства в условиях снижения спроса на продукцию, актуализации ГОСТ 31359 и ГОСТ 31360, поиск новых возможностей для применения выпускаемой продукции. Особое внимание будет уделено давлению на ячеистый бетон через ужесточение норм проектирования тепловой изоляции зданий.

Выражаю надежду, что данное мероприятие позволит согласовать позиции участников рынка по актуальным вопросам, снабдит участников информацией, которая позволит производителям ячеистого бетона выйти на новый уровень взаимодействия с рынками.

Желаю всем участникам и организаторам конференции плодотворной работы, конструктивного диалога и эффективного взаимодействия!

## НАЦИОНАЛЬНАЯ АССОЦИАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА — 10 ЛЕТ В ИНТЕРЕСАХ ОТРАСЛИ

Г.И. ГРИНФЕЛЬД, НААГ

По состоянию на конец 2017 г. Ассоциация НААГ объединяет предприятия, выпускающие половину российского автоклавного газобетона (49% выпуска 2016 г.). Количество членов НААГ в этом году было сокращено с 23 до 20 — членство накладывает обязательства, неисполнение которых ведет к исключению из клуба.

### **Цель НААГ — содействовать увеличению емкости газобетонного рынка.**

Техническое регулирование в России развивается нелинейно. Планы стандартизации и нормирования составляются частично по заявкам пользователей и производителей, частично по заявкам нормирующих органов. Участникам рынка приходится самим конкурировать за внимание нормотворцев, самим доносить информацию о себе и своей продукции до Минстроя, Минпромторга, отраслевых институтов, профильных Технических комитетов. На этих площадках учитываются преимущественно голоса некоммерческих объединений — отраслевых Союзов, Ассоциаций, Партнерств. Поэтому основная задача Ассоциации НААГ — информировать о нашей продукции, возможностях, тенденциях развития и проблемах структуры, в которых происходит подготовка и принятие тех или иных программ и решений в сфере регулирования строительства и производства стройматериалов.

### **Задачи НААГ**

- 1) создание и удержание благоприятного **нормативного поля**, позволяющего обеспечивать максимально широкий рынок сбыта для автоклавного газобетона;
- 2) создание и удержание благоприятного **информационного и имиджевого фона**, делающего легитимным участие в создании и корректировке нормативных и законодательных актов;
- 3) **отраслевая аналитика** — сбор отраслевой информации, доведение ее до государственных органов (Минпромторг, Минстрой, Росстандарт), квазигосударственных структур (НОСТРОЙ, НОПРИЗ), потенциальных инвесторов.

### **1. Нормотворческая деятельность**

Опишем текущее состояние нормативной базы. Актуальными для газобетона являются **3 технических регламента**: ТР «Пожарная безопасность», ТР «Безопасность строительных материалов и изделий», ТР «Безопасность зданий и сооружений» (последние два уже 8 лет дорабатываются в согласительной комиссии ЕАЭС). Для выполнения их требований нужны НПБ (нормы пожарной безопасности), ГОСТ или СТО (в форме ТУ) на материалы и методы испытаний, СП на проектирование и строительство.

Соответствие требованиям и нормам пожарной безопасности любой производитель АЯБ подтверждает сертификацией. Сертификат описывает предел огнестойкости кладки различных толщин.

Требования к безопасности строительных материалов и изделий содержатся в утвержденных технических условиях. ГОСТы в форме ТУ (31359-2007 и 31360-2007) на автоклавный газобетон и изделия из него разработаны НААГ с учетом всех возможностей и интересов современных заводов. Пересмотр ГОСТ 31359 и 31360, осуществляемый в настоящее время, производится силами НААГ с учетом накопленного за 10 лет применения опыта.

Безопасное применение материалов в строительстве обеспечивается выполнением требований обязательных Сводов Правил. В настоящее время в России завершена первичная актуализация СНИП и придание им статуса Сводов Правил. При разработке Сводов Правил, касающихся газобетонных изделий, были во многом учтены возможности, появившиеся при обновлении номенклатурного ряда газобетонной промышленности.

Для применения в строительстве изделий из автоклавного газобетона актуальны следующие вопросы: расчет каменной кладки, строительство в сейсмических районах, теплозащитные свойства ограждающей оболочки зданий.

**СП по каменным и армокаменным конструкциям (СП 15.13330.2012 с изм. №1 и №2)** устанавливает порядок расчетов каменной кладки по прочности и деформациям. В СП содержится актуализированная информация по автоклавным ячеистым бетонам. Расчетные характеристики кладки на клеевых составах из СП выведены, предложен механизм определения этих характеристик с повышающими коэффициентами. Изменениями №№ 1 и 2 сняты ограничения с плотности (D450) внутреннего слоя многослойных стен.

**СП по сейсмике (СП 14.13330.2014)** устанавливает порядок проектирования зданий в сейсмических регионах. Он ограничивает применение газобетона для несущих конструкций маркой D600, классом по прочности B3,5, для остальных — маркой D500, классом по прочности B2,5. Возможно смягчение этих требований при проведении нескольких обобщающих исследовательских работ в Центре исследования сейсмостойкости ЦНИИСК.

**СП по тепловой защите (СП 50.13330.2012, обязателен к применению с 01 июля 2016 г.)** содержит требования к теплозащитной оболочке здания и отдельным ее элементам. От требований этого СП зависит возможность применять однослойные стены.

В текущей редакции СП 50.13330 позволяет возводить однослойные газобетонные стены практически на всей территории России. В настоящее время, однако, возобновлена работа по нормированию «повышения энергетической эффективности», направленная на снижение энергопотребления эксплуатируемыми зданиями. В рамках этой работы делаются попытки ввести помимо целевых (ограничение энергопотребления) и конструктивные требования к ограждающим конструкциям. В случае если повышенные требования к теплоизоляционным свойствам стен будут законодательно закреплены, емкость газобетонного рынка значительно сократится.

Применение материала регламентируется не только обязательными к применению федеральными документами, но и **региональными документами** добровольного применения, отраслевыми документами (СТО), приказами, письмами, практикой выдачи заключений экспертизы. В числе таких документов, появившихся силами или при участии НААГ, можно привести следующие.

1. Разработан **СТО НААГ 3.1–2013** «Автоклавный газобетон в строительстве жилых и общественных зданий» — документ, изложивший требования обязательных СП в удобной для применения газобетона форме. К ноябрю 2017 г. документ актуализирован с учетом анализа новейшей практики применения газобетонных изделий в строительстве.

2. Разработан и введен в действие в качестве обязательного к применению **СТО НОСТРОЙ 2.9.136–2013** «УСТРОЙСТВО КОНСТРУКЦИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИЗДЕЛИЙ И АРМИРОВАННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ИЗ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ. Правила, контроль выполнения и требования к результатам работ, рекомендации по применению» — документ, созданный в помощь линейным ИТР, технадзору и заказчиком. СТО позволяет обеспечить качество работ на стройплощадке.

3. Разработаны **Рекомендации НИИСФ** «Определение расчетных теплотехнических характеристик кладки из автоклавного газобетона в зависимости от конструкции стены и региона строительства». Таблицы, применение которых дает возможность уйти от жестких табличных значений теплопроводности и учитывать при проектировании теплозащитные свойства кладки из газобетонных блоков с учетом применяемых конструктивных решений и климатических условий.

4. В 2016 г. при поддержке ЛСР сильно **переработан проект РМД СПб «Фасады с лицевым кирпичным слоем»** — документ, в первой редакции содержавший фактический запрет на применение газобетона в стенах каркасных зданий. В итоговой редакции все немотивированные запреты сняты.

5. Разработаны **МДС 52.1-2016** «Альбом технических решений с комплексным применением ячеистых бетонов автоклавного твердения в малоэтажных зданиях с несущими стенами и в зданиях с несущим каркасом».

6. В **СТО НОСТРОЙ 2.14.67–2012** «Навесные фасадные системы с воздушным зазором. Работы по устройству. Общие требования к производству и контролю работ» установлены единые требования к газобетонной кладке, применяемой в качестве основания под НФС.

7. В **ГОСТ 27005-2014** «Бетоны легкие и ячеистые. Правила контроля и оценки средней плотности» установлена верхняя граница допускаемой средней плотности бетона.

8. Разработан **СТО СП ССС 52208230-001-2015** «Раствор для тонкошовной кладки автоклавных материалов (клеи для кладки)», содержащий методику оценки адгезии клея к газобетону.

9. Собственными НИР и усилиями фирм «Селена-Восток» и «Проффлекс» получены расчетные характеристики и разрешение на применение полимерных клеев для кладки несущих стен.

### **Программа национальной стандартизации 2017–2018 гг.**

В завершающей стадии разработки находятся следующие документы.

1. Разработка СП «**Конструкции из ячеистых бетонов. Правила проектирования**». Документ обязательного применения (разработчик — ОАО НИЦ «Строительство» филиал НИИЖБ, НААГ). Не содержит положений, способных сократить емкость рынка АГБ. Расширяет возможности проектирования армированных элементов.

2. Пересмотр **ГОСТ 25485**. Обновленная версия стандарта не содержит положений, способных сократить емкость рынка АГБ.

В **ПНС-2018** для разработки в рамках ПКЗ "Стеновые, перегородочные и облицовочные материалы" ТК144 "Строительные материалы и изделия" включены следующие предложенные нами к разработке документы.

1. ГОСТ 31359 — пересмотр.

2. ГОСТ 31360 — разработка ГОСТ «Изделия для каменной кладки. Изделия из ячеистых бетонов автоклавного твердения. Технические условия»

3. ГОСТ «Ячеистые бетоны автоклавного твердения. Метод определения морозостойкости»

4. ГОСТ «Изделия для каменной кладки. Номенклатура показателей»

5. ГОСТ «Изделия для каменной кладки. Методы испытаний»

6. ГОСТ «Изделия для каменной кладки. Общие технические требования».

Все перечисленные стандарты включены в программу стандартизации при условии разработки их за счет средств разработчика, выделение бюджетного финансирования на них не предусмотрено.

## **2. Информационная и имиджевая деятельность**

Для формирования адекватного информационного поля в нормотворческой, научной, проектантской среде Ассоциацией проводятся свои **конференции**, принимается участие в роли соорганизаторов в чужих конференциях и подобных мероприятиях.

Только за последние три года Ассоциацией и ее членами проведены **более 60 различных конференций и семинаров**, принято участие в нескольких десятках научных, административных и просветительских мероприятий.

За 2014–17 гг. в опубликовано **более 50 статей** в рецензируемых журналах, освещающих исследования газобетона, поддерживающих его восприятие как передового материала.

Малоэтажный **ЖК «Солнечный»**, построенный из продукции «Теплит», выиграл **конкурс Минстроя** «Лучший реализованный проект энергосбережения при строительстве жилья эконом-класса 2015 года».

**Премия Правительства РФ в области науки и техники для молодых ученых за 2017 год** за разработку и внедрение систем ограждающих конструкций, обеспечивающих повышенную энергетическую эффективность зданий при эксплуатации в различных климатических зонах присуждена авторскому коллективу, обосновавшему возможность эффективного применения газобетона марок по плотности D300 и D400 в условно однослойных наружных стенах.

В русле общей тенденции к упрощению коммуникационных посланий Ассоциацией и отдельными ее членами освоен **видеоформат** донесения информации о газобетоне до потребителей. Краткие информационные видеоролики на наших каналах набирают десятки тысяч просмотров, свидетельствуя о востребованности такого канала информирования.

### **План на дальнейшую перспективу**

1. Продолжить создавать информационные поводы «газобетон как таковой», «газобетон в строительстве», «характеристики газобетона», «инновации и газобетон» в рамках своих компетенций (конференции и семинары, отраслевые и популярные журналы).

2. Сохранить работу с существующими информационными площадками, отслеживать появление новых.

### **3. Отраслевая аналитика**

Каждый год мы собираем информацию о выпуске продукции предприятиями отрасли. Погрешность полученных данных не превышает 1–3%. В середине года мы проводим промежуточное исследование объемов производства. Это позволяет газобетонной отрасли оперировать информацией, существенно более точной, чем стекается в Росстат и которой пользуются смежные с нами подотрасли.

Наша информация используется, в частности, при оценке реалистичности бизнес-планов, заявляемых к реализации инвестиционных проектов. Благодаря справкам НААГ предотвращено кредитование или субсидирование строительства заводов газобетона в СЗФО (Новгородская область, 2014), ЦФО (Тверская обл., 2015, Владимирская обл., 2016, Вологодская обл., 2014, Курская обл., 2015), СКФО (Карачаево-Черкесия, Ингушетия, 2016).

В этом году при поддержке Минпромторга проведена актуализация кодов **ОКПД2** в части строительных материалов и изделий, изделия для каменной кладки из автоклавного ячеистого бетона выделены в отдельную строку. Выполненная по заказу Минстроя работа по пересмотру **классификатора строительных ресурсов (КСР)** позволила нам актуализировать данные по товарным позициям изделий из автоклавного газобетона, приведя их в соответствие с реальной номенклатурой выпускаемой продукции, что позволит упростить поставку газобетона на стройки через механизм госзакупок.

### **План на перспективу**

Если Росстат через актуализированные базы данных и механизмы сбора информации повысит точность своей работы в части газобетонных изделий, необходимость в исследованиях рынка, проводимых НААГ, может отпасть. До тех пор собираемая нами информация — единственный объективный источник данных о производстве газобетона в России.

### **Резюме**

За 10 лет, прошедших с создания Ассоциации, автоклавный газобетон с третьего места на рынке «мелкоштучных» стеновых (после керамических и силикатных кирпича, камней и блоков) перешел на первое, заняв уже более половины рынка. НААГ способствовала этому объективному процессу: нашими силами существенно обновлена нормативная база, регулирующая производство и применение газобетона; проведена работа по созданию информационных материалов для потребителей — проектировщиков, строителей, частных застройщиков.

За период 2006–2017 гг. возросла регулирующая роль государства в обеспечении функционирования строительной отрасли. При этом отраслевые объединения производителей строительных материалов стали выполнять функции внешних (аутсорсинговых) информационных подразделений отраслевых министерств и других ОИВов.

Ассоциация НААГ в своей деятельности сочетает реактивную и проактивную модели: мы реагируем на изменение правил игры в строительной отрасли в сфере государственного регулирования и рыночных механизмов функционирования стройки; формируем информационный фон вокруг автоклавного газобетона, нормируем его характеристики, сохраняем традиционные области применения, помогаем появиться новым.

## ТЕКУЩЕЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В РОССИИ

А.А. ВИШНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, Г.И. ГРИНФЕЛЬД, А.С. СМИРНОВА, НААГ

В настоящий момент в списке российских производителей автоклавного газобетона (АГБ) находится 77 предприятий. Действующими из указанного числа являются 73 завода. Остальные четыре производства законсервированы.

Таблица 1

Установленные мощности российских производителей АГБ

Производители АГБ	Количество заводов	Установленная мощность, м <sup>3</sup>
Действующие	73	17 937 500
Остановленные	4	830 000
Всего	77	18 767 500

Совокупная мощность всех производителей превышает 18,7 млн м<sup>3</sup>. В подавляющем объеме (82 %) мощности по производству АГБ представлены импортным оборудованием. На долю отечественных линий приходится 18 % от всех установленных мощностей (рис. 1).

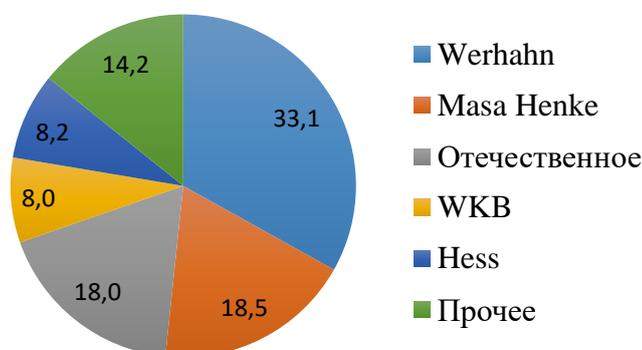


Рис. 1. Доля различных поставщиков оборудования, представленных на российском рынке АГБ

Ввода новых мощностей на 2017 год не запланировано. Ближайший озвученный проект планируется реализовать лишь в конце 2018 года в Ростовской области. Таким образом, в 2017 году будет прервана тенденция последних 12 лет, когда ежегодно запускались новые производства АГБ.

Выпуск АГБ в первом полугодии 2017 г можно оценить на уровне 5,7 млн. м<sup>3</sup>, это выше аналогичного периода 2016 года на 7 %. Большая часть производителей нарастила выпуск продукции под влиянием увеличившегося спроса, а также из-за недостаточных запасов продукции на складах перед началом сезона.

Что касается общеугодового показателя, то согласно планам производителей выпуск АГБ может составить 12,7 млн м<sup>3</sup>. Если заявленный показатель будет достигнут, то рост производства в 2017 году составит 7,5 % (табл. 2).

Таблица 2

Выпуск АГБ в 2012-2017 гг.

Показатель	Период					
	2012	2013	2014	2015	2016	2017*
Выпуск АГБ, м <sup>3</sup>	9 919 835	11 291 811	12 899 319	13 024 869	11 844 206	12 730 000
Прирост в сравнении с предыдущим периодом, %		13,8	14,2	1,0	- 9,1	7,5

\* Представлен прогноз НААГ

Относительно выпускаемой продукции можно ожидать дальнейшее снижение плотности АГБ. Анализ продукции, выпущенной членами НААГ в первом полугодии 2017 года, показал увеличение доли марок D300 и D400 (в сумме более 16 %) в общем выпуске (табл. 3). Усреднённый показатель плотности всей продукции, выпущенной в первые 6 месяцев 2017 года, составил 505 кг/м<sup>3</sup>. В 2016 году данный показатель был на уровне 509 кг/м<sup>3</sup>.

Таблица 3

## Совокупное распределение выпуска по маркам (члены НААГ)

Первое полугодие	Выпуск в % по маркам				
	D300	D400	D500	D600	D700
2016*	0,38	13,82	62,49	22,77	0,53
2017*	0,71	15,30	62,22	21,27	0,49

\* Доля продукции с плотностью 200 кг/м<sup>3</sup> в 2016-2017 гг - 0,01 %

Средняя цена на АГБ марки D500 согласно общедоступным прайсам производителей в октябре 2017 года составила 3290 руб. В сравнении с началом года стоимость продукции незначительно увеличились. При этом общая динамика цен за последние годы продолжает сохранять негативный тренд (рис. 2). В настоящее время газобетон имеет самую низкую стоимость за время исследований НААГ (более 10 лет). Причины этого, очевидно, связаны с переизбытком предложения АГБ на российском строительном рынке. Общий экономический спад вызвал снижение темпов строительства, а, значит, потребность в АГБ уменьшилась.

Следует остановиться и на других проблемах, которые оказывают (или могут оказать) влияние на развитие отрасли производства АГБ. Прежде всего, необходимо сказать о том, что общее снижение цен (или сохранение на одном уровне) вызвало уменьшение доходности производств. В этой ситуации некоторые предприятия столкнулись с проблемой нехватки ликвидности. Особенно остро проблема стоит с предприятиями, имеющими повышенную кредитную нагрузку. На этом фоне со стороны кредитных организаций предпринимаются попытки переломить ситуацию. В ряде случаев производственные мощности изымаются у владельцев в счет погашения задолженности. Имеющийся кризис ликвидности и проблемы с возвратом кредитных средств могут стать одним из значимых факторов, который будет оказывать влияние на развитие отрасли в ближайшее время.

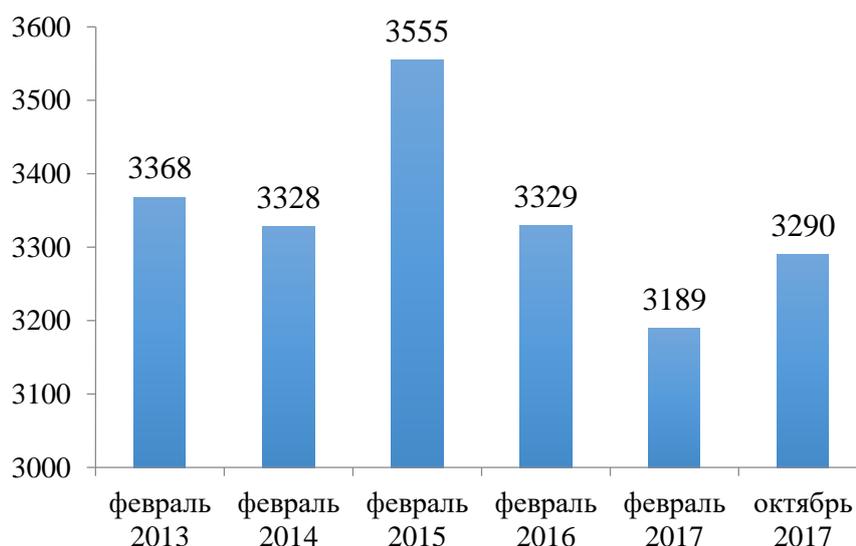


Рис. 2. Динамика изменения средних цен на АГБ в 2013-2017 гг.

Другой проблемой для производителей АГБ могут стать непрекращающиеся попытки ужесточения теплотехнических норм. Сегодня вновь в повестку дня возвращается вопрос о повышении требуемого сопротивления теплопередаче до 5-6 м<sup>2</sup> °С/Вт в зависимости от региона страны. Принятие данных норм усложнит реализацию однослойного ограждения из АГБ и приведет к снижению спроса на данный материал.

Наконец, в ближайшее время производители могут столкнуться с проблемой «усталости» рынка от ячеистого бетона. Данный тренд формируется как субъективными, так и объективными негативными итогами применения АГБ в последние десять лет. Автоклавный газобетон критикуется за низкую трещиностойкость, повышенные усадочные деформации (в сравнении с тяжелым и силикатным бетоном и стеновой керамикой и др.), невысокие звукоизоляционные параметры. Не на пользу газобетона идет дискуссия об использовании облегченной методики определения морозостойкости, о некорректных значениях коэффициента теплопроводности и паропроницаемости.

Для сохранения позитивной динамики развития производства АГБ предприятиям необходимо оперативно реагировать на возникающие проблемы. Со своей стороны НААГ реализует комплекс мероприятий по смягчению негативных факторов. На сегодняшний день ведется работа по пересмотру действующих стандартов с целью актуализации и исключения дискредитирующих положений. Усилия направляются на недопущение изменения теплотехнических норм в части требований к стенам. При участии НААГ проводятся исследовательские работы по улучшению эксплуатационных характеристик АГБ. Очевидно, что нависшие над отраслью проблемы могут быть решены только консолидацией усилий производителей, науки и других заинтересованных лиц.

## **ВЫЗОВЫ ШИРОКОМУ ПРИМЕНЕНИЮ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА**

*Г.И. ГРИНФЕЛЬД, НААГ*

За прошедшее десятилетие автоклавный газобетон стал самым массовым стеновым материалом России. Его доля на рынке материалов для каменной кладки превышает 50% и продолжает расти. И именно в период расцвета газобетона проявляются и становятся определяющими при принятии решений факторы, которые раньше были в тени из-за дефицитности рынка строительных материалов и существенно меньшей стоимости газобетона в сравнении с конкурентными материалами. Широчайшее применение газобетона позволяет не только накапливать положительный опыт, но и замечать проблемные аспекты.

В последние годы объемы строительства перестали расти, загрузка производственных мощностей основных строительных и теплоизоляционных материалов снизилась. Это обострило конкуренцию между группами товаропроизводителей, привело к большей разборчивости и придирчивости потребителей. Простота и обилие выбора технических решений подсветили те свойства газобетона и конструкций из него, на которые еще несколько лет назад можно было не обращать внимание. Конкуренция между различными материалами и типами конструктивных решений идет по разным направлениям. Существенный фронт конкурентной борьбы — нормативное поле.

### **Возможность запрета однослойных стен**

Одно из важных конструктивных решений, в которых применяется значительное количество газобетона — однослойные наружные стены жилых зданий. Возможность строительства и востребованность однослойных стен обеспечиваются тем, что действующие требования к тепловой защите могут быть выполнены наружными стенами толщиной до 500 мм в виде кладки с тонким швом из газобетонных блоков марок по плотности D500 и ниже при включении в расчет коэффициентов теплопроводности по ГОСТ 31359.

Противников простых и надежных решений в строительстве много. Так, в настоящее время ведется работа по дискредитации теплозащитных возможностей газобетонной кладки [1, 2]. В настоящее время работа проводится системно и направлена в первую очередь на увеличение расчетных значений теплопроводности и влажности газобетона. Если предлагаемые авторами тенденциозные результаты НИР будут внедрены в нормативы, **расчетные толщины**

однослойных стен увеличатся на 25–40% даже без повышения требований к тепловой защите, что уберет однослойные стены из строительной практики.

Фактический запрет однослойных стен будет означать резкое сокращение спроса на блоки толщиной больше 300 мм — сейчас большие толщины составляют до 40% всего объема продаваемого газобетона.

Ниже структурируем существующие вызовы и дадим предложения по снижению рисков для отрасли.

### **Вызовы рынку автоклавного газобетона**

#### **Объективные проблемы применения автоклавного газобетона в существующих конструктивных решениях**

Блоки из автоклавного газобетона применяются в трех основных видах конструкций

- наружные ограждающие конструкции отапливаемых помещений;
- кладка несущих стен;
- перегородки.

Функции могут пересекаться в пределах одной конструкции. Основные проблемные аспекты разложим по функциям, выполняемым кладкой.

#### *1. Наружные ограждения*

Основным нормируемым параметром наружных ограждающих конструкций является приведенное сопротивление теплопередаче. Сопротивление теплопередаче стены зависит от теплопроводности газобетона (теплопроводность сухого материала, влажность в условиях эксплуатации), от влияния теплопроводных включений (кладочные швы, железобетонные включения в кладку, сопряжение со смежными конструкциями).

При этом конкурентами оспариваются: коэффициент теплопроводности газобетона в сухом состоянии, влажность в условиях эксплуатации, коэффициент теплопроводности в состоянии эксплуатационной влажности, принимаемые по ГОСТ 31359. Возобновлены действия, направленные на снижение энергопотребления зданиями [3], в т.ч. путем снижения трансмиссионных теплопотерь через оболочку. Предлагается повысить требуемое сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций не менее чем на 40% за 5 лет.

1.1. Значения теплопроводности, приведенные в ГОСТ 31359 для газобетона в сухом состоянии, указаны в соответствии с табличными значениями EN 1745 «Каменная кладка и изделия для каменной кладки. Метод определения расчетных значений теплозащитных свойств», применяемыми при проектировании тепловой защиты в странах Евросоюза. В связи с особенностями нормирования плотности изделий в EN 771-4 «Изделия для каменной кладки. Изделия из автоклавного ячеистого бетона» эти значения могут быть применены для российского газобетона с некоторыми оговорками.

1.2. Влажность в условиях эксплуатации «А» и «Б», принимаемая соответственно 4% и 5%, введена в приложение А ГОСТ 31359 на основании результатов исследований, приведенных в нескольких журнальных статьях. Эти значения (с оговорками, увеличивающими диапазон влажностей для разных конструкций и регионов до границ 2,5–6%) могут быть защищены в дискуссии, однако для их подтверждения потребуются дополнительные лабораторные и натурные исследования и составление итогового обосновывающего отчета.

1.3. Постановление Правительства РФ от 20.05.2017 № 603 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. N 18» [3] требует повысить показатели энергетической эффективности (т.е. снизить энергопотребление на стадии эксплуатации) по отношению к базовому уровню (2009 года):

- для проектируемых и возводимых зданий, строений, сооружений с 1 января 2018 г. — не менее чем на 20 процентов;
- с 1 января 2023 г. — не менее чем на 40 процентов;
- с 1 января 2028 г. — не менее чем на 50 процентов.

К этому Постановлению разрабатываются инструктивные и методические материалы, в которые могут быть введены требования к отдельным элементам теплозащитной оболочки зданий.

### *2. Несущие стены*

Несущая способность кладки зависит от расчетного сопротивления сжатию, ползучести и упругой характеристики. Расчетные значения всех трех величин приведены в СП 15.13330. На расчет несущей способности нет организованного системного давления, однако пересмотр существующих значений, введенных в СНиП «Каменные и армокаменные конструкции» еще в 1950-х гг., поднимается при проведении работ по исследованию современных кладок, проводимых по заказу Минстроя. Изменения здесь возможны как в сторону повышения некоторых расчетных значений, так и в сторону их снижения. Например, расчетное сопротивление сжатию кладки с тонкими швами может быть повышено на 10%, а упругая характеристика кладки  $\alpha$  понижена с 750 до 200–650, что снизит расчетную несущую способность внецентренно нагруженных стен.

### *3. Перегородки*

Для внутренних ограждающих конструкций есть два основных показателя эксплуатационной пригодности — индекс изоляции воздушного шума и целостность (стойкость к образованию и раскрытию трещин). Достигнутые на объектах значения звукоизоляции и трещинообразование регулярно становятся предметами частных рекламаций.

Трещиностойкость кладки зависит от трех основных параметров: фактической влажностной усадки, деформаций конструкций основания и стойкости самого ячеистого бетона к растягивающим напряжениям.

Допустимые деформации оснований (например, прогиб плиты перекрытия, на которую опирается кладка перегородки, до разрешенной 1/300 пролета) без компенсирующих мероприятий могут приводить к трещинам в кладке, отличающимся от традиционного растрескивания кладки на растворных швах, составляющих 2–10% площади поверхности стены. Для полного однозначного ответа на вопрос о методах обеспечения целостности кладки (назначение армирования, скользящих подкладок, деформационных швов, жесткости гибких связей, повышение растяжимости и прочности при растяжении и сдвиге ячеистого бетона) необходим комплекс исследований.

### ***Надуманые проблемы, поднимаемые пользователями***

Часть вопросов, касающихся применения газобетона в строительстве, мифологизированы и используются конкурентами для формирования негативного информационного фона. Это в первую очередь:

- вопросы долговечности (морозостойкость кладки, карбонизация бетона);
- вопросы надежности механического крепежа (возможность закрепления анкеров для НВФ, гибких связей для облицовочной кладки, связей для закрепления к несущему каркасу);
- вопросы надежности и долговечности отделочных покрытий (применимость штукатурок, облицовки клинкерной плиткой и камнем);
- ограничения при расчете поэтажно опертых стен на действие ветровых нагрузок при изгибе по неперевязанному сечению.

### **Предложения по нейтрализации вызовов**

Предлагаем незамедлительно отреагировать на работу, направленную на повышение расчетных значений коэффициентов теплопроводности и эксплуатационной влажности газобетона.

1. Заказать в НИИСФ работу по анализу и обобщению накопленных данных по теплопроводности и эксплуатационной влажности автоклавного газобетона.

2. Из ГОСТ 31359 исключить таблицу с требуемыми значениями теплопроводности и паропроницаемости, сведения о возможных значениях коэффициентов теплопроводности и паропроницаемости вынести в справочное приложение к ГОСТу.
3. Разработать СТО НААГ в развитие ГОСТ 27005 на правила контроля плотности, введя туда возможность декларирования фактической средней плотности и диапазона отклонений от заявленных значений. Рекомендовать продукцию, выпускаемую с учетом требований СТО, к применению с расчетными значениями теплопроводности с учетом фактически достигнутых значений средней плотности.
1. Включиться в работу по реализации ПП РФ № 603 от 20.05.2017, поддерживая коллективы, предлагающие оценивать энергетическую эффективность комплексно, без упора на требования к теплозащитной оболочке.
2. Инициировать комплекс НИР по производственным методам влияния на деформативность и прочность при растяжении автоклавного ячеистого бетона.
3. Инициировать НИР по конструктивным методам обеспечения целостности тонких несущих кладок.
4. Заказать в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко разработку Пособия по расчету поэтажно опертых стен из ячеистобетонных блоков.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ватин Н.И., Горшков А.С., Корниенко С.В., Пестряков И.И. Потребительские свойства стеновых изделий из автоклавного газобетона // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 1. С. 78–101.
2. Корниенко С.В., Ватин Н.И., Горшков А.С. Натурные теплофизические испытания жилых зданий из газобетонных блоков // Инженерно-строительный журнал. 2016. № 4. С. 10–25.
3. Постановление Правительства РФ от 20.05.2017 № 603 «О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 25 января 2011 г. № 18».

### РЫНОК АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В УКРАИНЕ 2016–2017 ГГ.

*О.В. СИРОТИН, ВААГ (Украина)*

Автоклавный газобетон (ячеистый бетон автоклавного твердения) – современный энергоэффективный стеновой материал, объемы потребления которого в Украине растут из года в год (рис.1). В 2016 г. было произведено и реализовано на национальном строительном рынке свыше 3,6 млн. м<sup>3</sup> продукции. В 2017 г. тенденция спроса на газобетон продолжила прошлогодний тренд и положительно оценивается всеми участниками рынка – как производителями, так и дилерами предприятий.

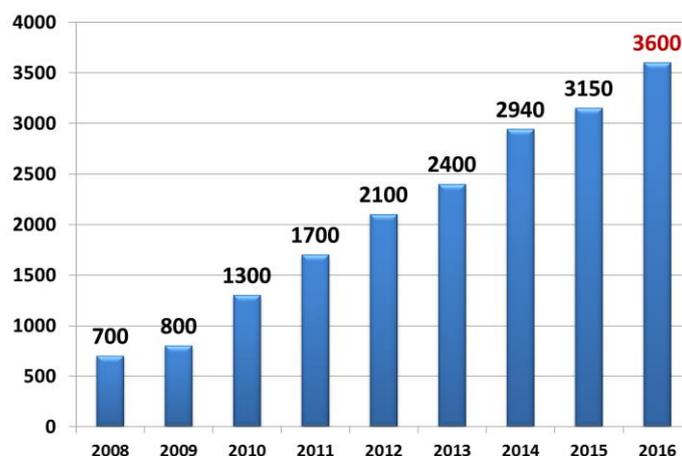


Рис. 1. Динамика продаж автоклавного газобетона в Украине 2008-2016 гг., тыс. м<sup>3</sup>

По итогам 2016 года основным потребителем газобетона в Украине был частный застройщик - примерно 60% от общего объема. На долю крупных строительных компаний, строящих многоквартирные жилые дома, промышленную и коммерческую недвижимость, объекты социальной инфраструктуры пришлось порядка 40%. В 2017 г. структура потребления газобетона поменялась, примерно 80% - это частный застройщик, остальной объем – строительные компании. Это связано, в первую очередь, с уменьшением темпов строительства жилья на первичном рынке многоквартирных домов в наиболее крупных и платежеспособных городах Украины – Киеве, Одессе, Львове, Днепре, Харькове и т.д.

Предприятия отрасли в широком ассортименте производят высокоточные стеновые и перегородочные газобетонные блоки (геометрия  $\pm 1-2$  мм) шириной от 75 до 500 мм. Плотность ячеистого бетона составляет от 300 до 500 кг/м<sup>3</sup>, класс прочности на сжатие С2,0 и С2,5. Морозостойкость ячеистого бетона - 25-100 циклов в зависимости от производителя.

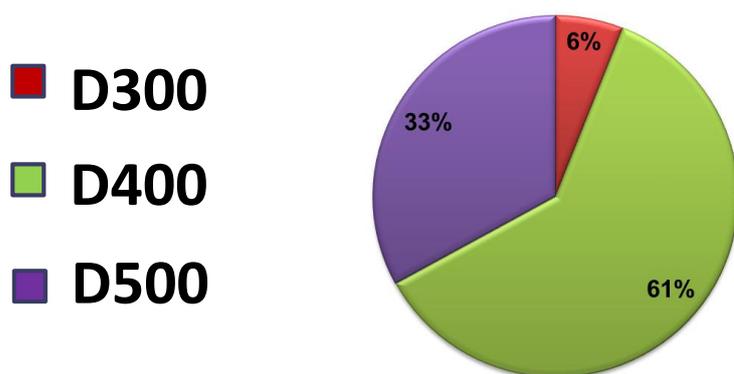


Рис. 2. Доли рынка блоков из газобетона по марке средней плотности в 2016 г.

Данные по плотности выпускаемой продукции представлены на рисунке 2. Следует отметить, что в 2016-2017 гг. увеличилась доля блоков из газобетона с маркой плотности D300. Но основной объем производства и продаж по-прежнему приходится на марку средней плотности D400 (61% в 2016 г.). Стеновые блоки плотностью D600 в 2016 г. в Украине практически не производились.

Доля пазогребневых стеновых блоков в прошлом году составила примерно 12%, остальная продукция производилась с гладкими торцевыми поверхностями. Стеновые блоки шириной 250-300 мм в 2016 г. занимали примерно 72% от общего объема, блоки шириной 350-500 мм – примерно 28%.

Также производятся фасонные изделия – U-блоки с аналогичными характеристиками ячеистого бетона. Кроме этого, выпускаются теплоизоляционные плиты из ячеистого бетона плотностью 150 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность ( $\lambda_{10,dry}$ ) которых близка к теплопроводности фасадной минплиты и составляет 0,05 Вт/м·К.

Из армированного ячеистого бетона выпускаются брусковые перемычки, плиты перекрытия и покрытия. Все эти изделия обладают низким коэффициентом теплопроводности по сравнению с железобетонными аналогами.

На сегодняшний день в Украине расположены 14 предприятий разной мощности по производству автоклавного газобетона, из которых только 10 в текущем году производили продукцию (табл. 1). Так объективно сложилось, что к крупным предприятиям в Украине относятся компании с годовой мощностью производства и продаж свыше 1 млн. м<sup>3</sup> продукции. Таких компаний две. Это ООО «Ориентир-Будэлемент» (г. Бровары, Киевская обл.), где на заводе с одной технологической линией производится свыше 1,3 млн. м<sup>3</sup> в год и ООО «Аэрок» (г. Обухов и г. Березань, Киевская обл.), где на двух заводах и трех технологических линиях производится около 1,1 млн. м<sup>3</sup> продукции в год. К средним относятся компании с годовой мощностью производства свыше 400 тыс. м<sup>3</sup>. Таких предприятий тоже два - ООО «ЮДК» (г. Днепр) с годовой мощностью производства 450 тыс. м<sup>3</sup> и ООО «Енерджи Продакт» (г. Новая

Каховка, Херсонская обл.) с годовой мощностью 420 тыс. м<sup>3</sup>. Из остальных предприятий стабильно работают и имеют хорошую загруженность производства только ООО «Юпитер» (г. Вознесенск, Николаевская обл.) и «Корпорация ХСМ» (г. Харьков). Заводы «Днепровский ЗСМ» (г. Днепр) и «Житомирский КСИ» (г. Житомир) работают не в полную мощность. Бывший лидер с советских времен в Украине производитель газобетона «Купянский СЗ» (г. Купянск, Харьковская обл.) из-за потери традиционного рынка сбыта и отсутствия модернизации производства находится в тяжелом экономическом состоянии, работая на 5-10% от своей мощности.

Ранее анонсированные полноценные запуски производств на заводах ПАО «ТБК» (г. Херсон) и ООО «Силикатобетон (г. Сумы) в 2017 г так и не состоялись. Предприятия ООО «Теплобуд-Сиверщина» (г. Чернигов) и ЧП «Автокрафт» (г. Бершадь, Винницкая обл.) не работают, производственные мощности этих компаний находятся в законсервированном виде.

Появилась информация о том, что в г. Тернополь в стадии пуска наладочных работ находится завод компании «Тернопольстрой». Ориентировочная мощность предприятия около 500 м<sup>3</sup> в сутки.

Крупные предприятия отрасли постоянно занимаются модернизацией и расширением производства имеющихся мощностей. Так, ООО «Ориентир-Будэлемент» в начале 2017 г. нарастил максимальную суточную мощность с 3650 м<sup>3</sup> до 4000 м<sup>3</sup> в сутки. Не отстает в планах своего развития и ООО «Аэрок». В 2017 г. эта компания увеличила производство продукции на заводе в г. Обухов до 1650 м<sup>3</sup> в сутки и в г. Березань до 1900 м<sup>3</sup> в сутки. Максимальная общая суточная производительность обоих заводов в 2017 г. составила 3550 м<sup>3</sup> против 3200 м<sup>3</sup> в 2016 г. У компании есть планы дальнейшего увеличения мощности производства на 2018 г. за счет установки еще 1 автоклава на заводе в г. Березань.

Таблица 1

## Производители автоклавного газобетона в Украине (данные 2016 г.)

Производитель	Оборудование	Месторасположение	Максимальная производительность линии	
			м <sup>3</sup> /сутки	тыс. м <sup>3</sup> /год
ООО «Ориентир-Будэлемент»	НЕТТЕН (модернизированная линия)	г. Бровары, Киевская обл.	3650	1300
ООО «Аэрок» (2 завода)	Универсал-60 (Обухов) WEHRHANN (Обухов) HESS (Березань)	г. Обухов и г. Березань, Киевская обл.	3200	1000
ООО «ЮДКК»	MASA-HENKE	г. Днепр	1500	450
ООО «Енерджи Продакт»	DUROX	г. Новая Каховка,	1300	420
ООО «Юпитер»	WKB SYSTEMS	г. Вознесенск, Николаевская обл.	850	280
ЧП «Будтехнология-Н»	Универсал-60 (2 линии)	г. Купянск, Харьковская обл.	600	200
Корпорация «ХСМ»	НЕТТЕН	г. Харьков	600	200
ООО «ТБК»	WUXI METTLE	г. Херсон	400	120
ООО «Силикатобетон»	Китай	г. Сумы	400	120
«Житомирский КСИ»	Универсал-60 WEHRHANN	г. Житомир	250	80
ЧП «Автокрафт»	Украинское оборудование (ЧП «ИНТеРБудМа»)	г. Бершадь, Винницкая обл.	250	80
«Днепровский завод строительных материалов»	Экстра Блок	г. Днепр	150	50
ООО «Теплобуд-Сиверщина»	СССР	г. Чернигов	20	5
<b>ИТОГО:</b>			<b>13170</b>	<b>4305</b>

Если сравнивать объемы потребления всех стеновых материалов в Украине, то доля автоклавного газобетона в 2016 г. составила 51% (рис.3). Т.е. каждая вторая каменная стена Украины в 2016 г. возводилась из блоков автоклавного газобетона. Остальной объем стен возводился с применением керамического или силикатного кирпича, блоков из цемента или поризованной керамики. Высокие теплоизоляционные свойства автоклавного газобетона, простота и низкая трудоемкость монтажа блоков, долговечность конструкций и конкурентоспособная стоимость продукции – все эти факторы вывели автоклавный газобетон в лидеры отрасли стеновых материалов.



Рис. 3. Доля рынка стеновых материалов в Украине по видам в 2016 г. (данные Госслужбы статистики Украины [1] и ВААГ)

Зимние и весенние месяцы продаж 2017 г. в среднем по рынку были немного хуже по сравнению с аналогичным периодом 2016 г. А вот с начала июня до середины октября 2017 г. весь объем газобетона, что производился крупными и средними предприятиями в Украине, полностью продавался конечному потребителю. По некоторым позициям стеновых блоков в «высокий» строительный сезон даже наблюдался дефицит продукции.

Из импортных блоков на строительном рынке Украины представлена продукция белорусских компаний. По данным Государственной таможенной службы Украины [2], на территорию страны из Республики Беларусь за первые 7 месяцев 2017 г было импортировано около 26 тыс. м<sup>3</sup> продукции. В августе-октябре месяца динамика импорта из Республики Беларусь резко увеличилась. Это связано в первую очередь с более низкой ценой белорусского газобетона по сравнению со стоимостью блоков украинских производителей.

Что касается динамики продаж стеновых материалов-конкурентов в 2017 г., то по данным Государственной службы статистики Украины [1] за первые 7 месяцев 2017 г. по сравнению с аналогичным периодом 2016 г. наблюдался рост объемов производства керамического кирпича на 134,6 тыс. м<sup>3</sup> и общее падение объемов производства силикатного кирпича и блоков на основе цемента.

В целом, по прогнозам участников рынка в 2017 г. объемы продаж автоклавного газобетона и его доля рынка среди каменных стеновых материалов будут примерно на уровне 2016 г.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Государственная служба статистики Украины <http://www.ukrstat.gov.ua/>
2. Государственная таможенная служба Украины [www.customs.gov.ua](http://www.customs.gov.ua)

## РАЗДЕЛ «ПРОИЗВОДСТВО»

### ИННОВАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПЛИТ И ПЕРЕМЫЧЕК ИЗ ГАЗОБЕТОНА, РЕАЛИЗОВАННЫЕ ООО «ЭКО-ЗОЛОПРОДУКТ РЯЗАНЬ»

*В.В. АРТЮХОВ, ООО «ЭКО-Золопродукт Рязань»*

Как показывает практика, наиболее востребованной армированной конструкцией из ячеистого бетона является перемычка. Использование газобетонных перемычек в сравнении с железобетонными дает целый ряд преимуществ:

- однородная стена и соответственно исключение «мостиков холода»;
- отсутствие необходимости в дополнительном утеплении;
- ровная поверхность для отделки стен;
- лёгкий вес.

Производители ячеистого бетона уже давно увидели потребности рынка и производят перемычки из U-блоков. Однако это имеет свои недостатки, например, увеличение сроков монтажа и загрузки изделия, вероятность промерзания изделия.

Инженерами компании ООО «ЭКО-Золопродукт Рязань» совместно с инженерами компании Wehrhahn реализовано производство полного ассортимента армированных изделий: стеновых панелей, плит покрытий и перекрытий, и всех основных видов перемычек. Компания Wehrhahn поставила необходимое для данного производства оборудование, которое было вмонтировано в существующую линию производства газобетонных блоков Wehrhahn «есо-PLUS». При этом совместные инновационные решения инженеров обеих компаний позволили не увеличивать производственные площади и разместить все дополнительные машины непосредственно на существующей технологической линии, создав полностью автоматическое производство от участка вывешивания каркасов до выхода упакованной продукции из здания цеха.

#### **Установка арматурных каркасов в форму**

Арматурные каркасы для плит и перемычек поставляются с заводов-изготовителей арматурных изделий в полной номенклатуре и подаются в производство непосредственно со склада хранения. На участке вывешивания каркасов с помощью замков крепления для специализированных штифтов, закрепленных к несущей раме происходит закрепление арматурных каркасов. Разработанная инновационная система крепления арматурных каркасов на несущей раме, позволяет точно и надежно фиксировать до 120 арматурных каркасов в форме. Далее несущая рама в полностью автоматическом режиме начинает свое движение в зону покраски. Автоматически выполняется покраска вывешенных арматурных каркасов с прохождением зоны сушки и опускания в форму с предварительно залитой газобетонной смесью. После созревания массива осуществляется подача под машину разблокировки штифтов-фиксаторов. Затем несущая рама арматурных каркасов автоматически снимается с формы с переносом в зону вывешивания каркасов (рис. 1).

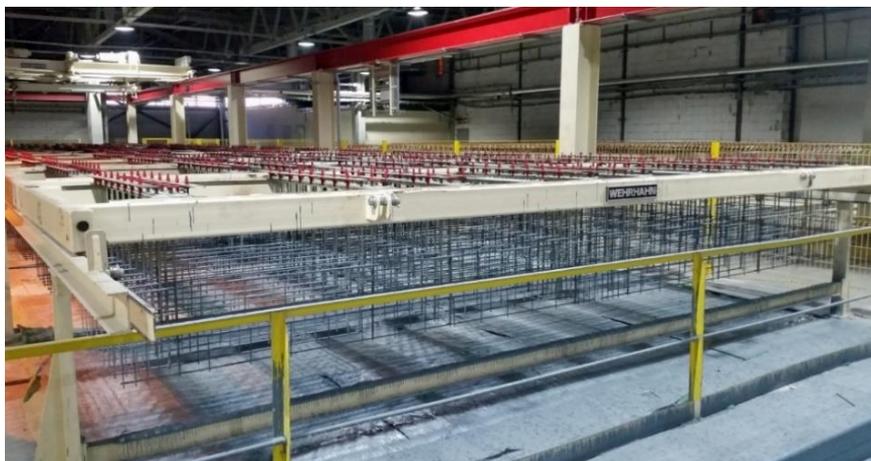


Рис. 1. Установщик несущей рамы арматурных каркасов со штифтами-фиксаторами

### **Резка армированных изделий**

Инновационная система резки армированных изделий в сыром массиве обеспечивает разделение массива на плиты и перемычки ещё до автоклавирования. Резка армированных изделий «по сухому» исключается. Благодаря этому значительно увеличивается эффективность производственного процесса и не требуется дополнительных производственных площадей для установки оборудования резки армированных изделий «по сухому». Линия Wehrhahn «eCO-PLUS» идеально подходит для резки перемычек по высоте в сыром массиве.

Дополнительные машины резки армированных изделий интегрируются в линию Wehrhahn. Резка перемычек по толщине и длине осуществляется на тех же машинах, что и резка блоков. Для разрезания перемычек по высоте разработана дополнительная установка горизонтального реза массива. С целью уменьшения сколов разработана и установлена дополнительная машина послабляющего реза.

### **Автоклавирование армированных изделий**

Процесс автоклавирования армированных изделий длится дольше, чем блоков. Автоклавная кривая должна быть более плавной как при подъеме, так и при снижении давления, чтобы избежать повреждения массива в силу разных коэффициентов теплового расширения двух материалов: стали и газобетона. Именно поэтому рекомендуется использовать арматурные стержни диаметром до 8 мм. Более толстые стержни усугубляют опасность возникновения дефектов. Можно отметить, что на мелких армированных перемычках процесс автоклавирования практически не отличается от автоклавирования мелкогабаритных блоков (рис. 2).

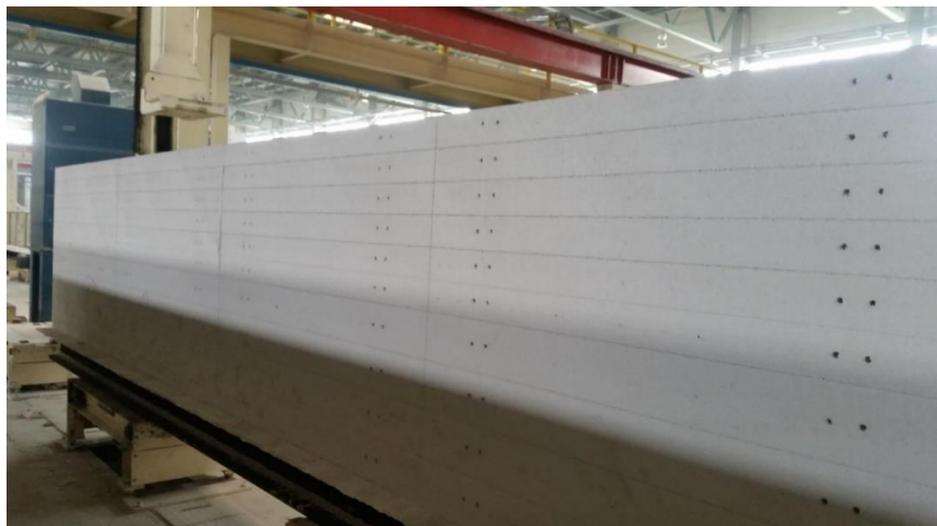


Рис. 2. Массив после автоклавирования

### **Упаковка армированных изделий**

Благодаря новым разработкам Wehrhahn стала возможна полностью автоматическая упаковка армированных изделий: установка на паллеты, упаковка в пленку, бандажирование. Даже крупногабаритные плиты теперь можно упаковывать полностью автоматически. Была изменена работа грейферного захвата и полностью изменена программа его работы в зависимости от выпускаемых изделий. Переход на выпуск армированных изделий всего упаковочного комплекса после выпуска мелкогабаритных блоков и обратно происходит очень быстро. Разработан новый вид универсальных поддонов для армированных изделий, расстановка деревянных поддонов производится автоматически под каждый вид продукции. Упаковка в пленку и бандажирование также происходит автоматически (рис. 3).



Рис. 3. Упакованная готовая продукция на выходе из цеха

### **Виды армированных изделий**

Применение армированных изделий из автоклавного газобетона повышает эффективность строительства. Специальное вспомогательное оборудование для монтажа и крепления армированных изделий значительно ускоряет и упрощает строительные работы.



Рис. 4. Перемычка армированная

На производстве в г. Новомичуринск выпущено 18 видов армированных перемычек из автоклавного газобетона, длиной от 1200 мм до 3000 мм, шириной от 100 мм до 300 мм при стандартной высоте 250 мм (рис. 4). Также на данном заводе можно производить и все виды армированных плит. Длинные панели с успехом применяются как стеновые элементы в промышленном и социальном строительстве, а также в жилищном строительстве в качестве плит покрытия и перекрытия. Короткие плиты идеально подходят для возведения стен в жилищном строительстве. Они устанавливаются вертикально, образуя высоту потолка. Все панели могут быть изготовлены в варианте «Супер-гладкие панели». Смонтированная линия «есо-PLUS» может быть дооснащена установкой супергладкой резки. Супер-гладкие панели толщиной 75 или 100 мм идеально подходят для стен-перегородок, поскольку не требуют подготовки стен к отделке.

## РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МНОГОСТАДИЙНОГО СПОСОБА ПЕРЕРАБОТКИ ПОДРЕЗНОГО СЛОЯ

А.А. БАРАНОВ, ООО «Егорьевский Завод Строительных Материалов»

Бережливое производство (англ. lean production, lean manufacturing – «стройное производство») – концепция управления производственным предприятием, основанная на постоянном стремлении к устранению всех видов потерь. Именно стремление к оценке ценности продукта на каждом этапе его производства явилось отправной точкой при реализации проекта по вводу в эксплуатацию в 2012 г. Егорьевского Завода Строительных Материалов.

На стадии разработки в качестве поставщика основного технологического оборудования выбор сделан в пользу фирмы Masa. Ее история становления и развития, а также имеющийся передовой опыт по производству современного промышленного оборудования с высокой степенью автоматизации развеяли все сомнения в вопросе подписания контракта. Отличительной особенностью выбранной линии было наличие подрезного слоя – побочного продукта процесса изготовления автоклавного газобетона. Вопрос преимуществ и недостатков технологических линий разных фирм-производителей и, в частности, наличие необходимости переработки / утилизации нижнего подрезного слоя до и после автоклавной обработки является дискуссионным [1]. Представленная же технология переработки подрезного слоя и дефектной продукции, будет актуальна большинству производителей автоклавного газобетона. Ведь даже в условиях высокого показателя выхода кондиционной продукции на уровне 99,0÷99,5% при значительном объеме ежемесячного выпуска количество изделий, не подлежащих реализации, может достигать до 200÷400 м<sup>3</sup>. В любом случае, вопрос технологического и экономического применения данного вида отхода и отхода в виде нижнего подрезного слоя без должного внимания может реализовываться не достаточно эффективно.

Технологическая линия Vario-Block, поставленная на предприятие ЕЗСМ предполагает наличие нижнего подрезного слоя в объеме 0,11÷0,19 м<sup>3</sup> с каждого массива продукции. Данный диапазон в количестве производственного отхода объясняется возможностями оборудования, как в изменении высоты нижнего слоя, так и в выпуске газобетонных блоков длиной 600÷625 мм. Комплект поставки оборудования в части решения первичных задач по отделению подрезного слоя от запарочного днища, являющегося в линиях Masa рабочим бортом заливочной формы, включал в себя машину чистки. Конструктивно она представляет собой вписанный в технологический цикл механизм, расположенный между рабочей зоной крана-перестановщика готовой к упаковке продукции и участка крана-накопителя днищ (рис. 1).



Рис. 1. Машина удаления нижнего подрезного слоя на этапе чистки запарочного днища

Запарочное днище с отвердевшим в результате автоклавной обработки нижним подрезным слоем после съема краном-перестановщиком готовой продукции подается по роликовому транспортеру в машину чистки – предварительную дробилку. В ней

под действием трех зубчатых шестерней, закрепленных на поджатых пружинным устройством валах, происходит раскалывание подрезного слоя на четыре сегмента. Далее по ходу движения расположен массивный скребок, выполненный по типу скребков-отвалов для чистки снега. Колотый на пласти размером 150×200 мм подрезной слой сбрасывается в приямок, а запарочное днище проходит стадию чистки специальной парой щеток. Как щетки, так и валы с шестернями приводятся в действие электродвигателями, сигнал к пуску которых приходит при движении днища по роликам транспортера. Завершает данный комплекс механизмов устройство отвода и удаления пыли, выполненное в виде системы аспирации.

Разработка этапов дальнейшего передвижения пластов подрезного слоя из приямка под предварительной дробилкой и оснащение оборудованием линии по эффективной его утилизации явилось одной из основных задач при запуске завода ЕЗСМ. Квалифицированными специалистами предприятия к тому моменту был изучен широкий спектр возможностей по использованию отхода газобетонного производства [2, 3]. В результате была реализована компоновочная схема оборудования, позволяющая вести переработку подрезного слоя и дефектной продукции до такого состояния (фракция и форма), чтобы можно было, основываясь на текущую потребность, выдавать требуемый побочный продукт. Линия утилизации при этом приобрела важное свойство – универсальность (рис. 2).

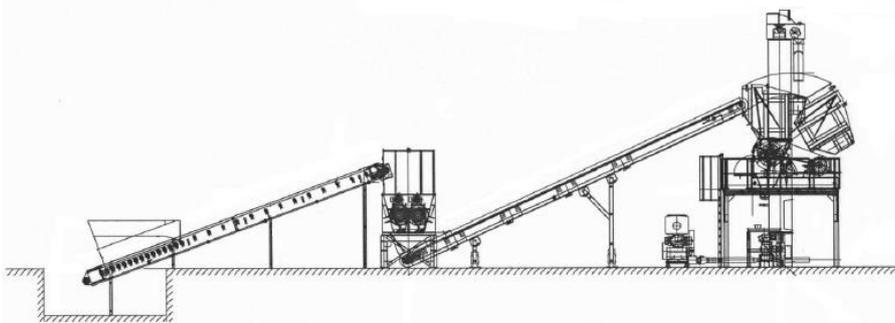


Рис. 2. Схема компоновки линии многостадийной переработки отходов газобетонного производства

Подрезной слой по шевронному транспортеру с шириной ленты 1000 мм из приямка под предварительной дробилкой направляется, в зависимости от положения перекидного устройства, либо в бункер-накопитель линии многостадийного дробления, либо в специально оборудованный отвал. Пласты газобетона из отвала фронтальным ковшевым погрузчиком перемещаются в зону хранения и отгрузки потребителю крупного отхода производства. Несомненным преимуществом является возможность подачи колотого подрезного слоя и дефектной продукции из отвала не только на площадку хранения, но и назад в технологическую цепочку переработки. Изначально спланированное расположение бункера-накопителя и объем в 10 м<sup>3</sup> позволяют производить его загрузку как по ленточному транспортеру из цеха, так и навалом фронтальным погрузчиком из отвала.

Из бункера-накопителя по системе транспортеров с шириной ленты 600 мм отходы производства сначала поступают в двухроторный шредер. По специально разработанному инженерным составом предприятия ЕЗСМ техническому заданию ООО «СтройМеханика» (г. Тула) была изготовлена дробилка Геркулес 1500×1500 (рис.3). Во время работы материал подается на два вращающихся навстречу друг другу вала, оснащенных режущими дисками с зубцами. Они расположены так, что режущий диск одного вала всегда находится между двумя дисками другого. Ножи захватывают газобетон и продвигают между валами, протаскивая его вниз. Размер измельченных частиц при этом определяется изменением расстоянием между режущими дисками. В результате из кусков подрезного слоя и дефектной продукции выходит продукт следующего гранулометрического состав: 0÷50 мм – 30 %; 50÷100 мм – 45 %; 100÷150 мм – 25 %.



Рис. 3. Промежуточная дробилка Геркулес

Дальнейший этап переработки включает в себя подачу по ленточному транспортеру кусков газобетона в молотковую дробилку МД 7×13 производства НПК «Механобр-техника» (г. Санкт-Петербург). Через загрузочный бункер материал попадает в камеру дробления. Под действием центробежной силы молотки, являющиеся основным рабочим механизмом измельчения, располагаются радиально относительно оси ротора. Газобетон при этом испытывает разрушающее воздействие в виде ударов молотков, ударов и трения о внутренние поверхности камеры дробления и самоизмельчения. Молотый отход через колосниковую решетку с ячейкой 10×100 мм самотеком попадает на вибросито, где под воздействием колебательных движений происходит разделение на фракции. Частицы переработанного бетона менее 2 мм проходят через сито и по системе шнековый транспортер – ковшовая нория поступают в расходный силос добавки участка смесительной башни основного производства. Отход, который не прошел через вибросито вновь возвращается в молотковую дробилку на повторное измельчение, либо по ленточному транспортеру перемещается в зону складирования дробленого ячеистого бетона. На данном технологическом переделе благодаря установленной системе перенаправления потоков материала заложена возможность регулирования количества производимой «дробленки» (рис. 4).

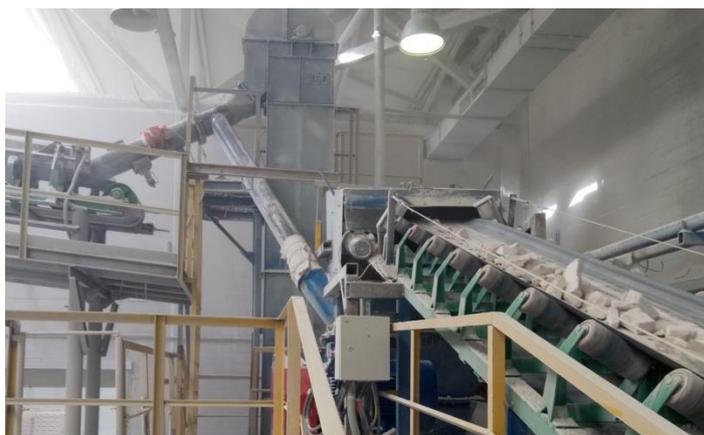


Рис. 4. Узел перенаправления потока дробленого газобетона (в молотковую дробилку на повторное измельчение или на участок складирования «дробленки»)

За пятилетний опыт работы и обслуживания комплекса многостадийной переработки отходов газобетонного производства наряду с его успешной эксплуатацией были выявлены и слабые стороны. Большая часть уязвимых узлов линии проявилась в момент завершения пусконаладочных работ, когда основное производство стремительно стало наращивать объемы выпускаемой продукции. Соответственно, возросло и количество отхода в виде подрезного слоя,

подлежащего переработке. Первым оборудованием, которому потребовалась доработка, стал ленточный питатель, расположенный под бункером-накопителем. Регулирование частотным преобразователем скорости движения ленты оказалось недостаточно эффективным для равномерной подачи кусков газобетона. Дополнительно был установлен контроллер, позволивший изменять продолжительность включения и задержки (паузы) мотор-редуктора транспортера. На дробилке Геркулес для увеличения производительности изготовителем были заменены двигатели с мощностью 7,5 кВт на 18,5 кВт.

Значительной модернизации подверглась молотковая дробилка. Основным критерием при внесении изменений в устройство МД 7×13 стал вопрос продления ресурса. За первый год эксплуатации был выявлен быстрый износ молотков, замена которых довольно дорогостоящий, трудоемкий и продолжительный процесс. Решение было найдено в изменении диаметра шкива ротора с 330 мм на 645 мм. При этом необходимость в проведении замены сократилась в 8 раз. Также был учтен фактор простоя всей линии переработки отходов на время выполнения данных работ. Поэтому целесообразным принято использование сменного ротора с уже установленными на нем новыми молотками. Вопрос продления ресурса молотковой дробилки, а именно ее двигателя после двух случаев сгорания обмотки был также решен путем установки более мощного. Вместо 90 кВт от изготовителя был поставлен двигатель с мощностью 130 кВт. Доработке подверглась и колосниковая решетка, что было продиктовано не изъятиями конструкции, а сугубо технологическими требованиями. В 2014 г. возникла потребность в получении дробленого ячеистого бетона с размером фракции 10÷20 мм. Реализовать данную задачу удалось путем частичного объединения двух рядом расположенных ячеек в одни.

К слабому узлу линии можно было отнести вибросито. Так как подаваемый на сепарацию газобетон имеет остаточную влажность, а размер ячейки сита порядка 2 мм, то при большой загруженности материалом возникает эффект «залипания» решетки. На предприятии без снижения производительности комплекса удалось уйти от данной проблемы, установив на рабочую поверхность сита незакрепленные металлические пруты, которые встряхивали застрявшие в ячейках частицы бетона. В августе 2017 г. была произведена замена вибросита. ОАО НПО «Магнетон» (г. Владимир) изготовил усовершенствованную модель с встряхивающим устройством, группой вибраторов и возможностью регулирования угла наклона. Данная организация так же разработала и изготовила систему чистки на предварительную дробилку с применением мощных приводных электродвигателей, жестких металлических щеток и углового расположения рабочих валов относительно направления движения днища. В силу большой интенсивности производства, поставленные изначально щетки имели быстрый износ рабочей поверхности.



Рис. 5. Степень переработки отходов газобетонного производства (слева – колотый, в центре – дробленый, справа – молотый)

С момента запуска предприятия ЕЗМС было переработано свыше 57 тыс. м<sup>3</sup> отходов газобетонного производства в виде подрезного слоя, не считая незначительной доли продукции, не подлежащей реализации. Общие инвестиции в линию многостадийной переработки при этом составили порядка 11 млн. руб. На ежемесячное обеспечение работоспособности комплекса и оплату расходов по электроэнергии в бюджет организации закладывается 100 тыс. руб.

Отделом главного технолога проделана большая исследовательская и аналитическая работа по вопросу использования в качестве возвратной добавки молотого газобетона.

Основываясь на общеизвестных знаниях в области влияния применения отхода на технологические параметры производства и свойства готовой продукции, были подобраны индивидуальные качественные и количественные характеристики [4, 5]. Выявлена оптимальная рецептура, размер частиц и способ ввода в сырьевую смесь. При этом на производство 1 м<sup>3</sup> газобетона из расчета усредненной плотности продукции расход добавки составил 16,5 кг. Ее использование позволяет не только улучшить физико-механические показатели ячеистого бетона из-за способности быть так называемой «кристаллической затравкой», но и экономить другие сырьевые компоненты. Так 16,5 кг вводимой добавки позволяют компенсировать 0,5 кг цемента, 1 кг извести и 15 кг молотого песка из прямого шлама. С учетом цен на данные материалы, а также затрачиваемые ресурсы (транспортировка, помол, электроэнергия и т.д.) использование молотого отхода снижает себестоимость 1 м<sup>3</sup> готовой продукции на 18 руб. (данные приведены из сравнения себестоимости готовой продукции с использованием добавки и без).

Несмотря на универсальность комплекса многостадийной переработки по объему выдаваемого конечного продукта в виде колотого, дробленого или молотого газобетона, основное его назначение – это производство возвратной добавки. В настоящее время ее выработка составляет до 70 % от общего количества подаваемого на утилизацию материала, что вполне позволяет выдерживать заданные рецептуры с установленными расходами сырьевых компонентов. Специалистами предприятия ЕЗСМ ведется постоянный анализ технических и технологических возможностей линии утилизации подрезного слоя, а также рассматриваются варианты дальнейшей модернизации.

Срок окупаемости инвестиций в комплекс закончился в 2016 г. На текущий момент, с учетом приведенных выше показателей, удается сократить удельные затраты на производство на 350 тыс. руб. в месяц. В условиях поиска пути по самостоятельной утилизации отходов производства газобетона рассматриваемую технологию применения многостадийного способа переработки подрезного слоя можно с уверенностью назвать ресурсосберегающей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Мартыненко В.А. Ячеистый бетон. Технологическое оборудование. Анализ предложений немецких фирм // Строительные материалы. 2004. №3. С. 34-38.
2. Поттин Ф., Хельбер К., Романова Г., Цельмер В. Возможные стратегии при производстве АГБ в условиях экономического спада. Сб. докладов научно-практической конференции «Современный автоклавный газобетон». Санкт-Петербург. 2015. С. 38-43.
3. Вайсберг Л.А., Волянский Б.М., Устинов И.Д. Технология утилизации бетонов // Строительные материалы. 2003. №8. С. 34-36.
4. Морозова Н.Н., Кузнецова Г.В., Клоков В.В. Влияние гидросиликатов на свойства песчаного шлама в производстве газобетона автоклавного твердения // Инновационная наука. 2016. №5. С. 137-140.
5. Лаукайтис А.А. Исследование влияния добавки молотых отходов ячеистого бетона на его свойства // Строительные материалы. 2004. №3. С. 130.

made  
in  
Germany



надёжность  
качество  
ИННОВАТИВНОСТЬ  
для наших клиентов

Автоклавный газобетон · Фиброцементные листы  
Сухие строительные смеси · Строительная известь

## РАСШИРЕНИЕ АССОРТИМЕНТА ГАЗОБЕТОННОЙ ПРОДУКЦИИ ПУТЕМ ВЫПУСКА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ ПАНЕЛЕЙ: ПОТРЕБНОСТИ РЫНКА И ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВА НА ОБОРУДОВАНИИ WEHRHANN

*К. БОНЕМАНН, канд. техн. наук, Г.В. РОМАНОВА, В.Н. ЦЕЛЬМЕР,  
Wehrhahn GmbH (Германия)*

Компании Wehrhahn в этом году исполняется 125 лет. Секрет успеха Wehrhahn – в инновативности, умении распознавать требования рынка и быстро реагировать на них, предоставляя высокоэффективные решения и надежное оборудование.

Технологии Wehrhahn постоянно развиваются и совершенствуются. Сейчас в Англии крупнейшим производителем газобетона компанией «Н+Н» строится самый современный газобетонный завод по технологии Wehrhahn. В Российской Федерации ведутся работы по сооружению Инновационного строительного технопарка, полностью оснащенного оборудованием Wehrhahn и включающего в себя производство газобетонных блоков и армированных изделий, негашеной и гашеной извести, сухих строительных смесей, фиброцементных листов – всё в комплексе, с большим синергическим эффектом.

Газобетон, производимый на оборудовании Wehrhahn, составляет более 35% от общего объема, выпускаемого в России. Всего в страны постсоветского пространства поставлено уже более 40 газобетонных линий, а также несколько заводов по обжигу извести и производству сухих строительных смесей, которые оптимальным образом дополняют газобетонное производство.

В настоящее время начинает формироваться рынок нового продукта из автоклавного газобетона – термоизоляционных панелей. В лаборатории Wehrhahn ведутся активные разработки по производству газобетона плотностью 100 кг/м<sup>3</sup>. А газобетонные теплоизоляционные панели плотностью 150 – 190 кг/м<sup>3</sup> уже серийно производятся и успешно продаются некоторыми из наших клиентов.

### 1. Краткий обзор рынка

Рынок термоизоляционных панелей начал формироваться относительно недавно, но уже имеется положительный опыт производства и реализации этого материала в некоторых странах. Так, в Турции клиент Wehrhahn компания «AKG» уже в течение нескольких лет реализует теплоизоляционные газобетонные панели под маркой MINEPOR размером 600 x 400 мм (длина x высота) при толщине от 50 до 250 мм. В условиях мягкого климата Турции особым спросом пользуются тонкие панели толщиной всего 50 мм. Такие панели применяются для утепления фасадов, помещений изнутри, а также для внешней изоляции железобетонных межэтажных перекрытий при возведении каркасных ограждающих конструкций, заполняемых газобетонным стеновым блоком (Рис.1).

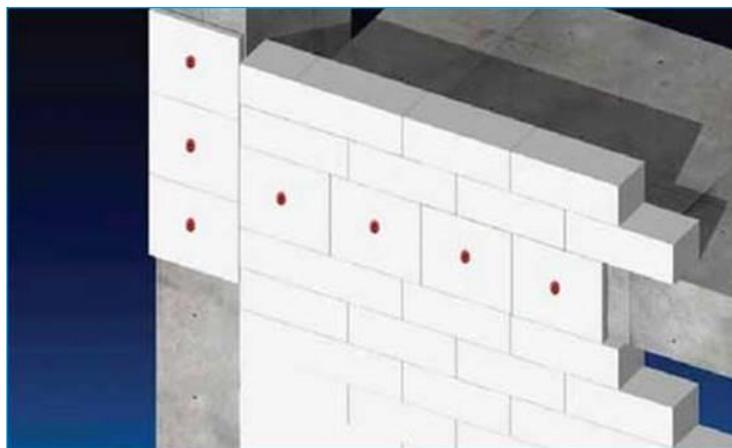


Рис. 1. Изоляция железобетонных межэтажных перекрытий с помощью теплоизоляционных панелей MINEPOR

Компания «Аэрок» на Украине успешно производит теплоизоляционный газобетонный блок AEROC ENERGY с плотностью 150 кг/м<sup>3</sup>, коэффициентом теплопроводности 0,05 Вт/(м\*К), прочностью на сжатие не менее 0,4 МПа, паропроницаемостью 0,3 мг/(м\*ч\*Па). При размере (длине / высоте) 600 x 200 мм блоки AEROC ENERGY выпускаются толщиной 100, 150, 200 мм. При этом наиболее часто в качестве утеплителя используется блок толщиной 100 мм, которой уже достаточно для теплоизоляции зданий в местных климатических условиях по существующим нормативам, регулирующим требования к теплоэффективности зданий.

В России некоторые компании также уже ведут работу по выпуску теплоизоляционного газобетона.

При оптимальной организации производства себестоимость теплоизоляционных панелей на 10-15% ниже себестоимости стеновых газобетонных блоков. Рыночная стоимость панелей должна формироваться главным образом в сравнении со стоимостью базальтовой ваты как основного конкурирующего продукта, сопоставимого по своим характеристикам. Так, на рынке Украины стоимость минеральной ваты на 20% выше стоимости стеновых блоков из газобетона.

Таким образом, рассматриваемый продукт уже присутствует на рынке некоторых стран. Соответственно разработаны и комплексные решения по применению газобетонного утеплителя для полной термоизоляции зданий: от цоколя до крыши, внутри и снаружи.

## 2. Теплоизоляционные панели из газобетона: применение и преимущества

Грамотное применение термоизоляционных панелей из газобетона предусматривает следующие шаги по их монтажу: фиксация на специальный паропроницаемый клей, а также с помощью тарельчатых дюбелей, затем слой паропроницаемой шпаклевки и фиксация в ней армировочной сетки, второй слой шпаклевки и в заключении нанесение декоративного покрытия (рис. 2).

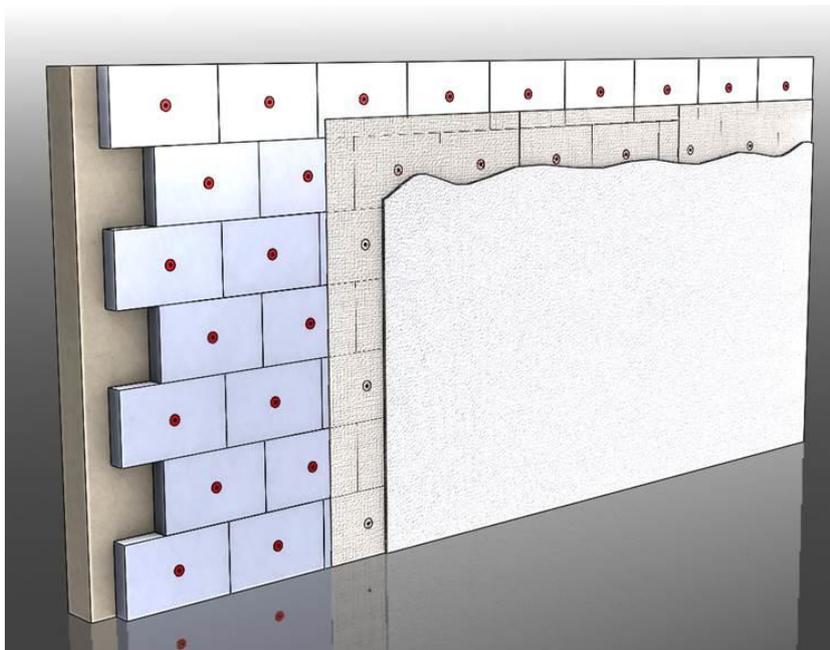


Рис. 2. Фиксация термоизоляционных панелей из газобетона на специальный паропроницаемый клей, а также с помощью тарельчатых дюбелей

Утеплитель из газобетона – прекрасная альтернатива всем предлагаемым на рынке теплоизоляционным материалам. Это неорганический материал, состоящий только из натурального сырья и **безупречный с экологической точки зрения**. Эмиссия вредных испарений и аллергенов полностью отсутствует. Устойчивость к агрессивным средам, воздействию ультрафиолетовых лучей, морозостойкость обеспечивают его долговечность

и стабильность теплоэффективных свойств: **срок службы данного утеплителя практически неограничен**. В этом его основные преимущества перед минеральной ватой.

Минеральная вата, являясь в основном неорганическим материалом, имеет в своем составе органическое вяжущее. Это негативно сказывается как на долговечности (срок эксплуатации не более 30 лет), так и на ее экологических свойствах (выделяет опасную пыль). От утеплителя из пенополистиролов потребитель категорически отказывается после разрушительных пожаров последних лет, приведших к большому материальному ущербу и даже гибели людей.

Термоизоляционные панели из газобетона обеспечивают **максимальную противопожарную защиту** здания: по европейской системе классификации воспламеняемости строительных материалов утеплитель из газобетона относится к классу А1, то есть он негорючий и препятствует распространению огня, не подвержен тлению и не образует дыма при воздействии очень высоких температур.

**Высокая паропроницаемость** газобетона обеспечивает здоровый микроклимат в помещении и исключает образование плесени и других грибковых поражений. Газобетон прекрасно регулирует влажность в помещениях, поглощая избыточную влагу и снова отдавая ее, когда влажность в помещении снижается.

#### **Особые преимущества при использовании внутри помещений**

Термоизоляционные панели из газобетона идеальны для реставрации и утепления исторических зданий и памятников архитектуры, внешний облик которых должен сохраняться неизменным. Они также идеально подходят для утепления помещений, используемых непостоянно: школ, концертных залов и театров, церквей и других помещений социального, культурного, спортивного назначения. Благодаря термофизическим свойствам газобетона нерегулярно отапливаемые помещения быстро нагреваются, оптимальным образом саморегулируется влажность воздуха. Это позволяет снижать расходы на отопление, обеспечивает оптимальные эксплуатационные свойства зданий и комфортную среду пребывания в них.

#### **Дополнительные преимущества при изоляции цокольных этажей**

Утеплитель из газобетона очень устойчив к воздействию погодных условий, не подвержен разрушению живыми организмами, в том числе и грызунами. При утеплении фасада газобетонным утеплителем использование его и для цоколя обеспечивает однообразие материала и однородность теплофизических характеристик здания.

Теплоэффективность материала характеризуется в основном коэффициентом теплопроводности и определяется, прежде всего, его средней плотностью: чем ниже плотность, тем ниже теплопроводность материала и тем эффективнее термоизоляция. Следовательно, при производстве теплоизоляционных панелей из газобетона ставится цель максимально снизить плотность продукта.

### **3. Производство утеплителя из газобетона: технологические особенности, организация производства, требования к оборудованию**

При плотности 150 кг/м<sup>3</sup> коэффициент теплопроводности газобетона в среднем равен 0,050 Вт/(м\*К) и достаточен для обеспечения эффективной теплозащиты зданий. Дальнейшее снижение плотности было бы целесообразно для повышения термоизоляционных свойств. Однако чем ниже плотность, тем острее встает проблема снижения прочностных характеристик газобетона. Таким образом, при производстве теплоизоляционных панелей из газобетона встают две задачи:

- максимальное снижение плотности материала при обеспечении его необходимых эксплуатационных механических свойств
- организация производственного процесса, обеспечивающего рентабельное изготовление продукта низкой плотности

### **3.1. Технологические особенности: требования к сырью, температурные режимы, пластическая прочность**

Снижение плотности газобетона достигается путем снижения содержания твердых веществ в газобетонной смеси и увеличения водотвердого соотношения. Повышение содержания воды в газобетонной смеси неизбежно ведет к увеличению времени предварительного твердения и снижению прочностных характеристик продукта. Ключом к решению этих двух основных сложностей является тщательный подбор сырья и соответствующая адаптация рецептуры. Остановимся более подробно на требованиях к сырью.

**Цемент.** Оптимальным для производства газобетона низкой плотности является бездобавочный высокодисперсный цемент марки 500 (ЦЕМ42,5). Для обеспечения быстрого твердения массива и соответственно сокращения времени его созревания решающую роль играет высокое содержание трехкальциевого алюмината ( $C_3A$ ). Для повышения прочности готовой продукции на сжатие и на изгиб, уменьшения усадки важное значение имеет трехкальциевый силикат ( $C_3S$ ).

**Известь.** Для производства теплоизоляционных панелей из газобетона рекомендуется использовать известь очень тонкого помола. При помоле в шаровой мельнице целесообразно добавление 10% песка или твердых отходов газобетона и интенсификатора помола (триэтанолламин), чтобы уменьшить электризацию и слипание частичек извести в газобетонной смеси.

Изменяется также соотношение сырьевых материалов. Так, должно быть увеличено содержание вяжущих (известь и цемент). При этом значительно увеличивается содержание цемента по отношению к извести, поскольку цемент обеспечивает более высокую начальную прочность массива. Содержание песка уменьшается соответственно.

**Песок.** Требуется кварцевый песок с высоким содержанием кремнезема  $SiO_2$ : не менее 90%. Важна также тонкость помола песочного шлама.

**Гипс.** Рекомендуется использовать природный гипс –  $CaSO_4 \times 2 H_2O$ . Возможно также использование природного ангидрита  $CaSO_4$ . Не допускается использование частично обезвоженного строительного гипса. Гипс хорошего качества особенно важен при производстве газобетона малой плотности. Он обеспечивает хорошую пластическую прочность массива, его эластичность, позволяющую обрабатывать массив без повреждений. Гипс также положительно влияет на конечные свойства продукта: повышает прочность на сжатие, уменьшает усадку блоков.

**Алюминий** имеет решающее значение для порообразования в процессе созревания газобетонной массы (количество, форма пор и т.д.), что в дальнейшем обуславливает теплоизолирующие свойства газобетона. При производстве теплоизоляционных панелей из газобетона содержание алюминия в рецептуре значительно увеличивается, причем не только в процентном соотношении, но и в абсолютном количестве. При этом используется мелкодисперсный алюминий со средним размером зерен в пределах от 15 до 25 микрон.

#### **Температурный режим и пластическая прочность**

После тщательного подбора сырья и подготовки газобетонной смеси необходимо уделить должное внимание температурным режимам при заливке смеси и созревании массивов: формы не должны быть холодными, температура в камерах предварительного твердения не менее  $45^{\circ}C$ . Важное значение имеет также температура заливки смеси.

При квалифицированном подборе сырья и рецептуры время набора массивом плотностью около  $150 \text{ кг/м}^3$  достаточной для резки пластической прочности может составлять 6 – 10 часов.

Пластическую прочность массива рекомендуется измерять с помощью специального пенетromетра с наконечником конической формы. Причем важно контролировать прочность массива по всей его высоте, добиваясь однородности этого показателя. Поэтому особенно при наладке процесса производства и оптимизации рецептуры необходимо измерять пластическую прочность как минимум в 4 местах массива: сверху, сбоку примерно на расстоянии 10 – 15 см от верхней кромки после его разбортовки, сбоку снизу примерно на расстоянии 10 – 15 см от нижней кромки массива и снизу после его кантования на резку.

Дальнейший успех в производстве теплоизоляционного газобетона зависит от грамотной организации производственного процесса, а также от оптимальных настроек оборудования. Целесообразным может быть также дооснащение производства или его модернизация.

### **3.2. Организация производства и требования к оборудованию**

Особые свойства теплоизоляционного газобетона определяют требования к организации производства и оборудованию: высокая точность дозировки сырья и его интенсивное смешивание, формы идеальной геометрии, бережная высокоточная резка, транспортные системы, обеспечивающие плавное перемещение массива по всем производственным участкам вплоть до упаковки готовой продукции. Рассмотрим основные этапы и участки производства.

#### **Помол песка и смесительное отделение**

Если имеющаяся мельница для помола песка не обеспечивает необходимой тонкости помола песчаного шлама, она может быть дооснащена гидроциклонным сепаратором, который позволит разделять шлам на фракции, направляя шлам достаточной тонкости помола на производство и возвращая шлам более грубого помола на домол в мельницу.

При производстве газобетона низкой плотности количество твердых веществ в газобетонной смеси снижается, уменьшается также и объем смеси, необходимой для заливки одной формы. Поэтому рекомендуется максимально уменьшить внутренний диаметр емкости смесителя. Возможна также установка мешалки с регулируемой высотой лопастей или мешалки с двумя комплектами лопастей регулируемой высоты. При наращивании производства легких панелей целесообразна установка второго смесителя для газобетона низкой плотности.

#### **Заливочные формы и созревание массива**

В силу увеличения времени созревания массивов необходимы дополнительные заливочные формы и места созревания массивов. При еще несформированном спросе на продукцию возможно производство газобетона низкой плотности во время технологических пауз. Так, имеется положительный опыт производства теплоизоляционных панелей из газобетона во время еженедельного технологического останова производства для планового техобслуживания линии на 6-8 часов. Перед паузой осуществляется заливка всех имеющихся в наличии форм. В течение этих 6-8 часов массив созревает и поступает на резку сразу по возобновлению производственного процесса. Таким образом, общая производительность завода и эффективность производства повышаются без дополнительных затрат на средства производства.

#### **Транспортные системы и кантование**

Особые требования предъявляются к системам транспортировки массивов пониженной прочности. Так, рельсовые пути перемещения форм с созревшими массивами на линию резки должны быть идеально ровными. Особое внимание следует уделить переходам между рельсами: стыки рельсов должны быть тщательно подогнаны и не вызывать сотрясений созревших массивов при их перемещении.

Также необходимо уделить особое внимание оптимальной настройке всех функций процесса кантования: плавный поворот кантователя, отрегулированная передача поддона с массивом на линию резки и т.д.

#### **Линия резки**

Система реечного привода Wehrhahn обеспечивает плавный безрывковый ход вагонетки участка резки. Чтобы массивы плавно перемещались через машины линии резки, необходимы также очень ровные рельсовые пути перемещения вагонетки.

При производстве термоизоляционных блоков речь идет преимущественно о тонких панелях толщиной 50 - 200 мм. Для оптимизации резки блоков малой толщины Wehrhahn предлагает установку продольной резки увеличенной длины с новой системой распределения струн резки. Данная установка обеспечивает резку тонких блоков с минимальным сопротивлением и исключает даже самые незначительные повреждения массива.

Для уже существующих заводов есть возможность дооснащения имеющейся установки продольной резки дополнительными колоннами и новой системой распределения струн (при наличии места).

Новая установка продольной резки оснащается также системой автоматической чистки струн. Боковой триммер также может быть оборудован автоматической чисткой ножей. Чистые резательные струны и ножи обеспечивают оптимальную резку даже очень тонких блоков малой плотности.

#### **Подготовка массива к автоклавированию**

При производстве газобетона малой плотности особое внимание необходимо уделять регулярной чистке автоклавных решеток и ламелей передаточной вагонетки. Загрязненные ламели решеток и вагонетки могут быть причиной образования отпечатков на прилегающей к ним стороне блоков.

Для генеральной чистки автоклавных решеток (SMART) или поддонов (PLUS) можно использовать установку пескоструйной чистки. Для регулярной чистки автоклавных решеток или поддонов - оптимальным образом, после каждого цикла автоклавной обработки - Wehrhahn предлагает **автоматическую установку чистки автоклавных решеток** или поддонов (рис. 3).



Рис. 3. Автоматическая установка чистки и смазки автоклавных решеток Wehrhahn

При производстве тонких блоков очень рекомендуется использовать **установку деления зеленого массива Wehrhahn** (рис. 4). Она позволяет полностью решить проблему слипания блоков в процессе автоклавирования без изменений сырьевой базы и рецептуры и соответственно без увеличения расходов на сырье.

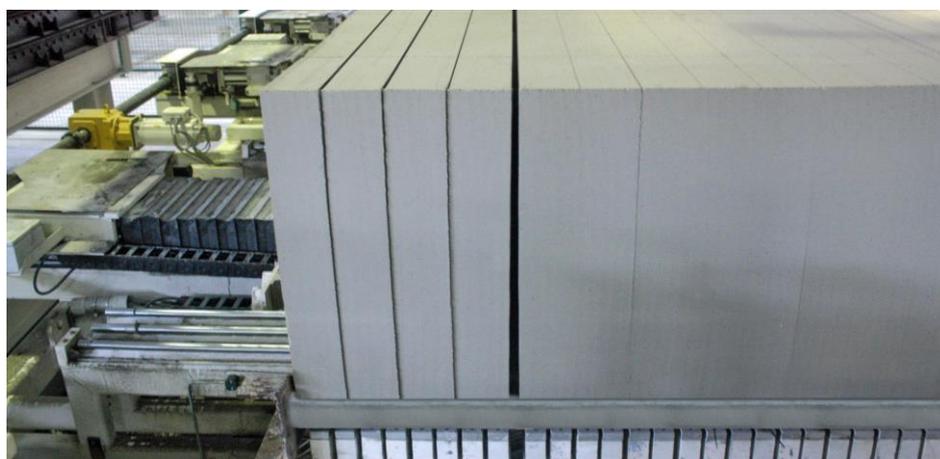


Рис. 4. Установка деления зеленого массива Wehrhahn

Чтобы предотвратить образование на массивах отпечатков от ламелей решеток и вагонетки, а также от захватов делителя зеленого массива Wehrhahn предлагает предусмотреть дополнительную систему твердения массивов после резки.

**Упаковка и отгрузка.** Для щадящей транспортировки блоков после автоклавирования специалистами Wehrhahn разработаны машины, оборудованные саморегулирующимися грейферными захватами: сила сжатия массива грейфером зависит от веса захватываемого массива. Это имеет особые преимущества при перемещении массивов малой плотности и соответственно малого веса и пониженной прочности на сжатие.

Упаковка может осуществляться вручную или полуавтоматически. При этом на транспортную палету (деревянный поддон) рекомендуется уложить сначала слой пенопласта.

При фиксации пакетов на автотранспорте необходимо использовать защиту кромок, а также рекомендуется фиксировать пакеты ремнями, закрепляющимися на внутренних сторонах бортов автотранспорта.

### **Заключение**

Расширение ассортимента продукции открывает новые возможности для реализации на рынке уже хорошо известного газобетона. Это особенно важно в условиях, когда спрос на основную газобетонную продукцию снижается.

На настоящий момент уже проделана серьезная работа по выпуску на рынок нового продукта из газобетона – теплоизоляционных панелей: разработаны рецептуры, есть опыт организации производства и предложения по оптимизации оборудования, а также наглядные инструкции по применению для потребителя. Необходима еще усиленная маркетинговая работа для продвижения нового продукта на рынок по ценам, аналогичным ценам на сопоставимые по качественным характеристикам теплоизоляционные материалы. Но главное – это дерзновение производителей: изготавливать и предлагать потребителю новый продукт, уже показавший свою конкурентоспособность на очень большом и все еще растущем рынке теплоизоляционных материалов.

Wehrhahn предлагает комплексные решения для производства теплоэффективных блоков из газобетона: от подготовки сырья и рецептуры до упаковки готовой продукции. Возможна наладка уже имеющегося оборудования, его дооснащение, модернизация или поставка новых линий, специально разработанных для производства всего ассортимента газобетонной продукции.

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ПОЯВЛЕНИЕ «НЕПРОПАРОВ» В ПРОЦЕССЕ АВТОКЛАВНОЙ ОБРАБОТКИ ГАЗОБЕТОНА**

*А.А. ВИШНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, А.Ю. ЛЯЛИН, В.В. ШИШКАНОВ, ООО ПСО «Теплит»*

Тепловлажностная обработка является важнейшей стадией производства автоклавного газобетона (АГБ), в значительной степени определяющей свойства материала. Физико-химические процессы, протекающие при запаривании АГБ, всесторонне исследовались в 50-е - 80-е годы прошлого столетия. Большое внимание в работах отечественных и зарубежных исследователей уделялось механизмам протекающих реакций, составу образующихся фаз, температурной и влажностной деформации бетона. Опытным путем подбирались оптимальные режимы автоклавирования, с точки зрения расхода энергоресурсов и качества АГБ [1-4].

Современная технология производства АГБ претерпела значительные изменения. Появились интенсивные смесители, высокоточные резательные комплексы, процесс автоклавной обработки стал проходить при более высоком давлении с резким выходом на режим. Изменилась и сама продукция. Вместо крупноформатных изделий с плотностью 700-800 кг/м<sup>3</sup> современные заводы переориентировались на производство мелкоштучных блоков марок D400 – D500. В этой связи проблемы, которые интересовали исследователей 30-40 лет назад, отошли на второй план.

В настоящее время многих производителей в большей степени волнуют вопросы, связанные с полнотой и качеством автоклавной обработки, а также мероприятия по предотвращению так называемых «непропаров», о которых в литературе 50-80 гг. ничего не упоминается.

«Непропаром» производственники называют область ячеистого бетона, отличающуюся от основной массы темным цветом (рис. 1), которая появляется на бетоне после автоклавной обработки. Темное пятно сохраняется при последующей выдержке данного материала, не исчезая и не выравниваясь с основной массой. Чаще всего пятно располагается в нижней части массива (с позиции размещения массива в автоклаве) и локализуется в центре. Указанные области обладают сниженными прочностными характеристиками. В некоторых случаях из-за возникающих напряжений, вследствие неоднородности структуры в зоне «непропара» образуются сквозные трещины, в связи с чем изделия с таким дефектом переводятся в категорию некондиции.

В настоящей статье приведен краткий обзор причин появления «непропаров», предложены мероприятия по предотвращению данного явления. В основу статьи легли результаты исследования, проведенного в условиях ООО «ПСО «Теплит», а также работы других авторов по изучению проблем автоклавирования.

Если кратко сформулировать цель автоклавной обработки, то можно сказать, что повышенная температура и избыточное давление необходимы для того, что запустить взаимодействие извести и кремнеземистого компонента. Продуктом данного взаимодействия становятся гидросиликаты кальция и другие цементирующие новообразования, которые сцепляют отдельные зерна  $\text{SiO}_2$ , благодаря чему обеспечивается прочность материала. При обычной температуре реализовать данный процесс практически невозможно, так как реакция идет через растворение  $\text{SiO}_2$  в растворе  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , которое начинается при температуре 170-175 °С [1].



Рис. 1. «Непропар» на газобетонных изделиях

«Непропары», о которых говорилось выше, представляют собой области газобетона, в которых реакция между  $\text{CaO}$  и  $\text{SiO}_2$  прошла не в той форме и объеме, как это ожидалось. Другими словами, планируемые продукты гидратации не были получены. Поскольку наличие исходных компонентов для реализации структурообразования не ставится под сомнение (газобетонная смесь тщательно перемешивается, исходные компоненты усредняются), вероятной причиной неудовлетворительного взаимодействия может быть отсутствие необходимых условий. К таким условиям прежде всего следует отнести повышенную температуру.

Контроль температуры является обязательным требованием при ведении автоклавной обработки, и в большинстве случаев существенные температурные отклонения при получении «непропара» не фиксируются. Вероятнее всего необходимая температура не достигается в определенных частях газобетона, где и будет «непропар».

Но как возможно, что при достижении паровоздушной смесью заданной температуры (при давлении 12 атм – 190-195<sup>0</sup> С), какая-то часть газобетонного массива, находящегося под избыточным давлением, не нагреется? Для ответа на этот вопрос рассмотрим механизм прогрева газобетона в процессе автоклавной обработки. При подъеме давления в автоклаве поступающий пар начинает охлаждаться и конденсироваться от соприкосновения с более холодными изделиями. Вначале конденсирующийся пар осаждается на наружных поверхностях массива, затем по мере повышения давления проникает в поры и капилляры изделий, конденсируясь в которых, создает водную среду. Передача тепла от поверхности в толщу изделий осуществляется как путем кондуктивной теплопроводности, так и за счет передачи тепла вглубь материала непосредственно паром и конденсатом по порам и капиллярам [2,3].

Однако, не все так просто. Оказывается на пути пара в толщу изделий может находиться воздух. Обладая отличными теплоизоляционными свойствами, воздух по мере конденсации пара создает для него барьер и существенно снижает эффективность теплопередачи. В учебнике по теплотехнике сообщается, что при определенных условиях присутствие даже незначительных 0,5% воздуха (по объему) в паре может уменьшить эффективность теплопередачи на 50 % [5]. А в работе [4] указывается, что коэффициент теплоотдачи паровоздушной смеси без удаления воздуха составляет 40-600 ккал/м<sup>2</sup> ч <sup>0</sup>С, что в 20 раз ниже показателя после возможно более полного его удаления.

Другим объяснением недостаточного прогрева части массива может стать наличие пленочной конденсации. Возникшие капли конденсата стекают вниз, образуя пленку. Толщина конденсатной пленки увеличивается вниз по течению, значительно уменьшая коэффициент теплоотдачи из-за ее значительного термического сопротивления [6]. Сама по себе пленочная конденсация вряд ли является первопричиной появления «непропаров». Однако, данный эффект может усугублять температурную неоднородность внутри газобетонного массива.

Таким образом, основной причиной недостаточного прогрева, а значит и появления «непропара» остается наличие воздуха. Свежеотформованный бетон содержит значительное количество воздуха, попадающего в бетонную смесь во время ее приготовления и укладки, а также при формировании структуры. Перед началом автоклавирования для повышения эффективности процесса воздух удаляют продувкой свежим паром или вакуумированием. Последний вариант признается более эффективным и применяется на большинстве современных заводов по производству АГБ. Вытеснение воздуха из толщи газобетона при вакуумировании происходит паром, образовавшимся за счет вскипания воды. Высвободившийся воздух удаляется из автоклава вакуум-насосом.

Как тогда можно объяснить «непропар» в тех случаях, когда автоклавная обработка включает вакуумирование? В работе [7] сообщается, что причиной данного явления может быть недостаточность вакуумирования, и в качестве предложения указывается необходимость повышения глубины вакуума и продолжительности выдержки при отрицательном давлении. Другими словами, созданное разрежение может быть не достаточным для требуемого удаления воздуха.

Также следует убедиться, достигается ли необходимая для вскипания воды температура. Согласно рекомендациям, представленным в [7] чтобы обеспечить кипение воды при разрежении -0,5 бар, необходимо чтобы температура в массиве была не менее 80 <sup>0</sup>С. В качестве вариантов обеспечения необходимого температурного режима предлагается увеличение начальной температуры смеси, корректировка расхода вяжущих, выдержка массивов до автоклавов в условиях, предотвращающих остывание.

Каждый из перечисленных вариантов имеет свои ограничения и побочные эффекты. Например, рост начальной температуры за счет изменения соотношения горячей и холодной воды может спровоцировать интенсивное газовыделение в смеси, и, как следствие, повышенную

просадку массива. Увеличение расхода вяжущих, обеспечивающих необходимое тепловыделение, приводит к преждевременной потере пластичности массива и вызванной этим хрупкости при кантовке и разрезании. Также при повышенном расходе цемента усиливается неравномерность твердения в поверхностных и внутренних слоях массива, приводящая к образованию поверхностных трещин.

В этой связи для регулирования температурного режима целесообразно комбинировать рассмотренные методы, делая больший упор на предотвращение остывания массивов перед автоклавом. Стандартным решением, обеспечивающим сохранение температуры, является выдержка массивов в период комплектации автоклавного состава в закрытых зонах. Опыт ПСО «Теплит» показывает, что в первые 1,5-2 часа выдержки массивов в закрытой зоне температура увеличивается на 3-5 °С. Этого времени, как правило, бывает достаточно для формирования автоклавного состава (18 массивов). В последующий час температура сохраняется на максимальном уровне. Через 3-4 часа фиксируется некоторое остывание, особенно в нижних зонах массива. Что касается «непропаров», то по нашему опыту их вероятность увеличивается при выдержке массивов до автоклавирования более 6 ч. В качестве предупредительной меры при увеличении времени выдержки (например, при поломке оборудования) мы рекомендуем загонять неполный состав в автоклав и прикрывать крышку. В этих условиях продукция сохраняет свою температуру значительное время.

Другая рекомендация по обеспечению необходимой температуры внутри массива в процессе тепловлажностной обработки связана с использованием струн повышенного диаметра при разрезании массивов. Как правило, современные заводы по производству АГБ используют для резки струны диаметром 0,6-0,8 мм. Применение струны диаметром 1,2 мм для вертикального разрезания массива позволит создать большие зазоры между блоками, через которые усилится миграция паровоздушной смеси, а значит интенсифицируется теплообмен. Опыт «ПСО «Теплит» и ряда других заводов показывает, что данная мера может стать весьма действенной для снижения «непропаров». Однако, побочным эффектом этого предложения является потеря устойчивости вертикальных рядов блоков (особенно торцевого, который при движении тележки может упасть), а также отклонение от заданных размеров изделий.

Еще одним фактором, влияющим на пропариваемость газобетона, некоторые специалисты называют повышенный расход воды (высокую влажность массивов) [8]. В своих исследованиях мы не обнаружили четкой корреляции водотвердого отношения и «непропаров». В рамках одной запарки темные пятна имелись как на массивах с повышенным распылом, так и на жестких смесях.

В качестве компенсационной меры для предотвращения «непропара» предлагается увеличение времени изотермической выдержки или давления в автоклаве. В обоснование данного подхода приводится утверждение о том, что если в массиве остались холодные зоны, то увеличение времени выдержки при максимальной температуре или использование пара с повышенной энергетикой позволит осуществить необходимый прогрев. В своей практике подтверждение этому мы не нашли. Автоклавирование при давлении 13,5 бар с общей продолжительностью 895 мин (изотермическая выдержка 7,5 ч) не привело к исключению «непропаров». В другом эксперименте мы оставляли продукцию в автоклаве на 24 ч (изотермическая выдержка  $\approx$  18 ч при давлении 12 бар), при этом все массивы при выходе имели темные пятна. К тому же следует понимать, что подобное изменение процесса ведет к перерасходу энергоресурсов и снижению производительности.

По нашему мнению, все предпосылки для создания «непропара» возникают на стадии вакуумирования. И, если условия для структурообразования не были созданы, никакими последующими мероприятиями это не компенсировать. Единственным действенным способом может стать возобновление процесса (сброс пара, повторное вакуумирование и т.д.). Однако, чтобы применить данное мероприятие, необходимо диагностировать проблему при выходе из вакуума, а это достаточно сложно сделать имеющимися средствами.

Наконец, причиной появления «непропара» может стать попадание воздуха в изделия на начальном этапе автоклавирования. С такой проблемой столкнулось ПСО «Теплит», когда

при соблюдении всех формальных признаков процесса (температура массивов, глубина и продолжительность вакуума, время и параметры автоклавирования и др.) «непропары» периодически появлялись. При анализе проблемных «запарок» была замечена некоторая закономерность: в разный период времени «непропар» появлялся в определенных автоклавах. При этом данный автоклав не имел признаков внешней неисправности, однако, характер процесса отличался от среднестатистического.

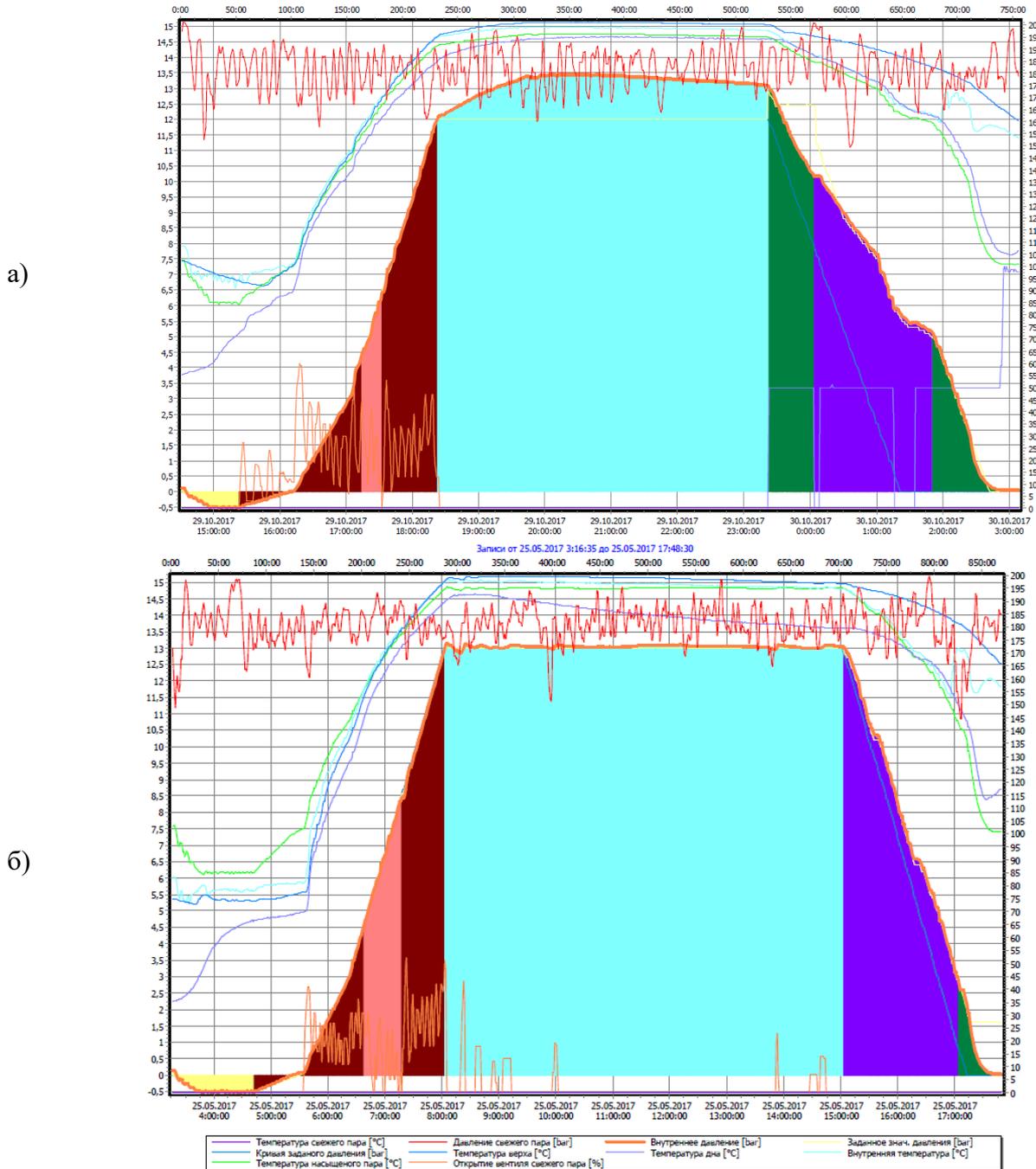


Рис. 2. Кривые автоклавирования: а) нормальное автоклавирование; б) автоклавирование с «непропаром»

Из данных, представленных на рисунке 2, видно, что график с «непропаром» (б) отличается от обычного (а) отсутствием экзотермического эффекта на этапе выдержки, (появляющегося в следствие прохождения химических реакций). Также можно отметить большую разницу в температурах верха и низа при проблемном автоклавировании. Но главное, что выход из вакуума происходит без открытия паровой задвижки. Другими словами, рост давления в автоклаве не связан с подачей пара.

Последний факт лег в основу предположения о том, что после отключения вакуумного насоса автоклав начинает заполняться воздухом. Программа фиксирует рост давления в соответствии с заданной кривой и не открывает паровой коллектор. В результате в течение 30-60 мин в автоклав подается воздух, который помимо прочего попадает внутрь массива. Таким образом, эффект от глубокого и продолжительного вакуума (рис. 2б), предусмотренного в соответствии с рекомендациями некоторых специалистов, практически нивелируется. Далее попавший воздух будет локализован поступающим паром в определенной части массива (в большинстве случаев - нижней, так как воздух значительно холоднее пара), которая в последствие не приобретет необходимой температуры и возникнет «непропар».

Важный вопрос - как воздух может попасть в автоклав при отсутствии внешних признаков разгерметизации (парение из под прокладки, негерметичность арматуры и др.). Вероятнее всего, утечка все-таки происходила через уплотнение. По нашему предположению при проблемном запаривании прокладка, из-за своей дефектности, не обеспечивала уплотнение по направлению внутрь автоклава. Это давало возможность воздуху, за счет работы компрессора, поступать внутрь автоклава. По видимому, эмиссия происходила до того момента, пока не прекращалась подача воздуха под прокладку (соответствует давлению 5 бар). Как следует из графика (рис. 2б) при выходе из вакуума в автоклав подавался только воздух, который мог моментально впитываться изделиями, что в последствие приводило к ухудшению теплообмена. Далее, в автоклав подавался пар и поступающий воздух уже перемешивался со свежим паром, снижая его теплоотдачу.

Периодичность проявления проблемы зависела от состояния (качества) прокладки и случайных факторов, связанных с моментом уплотнения. После замены уплотнения характер автоклавирования менялся (рис. 2а), что моментально сказывалось на качестве пропаривания. Таким образом, в нашем случае именно поступление воздуха стало основной причиной ухудшения пропаривания изделий. По этой причине изменение других параметров, перечисленных выше, не приводило к устранению «непропаров».

В заключение следует отметить, что процесс автоклавной обработки является одним из самых сложных и многофакторных технологических процессов. Отсутствие актуальной теоретической базы и поддержки со стороны научно-исследовательских организаций заставляет производителей самостоятельно решать возникающие проблемы. В этой ситуации заполнить вакуум информации может обмен опытом между производителями, что мы и попытались сделать в настоящей статье.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Волженский А.В., Буров Ю.С. Влияние автоклавной обработки на строительные свойства бетонов. Сб. «Свойства автоклавных бетонов и изделий из них». М.: Гостройиздат, 1958. 156с.
2. Китайцев В.А. Технология теплоизоляционных материалов. М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1970. 384 с.
3. Миронов С.А., Кривицкий М.Я., Л.А. Малинский и др. Бетоны автоклавного твердения. М.: Изд-во лит-ры по строительству, 1968. 279с.
4. Горяйнов К.Э., Ефимов А.Д., Волчек И.З. и др. Крупноразмерные газобетонные стеновые блоки. М.: Гостройиздат, 1958. 178с.
5. Бухмиров В.В. Тепломассообмен: Учебное пособие. Иваново: ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет», 2014. 360с.
6. Бухмиров В.В. Теоретические основы теплотехники. Основы тепломассообмена. Иваново, ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет», 2011. 68с.
7. Рудченко Д.Г. Автоклавная обработка изделий из ячеистого бетона. Теория и практика от «Aeroc Internatoonal» // Популярное бетоноведение. 2007. №3. С.86-90.
8. Й. Латочинский. Технологические аспекты автоклавной обработки ячеистого бетона/ Сб докл. науч. практ. конф-и «Современное производство автоклавного газобетона». С-Петербург. 2011. С. 42-46.

## ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ РЕЦЕПТУРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ПРОЦЕССЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА Пониженной Плотности

С.В. ЛЕОНТЬЕВ, канд. техн. наук, В.А. ШАМАНОВ, канд. техн. наук, А.Д. КУРЗАНОВ, ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический Университет», кафедра «Строительный инжиниринг и материаловедение»

В настоящее время, когда весь мир заинтересован в экономии энергии, на первый план выходят вопросы, связанные с производством и применением энергоэффективных теплоизоляционных строительных материалов. Одним из примеров такого продукта является теплоизоляционный автоклавный газобетон (ТАГБ) плотность изделий из которого составляет около  $300 \text{ кг/м}^3$  [1,2]. Дальнейшее снижение марки по средней плотности до D200 и менее является проблематичным из-за сложности обеспечения стабильной и равномерной ячеистой структуры пор при сохранении требуемой прочности силикатной матрицы композита, формирование которых зависит от множества рецептурно-технологических факторов.

Несмотря на большое количество теоретических и практических исследований, выполняемых отечественными и зарубежными учеными в направлении повышения качества ячеистого бетона, недостаточно проработанными остаются вопросы, связанные с изучением протекания процессов вспучивания и структурообразования газобетона пониженной плотности, а также их оптимизацией, изучение которых позволит получить газобетон теплоизоляционного назначения, обладающий высокими показателями качества [3,4,5].

Таким образом, комплексное изучение влияния совокупности рецептурно-технологических факторов на процессы структурообразования ТАГБ и их оптимизация являются на сегодняшний день актуальными.

В качестве основных сырьевых компонентов для проведения исследований были использованы следующие материалы: *портландцемент* ЦЕМ I классов 32,5-42,5 (ГОСТ 31108) производства АО «Горнозаводскцемент»; *комовая известь* 2-го сорта (ГОСТ 9179) производства АО «ПЗСП»; *кварцевый песок* Пролетарского месторождения с содержанием  $\text{SiO}_2$  не менее 85% (ГОСТ 8736); *вода* из центрального источника водоснабжения (ГОСТ 23732); *алюминиевая пудра ПАП-1* (ГОСТ 5494) производства ООО «Русал», г. Краснотурьинск.

Исследования проводились в несколько этапов. На первом этапе была произведена оценка эффективности различных газообразователей по изменению показателей средней плотности, теплопроводности, структуры пор образцов АГБ, а также по интенсивности протекания процесса вспучивания ячеистобетонного массива. Основываясь на характеристиках сырьевых компонентов газобетона и предполагаемой технологии производства ТАГБ, для решения задач первого этапа исследования были выбраны следующие газообразователи: *алюминиевая пудра «ПАП-1»*, а также специализированные газообразователи (СГО) фирмы Ekhart «Stapa Alupor N905™» и «Stapa Alupor RO500™». Основными показателями качества газообразователей, оказывающими наибольшее влияние на качество протекания процессов порообразования ТАГБ, были выбраны: гранулометрический состав, кинетика газообразования и содержание активного алюминия.

По результатам дисперсионного анализа размера частиц алюминиевых газообразователей, выполненного с помощью лазерного дифракционного микроанализатора установлено, что *алюминиевая пудра* отличается более разнородным гранулометрическим составом, чем специализированные газообразователи (рис. 1). При этом распределение частиц СГО лежит в более узком интервале, что положительно сказывается на полноте и интенсивности протекания процесса вспучивания массива.

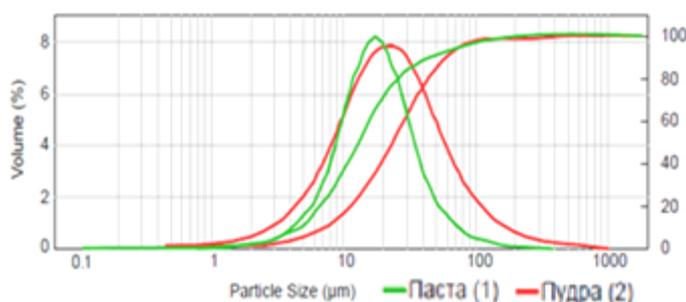


Рис. 1. Результаты дисперсионного анализа составов газообразователей

Результаты определения кинетики газообразования СГО и алюминиевой пудры (рис. 2) позволяют сделать вывод, что при взаимодействии  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  с газообразователем «Stara Alupog N905™» большее количество газа выделилось в течение первых 8 минут реакции.

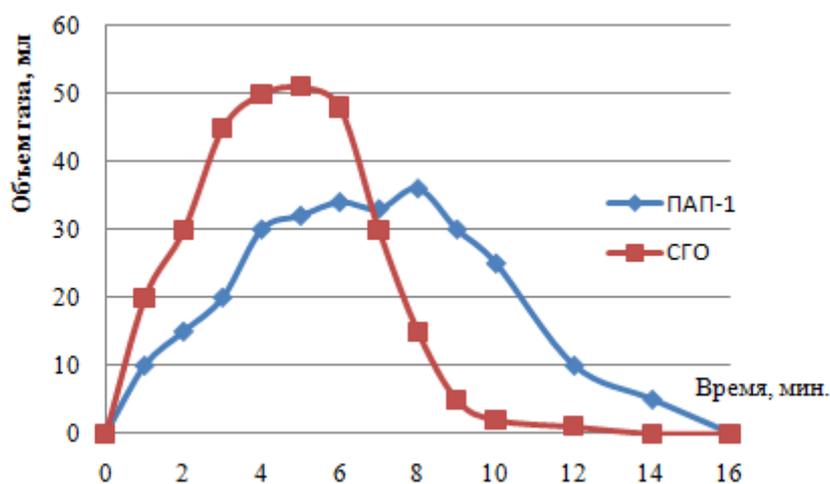


Рис. 2. График зависимости объема выделившегося газа от времени протекания реакции для различных газообразователей

Реакция газообразования при использовании пудры «ПАП-1» характеризуется неравномерной кинетикой газовыделения, длительным временем протекания реакции и малым объемом выделенного водорода. Все вышеперечисленные факторы оказывают значительное влияние на динамику вспучивания массива.

По результатам изучения влияния рассматриваемых газообразователей на теплофизические характеристики ячеистого бетона (плотность, теплопроводность и структура пор), установлено, что изменение плотности ТАГБ в зависимости от расхода различных газообразователей носит нелинейный характер (рис. 3). При этом наименьшая плотность АГБ получена при использовании СГО «Stara Alupog N905» и составляет  $245 \text{ кг/м}^3$ , что на 15% меньше плотности образцов на пудре «ПАП-1».

В ходе анализа макроструктуры образцов установлено, что образцы газобетона на СГО отличаются равномерной гексагональной структурой порового пространства, в то время как ячеистая структура АГБ на «ПАП-1» разнородна и неравномерна по всему объему массива. Это стало возможным благодаря стабилизации процессов газообразования и вспучивания образцов на основе СГО.

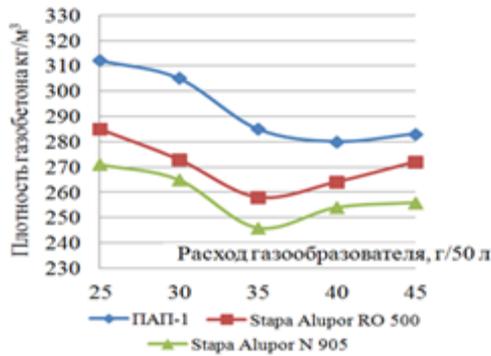


Рис. 3. График зависимости средней плотности газобетона от вида и количества газообразователя

Выявлено, что при использовании СГО вспучивание массива протекает равномерно и за короткий временной интервал (4-5 минут), при этом не наблюдается кипения и разрывов газобетонной массы, чего нельзя отметить у образцов на пудре «ПАП-1». Такое различие объясняется разницей в гранулометрическом составе, кинетике газообразования пудры и СГО, и содержании активного алюминия в их составах (у СГО содержание активного алюминия больше в среднем на 10%).

Дальнейшее снижение плотности ТАГБ за счет увеличения расхода газообразователя приводит к разрушению межпоровых перегородок и оседанию массива до начала процесса набора его пластической прочности. Это объясняется тем, что при оптимальном расходе СГО ячеистобетонная система, зависящая от протекания процессов газовыделения и газодержания, находится в равновесном состоянии. При увеличении расхода СГО система переходит в нестабильное состояние, что приводит к оседанию массива и увеличению плотности АГБ.

Решение проблемы стабилизации вязкопластических свойств газобетонной смеси рассматривалось в рамках второго этапа исследований. На данном этапе изучалось влияние различных пластифицирующих добавок («Melflux 5581F», «Pozzolith 433», «Полипласт СП-3 М2») на реологические характеристики газобетонной смеси, а также процессы структурообразования, протекающие в массиве в ходе его вспучивания.

Эффективность использования вышеперечисленных пластификаторов оценивалась по следующим показателям: физико-механические характеристики газобетона (средняя плотность и прочность), макро- и микроструктура газобетона после автоклавирования и реологические свойства АГБ (текучесть, температура, интенсивность вспучивания, пластическая прочность смеси).

На рисунке 4 представлены результаты испытаний ТАГБ по показателям прочности при сжатии и средней плотности.

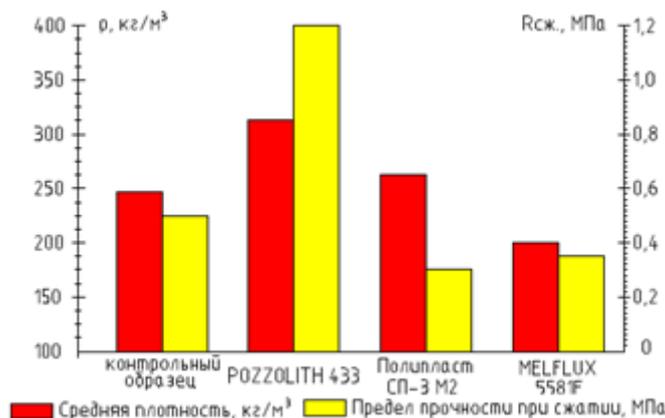


Рис. 4. Сравнительные диаграммы результатов определения плотности и прочности образцов АГБ с использованием различных пластифицирующих добавок

Из приведенных данных можно сделать вывод, что использование пластифицирующей добавки на основе эфиров поликарбоксилатов «Melflux 5581F» способствует снижению плотности газобетона до 200 кг/м<sup>3</sup> за счет увеличения начальной подвижности ячеистобетонной смеси. Микроструктура образцов ТАГБ с добавкой «Melflux 5581F» (рис. 5) отличается от «бездобавочной» отсутствием деструкций в каркасе материала, малым количеством микропор в структуре матрицы, гладкой поверхностью межпорового пространства, что положительно влияет на повышение прочности газобетона и снижение его сорбционной влажности.

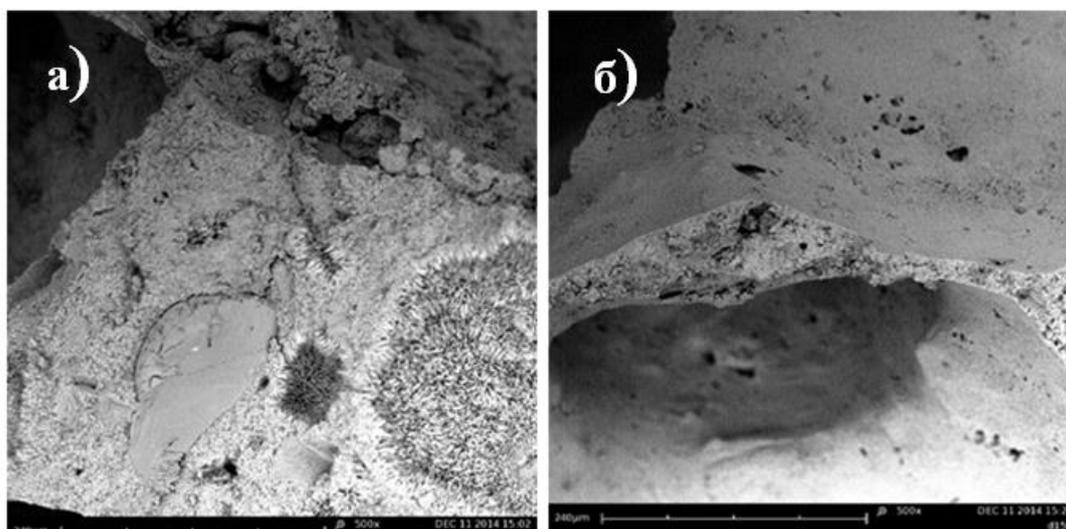


Рис. 5. Микрофотографии образцов АГБ (увеличение 500×): а) без использования добавок; б) при использовании пластифицирующих добавок

Анализируя зависимости влияния различных пластификаторов на реологические характеристики газобетонной смеси, представленные на рисунке 6, можно отметить, что при введении добавки «Полипласт СПЗ М2» наблюдается резкое повышение температуры смеси в начальный момент времени, происходит интенсивное вспучивание массива, что делает его структуру рыхлой и неоднородной.

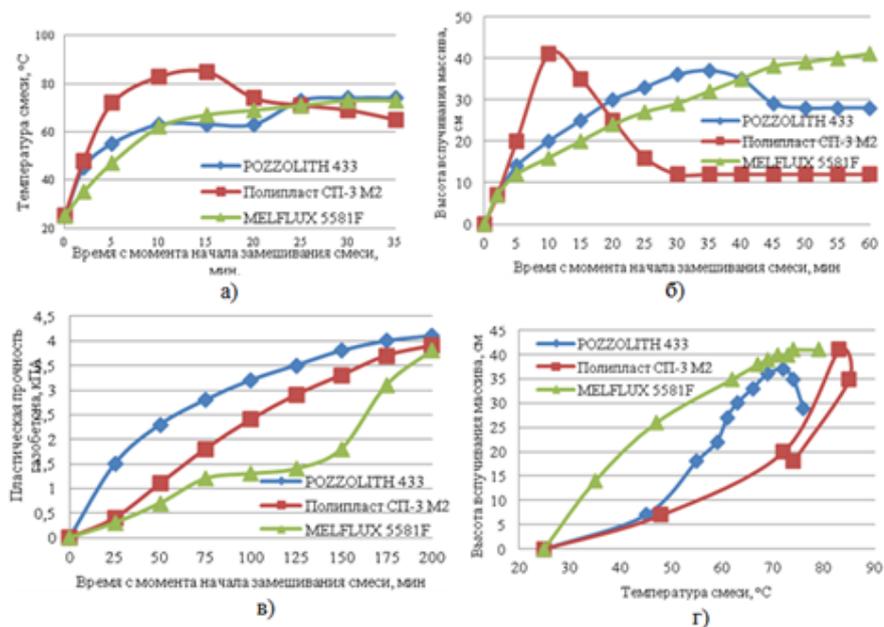


Рис. 6. Изменение реологических свойств газобетонной смеси во времени: а) температура смеси; б) высота вспучивания массива; в) пластическая прочность газобетона; г) зависимость высоты вспучивания массива от температуры смеси

При введении в смесь добавки «Pozzolith 433» наблюдается равномерное вспучивание массива, пузырьки газа поднимаются из нижней области и скапливаются в верхней зоне. При переходе температуры смеси в равновесное состояние нижняя часть массива начинает набирать пластическую прочность, давление газа в ячейках резко увеличивается, что вызывает появление трещин в межпоровом пространстве, подсадку и расслоение газобетонного массива, делая его неоднородным по высоте. При использовании добавки «Melflux 5581F» процесс вспучивания и разогрев газобетонной смеси протекает равномерно на всем интервале набора сырцом пластической прочности, что позволяет получать структуру ТАГБ по характеру и форме близкую к гексагональной с многомодальным распределением пор по размеру.

Для обобщения представленных выше данных была построена зависимость изменения высоты вспучивания массива от температуры смеси (рисунок 6г), анализируя которую можно прийти к выводу, что для оптимального протекания процесса вспучивания ячеистобетонной смеси с формированием многомодальной гексагональной структуры пор теплоизоляционного автоклавного газобетона необходимо обеспечить отсутствие экстремумов функции  $H=f(T)$  (где  $H$  – высота подъема массива, а  $T$  – температура смеси) в области ее определения, ограниченной временем нарастания пластической прочности газобетонной смеси.

Таким образом на первом и втором этапах исследования было установлено, что наилучшие условия для протекания процессов газообразования и газодержания обеспечиваются за счет комплексного использования СГО «Stapa Alupor N905» и пластификатора «Melflux 5581F».

Однако, полученные на данном этапе исследования образцы теплоизоляционного автоклавного газобетона обладают недостаточной эксплуатационной и транспортной прочностью, повышение которой было реализовано на третьем этапе работы путем введения в состав ячеистобетонной смеси модифицирующих ультрадисперсных добавок.

В качестве модификаторов применялись следующие ультрадисперсные добавки: кремнегель, высокоактивный метакаолин ВМК-40, дисперсия МУНТ торговой марки «Ful Vec». Исследование механизмов взаимодействия вышеперечисленных добавок с компонентами ТАГБ заключалось в изучении скорости набора пластической прочности ячеистого бетона, степени вспучиваемости массива, а также в сравнении прочности и средней плотности контрольных и модифицированных образцов.

В ходе проведения экспериментов установлено, что введение кремнегеля в количестве 4-10% от массы портландцемента не оказывает положительного влияния на структуру и свойства АГБ. При постоянном В/Т смесь имеет повышенную вязкость, что затрудняет процесс порообразования. Также наблюдается снижение температур заливки и разогрева газобетона, что говорит о слабом взаимодействии гидроксида кальция и алюминия.

Применение ВМК в качестве добавки, оказывающей упрочняющее действие на межпоровые перегородки ТАГБ, было обусловлено его большой удельной поверхностью (до 18 000 см<sup>2</sup>/г) в совокупности с его высокой пуццолановой активностью. При расходе ВМК от 4 до 10% от массы портландцемента были достигнуты незначительные улучшения характеристик АГБ: при повышенном расходе ВМК наблюдается повышение прочности образцов за счет уплотнения межпоровых перегородок и уменьшения пористости материала, что привело к повышению средней плотности и коэффициента теплопроводности ТАГБ до 280-300 кг/м<sup>3</sup> и 0,06-0,07 Вт/м·°С соответственно. Прочность модифицированных образцов в сравнении с контрольными увеличилась на 21%, а средняя плотность возросла на 29%.

Использование в исследовании дисперсии МУНТ обусловлено эффективностью ее применения для структурирования вяжущих матриц в бетонах различных видов [6,7]. В работе использовалась дисперсия «Ful Vec», содержащая 2% (в массовом эквиваленте) МУНТ «Masterbatch CW2-45».

При изучении влияния дисперсии МУНТ на процесс структурообразования и конечные свойства газобетонной смеси расход МУНТ варьировался в диапазоне 0,001-0,005% от массы портландцемента. При этом учитывались такие характеристики как: пластическая прочность ячеистобетонного массива, прочность, плотность, теплопроводность, структура пор газосиликата

после автоклавной обработки. Также определялся качественный и количественный состав новообразований.

Результаты определения физико-механических характеристик различных образцов газосиликата после автоклавной обработки представлены на рисунке 7. По полученным результатам испытаний с учетом требований ГОСТ 5742 и ГОСТ 31359 сделан вывод, что оптимальное содержание МУНТ для ТАГБ находится в диапазоне 0,001 - 0,003% от массы портландцемента. Такой расход обеспечивает незначительное снижение плотности и теплопроводности материала при повышении его прочности.

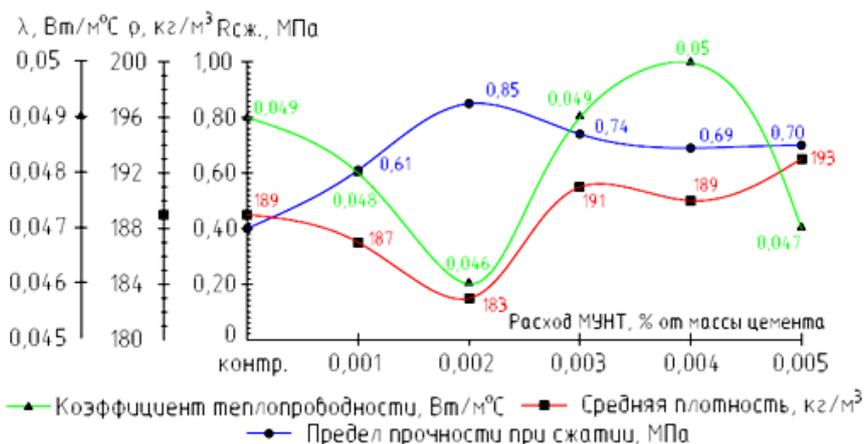


Рис. 7. Физико-механические характеристики различных образцов АГБ

По результатам ртутной порометрии и микроструктурного анализа пор установлено, что введение в смесь СГО, поликарбоксилатного пластификатора и дисперсии МУНТ способствует снижению количества микропор, увеличению содержания капилляров, повышению плотности межпоровых перегородок (рис. 8). Использование модификаторов позволяет стабилизировать макроструктуру газобетона, повышая однородность пор по форме и размеру.

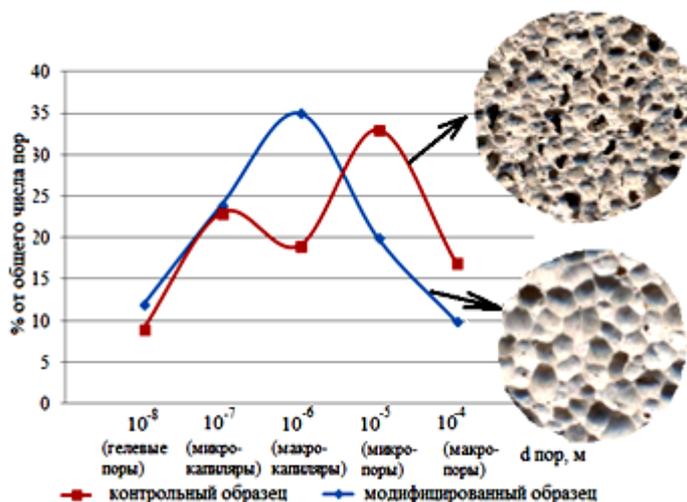


Рис. 8. Распределение пор по размеру в общей структуре модифицированных и контрольных образцов АГБ

При сравнении рентгенограмм контрольного и модифицированного образцов можно наблюдать увеличение интенсивности дифракционных отражений низкоосновных ГСК, в том числе тоберморита и ксонотлита, что свидетельствует о более полном протекании реакции минералообразования (рис. 9).

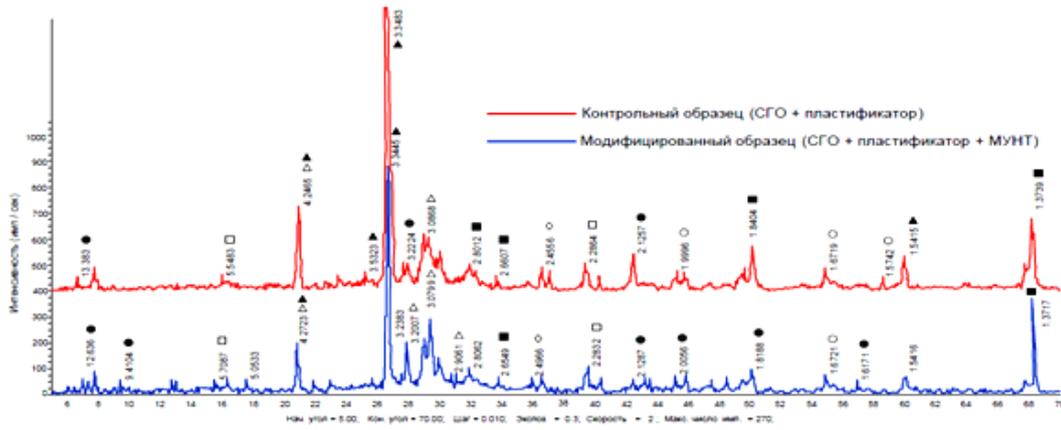


Рис. 9. Рентгенограммы АГБ (▲ - β-кварц; □ - гидрогранаты; ○ - C-S-H(I); ● - тоберморит  $5CaO \times 3SiO_2 \times H_2O$ ; ◇ - кальцит  $CaCO_3$ ; ■ - волластонит; △ - ксонотлит  $6CaO \times 6SiO_2 \times H_2O$ )

Качественное и количественное повышение пиков ксонотлита и тоберморита обуславливает упрочнение межпоровых перегородок и, следовательно, увеличение прочности готовых изделий, что также подтверждается результатами электронной микроскопии (рис. 10).

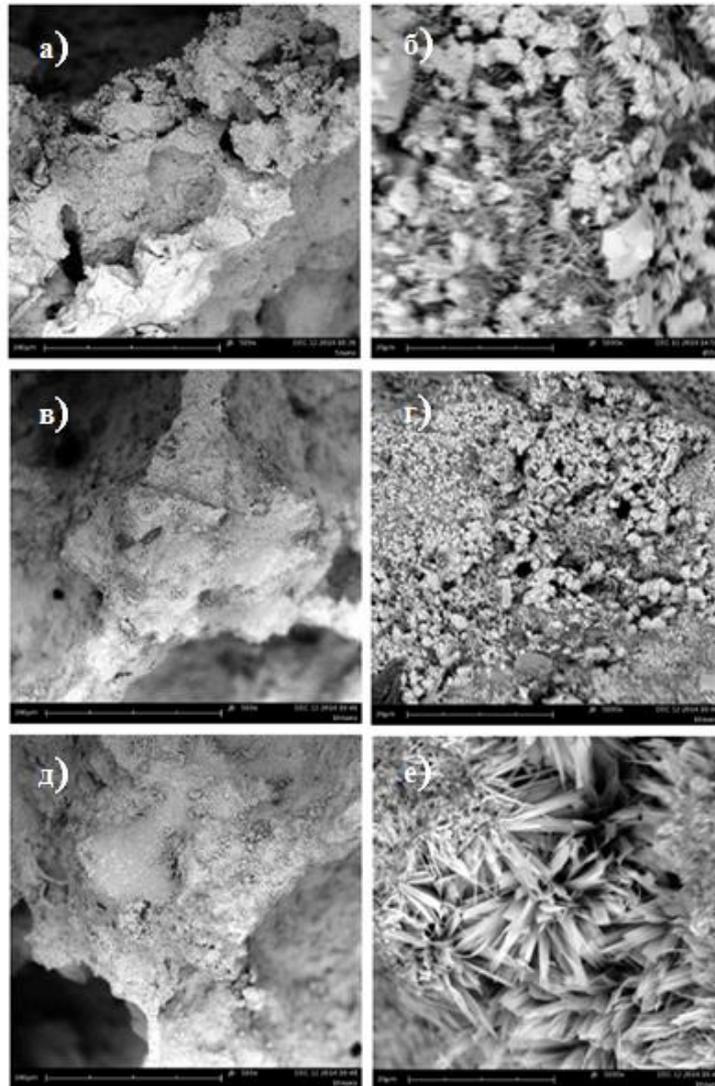


Рис. 10. Микрофотографии АГБ (увеличение  $500\times$  и  $5000\times$ ): а,б) – образцы на алюминиевой пудре; в,г) – образцы на СГО и пластификаторе; д,е) – образцы на СГО и пластификаторе с использованием дисперсии МУНТ

Анализ микрофотографий различных образцов ТАГБ показывает, что при введении в состав газосиликата СГО и пластификатора наблюдается уплотнение межпоровых перегородок и снижение их дефектности. В результате образуются слабо закристаллизованные гидросиликаты кальция (ГСК), пластинки портландита и непрореагировавшие частицы кремнезема (рисунок 10 в,г). В то время как у контрольного состава, изготовленного на основе алюминиевой пудры, имеется большое количество незакристаллизованных ГСК (рисунок 10 а,б).

При введении МУНТ в структуре АГБ (рисунок 10 д,е) наблюдается меньшее число дефектов, при этом их внутренняя часть уплотняется низкоосновными ГСК переплетенной пластинчатой и игольчатой формы, что обуславливает повышение прочности и перераспределение пор по размеру.

Таким образом, поэтапная работа по исследованию и оптимизации процессов структурообразования газобетона за счет управления рецептурно-технологическими параметрами производственного процесса позволила обосновать выбор наиболее эффективного газообразователя, пластифицирующей добавки и ультрадисперсного модификатора. Комплексная модификация состава позволила получить промышленные образцы теплоизоляционного автоклавного газобетона со следующими характеристиками: средняя плотность – 185 кг/м<sup>3</sup> (D200), прочность на сжатие – 0,84 МПа (B0,5), прочность при изгибе – 0,29 МПа, теплопроводность – 0,045Вт/м·°С, паропроницаемость – 0,31 мг/м·ч·Па, усадка при высыхании – 0,4 мм/м.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневецкий А.А., Гринфельд Г.И., Смирнова А.С. Российский рынок автоклавного газобетона в 2015 году // Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: материалы 9-й Международной научно-практической конференции. Минск, 18-19 мая 2016. – С. 11-13.
2. Клаус Бонеманн, Романова Г. Новые разработки Wehrhahn для расширения ассортимента Вашей продукции // Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения: материалы 9-й Международной научно-практической конференции. Минск, 18-19 мая 2016. – С. 17-20.
3. Сажнев, Н.П. Производство ячеистобетонных изделий: теория и практика / Н.П. Сажнев, Н.Н. Сажнев, Н.Н. Сажнева, Н.М. Голубев. – 3-е изд., перераб. и доп. – Минск: Стринко, 2010. – 464 с.
4. Рахимбаев, Ш.М., Аниканова, Т.В. О влиянии размера и формы пор на теплотехнические характеристики ячеистых бетонов / Ш.М. Рахимбаев, Т.В. Аниканова // Бетон и железобетон.- 2010. - №1. - С.10.
5. Yang K.H., Lee K.H. Test on high-performance aerated concrete with a lower density // Construction and Building Materials. 2015. No 74, pp. 109-117.
6. Яковлев Г.И., Первушин Г.Н., Корженко А., Бурьянов А.Ф., Керене Я., Маева И.С., Хазеев Д.Р., Пудов И.А., Сеньков С.А. Применение дисперсий многослойных углеродных нанотрубок при производстве силикатного газобетона автоклавного твердения // Строительные материалы. 2013. №2. С.25-29.
7. Yakovlev G., Pervushin G., Maeva I., Keriene J., Pudov I., Shaybadullina A., Buryanov A., Korzhenko A, Senkov S. Modification of Construction Materials with Multi-Walled carbon nanotubes // Procedia engineering. 2013. No 57. pp.407-413.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АРМИРОВАННЫХ ПЕРЕМЫЧЕК ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ

*Е.А. ЛОБОДЕНКО, ООО «БИЛД ФАСТ ТЕХНОЛОДЖИ»*

*Е.В. ТИМОФЕЕВА, «Evonik Industries AG» (Германия)*

*К.В. ГУСЕВ, ООО «ПолиКомпозит»*

*И.А. СИНЯНСКИЙ, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Государственный Университет по Землеустройству»*

Мировые строительные рынки приняли ячеистый бетон автоклавного твердения как один из основных строительных материалов. Этот выбор обусловлен преимуществами данного материала - долговечность, огнестойкость, экологичность, энергоэффективность и относительно низкая цена в сравнении с другими материалами. Использование армированных ячеистобетонных изделий является перспективным направлением в строительстве зданий. Комплексное применение газобетонных изделий позволяет уменьшить собственную массу стен, перегородок, перекрытий и покрытий, обеспечить требуемые теплотехнические и противопожарные показатели без применения теплоизоляционных материалов.

По данным Национальной Ассоциации производителей автоклавного газобетона общий выпуск продукции на территории России за 2016 г. составил 11,84 млн. м<sup>3</sup> [1]. На долю армированных изделий приходится 0,39 %. Главным образом из армированного ячеистого бетона выпускаются стеновые перемычки (46,9 % от общего выпуска армированных изделий). Развитию данного производства способствует появление технических решений по разрезанию газобетонного массива на отдельные перемычки в сыром виде (до автоклавирования). Это существенно упрощает и удешевляет производство армированных элементов и делает сам процесс более технологичным. Для дальнейшего расширения производства армированных ячеистых бетонов необходимо изыскивать резервы снижения их энергоёмкости, металлоёмкости, трудоёмкости, одним словом, ресурсоёмкости производств.

Предприятие, осуществляющее выпуск ячеистобетонных изделий автоклавного твердения под торговой маркой «Drauber» (ООО «БФТ» Московская обл., г. Электросталь), совместно с производителем полимерно композитной арматуры (ООО «ПолиКомпозит» г. Псков), а так же с производителем алифатических отвердителей («Evonik industries»), провели ряд исследований по возможной замене армирующего элемента - металлической арматуры на альтернативный вариант – полимерно композитную арматуру. Композитная арматура в сравнении с металлической имеет ряд преимуществ (сниженный вес; возможность поставки, как в мерных отрезках любой длины, так и в бухтах; удобства в транспортировке, обработки, складирование и т.д.), что предопределяет экономический эффект от ее использования [2]. В этой связи применение полимерно-композитной арматуры для производства ячеистобетонных конструкций является актуальным и перспективным направлением.

Как известно, композитная арматура производится из армирующего волокна: стеклянного, базальтового, арамидного или углеродного, пропитанного связующим компонентом, для обеспечения цельности полимерного композита. Связующий компонент отвечает за передачу напряжений в армирующем наполнителе и определяет термостойкость, влагостойкость, огнестойкость и химическую стойкость полимерного композита. Проблемой при переходе в армировании автоклавного ячеистого бетона с металлической арматуры на композитную арматуру является низкая устойчивость связующего (традиционно на основе эпоксидной смолы и изометилтетрагидрофталиевого ангидрида) к высоким температурам, в процессе автоклавной обработки и воздействию агрессивной щелочной среды.

В исследовании использовались два вида полимерно-композитной арматуры: на основе эпоксидной смолы и изометилтетрагидрофталиевого ангидрида (ИМТГФА) и арматура на основе эпоксидной смолы и циклоалифатического амина (рис. 1). С данной арматурой были изготовлены лабораторные образцы автоклавного газобетона (размером 10×10×10 см), которые подвергались автоклавной обработке при температуре 190 °С и давлении 1,24 МПа (40 минут вакуумирование, 3 часа подъем давления, 6 часов удержание давления, 3 часа сброс давления).



Рис. 1. Композитная арматура до автоклавной обработки:

- а) на основе эпоксидной смолы и изометилтетрагидрофталевого ангидрида;
- б) на основе эпоксидной смолы и циклоалифатического амина, термостойкая

Как показал эксперимент (рис. 2) в результате автоклавной обработки под действием высокой температуры и давления произошло выгорание связующего в арматуре на основе эпоксидной смолы и изометилтетрагидрофталевого ангидрида. В тоже время арматура на основе эпоксидной смолы и циклоалифатического амина во время тепловой обработки сохранила свои свойства.



Рис. 2. Вид образцов арматуры после изъятия из ячеистого бетона, прошедшего автоклавную обработку автоклавного твердения: слева - образец на основе эпоксидной смолы и циклоалифатического амина; справа - образцы на основе эпоксидной смолы и изометилтетрагидрофталевого ангидрида

Для подтверждения полученных результатов, в условиях лаборатории ООО «ПолиКомпозит» проведено изучение влияния среды бетона на исследуемую арматуру [3]. Испытания проводились по ГОСТ31938 на образцах диаметром 6 мм. При отборе и подготовке образцов, отвержденных аминами и ангидридами для испытаний избегались: деформация и нагревание, воздействие ультрафиолетового света и окружающей среды, которые могли бы привести к изменению свойств материала.

На исследуемых образцах определяли предел прочности и модуль упругости осевым растяжением до и после выдержки в щелочной среде. Образцы погружались в щелочной раствор (значение рН 12,8, постоянная температура 60 °С, время выдержки 30 суток), с последующим растяжением на разрывной испытательной машине «Tinius Olsen H300KU» с установленным датчиком экстенциометром, до полного разрушения.

Таблица 1

## Испытание образцов композитной арматуры до и после выдерживания в щелочном растворе

Вид отвердителя в арматуре	Результаты определений					
	До выдержки в щелочной среде			После выдержки в щелочной среде		
	Внешний вид	Предел прочности, МПа	Модуль упругости, ГПа	Внешний вид	Предел прочности, МПа	Модуль упругости, ГПа
Алифатический аминный отвердитель	Поверхность без дефектов, блестящая, светло-зеленого цвета	1440,0	53,4	Поверхность без дефектов, блестящая, светло-зеленого цвета	1324,8 (-8%)	52,0 (-2.6%)
Ангидридный отвердитель	Поверхность без дефектов, блестящая, белого цвета с базальтовой навивкой	869,6	50,0	Поверхность матовая на 90 %, отслоение базальтовой навивки	777,5 (-10.6%)	37,3 (-25.3%)

Как следует из результатов, приведенных в таблице 1, наибольшее изменение свойств в процессе щелочной выдержки претерпела арматура на основе ангидридного отвердителя. Также определены предельные температуры эксплуатации образцов композитной арматуры. Установлено, что для арматуры на основе ангидридного отвердителя максимальная температура эксплуатации составляет 62 °С, а на основе алифатического отвердителя - 129 °С. Полученные результаты согласуются с данными, представленными в работе [4].

Таким образом, арматура, отвержденная ангидридными отвердителями, не может использоваться в ячеистом бетоне, так как будет разрушаться под действием реакции в щелочной среде. Вместе с тем, арматура на основе алифатических аминных отвердителей показала стойкость к действию щелочной среды, поэтому может быть рекомендована к повсеместному использованию в бетоне. При дополнительном улучшении свойств алифатического аминного отвердителя, в части выдерживания повышенных температур (свыше 200<sup>0</sup> С), использование композитной арматуры на его основе в производстве ячеистобетонных армированных изделий представляется целесообразным.

В развитие данной темы на ООО «Билд ФАСТ Текнолоджи» проведен выпуск опытной партии армированного ячеистого бетона. В качестве армирующего элемента использована композитная арматура, изготовленная на ООО «ПолиКомпозит», в которой связующим для стекловолокна выступила эпоксидная смола на основе алифатического отвердителя Vestamin® R 215 (Производитель «Evonik Industries AG»). Данный вид арматуры характеризовался высокой значением предельной температуры, позволяющим сохранить свойства армирующего элемента в процессе автоклавной обработки.

В качестве образцов изготавливались перемишки размером 1300×300×200 мм по следующей технологии. В предварительно смазанные деревянные формы, обшитые поликарбонатом, устанавливался арматурный каркас из исследуемой арматуры (рис.3). Далее, в форму подавалась газобетонная смесь, приготовленная в промышленном смесителе. По окончании времени предварительного твердения форма подвергалась распалубке, полученные перемишки отправлялись на автоклавную обработку.



Рис. 3. Форма с каркасом из композитной арматуры

По окончании автоклавной обработки готовые перемычки подвергли визуальному осмотру (рис. 4). Всесторонний осмотр показал отсутствие трещин, раскрытий бетона, «выстреливаний» арматуры и прочих повреждений.



Рис. 4. Перемычки с композитной арматурой

После получения окончательных результатов исследования прочностных свойств нового строительного материала, предприятие планирует внедрение технологии в производство и начало серийного выпуска армированных перемычек из газобетона, с использованием термостойкой полимерно композитной арматуры.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Вишневский, Г.И. Гринфельд, А.С. Смирнова. Российский рынок автоклавного газобетона. Итоги 2016 года // Строительные материалы. 2017. №3. С.49-52.
2. Лаповская С.Д. Применения стержневой неметаллической композитной арматуры для армирования ячеистобетонных изделий автоклавного твердения «8-я Международно-практическая конференция. Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения» Минск-Могилев, 11-13.06.2014 . – с.22.
3. Мошинский Л. Эпоксидные смолы и отвердители. – Тель-Авив: Аркадия пресс Лтд, 1995. с.5.
4. Аминные отвердители и их преимущества (ООО «ПолиКомпозит»). - Электронный ресурс, <http://polikompozit.com>.

#### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК СПОСОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВА**

*В.В. МЫШЕНКО, ООО «Ай Ти Пром»*

*А.А. ВИШНЕВСКИЙ, канд. техн. наук, А.А. ТОНКУШИН, ООО «ПСО «Теплит»*

Согласно исследованиям, проведенным Национальной Ассоциацией производителей автоклавного газобетона, конкуренция в отрасли за последние годы существенно возросла. Переизбыток предложения автоклавного газобетона (АГБ) приводит к общему снижению цен на продукцию. При этом затраты (стоимость сырья, ГСМ, энергоресурсов и др.) продолжают расти[1]. В этих условиях для сохранения доходности предприятия вынуждены прибегать к мероприятиям по оптимизации производства.

Как правило, оптимизация производственных процессов преследует две цели: повышение эффективности производства и сокращение затрат. Во многом конечная цель может быть достигнута за счет внедрения современных технологий управления и улучшения организации труда. Мировым трендом в этом направлении является внедрение информационных систем управления предприятием (ERP, MES). Если дать краткое определение данным системам, то это программы, аккумулирующие текущую производственную информацию, анализирующие ее и предлагающие рациональные управленческие решения.

По данным аналитического агентства TAdviser системы управления ресурсами предприятия в России чаще всего внедряются в торговле и машиностроении. Среди производителей строительных материалов подобные системы пока не имеют широкого распространения. Между тем на рынке представлены различные системы от отечественных (в т.ч., на базе 1С УПП) и зарубежных поставщиков. Однако, в силу универсализации используемых платформ многие программы могут оказаться не эффективными из-за перегруженности и оторванности от реальных условий. Их адаптация к конкретному производству представляет собой длительный и дорогостоящий процесс, и конечный продукт не всегда удобен для пользователя. В этой связи особый интерес представляют системы, прошедшие апробацию или созданные в условиях данного производства. Подобные программы учитывают специфику производства, они более понятны для пользователя и, как результат, могут стать более эффективными.

Авторы настоящей статьи изучили предложения на российском рынке ERP-систем, оценили потребность производителей АГБ в подобных программах, а также проанализировали опыт их внедрения. На основе этого определили ключевые возможности и функции программы, актуальные для производства АГБ, о которых будет рассказано в настоящей статье.

### **Электронный документооборот**

Первое, о чем следует упомянуть, это возможность реализации электронного документооборота. Использующиеся бумажные документы (журналы, инструкции, акты, заявки и др.) должны перейти в электронный вид, благодаря этому, появится единая база данных по различным аспектам деятельности предприятия. При необходимости нужная информация может быть оперативно получена с любого рабочего места, имеющего доступ к административной сети предприятия. Реализация электронного документооборота упрощает ведение и доступ к производственной документации, повышает качество ввода данных, сокращает затраты на бумажный документооборот.

### **Автоматизация ввода данных**

Важнейшим аспектом рассматриваемых программ является возможность интеграции с технологическим оборудованием и другими информационными системами. Ввод данных в систему может осуществляться вручную пользователями программы. Другой способ – интеграция с технологическими и информационными системами, позволяющая автоматизировать ввод данных и избежать дублирования внесения информации. Масштаб интеграции определяется потребностями предприятия и возможностями оборудования. Рассмотрим практические результаты, которые позволяет достичь интеграция с линией по производству АГБ.

- **Контроль дозировки компонентов и режима приготовления газобетонной смеси** может быть реализован с помощью передачи данных о фактической дозировке компонентов и других параметров со смесительного отделения (рис.1). Опыт реализации подобной интеграции имеется для большинства линий по производству АГБ.

Репортажи смесительного отделения

Дата с 01.03.2017 00:00 по 19.10.2017 23:59 Найти Экспорт

Показать 25 записей Поиск:

№	Дата и время	№ формы	Рецепт	Температура смеси, °С	Заданный вес возвратного шлама, кг	Фактический вес возвратного шлама, кг	Заданный вес песчаного шлама, кг	Фактический вес песчаного шлама, кг	Задан холодно
47	25.08.2017 11:29	2	12	38.1	1187.5	1163.0	2668.35	2668.0	2
46	25.08.2017 11:15	19	12	38.0	1187.5	1163.0	2668.35	2668.6	2
45	25.08.2017 10:50	4	12	38.0	1187.5	1163.0	2668.35	2668.2	2
44	25.08.2017 10:28	15	12	37.8	1187.5	1162.8	2668.35	2668.4	2
43	25.08.2017 10:02	10	12	37.9	1187.5	1163.0	2668.35	2668.6	2
42	25.08.2017 09:49	17	12	37.9	1187.5	1162.6	2668.35	2668.8	2
41	25.08.2017 09:38	11	12	37.9	1159.25	1134.8	2651.44	2651.0	2
40	25.08.2017 08:35	12	12	38.0	1159.25	1134.4	2651.44	2652.0	2
39	25.08.2017 08:22	3	12	38.0	1091.06	1066.4	2700.85	2701.0	2
38	25.08.2017 08:12	18	12	38.0	1091.06	1066.6	2700.85	2700.6	3
37	25.08.2017 07:53	22	12	38.0	1091.06	1066.2	2700.85	2701.0	3
36	25.08.2017 07:39	7	12	38.0	1091.06	1066.4	2700.85	2701.2	3
35	25.08.2017 07:29	5	12	37.7	1091.06	1066.2	2700.85	2701.2	3
34	25.08.2017 07:12	1	12	38.0	1091.06	1066.2	2700.85	2701.0	3

Рис. 1. Пример визуализации данных со смесительного отделения

• **Учет расхода материалов** может быть выполнен за счет получения данных с нескольких точек: расход сырьевых компонентов со смесительного отделения; смазочных материалов – с линии резки; упаковочных материалов – с линии разгрузки и упаковки.

• **Контроль технологического режима и безопасности автоклавной обработки** может осуществляться при поступлении данных с автоклавного отделения. Предполагается, что пользователям станут доступны текущие и архивные данные о прохождении автоклавной обработки, включая кривые автоклавирования и другие параметры процесса.

• **Учет незавершенного производства** может осуществляться за счет автоматического сбора информации о фактических остатках сырья, а также об объеме продукции, не прошедшей полный технологический цикл (в том числе, продукции в зоне предварительного твердения, в автоклавах и на других переделах). Собранную информацию (рис. 2) будет полезно использовать для отслеживания продукции на линии, а также при инвентаризации.

## Состояние производства



## Зона предварительного твердения

№ формы	Дата/время заливки	Время предв. твердения, мин	Объем незавершённой продукции:	67,5 м <sup>3</sup>
1	19.10.2017 15:07	62	Среднее время предв. твердения:	77 минут
2	19.10.2017 15:09	64		

Рис. 2. Пример реализации учета данных о незавершенном производстве

• **Учет наработки оборудования** может быть реализован путем непосредственного считывания необходимой информации с оборудования (пробег, число произведенных циклов, объем выработки и т.д.). Более простой вариант, который практикуют многие заводы, когда наработка оценивается косвенно через объем выпущенной продукции или календарное время.

• **Учет выпуска продукции** реализуется несколькими путями. Прежде всего, может быть получена соответствующая информация с упаковочного (маркирующего) оборудования. Другой способ связан с технологией штрихкодирования или QR-кода, когда учет производится при считывании необходимой информации с кода в момент выхода продукции из цеха. Для оценки выпуска по отдельным переделам может быть реализовано автоматическое поступление данных со смесительного отделения (число замесов), линии резки (число прорезанных массивов) и т.д.

• **Учет расхода энергоресурсов** реализуется путем получения данных с узлов учета электроэнергии, газа, воды. Также можно оценивать объем потребления вторичного пара и конденсата.

Рассмотренные варианты интеграции данных с технологической линии позволяют уйти от ручных операций, что в значительной степени высвобождает обслуживающий персонал и повышает качество работы. Кроме того, автоматизация ввода данных обеспечивает их поступление в реальном времени, что повышает актуальность информации и позволяет оперативно ее использовать. Наконец, интеграция данных расширяет возможности для дистанционного контроля.

### Мониторинг и аналитика в режиме реального времени

Следующей ключевой возможностью, о которой следует сказать, является мониторинг данных. Как говорилось выше, система должна объединить различные подразделения предприятия в единое информационное пространство, содержащее полный набор данных о производственном процессе. Это даст возможность реализовать полномасштабный **мониторинг производства**. Оперативный доступ к информации, в том числе удаленный, позволит осуществлять контроль в любое время и из любой точки, имеющей доступ к сети предприятия.

Получив информацию, система должна «уметь» ее анализировать. В этой связи интересным представляется возможность составления различных отчетов и информирование об отклонениях в контролируемых параметрах. Примером этого может быть автоматическое **составление производственного отчета за сутки**, в который включаются основные показатели производства (рис. 3). Созданный отчет может быть отправлен исполнителям по электронной почте. Аналогичным образом система уведомляет о простоях и других отклонениях от заданного режима.

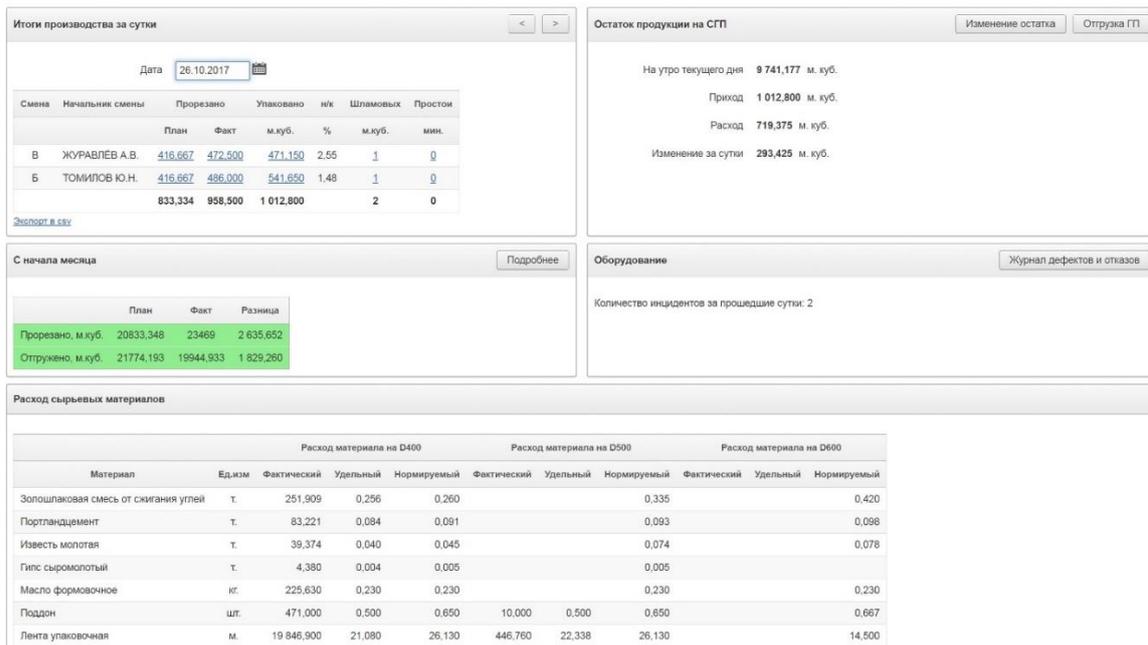


Рис. 3. Пример производственного отчета за сутки

Другим примером может быть анализ результатов испытаний. По проведенным испытаниям (сырье, параметры производства, продукция) программа составляет отчет с указанием имеющихся отклонений от нормативов. Здесь же можно упомянуть о возможности системы анализировать результаты испытаний с точки зрения **поиска причин снижения качества продукции**.

Кроме того, перспективным видится направление автоматического расчета экономических показателей в режиме реального времени. В частности, программа может определять некоторые **статьи себестоимости**: затраты на сырье, упаковку, энергоресурсы. Рассчитывать **экономии**, например, от использования вторичных ресурсов (вторичный пар, конденсат). Также в режиме онлайн можно оценивать **потери, связанные с выпуском некондиционной продукции** и шлама.

Во всех случаях необходимая информация будет получена непосредственно в анализируемом периоде. Это позволит оперативно оценить влияние тех или иных меняющихся факторов и даст возможность адекватно реагировать на изменившуюся ситуацию.

### Автоматизация управления

Наконец, следует сказать еще об одной возможности современных систем управления, от чего собственно и происходит их название. Это возможность выработки управленческих решений. Поступившая в программу информация подвергается анализу, результатом которого становятся решения, предлагаемые пользователю для реализации эффективного управления. Конечно, о тотальном автоматическом управлении всем производством говорить пока рано, но отдельные процессы можно автоматизировать уже сейчас.

- **Управление поставками сырьевых материалов** может быть реализовано за счет автоматического формирования плана поставок на основе производственной программы. Также удачным решением, на наш взгляд, является вариант, когда программа рассчитывает обеспеченность производственного плана на ближайший период (например, 1-2 недели) и производит информирование пользователей при недостаточности материала (рис. 4).

Обеспеченность материалами по состоянию на 19.10.2017

Показать 50 записей Печать

Поиск:

Материал	Расчетный остаток на 19 октября	Распределение расчетного остатка, сут.	Дата достижения минимального запаса	20.10	21.10	22.10	23.10	24.10	25.10
				Гипс сыропалочный, т.	41,531	5,19	24.10.2017	33,531	25,531
Известь, т.	364,575	10,69	30.10.2017	330,475	296,375	262,275	228,175	194,075	159,975
Лента упаковочная 15*0,7 мм, м.	413059,500	36,23	24.11.2017	401659,500	390259,500	378859,500	367459,500	356059,500	344659,500
Масло формовочное, л.	8000,000	66,67	25.12.2017	7880,000	7760,000	7640,000	7520,000	7400,000	7280,000
Паста алюминиевая, кг.	12000,000	40,40	28.11.2017	11703,000	11406,000	11109,000	10812,000	10515,000	10218,000
Песок, т.	32306,609	173,69	11.04.2018	32120,609	31934,609	31748,609	31562,609	31376,609	31190,609
Пленка Stretch hood, кг.	13169,672	54,87	13.12.2017	12929,672	12689,672	12449,672	12209,672	11969,672	11729,672
Поддон транспортный, шт.	947,930	2,36	21.10.2017	545,930	143,930				
Портландцемент, т.	257,499	3,96	23.10.2017	192,499	127,499	62,499			
Шары стальные мелющие D-40, т.	1457,000	3 035,42	09.02.2026	1456,520	1456,040	1455,560	1455,080	1454,600	1454,120
Этикетка 70мм*90мм, шт.	10796,928	25,71	14.11.2017	10376,928	9956,928	9536,928	9116,928	8696,928	8276,928

Записи с 1 до 11 из 11 записей Пред. 1 След.

Рис. 4. Пример реализации контроля обеспеченности производства сырьем и расходными материалами

- **Управление выпуском продукции** подразумевает составление сменно-суточного задания. Исходными данными для планирования должны стать заявки от коммерческой службы, обеспеченность необходимым сырьем, текущий режим производства (плановая производительность, продолжительность регламентных остановок и др.). Для большей актуальности алгоритм разработки плана должен учитывать остаток и наличие места на СГП,

а также технические особенности выпуска данной продукции (нарезка сборных массивов, объем в соответствии с загрузкой автоклава, упаковку без остатка и др.).

• **Управление ремонтами оборудования** предусматривает составление плана ремонтных работ. Источником для составления плана может послужить наработка оборудования, а также зафиксированные дефекты и отказы. При этом целесообразно, чтобы система, формируя план, проверяла обеспеченность требуемыми материалами и при необходимости информировала об их отсутствии.

Созданные системой управленческие решения служат подсказкой для пользователей и позволяют минимизировать управленческие ошибки (нехватка или переизбыток сырья, выпуск лишней продукции и др.) и связанные с этим потери (простой, брак и др.).

Таким образом, к ключевым возможностям информационных систем управления следует отнести электронный документооборот, автоматизацию ввода данных, мониторинг в режиме реального времени, анализ имеющейся информации, и, как результат, выработку управленческих решений. При этом система не обязательно должна обладать всем перечисленным функционалом. По нашему мнению, объем возможностей программы определяется потребностями предприятия. Более того, система должна быть выстроена таким образом, чтобы функции и возможности можно было добавлять по мере эксплуатации программы при возникновении соответствующих запросов.

В заключение следует сказать, что электронные системы управления дают широкие возможности по оптимизации производства. Прежде всего, они в значительной мере облегчают работу персонала за счет оперативности и автоматизации процессов. Формируя собственные управленческие решения, программы позволяют минимизировать ошибки при планировании и вызванные этим потери. Системы анализируют текущую информацию, выявляя отклонения от заданного режима и информируя об этом соответствующих работников.

Внедрение подобных систем позволяет оптимизировать трудозатраты, повысить их эффективность, высвободить значительную часть времени, связанную с вводом и получением информации, а также принятием управленческих решений. В свою очередь, это открывает возможность для более рационального использования имеющихся сотрудников и возможного сокращения штатной численности. Экономия фонда оплаты труда наряду со снижением затрат от невынужденных простоев и выпуска некондиционной продукции, а также сокращение затрат на документооборот должны стать основой для окупаемости подобных программ.

С 2014 года на ООО «ПСО «Теплит» действует система управления производственным процессом (СУПП-АГБ), объединяющая различные информационные и производственные системы предприятия в единое информационное пространство [2]. Программа предусматривает основные функции и возможности, о которых шла речь выше. За период существования программы на предприятии прошел ряд мероприятий, направленных на снижение производственной себестоимости. Среди них сокращение штата (в том числе, инженерно-технических работников), объединение пультов управления производственной линии, комплекс мероприятий по снижению энергопотребления и устранению проблем со снижением качества ГП. Большим подспорьем в реализации данных мероприятий стало наличие системы управления, обеспечивающей оперативный доступ к информации, всесторонний контроль и анализ имеющихся данных.

## ЛИТЕРАТУРА

1. А.А. Вишнеvский, Г.И. Гринфельд, А.С. Смирнова. Российский рынок автоклавного газобетона. Итоги 2016 года // Строительные материалы. 2017. №3. С.49-52.
2. А.А. Тонкушин. Система управления производственным процессом АГБ /Сборник докладов науч.-практ. конференции «Современный автоклавный газобетон». С-Петербург. 2015. С.137-140.

## ГАЗОБЕТОН АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ МОДИФИКАТОРОВ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

*В.В. НЕЛЮБОВА, канд. техн. наук, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова»*

Силикатные изделия автоклавного твердения относятся к лидерам среди штучных изделий, применяемых для возведения жилых гражданских зданий. При этом высокая эффективность автоклавного газобетона обусловлена сочетанием оптимальных прочностных и теплоизоляционных свойств, обеспечивающих долговечность конструкций и комфортную среду жизнедеятельности человека, в том числе в регионах с суровым климатом.

Однако, высокие темпы роста индивидуального жилищного строительства, а также увеличение требований к качеству выпускаемых строительных материалов обуславливает потребность в поиске альтернативных видов технологических решений и сырьевых материалов, способных придать готовому продукту необходимые технико-эксплуатационные характеристики с существенной экономией на себестоимости продукции. В разное время для решения этой задачи предлагалось использование техногенного сырья различного состава (глины, золы-уноса и др.) [1–5]; компонентов наноразмерного уровня (первичных наноматериалов) [6, 7] и др. Однако, актуальным и более целесообразным является разработка технологий получения газобетона автоклавного твердения с использованием высокоактивных дисперсных добавок, обеспечивающих не только экономию основных материальных ресурсов, но и способных осуществлять направленное регулирование структурообразующих процессов, что обеспечит получение изделий с заданными высокими эксплуатационными свойствами.

Ранее выполненными исследованиями была доказана эффективность использования наноструктурированного вяжущего на основе полнокристаллического сырья в качестве модифицирующего компонента при получении изделий автоклавного твердения. Целью настоящей работы является повышения эффективности технологии производства газобетона автоклавного твердения за счет использования механоактивированных в водной среде аморфизованных пород различного состава в качестве модифицирующего структуроопределяющего компонента (минерального модификатора (ММ)).

В качестве сырьевых компонентов в работе использованы цемент, известь негашеная комовая, кварцевый песок, гипс, алюминиевая паста, а также перлит и опока как основа для получения минеральных модификаторов.

В связи с особенностями состава и структуры используемого сырья минеральные модификаторы получены методом суспендирования, суть которого заключается в предварительном сухом измельчении компонентов и дальнейшем их домоле в водной дисперсионной среде для достижения параметров, регламентированных в работе [8].

Активность минеральных модификаторов оценивалась по гранулометрическому составу, количеству активных центров и обменной емкости (табл. 1).

Таблица 1

Свойства минеральных модификаторов различного состава

Наименование	Активная удельная поверхность, м <sup>2</sup> /кг	Количество активных брэнстедовских кислотных центров, мг-экв/г	Количество поглощенного СаО по методу Запорожца, мг/г
ММ из перлита	7 800	45,2	118
ММ из опоки	5 900	25,8	112

Гранулометрический состав модификаторов отличается существенной полидисперсностью полученной системы, а также формированием ультрадисперсной фракции, концентрация которой в модификаторе на перлите выше по сравнению с аналогичными значениями для опоки. Это объясняется особенностями состава и структуры опоки, хемогенное

происхождение которой обуславливает высокую гигроскопичность и пластичность измельчаемого материала, что в процессе помола приводит к агрегации вещества.

Максимальной суммарной активностью по двум показателям характеризуется модификатор, полученный на основе перлита. Количество поглощенного СаО и активных центров превышает аналогичные показатели для алюмосиликатного кристаллического сырья (гранита) на 30 и 40 % соответственно. При этом, несмотря на сопоставимые значения по поглощенной извести, превышение в количестве активных центров на поверхности твердой фазы для алюмосиликатного и силикатного аморфизованного сырья составляет 1,8 раза. Указанное обусловлено исходной «подготовленностью» породы (перлита) в части витрофиновой (стекловатой) структуры, обеспечивающей легкую диспергируемость компонента и высокие показатели дисперсности в совокупности с низкими значениями пористости. При этом активная удельная поверхность перлитовых активированных компонентов отличается почти в два раза, что также доказывает формирование существенного количества активных центров на поверхности твердой фазы, обусловленное развитой поверхностью компонента.

Очевидно, что обладая высокой активностью по отношению к СаО, модификатор будет влиять на процессы доавтоклавного структурообразования, а также участвовать в фазообразовании в гидротермальных условиях при автоклавировании изделий.

Поскольку основным компонентом, выполняющим структуроформирующую функцию в доавтоклавный период, в общем объеме смеси является цемент, в работе предложено введение активного дисперсного компонента (ММ) взамен части цемента, в том числе с целью его экономии и снижения стоимости композита. Кроме того, в работе [9] показано, что автоклавирование цементной системы приводит к формированию альфагидрата двухкальциевого силиката, «примесь» которого в общей массе кристаллических образований нежелательна, поскольку данное соединение является наименее стабильным веществом, подвергающимся фазовым и объемным трансформациям при малейших изменениях системы.

На первоначальном этапе производилась оценка влияния модифицирующего компонента на реотехнологические свойства смеси, а именно: реологию системы и особенности процессов поризации. Изучение реологических свойств осуществлялось на формовочных смесях без поризующей добавки с различным содержанием минеральных модификаторов различного состава: от 10 до 50 % с градацией в 10 % и 100 (полное исключение цемента из состава смеси).

Согласно полученным данным (табл. 2) введение высокодисперсных добавок обеспечивает прирост начальной вязкости системы. Наибольшей начальной вязкостью отличаются составы с полной заменой цемента на ММ. Это объясняется, в первую очередь, более высокими показателями удельной поверхности модификатора в сравнении с цементом. При этом, начальная вязкость бесцементного состава с модификатором на основе перлита более чем в 2 раза выше, чем у состава с аналогичным содержанием ММ на основе опоки, что объясняется большим количеством активных центров, способствующих образованию первичных соединений. Полученные значения начальной вязкости бесцементных составов позволяют прогнозировать более высокие показатели газодерживающей способности смеси, поскольку между ними существует прямая зависимость.

Таблица 2

Реологические показатели смесей в зависимости от их состава

Дозировка модификатора	Вязкость, Па·с	
	начальная	конечная
0 (контрольный состав)	10	0,5
<i>ММ из перлита</i>		
10	10,1	0,75
20	11	0,81
30	14,34	1
40	15,38	1,19
50	17,8	1,26
100	35,69	2,55

Дозировка модификатора	Вязкость, Па·с	
	начальная	конечная
<i>ММ из опоки</i>		
10	8,36	0,4
20	7,06	0,36
30	4,36	0,24
40	7,83	0,4
50	8,24	0,42
100	13,27	0,58

С увеличением концентрации модификаторов в системе наблюдается прирост объемов массивов по сравнению с исходным контрольным составом без добавки (табл. 3): до 60 % для модификатора из перлита и до 55 % для добавки из опоки.

Таблица 3

Показатели кинетики вспучивания массивов				
Содержание ММ, %	Прирост объема смеси			
	см <sup>3</sup>		%	
0 (контроль)	74		56,9	
	перлит	опока	перлит	опока
10	76	75	58,5	57,7
20	78	78	60,0	60,0
30	85	83	65,4	63,8
40	94	89	72,3	68,5
50	102	100	78,5	76,9
100	119	116	91,5	89,2

Введение добавок-модификаторов несколько интенсифицирует процессы вспучивания газобетонной смеси и обеспечивает сокращение вспучивания смесей при снижении доли цемента в составе смесей от 8 до 35 % в зависимости от состава смеси. Полное исключение цемента из состава смесей с заменой на активные модифицирующие компоненты сокращает время реакции почти в два раза.

Таким образом, введение модификаторов (независимо от их состава) обеспечивает формирование необходимой вязко-пластичной системы, в которой реакция основного связующего с гидроксидом алюминия происходит при сохранении темпов и объемов выделяемого газа, однако, за счет некоторого загущения системы, препятствует выходу сформированного газа из смеси, что обуславливает существенный прирост ее объема. При этом указанные особенности объясняются разными факторами. В случае опоки имеет место физический фактор воздействия на систему за счет высокой сорбирующей способности компонента; в случае перлита увеличение вязкости обуславливается химическим взаимодействием активной составляющей модификатора с компонентами смеси с формированием первичных новообразований и достаточно устойчивой коагуляционной структуры смеси.

Макроструктура газобетонных изделий подтверждает полученные данные (рис. 1). Образцы газобетона контрольного состава отличаются неравномерностью распределения пор преимущественно неправильной формы (рис. 1, а). Межпоровые перегородки имеют рыхлую структуру и отличаются существенной толщиной.

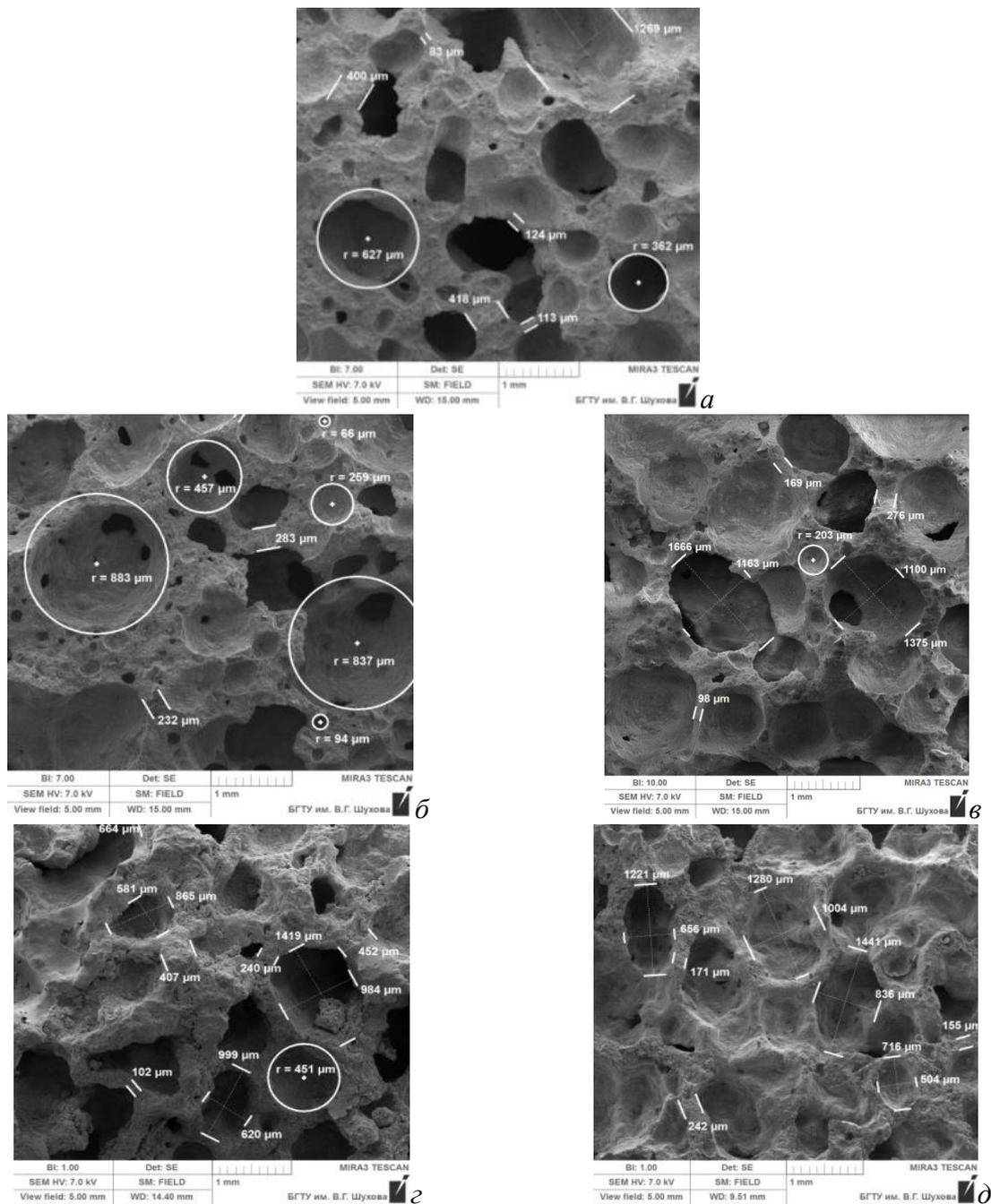


Рис. 1. Микроструктурные особенности газобетона в зависимости от состава:  
 а) контрольный состав; б) с использованием ММ из опоки (10 %);  
 в) с использованием ММ из опоки (100 %); г) с использованием ММ из перлита (10 %);  
 д) с использованием ММ из перлита (100 %).

Структура образцов с 10 % содержанием ММ характеризуется полидисперсным характером пор, равномерно распределенными в объеме с перегородками незначительной толщины (рис. 1, б, г). Увеличение содержания модификатора в смесях приводит к уменьшению диаметра пор.

Каркас материалов с полной заменой цемента на ММ пронизан большим количеством изолированных друг от друга пор с перегородками небольшой толщины (рис. 1, в, д). Поры имеют преимущественно меньший размер в сравнении со всеми остальными образцами, что объясняется большей вязкостью формовочной смеси. Ввиду высокой активности модификатор ускоряет процесс набора массивом пластической прочности, препятствуя тем самым выходу пузырьков газа из материала наружу, а также разрыву стенок-мембран самих

пор. Следовательно, стало возможным получение газобетона автоклавного твердения пониженной плотности с улучшенными теплоизоляционными свойствами.

Комплексная оптимизация процессов доавтоклавного структурообразования обеспечивает получение изделий с необходимыми эксплуатационными характеристиками. Предложены составы газобетона автоклавного твердения с марками по плотности D400–D500 и классами по прочности B1,5–B5, позволяющие снизить долю цемента при получении конструкционно-теплоизоляционного газобетона и полностью его исключить из состава смесей при получении газобетона теплоизоляционного назначения.

Увеличение прочностных характеристик готовых изделий при сокращении доли цемента обусловлено интенсификацией фазообразования при гидротермальной обработке. Так, исследование процессов минералообразования в условиях гидротермального синтеза на модельных системах состава «известь – модификатор из аморфизированного сырья» при соотношении компонентов 1/3; 1/1,5; 1/1; 1,5/1 и 3/1 (кремнеземная составляющая в виде песка как заполнителя была исключена из системы для «чистоты» идентификации фаз, новообразованных в результате взаимодействия известкового и аморфизированных компонентов), показало растворение активного кремнезема и его взаимодействие с известью с формированием гидросиликатного геля и его дальнейшую кристаллизацию в низкоосновные гидросиликаты тоберморитовой группы (гаранты прочности готовых изделий).

Таким образом, предложены принципы получения газобетона автоклавного твердения с использованием минеральных модификаторов на основе аморфизированных систем, заключающиеся в оптимизации доавтоклавного структурообразования и интенсификации минералообразования при гидротермальной обработке. Минеральный модификатор из аморфизированных пород независимо от состава в доавтоклавный период выступает в качестве структуроформирующего компонента, обуславливающего сокращение поризационных процессов с формированием системы с улучшенной микро- и макроструктурой. В условиях автоклавной обработки активные компоненты модификатора обеспечивают синтез новообразований рационального состава, обуславливающих получение материала с требуемыми физико-механическими свойствами. Все это в совокупности обеспечивает получение ячеистых изделий с повышенными технико-эксплуатационными характеристиками при сниженной материалоемкости производства.

*Работа выполнена в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова с использованием оборудования на базе Центра Высоких Технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.*

## ЛИТЕРАТУРА

1. Володченко А.Н., Строкова В.В. Особенности технологии получения конструкционно-теплоизоляционных ячеистых бетонов на основе нетрадиционного сырья // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2017. № 1. С. 138–143.
2. Володченко А.Н., Строкова В.В. Повышение эффективности силикатных ячеистых материалов автоклавного твердения // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М.К. Аммосова. 2017. № 2 (58). С. 60–69.
3. Овчаренко Г.И., Михайленко А.А. Взаимосвязь прочности и фазового состава автоклавного известково-золяного камня. Часть II // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 1 (661). С. 26–32.
4. Овчаренко Г.И., Гильмияров Д.И., Викторов А.В., Фок Н.А. Новая технология переработки кислых золошлаковых отходов ТЭЦ в строительные материалы. // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2012. № 10 (646). С. 14–19.
5. Капустин Ф.Л., Вишневский А.А., Уфимцев В.М. Использование отвальной золошлаковой смеси в производстве автоклавного газобетона // Гидротехническое строительство. 2017. № 5. С. 29–33.

6. Леонтьев С.В., Шаманова В.А., Курзанов А.Д., Яковлев Г.И. Многокритериальная оптимизация состава теплоизоляционного автоклавного газобетона, модифицированного дисперсией углеродных нанотрубок / Строительные материалы. 2017. №1-2. С. 31–40.
7. Леонтьев С.В., Голубев А.В., Шаманов А.В., Курзанов А.П., Яковлев Г.И., Хазеев Д.Р. Модификация структуры теплоизоляционного автоклавного газобетона дисперсией многослойных углеродных нанотрубок // Строительные материалы. 2016. №1-2. С. 76–83.
8. Череватова А.В., Жерновский И.В., Строкова В.В. Минеральные наноструктурированные вяжущие. Природа, технология и перспективы применения: монография. Изд-во LAP LAMBERT, 2011. 170 с.
9. Строкова В.В., Нелюбова В.В., Алтынник Н.И., Жерновский И.В., Осадчий Е.Г. Фазаобразование в системе «цемент – известь – кремнезем» в гидротермальных условиях с использованием наноструктурированного модификатора // Строительные материалы. 2013. № 9. С. 30–33.

## **ПРИМЕНЕНИЕ КОМПОЗИТНОЙ АРМАТУРЫ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АРМИРОВАННЫХ ГАЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ**

*А.В. ПОНОМАРЕВ, ООО «Алит тм»*

Изделия из стеклопластика пользуются большим спросом и все чаще замещают металлическую продукцию. Одним из перспективных направлений является замена металлической арматуры на композитную при производстве армированных изделий из автоклавного газобетона.

Композитная арматура выпускается в виде спиралевидных прутков. Важнейшей ее характеристикой является высокая адгезия к газобетону. Силы адгезии должны сохранить предварительное напряжение арматуры после завершения процесса отвердевания газобетона и, в дальнейшем, обеспечить расчётные прочностные характеристики изделия. Так как газобетон является высокопористым и относительно хрупким материалом, то высокая адгезия арматуры к газобетону может быть обеспечена за счёт развитой поверхности контакта между пористой массой газобетона и поверхностью арматуры.

При исследовании поведения в перемычке различных видов композитной арматуры, изготовленной из стекловолокна или базальтового волокна, скреплённого различными связующими, был установлен интересный эффект. Перемычки, армированные определённым типом композитной арматуры и прошедшие стандартную автоклавную обработку, показывали более высокую прочность при изгибе чем армированные металлом. Этот эффект имеет свойство воспроизводимости при армировании других изделий из газобетона.

При производстве перемычек с композитной арматурой существует технологическая проблема – образование воздушного пузыря над арматурой при формовке массива, вследствие роста газобетонной смеси, что приводит к снижению площади контакта. На предприятии эта проблема была решена простым и дешёвым способом – дополнительным боковым ударом, вызывающим горизонтальные смещения газобетонной смеси и заполнение ею образовавшихся раковин.

Для изучения влияния вида арматуры на прочностные характеристики был проведен эксперимент, в ходе которого изготовлены образцы балок размером 2010 x 150 x 250 мм, в которых закладывалась композитная арматура различных видов и на разных связующих. Для эксперимента выбраны 5 видов композитной арматуры (табл. 1). Образцы А, Б изготовлены из арматуры диаметром 8 мм со стандартным отвердителем. Образец В изготовлен из арматуры диаметром 8 мм и отвердителем, разработанным «Алит тм». В образцах Г и Д применена арматура диаметром 12 мм со стандартным отвердителем. Количество образцов - балок с одним видом арматуры – 5 штук.

При изготовлении образцов использовался газобетон одного замеса, что исключило возможное изменение свойств самого газобетона в разных образцах и влияние этих изменений на результаты эксперимента. Изготовленные образцы подверглись автоклавной обработке в одно и то же время при стандартных условиях в соответствии с принятым режимом. После семидневной выдержки в естественных условиях в помещении цеха образцы испытывались на прочность при изгибе на испытательном стенде до появления недопустимых изменений геометрии, формы или разрушений, в частности сдвига арматуры в газобетоне.

Таблица 1

Прочность образцов с различными видами композитной арматуры при изгибе

№ образца	Предел прочности, кг/см <sup>2</sup>				
	Вид композитной арматуры*				
	А	Б	В	Г	Д
Образец 1	60	70	120	100	80
Образец 2	80	90	110	100	60
Образец 3	80	80	200	90	90
Образец 4	70	70	120	70	90
Образец 5	50	120	130	100	70

Как следует из данных представленных в таблице 1, армирование привело к увеличению прочности на изгиб у исследуемых образцов. Максимальное значение прочности зафиксировано на образце В, при получении которого применена арматура диаметром 8 мм и отвердитель, предложенный «Алит тм».

Увеличение прочностных характеристик при армировании стеклопластиковой арматурой можно объяснить следующим. Композитная арматура, состоящая из стекловолокна, соединённого определённым видом связующего, находится внутри сырого газобетонного изделия (перемычки, балки). Газобетон загружается в автоклав и внутрь автоклава подаётся перегретый водяной пар с температурой 200°С и давлением 12 атм. Повышенное давление пара в автоклаве приводит к небольшому сжатию газобетона, вызывающему появление растягивающих напряжений (по типу усадочных). Одновременно с этим процессом происходит нагрев изделия, что приводит к температурному расширению цементного камня и появлению сжимающих напряжений. Таким образом, происходит взаимная компенсация механических воздействий на газобетон, вызванных повышенным давлением и температурой. Это условие обеспечивает сохранность структуры, и образование в этих условиях высокопрочного минерала тоберморита.

Как известно, тоберморит образуется при перекристаллизации гидроксида и гидросиликатов кальция при взаимодействии с гелем кремниевой кислоты. Он имеет более низкую среднюю плотность (2,42 г/см<sup>3</sup>), чем гидросиликаты кальция (2,64 г/см<sup>3</sup>), но более высокую прочность. А поскольку плотность тоберморита меньше, то он старается занять больший объем. Этим достигается уплотнение структуры и более равномерное распределение пористости в зоне контакта с арматурой, что напрямую влияет на качество сцепления газобетона с арматурой.

Прогрев газобетонных изделий при автоклавной обработке сопровождается нагревом композитной арматуры. В зависимости от свойств связующего, поверхность арматуры, в результате прогрева, становится более или менее пластичной и во время образования тоберморита происходит проникновение связующего вещества арматуры в открытые поры газобетона. С другой стороны, образующийся минерал заполняет более пластичные зоны на поверхности арматуры. Такой механизм реагирования композитной арматуры на автоклавный нагрев приводит к формированию развитой поверхности контакта между газобетоном и арматурой, а образование большей площади взаимодействия обеспечивает увеличение сил сцепления между ними.

При охлаждении газобетона и сбросе давления в автоклаве, после процесса отверждения, сформированная развитая поверхность контакта сохраняется. И именно её наличие обеспечивает качественную работу арматуры на растяжение при изгибающих нагрузках на перемычку.

Проведённые исследования и эксперименты позволили найти положительные решения проблем, связанных с использованием композитной арматуры в предварительно напряжённых газобетонных конструкциях. Дальнейшие исследования будут проводиться в направлении развития полученного решения – разработки и создания нового класса арматуры с активной поверхностью. При этом активная поверхность может формироваться как при изготовлении композитной арматуры в заводских условиях, так и наноситься в виде оболочки непосредственно перед установкой в опалубку при производстве армированных газобетонных изделий. Понимание механизма формирования поверхности контакта между газобетоном и арматурой позволяет предложить эффективные и рациональные составы активной поверхности арматуры.

Особый интерес может представлять арматура со связующим составом или оболочкой из термопластичного материала. Такой материал, в ходе однократного нагрева и последующего остывания, должен на первом этапе обеспечить взаимопроникновение веществ в зоне контакта газобетона и арматуры (за счёт повышения пластичности), а на втором этапе полимеризоваться, обеспечивая надёжную связь арматуры и газобетона. Процесс полимеризации связующего должен происходить однократно, поэтому на последующие нагревы, например, в результате пожара, реакции не будет. Такого рода конструкции, не теряющие прочностных свойств при термическом воздействии, могли бы активно использоваться для строительства пожароопасных объектов.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДИСПЕРСНОГО АРМИРОВАНИЯ В КОНСТРУКЦИЯХ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА**

*В.Ф. СТЕПАНОВА, доктор техн. наук, проф., В.И. САВИН, канд. техн. наук,  
В.Н. СТРОЦКИЙ, канд. техн. наук., ОАО НИЦ «Строительство» филиал НИИЖБ  
имени А.А. Гвоздева  
Р.Г. КВАЧАДЗЕ, Е.В. БОЙКО, ООО «ГрадРиэлт»*

На современном этапе развития бетоноведения и перехода в «эпоху композиционных материалов» задачи управления процессами структурообразования в целях увеличения прочностных, эксплуатационных свойств и долговечности бетонных изделий и конструкций решается, в том числе, путем использования дисперсного армирования, улучшая механические и физико-технические свойства бетона [1].

В статье В.В. Макарычева [2] отмечается, что если в тяжелом бетоне фибровое армирование целесообразно только в необходимых случаях, то в ячеистом бетоне, вследствие его низкой прочности на растяжение, оно целесообразно всегда. Для широкого применения фибрового армирования в ячеистом бетоне автором было предложено решить следующие вопросы:

- сохранность (стойкость и долговечность) каждого вида материала фибр в цементных, известковых, зольных и других растворах с различной степенью щелочности среды;
- влияние фибрового армирования на прочность ячеистого бетона при сжатии и растяжении при кратковременном и длительном воздействии нагрузок;
- влияние фибрового армирования на модули упругости и коэффициент поперечных деформаций;
- влияние фибрового армирования на усадку бетона в процессе термовлажностной обработки и в течение дальнейшего длительного времени, а также на морозостойкость ячеистого бетона;
- влияние на указанные выше свойства длины фибровых волокон (оптимальной длины волокон и их оптимального количества – дозировки);

- разработка распушителей и измельчителей волокон и смесителей для введения фибровых волокон в ячеистобетонные смеси.

Характерным отличием бетонов, в том числе ячеистых, модифицированных дисперсно-армирующими полимерными волокнами, является высокая удельная поверхность контакта между этими волокнами и цементной матрицей. Результаты исследований приводят к выводу, что микроармирующие волокна при диаметре 20 мкм могут увеличивать предел упругости и прочность бетона (фибропенобетона) в результате перекрывания микротрещин. После растрескивания цементной матрицы указанные волокна, перекрывая трещину, обеспечивают увеличение пиковых и остаточных пределов прочности при определенных деформациях. На рассматриваемой стадии большое значение приобретает адгезионная прочность волокон, равномерно распределенных в цементной матрице.

Дисперсное армирование снижает и предотвращает неустойчивый (безостановочный) рост микротрещин при неизменной внешней критической нагрузке, который мог бы происходить в неармированном пенобетоне. В фибропенобетоне же имеет место тенденция к устойчивому росту микротрещин (в связи с уменьшением коэффициента интенсивности напряжений), когда для увеличения ее длины необходимо непрерывно увеличивать внешнюю нагрузку.

При достижении внешней нагрузкой величины, соответствующей критическому коэффициенту интенсивности напряжений, образовавшаяся в условно-однородной цементной матрице фибробетона микротрещина приобретает неустойчивый рост, который продолжается до тех пор, пока ее кончик не достигнет ближайшего волокна [3].

Следующий этап роста микротрещины характеризуется сопротивлением ее распространению, оказываемым волокнами дисперсного армирования. Он продолжается до достижения растущей трещиной следующих полимерных волокон. Предельная величина внешней нагрузки в этот момент может быть вычислена в предположении суперпозиции полей напряжений от внешнего растяжения и усилий в волокнах, пересекающих микротрещину. Коэффициент интенсивности напряжений для суммарного напряженного состояния снижается, поскольку внешняя нагрузка стремится раскрыть трещину, а напряжения (усилия) в полипропиленовых волокнах препятствуют этому.

Критический коэффициент интенсивности напряжений (или вязкость разрушения) фибробетона в [4] предлагается определять по формуле

$$K_{Ic}^{fb} = (1 - i_f) K_{Ic} + i_f K_{Ic}^f \quad (1)$$

где  $K_{Ic}^f$  - критический коэффициент интенсивности напряжений для материала фибры;

$K_{Ic}$  - критический коэффициент интенсивности напряжений для бетона;

$i_f$  - объемное содержание фибры, определяемое отношением объема фибры к объему бетона.

В [5] отмечается, что американский Комитет 544 «Фибробетон» рекомендует для определения характеристик фибробетона применять соответствующие стандартные методы испытаний ASTM для обычных бетонов. Автором в данной статье приводится методика США по определению вязкости, как одной из важнейших характеристик фибробетона. В соответствии с этой методикой вязкость оценивается коэффициентом, который отражает отношение энергии, сообщаемой образцу при его испытании на изгиб до определенного прогиба (1,9мм), к энергии, затрачиваемой при изгибе этого образца до появления первой трещины. Для определения коэффициента вязкости на опытном графике зависимости прогиба от нагрузки фиксируется точка появления первой трещины и точка, соответствующая прогибу в 1,9мм. При этом коэффициент вязкости определяется как отношение площади, заключенной под кривой «нагрузка-прогиб» до точки 1,9мм, к площади под той же кривой до точки появления первой трещины. Чем больше содержание фибры в бетоне и чем выше ее сцепление с растворной матрицей, тем коэффициент вязкости будет выше.

Отмечаются также данные испытаний фибробетона, полученные С.Хенагером (США) для определения коэффициента вязкости по методике, рекомендуемой Комитетом 544 «Фибробетон». Результаты этих испытаний показали, что если для обычного бетона этот коэффициент близок к 1, то для фибробетона он равен 12-45 в зависимости от процентного содержания фибры.

В таблице 7.1 [6] приведены значения критического коэффициента интенсивности напряжений  $K_{Ic}$  для различных материалов. Как видно из данной таблицы, значения указанного коэффициента для сталефибробетона и стеклофибробетона составляют 20 МПа·м<sup>1/2</sup> и 15 МПа·м<sup>1/2</sup> соответственно, в то время как для мелкозернистого бетона и цементного камня  $K_{Ic} = 0,5-1,0$  МПа·м<sup>1/2</sup>. То есть, критический коэффициент интенсивности напряжений для стальной и стеклянной фибры должен быть значительно больше по сравнению с соответствующим коэффициентом для бетона.

При использовании в ячеистом бетоне дисперсного армирования в процессе перемешивания необходимо обеспечить распушку полимерных волокон, т.е. разделить отрезки комплексных нитей на элементарные волокна. Значение распушки обосновано основными положениями теории композиционных материалов, согласно которым величина максимального напряжения в средней части волокна при действии внешних сил определяется прочностью сцепления между волокном и матрицей, а также зависит от длины и диаметра волокна. При постоянной же прочности сцепления напряжение в волокне определяется отношением его длины к диаметру и может быть увеличено за счет распушки, в результате которой появляется возможность уменьшения длины волокон или их содержания, что значительно облегчает процесс приготовления смеси. По мере распушки полимерных волокон возрастает их число в объеме смеси, а значит, и сокращается расстояние между ними при постоянном значении процента армирования, что, в свою очередь, приводит к заметному повышению трещиностойкости ячеистого фибробетона. В [7] констатируется, что распушка волокон заключает в себе потенциальные возможности улучшения свойств фибробетона, которые должны быть реализованы именно в процессе приготовления смеси.

Для изготовления фибробетонов проведены исследования целесообразности использования различной фибры: полипропиленовой, нейлоновой, полиэфирной, полиамидной, акриловой, полиэтиленовой и др. Наиболее широкое применение в мире уже около 18 лет находит полипропиленовая фибра. Ее отличают относительно высокий модуль упругости (до 8000 МПа), высокая химическая стойкость и прочность на растяжение (до 770 МПа), широкий температурный диапазон применения, неэлектропроводность и радиопрозрачность.

Анализ исследований показывает, что бетон с полимерной фиброй имеет более высокую вязкость и прочность по сравнению с бетоном, армированным стальным волокном, и при этом полимерное волокно обладает преимуществом синтетического материала в отношении коррозионной стойкости.

Помимо основного эффекта действия, дисперсное армирование полипропиленовыми волокнами обеспечивает дополнительный эффект, проявляющийся в модификации огнезащитных свойств бетона. В настоящее время за рубежом руководствуются стандартом EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures — Part 1-2: General rules — Structural fire design (Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-2. Общие правила определения огнестойкости). В техническом кодексе рассматриваются методы пассивной противопожарной защиты, распространяемые на проектирование конструкций, которые должны выполнять требуемые функции (в частности, ограждающую) в течение установленной продолжительности воздействия пожара при заданном уровне нагрузки. Для бетонов, в том числе ячеистых, характерно хрупкое разрушение при пожаре, и для защиты должно быть осуществлено мероприятие, исключающее или снижающее вероятность хрупкого разрушения. Одним из эффективных методов является добавление в бетонную смесь полипропиленовых волокон. Доказано, что использование полипропиленового волокна снижает вероятность взрывного откалывания при огневом воздействии, которое происходит по условиям, изложенным в ГОСТ 30247.0-94 и ГОСТ 30247.1-94. Результаты натурных огневых испытаний перекрытий позволили оценить дополнительный эффект дисперсного армирования на прочность при статическом нагружении и на огнестойкие показатели бетонов.

В табл. 1 приведены результаты испытаний на прочность образцов-кубов с ребром 100 мм, выпиленных из фибропенобетонных блоков по ТУ 5741-001-85812188-2016, изготовленных по технологии и на оборудовании ООО «Сармат-Торнадо» в г. Сочи, а также образцов

из неармированных газобетонных блоков. Испытания проведены испытательной лабораторией ООО «Южная строительная лаборатория» (ИЛ ООО «ЮСЛ») в 2016-2017 гг.

Таблица 1

Результаты испытаний фибропенобетона из блоков по ТУ 5741-001-85812188-2016 и ячеистого бетона из неармированных блоков на прочность при сжатии

Номер образца	Плотность, кг/м <sup>2</sup>	Средняя величина плотности, кг/м <sup>2</sup>	Влажность, %	Прочность, МПа	Средняя величина, МПа
<i>Блоки стеновые неармированные из ячеистого бетона</i>					
1	574	524	27,1	0,7	0,7
2	551		27,2	0,8	
3	496		29,1	0,8	
4	499		25,2	0,6	
5	501		26,4	0,6	
<i>Блоки стеновые из фибропенобетона по ТУ 5741-001-85812188-2016</i>					
1	524	569	28,7	1,0	1,16
2	521		25,0	1,1	
3	522		29,2	1,0	
4	597		28,5	1,3	
5	583		30,7	1,2	
6	616		33,8	1,3	
7	506		35,0	1,1	
8	526		28,1	1,1	
9	553		32,3	1,2	
10	576		25,3	0,9	
11	556		25,3	1,0	
12	620		25,0	1,0	
13	555		31,9	1,2	
14	583		31,2	1,2	
15	631		29,8	1,4	
16	636		27,0	1,2	
17	566		29,8	1,1	
18	540		28,4	1,1	
19	490		32,1	1,2	
20	673		25,3	1,3	
21	629		29,7	1,5	
22	516		28,9	1,3	
23	638		29,0	1,3	
24	566		31,6	1,3	
25	525		25,8	1,1	
26	534		26,8	1,0	
27	570		25,3	1,0	

Как видно из таблицы, в среднем прочность фибропенобетона в испытанных блоках в 1,66 раза превышает прочность неармированного ячеистого бетона. Значение прочности испытанных образцов из фибропенобетона с обеспеченностью 95% составляет 0,923 МПа, что в 1,32 раза больше среднего значения прочности неармированного ячеистого бетона. Указанная тенденция к увеличению прочности на сжатие бетона с дисперсным армированием коррелирует с результатами других опубликованных исследований. В частности, согласно приведенным в табл. 2 [8] физико-механическим характеристикам фибробетонов, кубиковая прочность фибробетона с полимерной фиброй ВСМ (ООО «Си Айрлайд») в 1,4 раза больше кубиковой прочности неармированного бетона. Призмная же прочность фибробетона с этой

же фиброй при одном и том же классе бетона при сжатии больше призмочной прочности неармированного бетона уже в 1,78 раза.

Более высокие значения по сравнению с неармированным бетоном наблюдаются и для других характеристик фибробетонов. Так, прочность на растяжение фибробетона с полимерной фиброй ArmaFiber серии GPP (ООО «Армапалекс») в 1,93 раза больше, чем у неармированного бетона, а модуль упругости больше на 18%. Предельные же деформации при растяжении (предельная растяжимость) больше в 3,2 — 5,44 раза.

Модуль деформаций фибропенобетона неавтоклавного твердения во всем диапазоне эксплуатационных нагрузок превышает на 35-100% значение этого показателя для неармированного традиционного пенобетона [9], что предопределяет эффективность его применения в изгибаемых несущих элементах.

С учетом приведенных выше экспериментальных данных, в [8] предлагается повысить нормативные значения сопротивления при сжатии и растяжении фибробетона с полимерной фиброй ВСМ (ООО «Си Айрлайд»). Так, например, значения сопротивления фибробетона класса В20 рекомендуется увеличивать в 1,58—1,86 раза при сжатии и в 1,43—1,93 раза при растяжении в зависимости от процента армирования (расхода фибры на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси).

Расчет конструкций из фибробетона (фибропенобетона) по I и II предельным состояниям рекомендуется выполнять по нелинейной деформационной модели в соответствии с СП 63.13330.2012 Бетонные и железобетонные конструкции с использованием диаграмм  $\sigma - f(\epsilon)$ . При этом параболическую форму диаграмм с нисходящей ветвью аппроксимируют упрощенными трехлинейными или двухлинейными диаграммами по типу диаграмм Прандтля.

Повышенные значения сопротивления и деформации при растяжении фибробетона позволяют вести расчет конструкций при изгибе и внецентренном сжатии с учетом растянутого бетона. В соответствии с этим эпюра напряжений в поперечном сечении элемента может приниматься либо криволинейной двузначной (в сжатой и растянутой зонах) [8], либо треугольной (в сжатой зоне) и трапециевидной — в растянутой зоне [10].

Таким образом, приведенные в статье результаты испытаний фибропенобетона в стеновых блоках показали, что его прочность превышает прочность неармированного ячеистого бетона. Значение прочности испытанных образцов из фибропенобетона с обеспеченностью 95% в 1,32 раза больше среднего значения прочности неармированного ячеистого бетона.

С учетом полученных экспериментальных данных и на основании анализа исследований фибробетона и фибропенобетона, представляется возможным повысить нормативные значения сопротивления при сжатии дисперсно-армированного ячеистого бетона (фибропенобетона с полимерной фиброй) в 1,3 раза для классов бетона по прочности до В1,5.

Расчет конструкций из фибропенобетона при изгибе и внецентренном сжатии по I и II предельным состояниям рекомендуется выполнять по нелинейной деформационной модели в соответствии с СП 63.13330.2012 с использованием диаграмм  $\sigma - f(\epsilon)$  с учетом растянутого бетона, учитываемого трапециевидной формой эпюры растягивающих напряжений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ВСН-56-97 Проектирование и основные положения технологии производства фибробетонных конструкций. НИИЖБ, 1997.
2. Макарычев В.В. О ячеистом бетоне, армированном волокнами. // Сб. НИИЖБ «Фибробетон и его применение в строительстве». НИИЖБ Госстроя СССР – М. 1979.
3. Механика разрушения для строителей: под ред. Ю.В. Зайцева. — М.: Высшая школа, 1991.
4. Пирадов К.А., Бисенов К.А., Абдуллаев К.У. Механика разрушения бетона и железобетона. Издательский центр ВАК РК Министерства образования и науки РК. – АЛМАТЫ 2000.
5. Трамбовецкий В.П. Методы испытаний фиброармированных цементных композитов. // Сб. НИИЖБ «Фибробетон и его применение в строительстве». НИИЖБ Госстроя СССР – М. 1979.

6. Зайцев Ю.В. Деформации и прочность цементного камня и бетона с учетом трещин в микро- и макроструктуре. Дисс. ... доктора техн. наук, Москва, 1975.
7. Пухаренко Ю.В. Особенности технологии ячеистого фибробетона. // Строительный журнал «Весь бетон», 2014.
8. СТО 13429727-001-2013 Конструкции фибробетонные с использованием полимерных волокон «ВСМ-Бетон» для объектов транспортного строительства.
9. Моргун В.Н. Структурообразование и свойства фибропенобетонов неавтоклавного твердения с компенсированной усадкой. Дисс. ... канд. техн. наук, Ростов-на-Дону, 2004.
10. Методические рекомендации по расчету внецентренно сжатых и изгибаемых элементов из базальтофибробетона. НИИСК Госстроя СССР, Киев, 1988.
11. ТУ 5741-001-85812188-2016 Блок фибропенобетонный многослойный стеновой.

## РАЗДЕЛ «ПРИМЕНЕНИЕ АГБ»

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ОБОСНОВАНИЯ МЕТОДИКИ РАСЧЕТА УСИЛИЙ ПРИ ВЫРЫВЕ АНКЕРОВ ИЗ ГАЗОБЕТОНА С УЧЕТОМ ЕГО ПРОЧНОСТИ И ПЛОТНОСТИ

*В.П. ВЫЛЕГЖАНИН, канд. техн. наук, В.А. ПИНСКЕР, канд. техн. наук,  
 Центр ячеистых бетонов  
 Г.И. ГРИНФЕЛЬД, НААГ*

В настоящее время блоки из автоклавного газобетона широко применяются как в малоэтажном строительстве при возведении стен, так и в многоэтажных зданиях при заполнении железобетонных каркасов. Широкое использование при монтаже и построечной сборки навесных фасадов, фасадной облицовки и других конструкций определяет актуальность вопроса о надежности их крепления с помощью анкеров к газобетонным стенам в зависимости от прочности, плотности газобетона.

С момента широкого применения изделий из автоклавного газобетона испытывались различные виды анкерных креплений с целью определения усилий их выдергивания. Однако никаких теоретических обоснований и формул предложено не было. Проведенные испытания показали, что прочность на срез (перпендикулярно оси анкера) как правило, больше, чем на вырыв (выдергивание). Поэтому осевая прочность, как слабое звено, явилось предметом исследований, так как при использовании анкерных креплений для навесных фасадов последние подвергаются значительным усилиям от ветрового отсоса, доходя до 100 кгс/м<sup>2</sup>, что и определяет необходимость разработки теоретических и практических аспектов прочности на вырыв анкеров из автоклавного газобетона.

Выбор физической модели, описывающей работу анкера при его выдергивании из газобетона, опирается на следующие закономерности, установленные в результате испытаний:

1. Рост предельной величины усилия выдергивания анкера  $N_a$  близок к прямо пропорциональной зависимости от глубины его анкеровки.
2. Предельное усилие выдергивания анкера из газобетона есть суммарное сопротивление сил, препятствующих этому.

Анализ показал, что указанным закономерностям наиболее полно удовлетворяет трехслойная модель связей между поверхностью заанкеренной части анкера и газобетоном. Согласно этой модели сдвиговая податливость по контактной поверхности анкера выше, чем по любой площадке внутри газобетонного массива, что не противоречит опытным данным.

Касательные напряжения сцепления  $\tau_{cu}$ , возникающие по длине заанкеренной части анкера при его выдергивании, в рамках принятой модели численно равны силе сопротивления сдвигу, возникающей на единице площади контакта. Если предположить, что  $\tau_{cu} = \bar{\kappa} \cdot \bar{\Delta}$ , где  $\bar{\Delta} = \bar{\Delta}(z)$  – продольное смещение анкера в сечении с координатой  $z$  (рис. 1);  $\bar{\kappa}$  – коэффициент жесткости связей, препятствующих сдвигу, то, решив соответствующее дифференциальное уравнение

$\frac{d^2 \Delta_a}{dz^2} - \alpha^2 \Delta_a = 0$ , где  $\alpha = \sqrt{\frac{4\bar{\kappa}}{E_a \cdot d}}$ ,  $E_a$  – модуль упругости материала анкера,  $d$  – диаметр анкера;

согласно работе [8]:

$$\tau_{cu} = \frac{\alpha \cdot N_a \cdot ch \cdot [\alpha \cdot (l_a - z)]}{\pi \cdot d \cdot sh \cdot \alpha \cdot l_a} \quad (1)$$

Выполненный по формуле (1) численный анализ изменения величин касательных напряжений по всей длине  $l_a$  в газобетоне стальных анкеров диаметром от 4 мм и более показал, что их величины меняются незначительно (рис. 1), т.е. эпюра касательных напряжений близка к прямоугольной. Такой характер распределения касательных напряжений позволяет принять, что при расчете усилий  $N_a$  выдергивания анкера газобетонные выступы, образованные

профилями анкера, по всей длине его заделки оказывают одинаковое сопротивление. Сдвиговая податливость определяется для профилированного анкера – прочностью и деформативностью газобетона, заполняющего впадины профиля ее поверхности.

В настоящей статье рассматриваются только профилированные анкеры. Прочность их сцепления с газобетоном выше, чем у анкеров с гладкой поверхностью. При определении усилия, воспринимаемого выступом при смятии исходим из результатов численного анализа напряженно-деформированного состояния газобетона, находящегося между выступами профиля анкера. Он показал [3], что линии главных напряжений (рис. 2), возникающих под выступами профиля, по своему характеру схожи с аналогичными линиями, возникающими под цилиндрическим плоским штампом при его вдавливании в хрупкий материал (рис. 2).

Эта аналогия прослеживается и в характере зависимостей между усилиями и смещениями ( $N_a - \Delta$ ) (рис.3) при вдавливании штампа [4], вытягивании анкера [5]. Известно, что напряженное состояние бетона под вдавливаемым цилиндрическим штампом, можно охарактеризовать как всестороннее сжатие [4]. Напряжения в материале под штампом достигают значений, соответствующих переходу бетона в пластическое состояние соответствующее его смятию [5]. Это вызывает необратимые смещения штампа, относительная величина которых на порядок выше упругих [6], что позволяет не учитывать в расчетах последние.

С увеличением усилий выдергивания зона пластически деформируемого бетона под штампом увеличивается и, в итоге, приобретает форму криволинейного сегмента (рис. 4), прилегающего к поверхности полусферы диаметром  $d_c \approx d_{ш}$  - диаметру штампа, с высотой примерно равной  $d_{ш}$  [3].

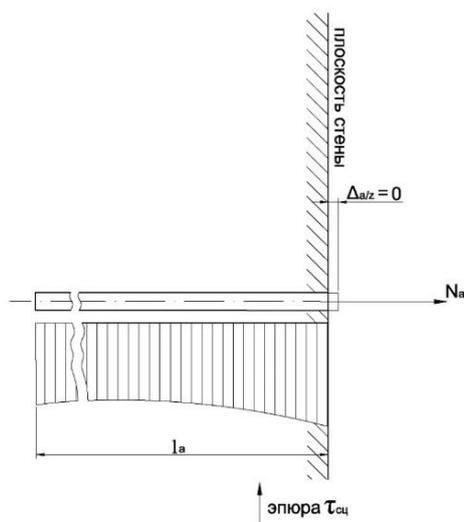


Рис. 1. Распределение касательных напряжений  $\tau_{cu}$  по длине части анкера в газобетоне от действия продольной силы  $N_a$

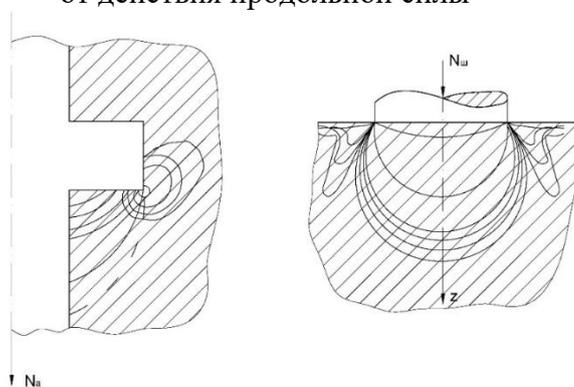


Рис. 2. Изолинии главных нормальных напряжений, возникающие:  
а) в бетоне под выступом профиля анкера;  
б) в хрупком материале под жестким плоским цилиндрическим штампом

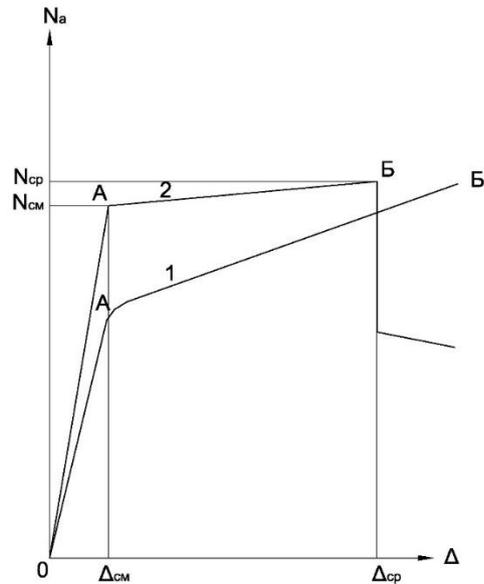


Рис. 3. Зависимости смещений от усилий при вдавливании цилиндрического штампа (кривая 1), выдергивании анкера (кривая 2).

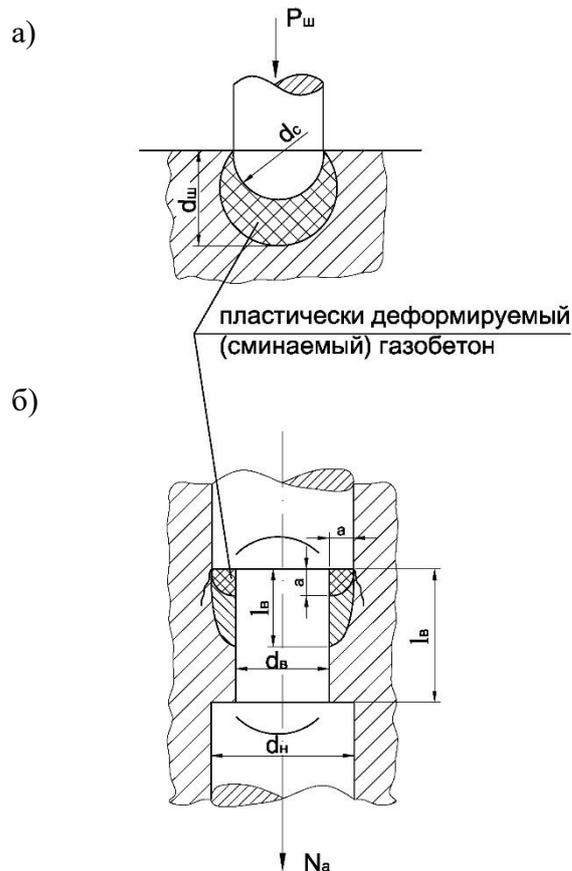


Рис. 4. Пластические деформации бетона:

- а) под цилиндрическим штампом при его выдавливании;
- б) под выступами профиля анкера при ее вытягивании

Усилие вдавливания штампа в бетон на этом этапе загрузки, как показали экспериментальные исследования [4], связано с его перемещениями прямолинейной зависимостью (рис. 3, кривая 1, участок 0-А). Дальнейшее возрастание усилия вдавливания приводит к резкому увеличению смещения штампа, излом этой кривой в точке А соответствует образованию радиальных микротрещин (рис. 4) или к дальнейшему разрастанию пластически

деформируемой (сминаемой) зоны [5]. Под штампом бетон пластически деформируется, уплотняется (сминается) за счет необратимого вытеснения воздуха из микро- и макропор со сдвигом материала по периметру выступа профиля.

Из аналогии зависимостей  $N_a - \Delta$  (рис.3) и характера линий главных напряжений при вдавливании штампа и выдергивании анкера (рис. 2) следует, что газобетон под выступами его профиля тоже пластически деформируется при некотором значении усилия  $N_a = N_{cm}$ . Объем пластически деформируемого газобетона в процессе вытягивания анкера формируется в виде части вытянутого сегмента эллипсоида, высота которого, исходя из работы [7], [8], может быть принята примерно равной высоте профиля (рис. 4). За счет уплотнения сминаемого газобетона происходит смещение выступа профиля анкера. На кривой  $N_a - \Delta$  (рис. 3) этот момент соответствует ее излому в точке А.

Анкера, применяемые для крепления конструкций, изделий к газобетонным стенам крепятся путем его вворачивания с помощью винтовой нарезанной на нем резьбы (винтового профиля). Анкера или их дюбеля, которые вворачиваются в газобетона в предварительно высверленный канал, относятся к канальным анкерам (рис. 5).

Анкера, которые вворачиваются в газобетон без предварительного высверленного канала, относятся к бесканальным анкерам. К таким анкерам относятся шурупы, саморезы и т.д. (рис. 6).

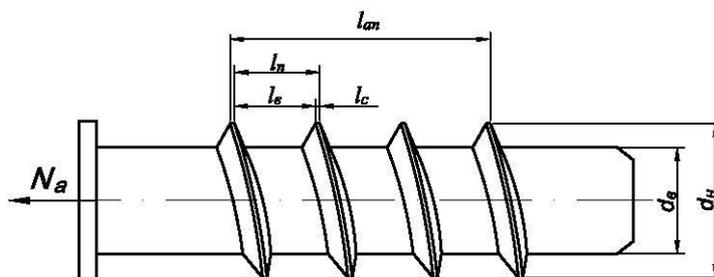


Рис. 5. Характерные размеры профиля анкера, используемые при расчете усилий его выдергивания

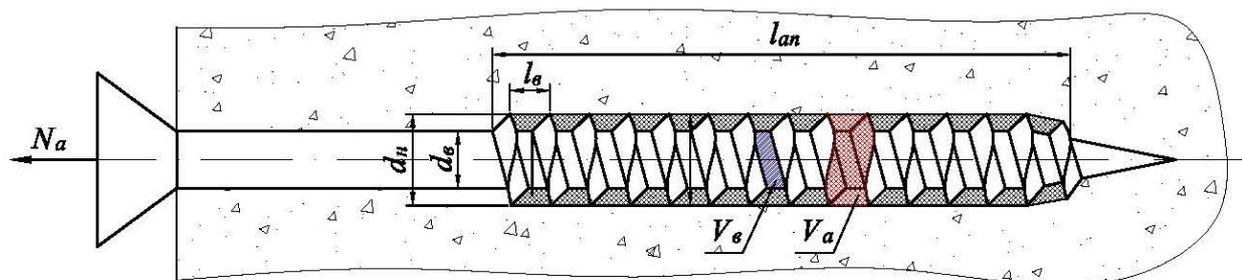


Рис. 6. Характерные размеры профиля бесканального анкера, используемые при расчете усилий его выдергивания

### Методика расчета усилий вырыва профилированных канальных и бесканальных анкеров из автоклавного газобетона с учетом его прочности и плотности

Перед расчетом усилий вырыва профилированных анкеров из автоклавного газобетона необходимо знать его:

- марку по плотности  $D$ ;
- класс по прочности на сжатие  $B$ ;
- вес цемента  $P_u$ , извести  $P_n$ , песка  $P_n$ , гипса  $P_2$  в сухом состоянии соответственно используемые при изготовлении этого газобетона;
- объемные веса цемента, извести, песка, гипса в сухом состоянии.

У профилированного анкера тщательно замеряется штангенциркулем следующие размеры:

$d_n$  – наружный диаметр профиля анкера;

$d_6$  – внутренний диаметр анкера;

$l_6$  – расстояние между выступами профиля анкера (длина срезаемого газобетонного выступа);

$l_{an}$  – длина профилированного участка на заделанном в газобетон анкере;

$l_n$  – шаг профиля анкера.

Вычисляем максимальную длину газобетонного выступа, при которой он срезается по формуле.

$$l_{6cp}^{\max} = 1,63d_n \cdot \left(1 - \frac{d_6^2}{d_n^2}\right) \quad (2)$$

Если  $l_6 \leq l_{6cp}^{\max}$ , то принимаем  $l_{6cp} = l_6$ , газобетон срезается без смятия.

Если  $l_6 > l_{6cp}^{\max}$ , то принимаем  $l_{6cp} = l_{6cp}^{\max}$ , газобетон вначале сминается, потом срезается.

Определяем число шагов профиля

$$n = \frac{l_{an}}{l_6} \quad (3)$$

Вычисляем плотность уплотненного газобетона в объеме  $V_a$ :

$$\rho_y = \frac{\rho \cdot l_n}{l_6 \cdot K_d}, \quad (4)$$

где  $K_d = 1 - \frac{d_6^2}{d_n^2}$ ;  $\rho = M$ .

Плотность ЦИП камня  $\rho_k$  вычисляется по формуле

$$\rho_k = \frac{\rho}{\frac{P_u}{\gamma_u} + \frac{P_n}{\gamma_n} + \frac{P_z}{\gamma_z}}, \quad (5)$$

где  $P_u, P_n, P_z$  – веса, цемента, извести, песка, гипса в сухом состоянии соответственно, используемые для изготовления газобетона плотностью  $\rho$ ;

$\gamma_u, \gamma_n, \gamma_z$  – объемные веса цемента, извести, песка, гипса в сухом состоянии

$\gamma_u = 3100 \text{ кг/м}^3, \gamma_n = 3370 \text{ кг/м}^3, \gamma_z = 1500 \text{ кг/м}^3$ .

Максимальная предельная плотность газобетона  $\rho_m$  в объеме  $V_a$  вычисляется по формуле

$$\rho_m = \frac{\rho_k \cdot K_d \cdot l_6}{l_n}, \quad (6)$$

Сопоставляем  $\rho_y$  и  $\rho_m$ . Если  $\rho_y \geq \rho_m$ , следовательно, анкер проворачивается с потерей усилия вырыва. Если  $\rho_y < \rho_m$ , то вычисляется коэффициент  $K_\rho$

$$K_\rho = \frac{\rho_y}{\rho} \quad (7)$$

Усилие вырыва анкера  $N_a$  с заделкой в газобетон на глубину  $l_{an}$  вычисляется по формулам:

– с использованием класса по прочности на сжатие В:

$$N_a = 0,37 \cdot \pi \cdot d_n \cdot l_{6cp} \cdot B \cdot n \cdot K_\rho \quad (8)$$

– с использованием значения кубиковой прочности R:

$$N_a = 0,26 \cdot \pi \cdot d_n \cdot l_{6cp} \cdot R \cdot n \cdot K_\rho. \quad (9)$$

**Примеры расчета усилий вырыва профилированных анкерных дюбелей из газобетона.**

Фирмы Mungo, Fischer, Sormat, изготавливающие анкера для крепления конструкций к газобетонным стенам предлагают эти крепежные изделия в основном в виде анкерных дюбелей или анкеров-саморезов. Их конструкции примерно близки между собой.

Для примера расчета усилия выдергивания анкера рассмотрим анкер-дюбель, который был использован при экспериментальном определении усилий его выдергивания из автоклавного газобетона. Испытания проводились в лаборатории завода «Аэрок СПб». Испытывался пластмассовый анкер-дюбель Sormat КВТ6 (рис. 7) с распорным шурупом-саморезом 6х70.

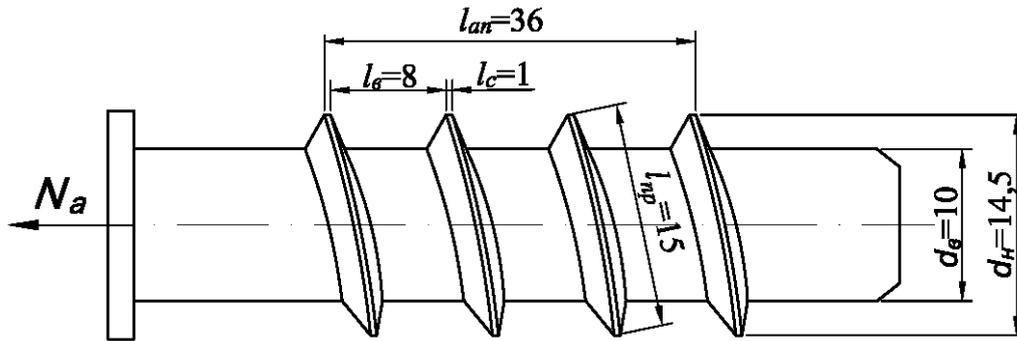


Рис. 7. Размеры анкера Sormat КВТ6

Рассчитывается усилие вырыва канального анкера из газобетона марки D400, В2. Анкер имеет резьбу (профиль) со следующими геометрическими параметрами:

- наружный диаметр профиля  $d_n = 14,5$  мм;
- внутренний диаметр профиля  $d_в = 10$  мм;
- длина срезаемого газобетонного выступа  $l_{ср} = 8$  мм;
- длина профилированного участка анкера  $l_{ан} = 36$  мм;
- шаг профиля по наружному диаметру  $l_n = 9$  мм;

Расчет усилия вырыва анкера выполняется по изложенной выше методике. По формуле (2) вычисляем длину бетонного выступа (в сантиметрах), при которой он срезается

$$l_{ср}^{max} = 1,63d_n \cdot \left(1 - \frac{d_в^2}{d_n^2}\right) = 1,63 \cdot 1,45 \cdot \left(1 - \frac{1^2}{1,45^2}\right) = 1,24 \text{ см}$$

Так как  $l_ср = 0,8 < l_{ср}^{max} = 1,24$ , то газобетонный выступ срезается.  $l_{ср} = 0,8$  см.

Вычисляем число шагов профиля по формуле (3):

$$n = \frac{l_{ан}}{l_n} = \frac{36}{9} = 4.$$

Определяем плотность уплотненного газобетона в объеме  $V_a$  по формуле (6). При установке анкера-дюбеля предварительно в газобетоне просверливался канал  $\varnothing 10$  мм и глубиной 48 мм. В канал вкручивался дюбель с наружной анкерующей резьбой  $d_n = 14,5$  мм. Так как  $d_n = d_в$ , коэффициент  $K_d = 1$ , а формула (4) принимает вид

$$\rho_y = \rho \cdot \frac{l_n}{l_ср} = 400 \cdot \frac{9}{8} = 450 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность цементного камня газобетона рассчитывается по формуле (5). В данном расчете плотность принимаем  $\rho_k = 2850 \text{ кг/м}^3$ .

По формуле (6) вычисляется плотность  $\rho_m$

$$\rho_m = \frac{\rho_k \cdot K_d \cdot l_ср}{l_n} = 2850 \cdot \frac{8 \cdot 1}{9} = 2533 \text{ кг/м}^3.$$

Плотность газобетона  $\rho_y = 450 < \rho_m = 2533$ . Коэффициент  $K_\rho$  вычисляется по формуле (7):

$$K_\rho = \frac{450}{400} = 1,125.$$

Усилие вырыва анкера  $N_a$  вычисляем по формуле (8):

$$N_a = 0,37 \cdot 3,14 \cdot 1,45 \cdot 0,8 \cdot 20 \cdot 4 \cdot 1,125 = 121,3 \text{ кгс}$$

Полученное экспериментальным путем усилие вырыва  $N_{ав}$  из газобетона классом прочности на сжатие В2,0 (кубиковая прочность  $R=2,95$  МПа)  $N_{ав} = 113$  кгс.

Другой пример расчета усилия вырыва анкера-шурупа-самореза УК с неполной резьбой 6x70 мм (рис. 6) который также был использован при экспериментальном определении усилий его выдергивания из автоклавного газобетона в лаборатории завода «Аэрок СПб».

Рассчитывается усилие вырыва анкера из газобетона марки D500, В2,5. Определяются геометрические характеристики анкера и его профиля.

Анкер имеет резьбу (профиль) со следующими геометрическими параметрами:

- наружный диаметр профиля  $d_n = 0,58$  см;
- внутренний диаметр профиля  $d_e = 0,36$  см;
- расстояние между выступами профиля анкера (длина срезаемого газобетонного выступа)  $l_e = l_{np} = 0,25$  см;
- длина профилированного участка анкера  $l_{ан} = 3,25$  см;

По формуле (2) вычисляем длину бетонного выступа (в сантиметрах), при которой он срезается

$$l_{e\text{ср}}^{\text{max}} = 1,63d_n \cdot \left(1 - \frac{d_e^2}{d_n^2}\right) = 1,63 \cdot 0,58 \cdot \left(1 - \frac{0,36^2}{0,58^2}\right) = 0,58 \text{ см}$$

Так как  $l_e = 0,25 < l_{e\text{ср}}^{\text{max}} = 0,58$ , то газобетонный выступ срезается. Принимаем  $l_{e\text{ср}} = 0,25$  см.

Определяется число шагов профиля

$$n = \frac{3,25}{0,25} = 14$$

Вычисляется коэффициент  $K_d$

$$K_d = 1 - \frac{0,36^2}{0,58^2} = 0,615$$

Вычисляется  $\rho_y$  в объеме  $V_a$

$$\rho_y = \frac{500 \cdot 0,25}{0,25 \cdot 0,615} = 813 \text{ кг/м}^3$$

Вычисляется плотность камня из газобетона плотностью  $\rho = 500$  кг/м<sup>3</sup> по формуле

$$\rho_k = \frac{\rho}{\frac{P_y}{\gamma_y} + \frac{P_u}{\gamma_u} + \frac{P_n}{\gamma_n} + \frac{P_{ш}}{\gamma_{ш}}}, \text{ кг/м}^3$$

где,  $P_y = 118$  кг,  $P_u = 31$  кг,  $P_n = 291$  кг,  $P_{ш} = 93$  кг (шлам).

$\gamma_y = 3100$  кг/м<sup>3</sup>,  $\gamma_u = 3770$  кг/м<sup>3</sup>,  $\gamma_n = 2700$  кг/м<sup>3</sup>,  $\gamma_{ш} = 2900$  кг/м<sup>3</sup>,

$$\rho_k = \frac{500}{\frac{118}{3100} + \frac{31}{3770} + \frac{291}{2700} + \frac{93}{2900}} = 2850 \text{ кг/м}^3$$

Вычисляется плотность  $\rho_m$

$$\rho_m = \frac{2850 \cdot 0,615 \cdot 0,25}{0,25} = 1752 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_y = 813 < \rho_m = 1752$$

Вычисляется коэффициент  $K_\rho$

$$K_\rho = \frac{813}{500} = 1,62.$$

Усилие вырыва анкера рассчитывается по формуле (8)

$$N_a = 0,37 \cdot 3,14 \cdot 0,58 \cdot 0,25 \cdot 25 \cdot 14 \cdot 1,62 = 95,5 \text{ кгс.}$$

Полученное экспериментальное усилие вырыва  $N_{a\text{э}}$  из газобетона классом прочности на сжатие В2,5 (кубиковая прочность на сжатие газобетона при влажности 10 % составляет  $R=3,21$  МПа) равно  $N_{a\text{э}} = 93,2$  кгс.

Полученные расчетным путем усилия вырыва анкеров из газобетона хорошо аппроксимируют результаты усилий полученных экспериментально.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пособие по проектированию бетонных и железобетонных конструкций из ячеистых бетонов, М., 1986.
2. Решетов Д.Н., Кирсанова В.Н. Касательная контактная податливость деталей. – М.: Наука, Машиноведение, №2, 1970.
3. Карпенко Н.И., Судаков Г.Н., Лейтес Е.С., Золотов А.Б. Напряженно-деформированное состояние бетона в зоне контакта с арматурой до и после образования контактных трещин. – М.: НИИЖБ, 1979.
4. Шрейнер Л.А., Павлова Н.Н., Якушев В.П., Байдюк Б.В. Применение метода вдавливания для установления сопротивляемости горных пород разрушению при бурении и качественной оценки пластичности горных пород. Сб. статей: Экспериментальные исследования в области разработки глубоких нефтяных месторождений. – М.: Наука, 1964.
5. Холмянский М.М., Ерин Н.Н. Исследование механизма сцепления арматуры периодического профиля с бетоном при помощи испытаний бетона на местное смятие. – В кн.: Анкеровка арматуры в бетоне. – М: Стройиздат, 1969.
6. Холмянский М.М. Контакт арматуры с бетоном. – М.: Стройиздат, 1981.
7. Галин Л.А. Контактные задачи теории упругости. – М.: Госиздат, 1953.
8. Вылегжанин В.П. Определение деформаций элементов конструкций из сталефибробетона при растяжении и изгибе на различных стадиях загрузки. – Л.: ЛенЗНИИЭП, 1982, с. 53-60.

#### РАЗВИТИЕ НОРМИРОВАНИЯ ПО ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЕ ЗДАНИЙ

*В.Г. ГАГАРИН, доктор техн. наук, проф., член-корр. РААСН, ФГБУ «НИИСФ РААСН»*

##### **Введение**

Разработанный и введенный в 2012 году СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 в области нормирования и расчета показателей тепловой защиты зданий содержит ряд передовых методов, что открывает путь инновациям в сфере энергосбережения. С 1 июля 2015года на территории России он стал обязательным к применению. Новые для отечественных инженеров методики расчета тепловой защиты зданий,

включенные в СП, были гармонизированы с методиками, применяемыми за рубежом, что позволяет сравнивать отечественные и зарубежные нормативные требования.

В актуализированной редакции СНиП нормирование теплозащиты и расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию зданий осуществляется тремя видами требований: поэлементные требования к теплозащите ограждающих конструкций, требования к теплозащите оболочки здания (к совокупности всех наружных ограждающих конструкций) и требования к расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания. В настоящее время рассматриваются изменения к СП 50.13330.2012.

### **Поэлементные требования к ограждающим конструкциям в России**

Традиционно считается, что повышение требований к приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающих конструкций, особенно стен, является главным и едва ли не единственным способом энергосбережения в зданиях. Следует отметить, что подход к энергосбережению в зданиях исключительно за счет повышения требуемого сопротивления теплопередаче стен является тупиковым и экономически необоснованным. Ссылки на Европейский опыт в данном вопросе несостоятельны, поскольку в их документах нормируются коэффициенты теплопередаче только по глади конструкции (т.н. значения  $U$ ), т.е. без учета теплопроводных включений. Этим и объясняются те, кажущиеся высокими требования к теплозащите, которые представлены в нормативных документах некоторых зарубежных стран. Теплопроводные включения нормируются отдельно и в большинстве случаев не полно, учет влияния теплопроводных включений при проектировании ограждающих конструкций в большинстве стран неудовлетворителен. В России для упрощения расчетов приведенного сопротивления теплопередаче согласно СП 50.13330 был разработан и введен с 2015 года СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей». Этот свод правил содержит классифицированные узлы сопряжения ограждающих конструкций и таблицы с удельными тепловыми потерями через эти узлы.

Важным элементом в СП 50.13330 явился отказ от дальнейшего повышения нормируемых значений сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. Установленные с 2000 года требуемые значения сопротивления теплопередаче стен не выполнялись. Поэтому в СНиП 23-02-2003 были введены понижающие коэффициенты, в частности для стен – 0,63. Вследствие этого значительно расширилась номенклатура применяемых ограждающих конструкций, причем без ущерба для энергосбережения. В настоящее время однослойные конструкции из газобетона удовлетворяют требованиям. Тем не менее, представители фирм, торгующих эффективными утеплителями и аффилированные к ним «специалисты» часто поднимают вопрос о повышении требований, мотивируя повышением энергосбережения (или энергоэффективности). Однако повышение сопротивления теплопередаче стен практически не ведет к энергосбережению, но ведет к сокращению номенклатуры ограждающих конструкций, разорению предприятий и т.д. что является преступлением (это наблюдалось в 1990-е годы). Поэтому строительное сообщество должно решительно бороться с так называемыми «энергосберегателями».

### **Изменения №1 к СП 50.13330**

В изменении №1 к СП 50.13330 предполагается повысить требования к сопротивлению теплопередаче окон жилых зданий. Однако величина этого повышения пока обсуждается. Другое изменение в части тепловой защиты заключается в установлении требований к воротам зданий.

Предложено выполнять утепление стен цокольных и первых этажей теплоизоляционными материалами с закрытой пористостью.

Важным предложением является введение коэффициентов, отражающих изменение свойств теплоизоляционных материалов при их эксплуатации. Значения этих коэффициентов предполагается устанавливать по методикам специального СП, который будет разработан в ближайшее время.

Предложена новая редакция раздела по воздухопроницаемости ограждающих конструкций. При этом систематизированы требования к режимам воздухопроницаемости различных конструкций.

Большая работа проведена в части развития и упрощения расчетов защиты от переувлажнения ограждающих конструкций.

Модернизирована методика Приложения Г «Расчет удельной характеристики расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию жилых и общественных зданий». Модернизация направлена на гармонизацию с методикой стандартов ИСО.

Из СП исключаются часть примеров и методических указаний, которые переносятся в другие СП и Пособия.

### **Изменение и разработка сводов правил в развитие СП 50.13330**

Параллельно с изменениями СП 50.13330 подготовлено Изменение к СП 230.1325800.2015 «Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей». Увеличено количество теплотехнических неоднородностей, для которых приведены количественные характеристики удельных потоков теплоты.

Разработан СП «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты». Этот СП содержит развитие методик расчета и проектирования из СП 50.13330. В частности, развернуты правила расчета для защиты от переувлажнения, экономический расчет выбора тепловой защиты, расчет ограждающих конструкций с повышенным уровнем тепловой защиты – СФТК и НФС с вентилируемой воздушной прослойкой. СП содержит также часть данных, необходимых для расчета поступлений от солнечной радиации.

Разработаны два методических пособия к проектированию тепловой защиты зданий.

Одно методическое указание создано в развитие СП «Здания жилые и общественные. Правила проектирования тепловой защиты». Оно содержит примеры расчетов и справочные данные, необходимые для расчетов.

Другое методическое пособие подробно описывает различные случаи учета проникающей солнечной радиации в здание и содержит справочные данные для этого расчета.

Предстоит разработать СП по расчету нагрузки на системы отопления и вентиляции зданий. Оно призвано ликвидировать пробелы в СП «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха», которое не содержит подобных методик.

### **Заключение**

Т.о. проводится работа по модернизации норм по тепловой защите и энергосбережению в зданиях. Система нормативных документов позволяет точнее проводить необходимые при проектировании расчеты и охватывать все более широкий круг аспектов, влияющих на энергосбережение зданий.

## **ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПЕРВОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА ОТЕЧЕСТВЕННОГО И КИТАЙСКОГО ПРОИЗВОДСТВА**

*В.Г. ГАГАРИН, доктор техн. наук, проф., член-корр. РААСН,  
П.П. ПАСТУШКОВ, канд. техн. наук, ФГБУ «НИИСФ РААСН»,  
ЧЖОУ ЧЖИБО, ФГБОУ ВО «НИУ МГСУ»*

В [1] предложено представлять зависимость теплопроводности исследованного газобетона линейным уравнением, в котором свободный член приблизительно равен теплопроводности воздуха. Для проведенных в НИИСФ РААСН исследованиях автоклавного газобетона на песке отечественного производства эта зависимость описывается уравнением:

$$\lambda_0 = 0,00021\rho + 0,026 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}. \quad (1)$$

При таком подходе теплопроводность различных производств газобетона можно сравнивать при помощи одного числа – коэффициента при плотности. В (1) этот коэффициент равен 0,00021 и имеет размерность ((Вт/(м·°C))/кг/м<sup>3</sup>), т.е. теплопроводность, приходящаяся на килограмм массы.

Уравнение (1) имеет вид:

$$\lambda_0 = a\rho + \lambda_{\text{в}}, \quad (2)$$

где  $\lambda_{\text{в}}$  – теплопроводности воздуха в спокойном состоянии, Вт/(м·°C).

Отсюда следует:

$$a = \frac{\lambda_0 - \lambda_{\text{в}}}{\rho}, \quad (3)$$

т.е. коэффициент  $a$  представляет собой коэффициент теплотехнического качества КТК<sub>11</sub> по классификации коэффициентов теплотехнического качества, введенной в [2]. Этот коэффициент позволяет анализировать влияние качества материала скелета на его теплопроводность. Чем меньше величина этого коэффициента, тем более удачным является скелет материала с теплотехнической точки зрения.

В качестве примера использования первого коэффициента теплотехнического качества для сравнения теплопроводности, сравним результаты определения теплопроводности газобетона отечественного производства, и газобетона, произведенного на заводе г. Далянь, КНР.

В табл. 1 представлены осредненные результаты исследований автоклавного газобетона китайского производства. Исследования проводились по аналогии с [1].

Таблица 1

Результаты экспериментальных определений теплофизических показателей газобетона китайского производства

Марка	Средняя плотность образцов, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность в сухом состоянии, $\lambda_0$ , Вт/(м·°C)	Приращение на 1% влажности, $\Delta\lambda$ , Вт/(м·°C·%)	КТК, $\eta$ , 1/%
В05	492,1	0,154	0,006	0,037
В06	563,7	0,160	0,006	0,039
В07	665,0	0,179	0,008	0,043
В08	707,0	0,194	0,008	0,039

Так же по аналогии с [1] на рис. 1 построена полученная зависимость теплопроводность китайского газобетона в сухом состоянии от плотности, аппроксимированная прямой. Для удобства на этом же графике представлены полученные в [1] результаты для российского газобетона.

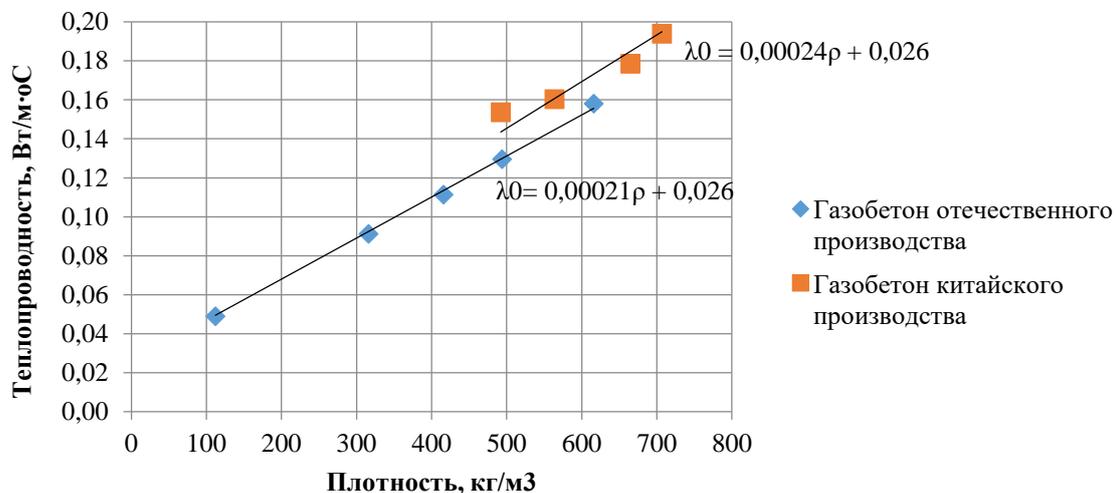


Рис. 1. Зависимость теплопроводности газобетона от плотности

Полученная зависимость теплопроводности автоклавного газобетона на песке китайского производства в сухом состоянии описывается уравнением (при условии, что при плотности  $0 \text{ кг/м}^3$ , теплопроводность равна теплопроводности воздуха в спокойном состоянии –  $0,026 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ):

$$\lambda_0 = 0,00024\rho + 0,026 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}. \quad (4)$$

Таким образом, сравнивая первые коэффициенты теплотехнического качества, можно сделать вывод, что скелет газобетона отечественного производства на 10-15% эффективнее скелета газобетона китайского производства с теплотехнической точки зрения.

Показательным является так же сравнение коэффициентов теплотехнического качества<sup>1</sup> (последний столбец табл. 1), которые применяются для определения теплопроводности газобетона при эксплуатационной влажности [1], с аналогичными значениями для российского газобетона. Значения для всех плотностей примерно одинаковы и равны  $\eta \approx 0,04$  (1/%), что совпадает со значениями, полученными для российского [1] и немецкого [3] газобетона.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Пастушков П.П., Гагарин В.Г. Исследования зависимости теплопроводности от плотности и коэффициента теплотехнического качества автоклавного газобетона // Строительные материалы. 2017. № 5. С. 26-28.
2. Гагарин В.Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. Диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук. Москва. 2000. 396 с. (<http://dlib.rsl.ru/01000300256>)
3. Künzel H. Gasbeton. Wärme- und Feuchtigkeitsverhalten. Wiesbaden – Berlin. Bauverlag. 1970. 120 S.

## АВТОКЛАВНЫЙ ГАЗОБЕТОН – ОТ КОНЦЕПЦИИ К РЕАЛИЗАЦИИ

*В.Н. ЛЕВЧЕНКО, ООО «ПСО «Теплит»*

Тема энергосбережения в жилищном строительстве, в условиях повышения цен на энергоносители, в последнее время становится все более актуальной. Согласно разработанной государственной программе предусматривается широкое внедрение новых технологий строительства домов с минимальным потреблением энергии. Одним из основных вопросов при создании энергосберегающих домов является выбор материала ограждающих конструкций.

Автоклавный газобетон (АГБ) является современным эффективным материалом, с помощью которого могут реализовываться принципы энергосбережения. По данным Национальной Ассоциации производителей автоклавного газобетона АГБ стал самым массовым стеновым материалом, опередив по объему производства стеновую керамику, силикатный кирпич и другие материалы [1]. Высокая популярность газобетона объясняется его преимущественными характеристиками:

- теплотехнические свойства, позволяющие возводить эффективные однослойные конструкции из АГБ не требующие утепления;
- экологичность и способность «дышать»;
- доступность и относительная дешевизна.

ООО «Производственно-строительное объединение «Теплит», специализирующееся на выпуске изделий из автоклавного газобетона, реализовало оригинальную концепцию энергосберегающего дома. Проект предусматривает использование современных материалов и энергоэффективных архитектурных и планировочных решений в соответствии с СП 54.13330.2011 «СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные».

<sup>1</sup> КТК<sub>21</sub> по классификации из [2].



Рис. 1. Применение укрупненных твинблоков при строительстве трехэтажного здания в п. Рефтинский

В рассматриваемой концепции для возведения ограждающих конструкций предложено использовать автоклавный газобетон с маркой по плотности D400. В одном из вариантов реализации наружные стены были выполнены из укрупненных твинблоков размером 1500×625×400 мм (рис. 1). Устройство стен из укрупненных твинблоков, уложенных на клей с толщиной растворного шва 2-3 мм, позволяет достичь такого же уровня теплозащиты, как и при использовании многослойных конструкций с эффективными утеплителями. Данный результат достигается сокращением кладочных швов, что повышает теплотехническую однородность. Монтаж укрупненного блока осуществляется с помощью мини-крана, что существенно уменьшает трудозатраты, повышает производительность труда и сокращает сроки строительства.



Рис. 2 Двухпазовый твинблок

Так же для возведения ограждающей конструкции могут быть использованы мелкие стеновые блоки системы паз – паз (рис. 2). Это новый вид продукции, с которым ООО «ПСО «Теплит» вышло на рынок в 2017 году. Для кладки таких изделий используется пенополиуретановый клей (ППУ –клей). При сопряжении блоков из двух пазов образуются шпонки, которые заполняются ППУ-клеем. (рис. 3). Благодаря этому обеспечивается герметичный вертикальный шов с повышенными теплотехническими свойствами кладки.

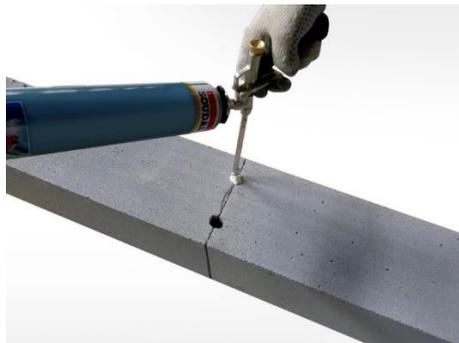


Рис. 3. Заполнение пазового пространства ППУ-клеем

В описываемой концепции энергоэффективного дома из газобетона выполняются не только ограждающие конструкции, но и внутренние стены и перегородки. Так же этот материал используется для возведения перекрытий, лестничных маршей. Данные элементы выполняются по принципу сборно-монолитной конструкции. Она представляет собой балочные перекрытия из монолитных железобетонных балок с заполнением межбалочного пространства твинблоками размером 625×250×300 мм. Применение сборно-монолитной конструкции позволяет реализовывать концепцию «одного поддона», когда один и тот же материал используется для возведения стен, перекрытий и лестничных маршей (рис. 4).



Рис. 4. Применение твинблоков для возведения стен и сборно-монолитных перекрытий

В комплексе энергосберегающих мероприятий применены квартирные станции для индивидуального отопления, поквартирного учета тепла и приготовления горячей воды. Кроме рационального использования ресурсов это в лучшую сторону сказалось и на комфорте проживающих в доме людей. Оплата на потребленную тепловую энергию снизилась в среднем на 30%, что подтверждается ежемесячными платежными документами.

Впервые рассматриваемая концепция была реализована в 2011 г в п. Светлореченский (г. Екатеринбург), где проводился конкурс строительных технологий в рамках всероссийского форума малоэтажного домостроения. На данном объекте в кратчайшие сроки (5 месяцев) был возведен двухэтажный таунхаус на 6 квартир площадью 508 м<sup>2</sup>. За реализацию данного проекта ПСО «Теплит» получило премию имени В.Н. Татищева и Г.В. де Геннина в области архитектуры, строительства и реставрационных работ.

Далее, по данной технологии были возведены несколько домов в коттеджном поселке «Европейская деревня» (п. Коптяки, Свердловская область). А в 2015 году рассматриваемая концепция была реализована при строительстве жилого комплекса «Солнечный» (п. Рефтинский, Свердловская область). Комплекс состоял из трех многоквартирных жилых домов. Площадь застройки одного дома 655 м<sup>2</sup>, общая площадь квартир 1272 м<sup>2</sup> (рис. 5).

Как показала практика, потребление энергии на отопление и вентиляцию данного дома составляет 77, 4 кВт ч/(м<sup>2</sup>год). В соответствии с СП 50.13330.2012 «СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» указанное потребление соответствует классу энергосбережения «А».



Рис. 5. Жилой комплекс «Солнечный» п. Рефтинский, Свердловская область

В 2016 году на ежегодном градостроительном конкурсе Минстроя России ООО «ПСО «Теплит» было удостоено высшей награды в номинации «Лучший реализованный проект энергосбережения при строительстве жилья эконом-класса». Проект был рекомендован к применению Министерством строительства и ЖКХ РФ на территории нашей страны.

В октябре 2017 года этот же проект был удостоен высшей награды на Региональном конкурсе «Строительный триумф» в номинации «Лучший жилой комплекс класса эконом и комфорт в Свердловской области».

## **ЗАВИСИМОСТЬ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА ОТ ПЛОТНОСТИ<sup>2</sup>**

*П.П. ПАСТУШКОВ, канд. техн. наук,*

*В.Г. ГАГАРИН, доктор техн. наук, проф., член-корр. РААСН, ФГБУ «НИИСФ РААСН»*

В связи с повышением нормативных требований к тепловой защите стеновых ограждающих конструкций, которое произошло уже более 20-и лет назад, в России перестали применяться почти все материалы, которые относились к типу конструктивно–теплоизоляционных. Практически единственным исключением является автоклавный газобетон. Стены из этого материала возводятся как однослойными, так и в составе многослойных конструкций, обеспечивая высокий класс энергосбережения по СП 50.13330<sup>3</sup>. В современной кладке из газобетонных блоков обеспечивается минимальное теплотехническое влияние кладочных швов, чем достигается большая однородность конструкций. За счет этих факторов победителем в номинации «Лучший реализованный проект энергосбережения при строительстве жилья эконом-класса» на градостроительном конкурсе Минстроя РФ в 2015 году стал жилой комплекс «Солнечный» в Свердловской области с однослойными стенами из укрупненных газозобетонных блоков (проект реализован ООО «ПСО «Теплит» при участии НИИСФ РААСН) [1]. Поэтому в настоящее время большой актуальностью обладают работы, направленные на исследования теплотехнических свойств автоклавного газобетона, в том числе

<sup>2</sup> Настоящая статья является переработанной версией статьи: Пастушков П.П., Гагарин В.Г. Исследования зависимости теплопроводности от плотности и коэффициента теплотехнического качества автоклавного газобетона // Строительные материалы. 2017. № 5. С. 26-28.

<sup>3</sup> СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М. Минрегион России. 2012. 96 с.

в эксплуатационных условиях. В отечественной научной и профессиональной среде хорошо известны работы Е.С. Силаенкова [2], Б.А. Качуры [3] и др., посвященные таким исследованиям. За рубежом широко распространена книга Helmut Künzel [4], которая выдержала несколько изданий. Однако эти работы описывают характеристики газобетона, производимого до 90-х годов. Несмотря на то, что на рынке еще встречается продукция, производимая на подобном оборудовании, в подавляющем большинстве современный автоклавный газобетон производится уже на новом оборудовании и по усовершенствованным технологиям [5].

Известные зависимости теплопроводности газобетона в сухом состоянии от его плотности были определены в 60-х годах прошлого века. В нашей стране эта зависимость была представлена в СНиП «Строительная теплотехника», и с небольшими дополнениями перешла в действующий СП 50.13330 «Тепловая защита зданий». Представленные в приложении Т СП 50.13330 «Расчетные теплотехнические показатели строительных материалов и изделий» данные обладают многими противоречиями и вызывают критику среди производителей современного автоклавного газобетона, начиная от названия материала: «Газо- и пенобетон на цементном вяжущем», заканчивая значениями расчетной влажности при условиях эксплуатации А и Б [6]. Более того, только две марки по плотности из четырех представленных в таблице применяются в строительстве в настоящее время (400 кг/м<sup>3</sup> и 600 кг/м<sup>3</sup>), при этом газобетон марок по плотности 800 кг/м<sup>3</sup> и 1000 кг/м<sup>3</sup> фактически не производится. В таблице нет данных для газобетона марки по плотности 500 кг/м<sup>3</sup>, которого в настоящее время выпускается более 65% от всего объема, а так же газобетона плотностью ниже 400 кг/м<sup>3</sup>, которого производится больше с каждым годом [5]. Поэтому выполняемые в этом году НИИСФ РААСН актуализация действующих и выпуск новых нормативных документов в сфере теплозащиты зданий, делают особенно актуальными исследования зависимости теплопроводности в сухом состоянии от плотности автоклавного газобетона современного производства, а так же параметров для расчета теплопроводности в условиях эксплуатации.

Лабораторией строительной теплофизики НИИСФ РААСН совместно с Национальной ассоциацией производителей автоклавного газобетона (НААГ) проведен комплекс работ по определению теплофизических показателей автоклавного газобетона на песке с диапазоном марок по плотности от 100 кг/м<sup>3</sup> до 600 кг/м<sup>3</sup>. По результатам экспериментов устанавливалась теплопроводность в сухом состоянии при средней температуре 25 °С,  $\lambda_0$ , Вт/(м·°С), и приращение теплопроводности на 1% влажности,  $\Delta\lambda$ , Вт/(м·°С·%). По полученным результатам рассчитывался коэффициент теплотехнического качества (КТК) [7]:  $\eta = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0}$ , 1/%. В табл. 1 представлены осредненные результаты этих исследований.

Таблица 1

Результаты экспериментальных определений теплофизических показателей газобетона

Марка	Средняя плотность образцов, $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Теплопроводность в сухом состоянии, $\lambda_0$ , Вт/(м·°С)	Приращение на 1% влажности, $\Delta\lambda$ , Вт/(м·°С·%)	КТК, $\eta$ , 1/%
D100	112	0,049	0,002	0,043
D300	316	0,091	0,004	0,043
D400	416	0,111	0,005	0,045
D500	494	0,130	0,006	0,044
D600	616	0,158	0,007	0,044

На рис. 1 построена полученная зависимость теплопроводность в сухом состоянии от плотности, аппроксимированная прямой. Там же нанесены данные по теплопроводности газобетона из СП 50.13330.

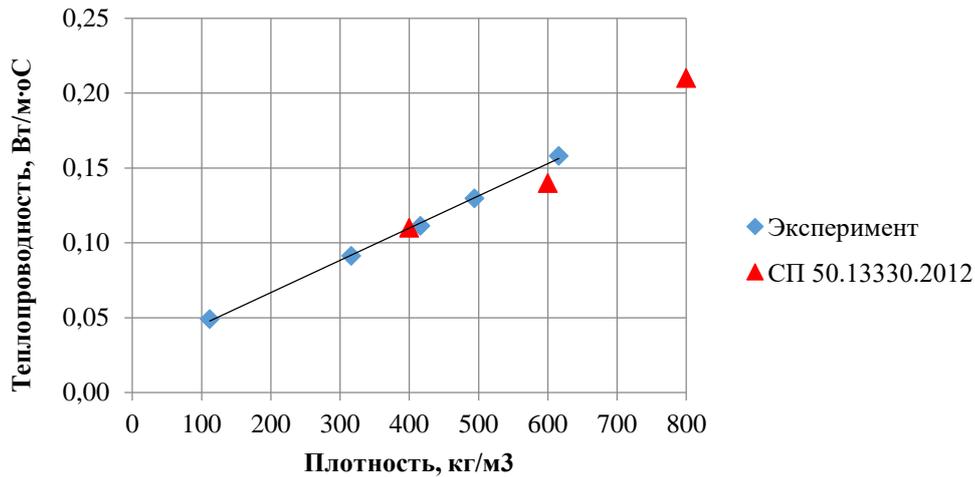


Рис. 1. Зависимость теплопроводности газобетона от плотности

Как видно, полученные экспериментальные данные хорошо представляются в виде линейной зависимости (экспериментальные точки достаточно точно лежат на аппроксимирующей прямой). Полученная зависимость теплопроводности в сухом состоянии описывается уравнением (при условии, что при плотности 0 кг/м<sup>3</sup>, теплопроводность равна теплопроводности воздуха в спокойном состоянии – 0,026 Вт/(м·°С)):

$$\lambda_0 = 0,00021\rho + 0,026 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°С)}. \quad (1)$$

Так же по рис. 1 можно сделать вывод, что представленные сейчас данные в СП 50.13330 по теплопроводности в сухом состоянии для газобетона в диапазоне плотностей от 400 кг/м<sup>3</sup> до 800 кг/м<sup>3</sup> близки к построенной по результатам экспериментов зависимости, однако полученное уравнение (1) позволяет находить теплопроводность газобетона со значительно большей точностью, а так же для марок с плотностью ниже 400 кг/м<sup>3</sup>.

На рис. 2 (слева) представлена полученная зависимость КТК от плотности современного автоклавного газобетона. Найденная зависимость близка к зависимости, представленной в [4] (рис. 2 (справа)), полученной Н. Künzel с той разницей, что в [4] она рассчитывалась в % и названа «Zunahme».

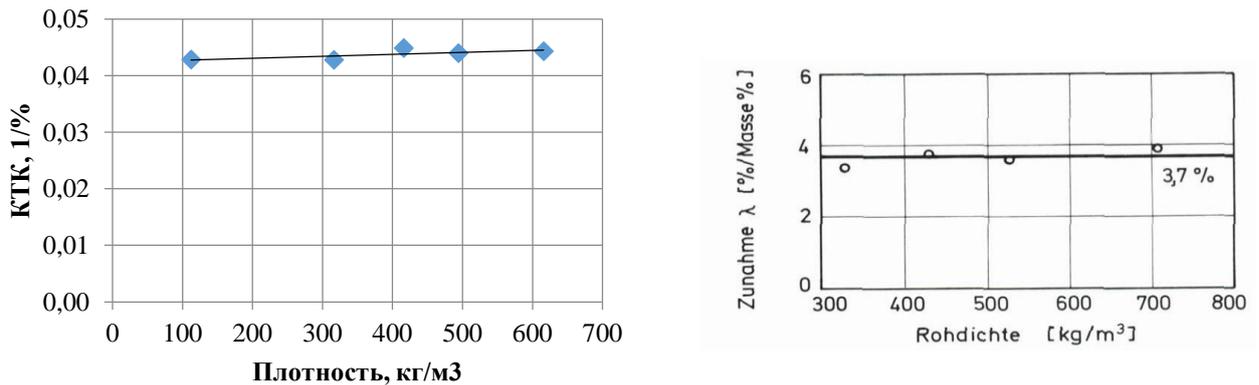


Рис. 2. Зависимость КТК газобетона от плотности: слева – полученная по результатам экспериментов, справа – из [4]

В [8] сделан вывод о том, что значение КТК для каждого вида материала примерно одинаково. Полученная зависимость подтверждает этот результат для автоклавного газобетона современного производства. По проведенным исследованиям значение КТК для газобетона составляет:  $\eta \approx 0,04$  (1%). Данное значение можно применять для нахождения расчетной теплопроводности,  $\lambda$ , Вт/(м·°С) по формуле [9]:

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda \cdot w_3 = \lambda_0 \left( 1 + \frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} \cdot w_3 \right) = \lambda_0 (1 + \eta \cdot w_3), \quad (2)$$

где  $w_3$  – эксплуатационная влажность материала по массе, %.

Если, используя формулу (2), рассчитать КТК по данным из таблицы теплотехнических показателей (приложение Т СП 50.13330) и сравнить их с найденным, то можно сделать вывод, что для марки по плотности 400 кг/м<sup>3</sup> значения в СП 50.13330 занижены (КТК примерно равно 0,03), а для марки по плотности 600 кг/м<sup>3</sup>, наоборот, завышены (0,07). При этом найденное осредненное значение КТК, равное 0,04, коррелируется с данным из ГОСТ 31359-2007 «Бетоны ячеистые автоклавного твердения. Технические условия». Однако в этом стандарте для марки по плотности 600 кг/м<sup>3</sup> расчетные значения теплопроводности указаны с ошибкой: для влажности 4% КТК составляет 0,036, а для влажности 5 % - 0,061, т.е. нарушена линейная зависимость теплопроводности от влажности.

Таким образом, в результате проведенных исследований найдена линейная зависимость теплопроводности в сухом состоянии от плотности автоклавного газобетона современного производства. Значение КТК исследованных марок по плотности газобетона примерно одинаково и равно 0,04 (1/%). Полученные данные по значениям теплофизических параметров могут быть использованы при назначении и анализе расчетных значений теплопроводности газобетона, а так же при актуализации и выпуске новых нормативных документов в сфере теплозащиты зданий и производства газобетона.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гринфельд Г.И., Коркина Е.В., Пастушков П.П., Павленко Н.В., Ерофеева И.В. Система ограждающих конструкций, обеспечивающая повышенное энергосбережение в зданиях // Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Строительство и архитектура. 2016. № 3 (43). С. 25-35.
2. Силаенков Е.С. Долговечность изделий из ячеистых бетонов. М. 1986. 174 с.
3. Гаевой А.Ф. Качура Б.А. Качество и долговечность ограждающих конструкций из ячеистого бетона. Харьков. 1978. 224 с.
4. Künzel H. Gasbeton. Wärme- und Feuchtigkeitsverhalten. Wiesbaden – Berlin. Bauverlag. 1970. 120 S.
5. Вишневский А.А., Гринфельд Г.И., Смирнова А.С. Российский рынок автоклавного газобетона. Итоги 2016 года // Строительные материалы. 2017. № 3. С. 49-51.
6. Пастушков П.П. Расчетное определение эксплуатационной влажности автоклавного газобетона марок D300-600 // Технологии бетонов. 2016. № 3-4. С. 20-23.
7. Гагарин В.Г., Пастушков П.П. Определение расчетной влажности строительных материалов // Промышленное и гражданское строительство. 2015. № 8. С. 28 - 33.
8. Гагарин В.Г. Теория состояния и переноса влаги в строительных материалах и теплозащитные свойства ограждающих конструкций зданий. Диссертация на соискание ученой степени доктора техн. наук. Москва. 2000. 396 с. (<http://dlib.rsl.ru/01000300256>)
9. Пастушков П.П. Влияние влажностного режима ограждающих конструкций с наружными штукатурными слоями на энергоэффективность теплоизоляционных материалов. Диссертация на соискание ученой степени канд. техн. наук. Москва. 2013. 169 с. (<http://dlib.rsl.ru/01006728944>)

## КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ПО ЗАПОЛНЕНИЮ НЕСУЩЕГО КАРКАСА ЗДАНИЙ АВТОКЛАВНЫМ ГАЗОБЕТОНОМ В СЕЙСМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ РАЙОНАХ

М.Д. ПОДДУБНЯК, ООО «Байкальский газобетон»

Сегодня автоклавный газобетон является, пожалуй, самым перспективным стеновым материалом, но действующие строительные нормы не позволяют в полной мере раскрыть потенциал материала, ограничивая применение простых, эффективных и технологичных решений на строительной площадке. Так в СП 14.13330.2014 есть общие рекомендации по армированию стержнями или сетками, которые часто воспринимаются консервативной средой проектировщиков и строителей как армирование металлической сварной кладочной сеткой, что по отношению к кладке из автоклавного газобетона, выполненной на тонкослойном клеевом растворе, практически не применимо ввиду нетехнологичности процесса армирования. Кроме того, необходимость дополнительного усиления перегородок на площадках сейсмичностью 8 и 9 баллов вертикальными двухсторонними арматурными сетками, установленными в слоях цементного раствора марки не ниже М100 толщиной 25-30 мм, значительно снижает конкурентные преимущества автоклавного газобетона перед другими стеновыми материалами.

Для применения технологичных решений в нормативном поле документов, регламентирующих строительство в районах сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов, опыт применения ячеистобетонных блоков при проектировании и строительстве зданий в сейсмоопасных районах специалистами ООО «Байкальский газобетон» и ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко сведен и систематизирован в Альбоме технических решений АТР БГБ 4.1-2015 [1].

### Горизонтальное армирование кладки

Согласно решениям АТР БГБ 4.1-2015 для горизонтального армирования стен следует использовать:

- стальные стержни с общей площадью сечения в шве не менее 0,2 см<sup>2</sup>, уложенные в предварительно подготовленные штрабы усиливаемого ряда кладки на кладочном клее;
- неметаллические композитные стержни, уложенные в предварительно подготовленные штрабы усиливаемого ряда кладки на клее (диаметр стержней подбирается из условия равнопрочности со стальной арматурой, но не менее 4 мм), с учетом при расчетах меньшего по сравнению со стальной арматурой значение модуля упругости (рис. 1, а);
- композитные сетки, имеющие соответствующие допуски к применению в сейсмических районах, с размерами ячейки от (10×10) мм до (35×35) мм и прочностью на разрыв не менее 50 кН/м, уложенными в слой кладочного клея усиливаемого ряда кладки (рис. 1, б).



Рис. 1. Горизонтальное армирование кладки:  
а) армирование стержневой композитной арматурой;  
б) армирование базальтовой сеткой

Описанные способы горизонтального армирования позволяют:

- Исключить «мостики холода» в направлении поперек стены;
- Значительно сократить или полностью исключить необходимость штробления;
- Сократить расход клеевого раствора;
- Снизить трудоемкость и ускорить процесс ведения кладки.

### Вертикальное армирование кладки

При необходимости, при возведении стен на площадках с сейсмичностью свыше 7 баллов, следует устраивать вертикальное армирование с двух сторон стены при помощи:

- композитных армирующих сеток с размерами ячейки от (10×10) мм до (35×35) мм и прочностью на разрыв не менее 50 кН/м, устанавливаемых в слое кладочного клея или стандартного цементно-песчаного раствора марки не ниже М100 на всю высоту и ширину стены за исключением проемов (рис. 2). Эффективность данного решения подтверждена натурными испытаниями [2];

- стальных армирующих сеток с максимальным размером ячеек 50×50 мм и диаметром стержней не менее 4 мм, устанавливаемых на всю высоту и ширину стены (за исключением проемов) в слое кладочного клея или стандартного цементно-песчаного раствора марки не ниже М100;

- отдельных полос из армирующих цельнометаллических просечно-вытяжных сеток (ЦПВС) из листовых углеродистых сталей в слое кладочного клея или стандартного цементно-песчаного раствора марки не ниже М100 (рис. 3);

- отдельных стальных стержней периодического профиля, укладываемых на всю высоту стены, со связкой наружных и внутренних стержней отоженной вязальной проволокой (рис 4).

Допускается противоположные поверхности стен армировать по вышеперечисленным схемам в любом сочетании.

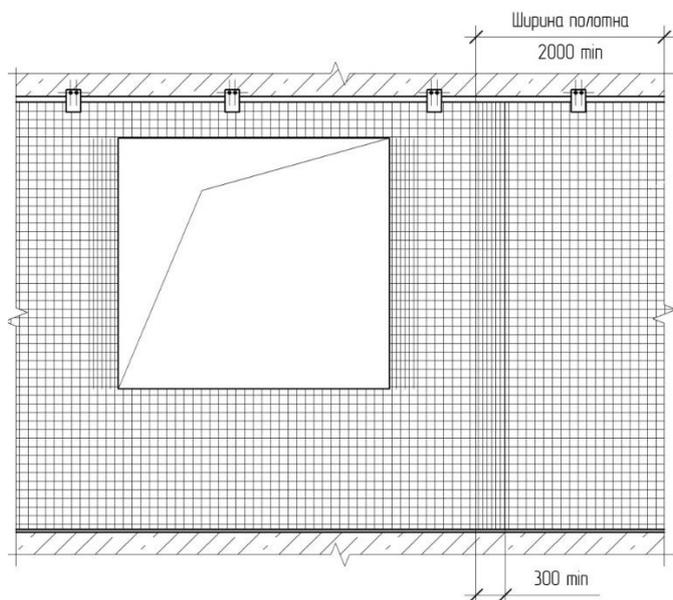


Рис. 2. Вертикальное армирование композитными сетками

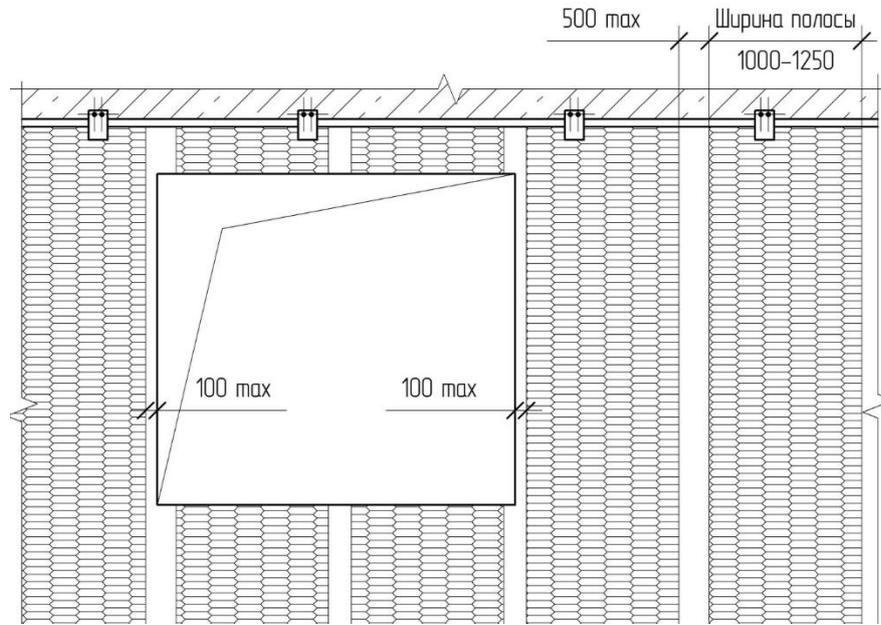


Рис. 3. Вертикальное армирование ЦПВС из листовых сталей

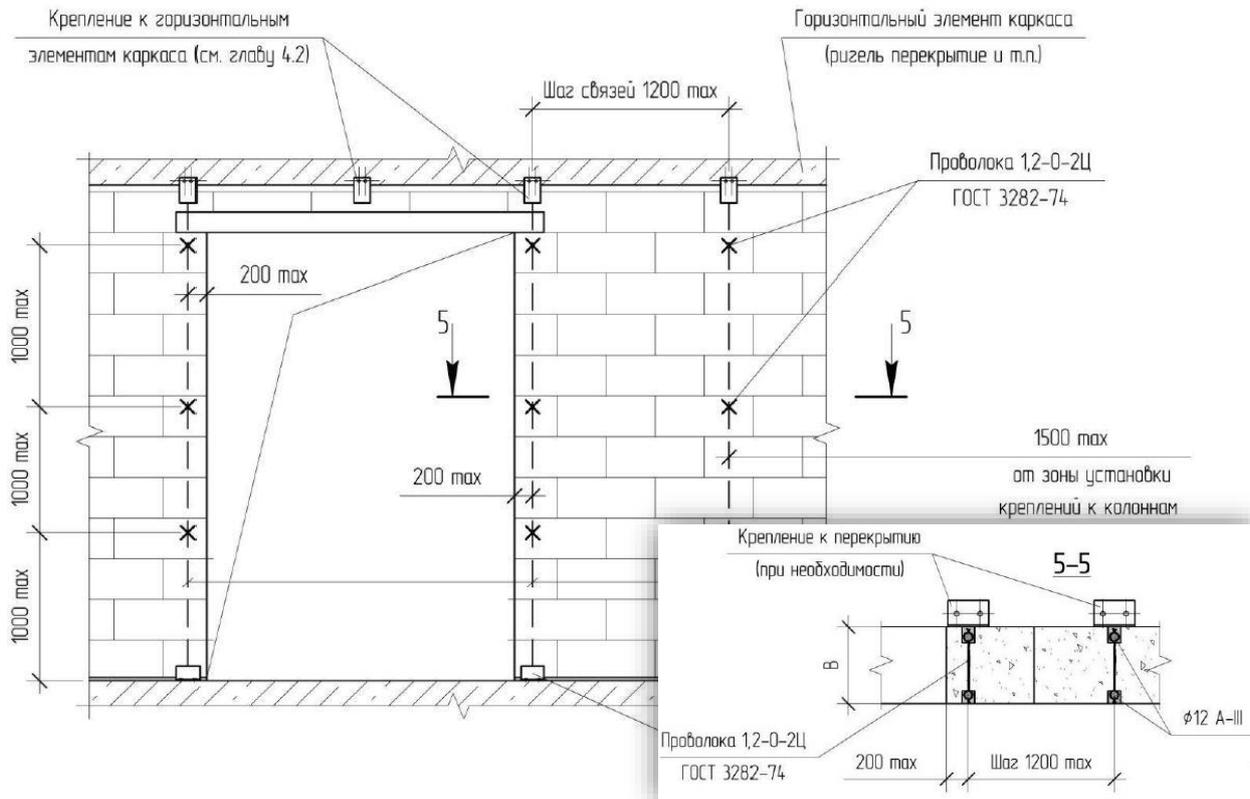


Рис. 4. Вертикальное армирование отдельными стальными стержнями

Описанные способы вертикального армирования позволяют:

- Значительно сократить или полностью исключить оштукатуривание, как элемент усиления кладки;
- Значительно снизить трудоемкость и стоимость, а также ускорить процесс усиления кладки;
- Увеличить количество полезной площади помещений за счет уменьшения общей толщины конструкции.

### Крепление наружных и внутренних стен

Наружные и внутренние стены крепятся к несущим горизонтальным (плиты монолитных или сборных перекрытий, ригели, бортовые балки и т.п.) и вертикальным (колонны, несущие стены) конструкциям каркаса, а также к колоннам фахверка. Принципы крепления наружных и внутренних стен являются общими. Схема расположения связей представлена на рис. 5.

На указанной схеме представлены допустимые диапазоны значений параметров расстановки связей. Конкретные значения этих параметров должны устанавливаться по расчету и с учетом запроектированных конструктивных особенностей стен.

Описываемые в АТР БГБ 4.1-2015 конструктивные решения могут быть приведены для нескольких вариантов расположения стен относительно несущих вертикальных конструкций каркаса (рис. 6).

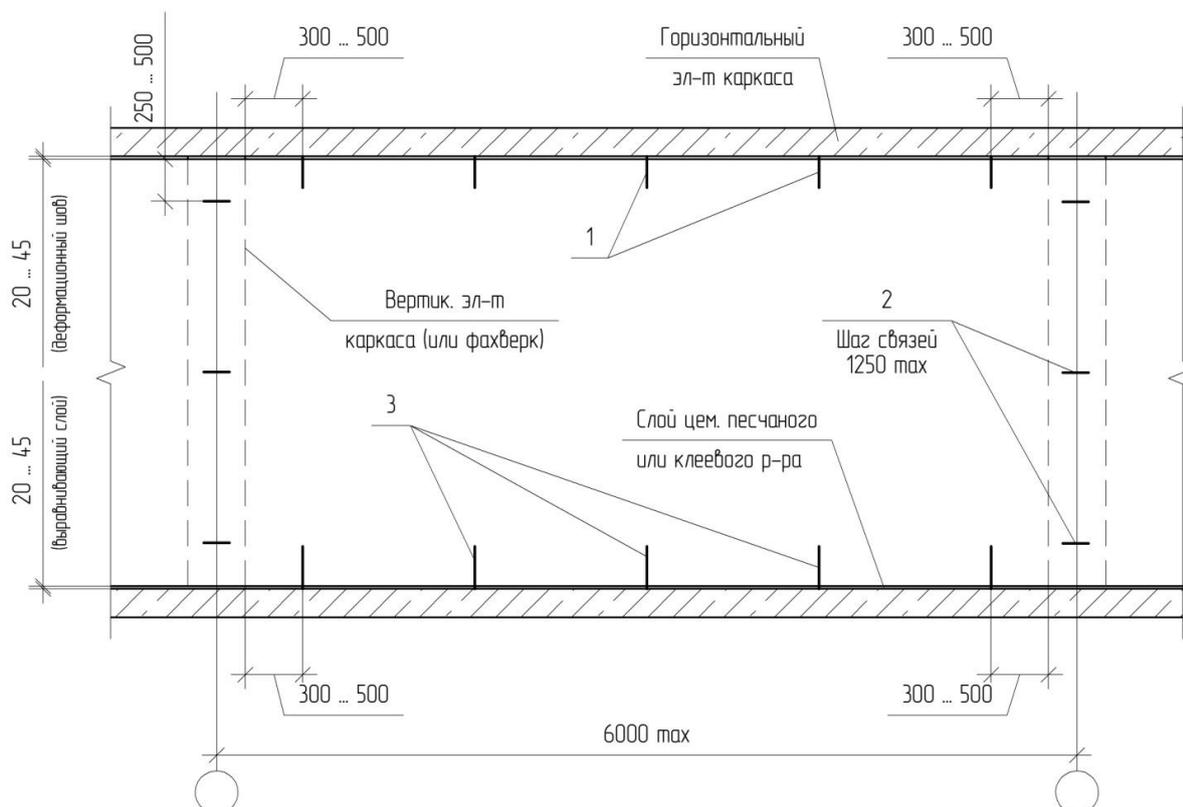


Рис. 5. Схема расположения связей (креплений) наружных и внутренних стен:

- 1 – крепления к верхним горизонтальным несущим конструкциям каркаса (связи верхней части стены);
- 2 – крепления к вертикальным несущим конструкциям каркаса;
- 3 – крепления к нижним горизонтальным несущим конструкциям каркаса (связи нижней части стены)



Рис. 6. Схемы расположения стен по отношению к вертикальным конструкциям несущего каркаса здания (1 - стена; 2 – колонна)

Некоторые технические решения по креплению стен к несущим конструкциям каркаса основаны на применении стальных «скользящих» связей (рис. 7). Одна часть такой «скользящей» связи закрепляется к каркасу при помощи сварки или анкерных элементов, а другая, контактирующая со стеной, не закреплена, и обеспечивает прижим стены из плоскости, не препятствуя при этом ее перемещениям в своей плоскости

Скользящие связи могут быть изготовлены из стандартного стального профильного проката (уголков, швеллеров, пластин) путем обрезки их до нужного размера, или выполнены в соответствии со схемами Приложения А (АТР БГБ 4.1-2015).

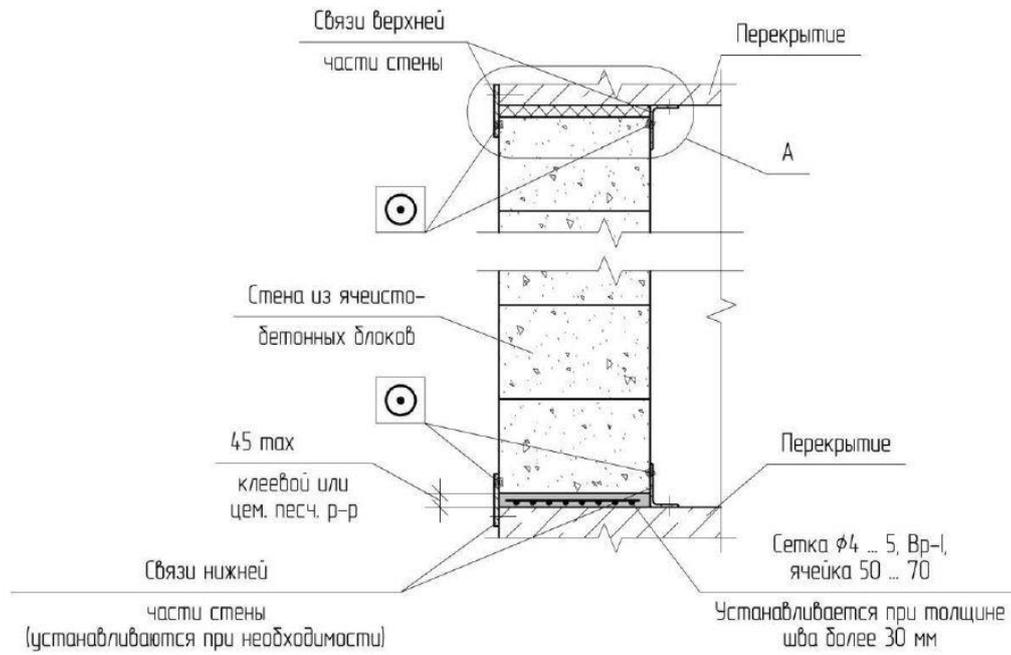


Рис. 7. Общая схема устройства скользящих связей

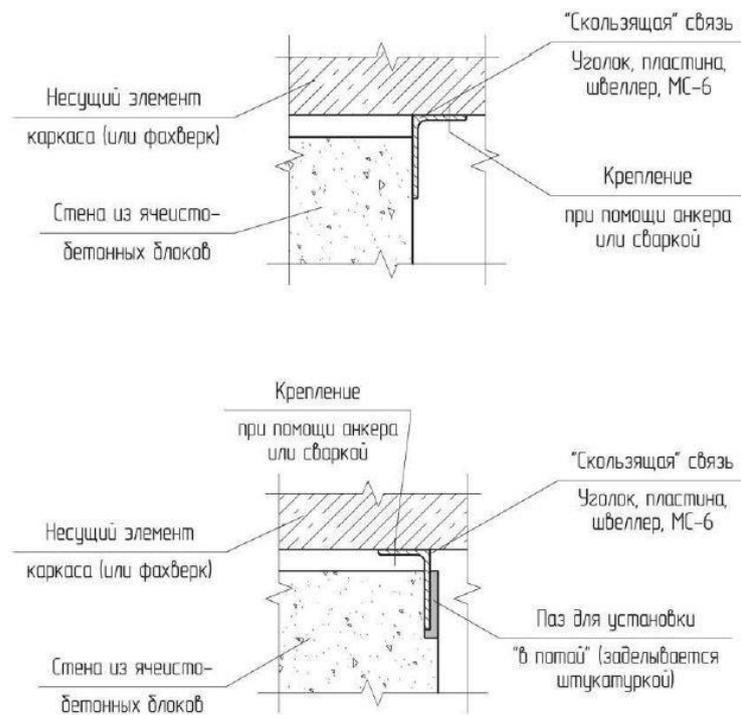


Рис. 8. Схема установки «скользящих» связей в направлении от стены и к стене

«Скользящие» связи могут устанавливаться непосредственно на поверхность стены («открытая» установка) или быть утопленными в предварительно подготовленные пазы в стене в зоне контакта («скрытая» установка, или установка «в потай») (рис. 8) Последний способ позволяет уменьшить затраты на отделочные работы.

При установке «скользящих» связей «в потай» размеры пазов должны быть больше соответствующих размеров «скользящих» связей на величину, обеспечивающую беспрепятственное перемещение стены в плоскости при действии расчетных нагрузок. Глубина паза должна быть равна или больше толщины «скользящей» детали (но не более 20 мм). После установки «скользящей» детали «в потай», пазы могут быть заделаны штукатурным раствором. С целью обеспечения свободного перемещения стены в плоскости, заделка пазов клеевыми, цементно-песчаными растворами или другими составами с высокой прочностью не допускается.

На сегодняшний день решения альбома получили широкое распространение при проектировании и строительстве в таких сейсмоопасных регионах, как Иркутская область, Республика Бурятия и Забайкальский край, а профильными министерствами регионов рекомендованы для массового строительства жилья и социально-общественных зданий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Альбом узлов и технических решений для применения в проектах жилых и общественных зданий этажностью более 3 этажей в районах с сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов. АТР БГБ 4.1-2015.
2. В.И. Смирнов. Научно-технический отчет по теме: «Провести экспериментальное исследование сейсмостойкости несущих стен (перегородок), армированной базальтовой строительной сеткой торговой марки ООО «REXTROM-K» с выдачей заключения о возможности применения базальтовой сетки для армирования несущих стен (перегородок), возводимых из кирпича и газобетонных блоков в районах с сейсмичностью 7-9 баллов по шкале MSK-64». Москва, 2014. 64 с.

### **ОПЫТ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРЕХЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ СО СТЕНАМИ ИЗ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА В3.5 D600 В СЕЙСМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ РАЙОНАХ**

*М.Д. ПОДДУБНЯК, ООО «Байкальский газобетон»*

В 2015 г. специалистами ООО «Байкальский газобетон» совместно с ЦИСС ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко была завершена комплекс испытаний [1-2] и разработка «Альбома технических решений и рекомендаций по проектированию и возведению зданий в районах строительства сейсмичностью 7,8,9 баллов, этажностью до 3-х этажей включительно, с несущими стенами из блоков стеновых неармированных из ячеистого бетона автоклавного твердения В3.5 D600. АТР БГБ 3.1-2015» [3]. Решения данного альбома были изучены государственным автономным учреждением «Экспертиза в строительстве Иркутской области» и рекомендованы профильными министерствами Иркутской области и Республики Бурятии для массового строительства жилья и социально-общественных зданий.

На сегодняшний день на территории Иркутской области активно реализуется федеральная программа «Обеспечение жильем детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей». По этой программе ведутся строительные работы в городах Саянск, Зима, Тулун и Залари. Ряд объектов возводятся на площадках расчетной сейсмичностью 8 баллов по карте А. На этих территориях осуществляется строительство трехэтажных домов с несущими стенами из автоклавного газобетона согласно решениям, представленным в АТР БГБ 3.1-2015.

Рассматриваемый 74-х квартирный жилой дом (общие размеры в плане – 93,7х12,2 м) состоит из трех блоков с техподпольями, разделенных деформационными швами. Три блока имеют одинаковую жесткую конструктивную схему с несущими продольными и поперечными



Сердечники расположены от внутреннего угла здания на расстоянии 625мм...1250мм (в зависимости от толщины стены), что позволяет минимизировать количество доборных блоков, сокращая стоимость и сроки строительства. Расстояние между сердечниками не превышает 3 м. Вертикальные монолитные железобетонные включения предусмотрены из бетона В22,5, армирование выполнено плоскими сварными каркасами, стыкуемыми по высоте внахлестку. Величина нахлестки – 400мм.



Рис. 3. Монолитный железобетонный сердечник

Так как в проектируемом здании перекрытия монолитные, заделанные по контуру в стены, антисейсмические пояса не предусмотрены.

Конструктивные требования к элементам здания (размеры простенков, устройство монолитных перекрытий, лестниц, перемычек и т.д.) разработаны в соответствии с разделом «Здания с несущими стенами из кирпича или каменной кладки» СП 14.13330.2014 «Строительство в сейсмических районах» и альбомом АТР БГБ 3.1–2015.

Все представленные в альбоме АТР БГБ 3.1-2015 узлы и схемы замаркированы, а ссылки на них даны в проектной документации, что позволило значительно сократить объем и стоимость проектных работ.

Таким образом, представленная конструктивная схема позволяет вести массовое строительство жилья эконом-класса, в том числе по программам с бюджетным финансированием, в районах сейсмичностью 7, 8 и 9 баллов со значительной экономией материальных ресурсов и в сжатые сроки.



Рис. 4. Дома для детей-сирот. г. Усолье-Сибирское, Иркутская область

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В.И. Смирнов, А.А. Бубис. Научно-технический отчет на тему: «Проведение испытаний фрагмента здания с применением конструктивного решения несущих стен из газобетонных блоков на сейсмические нагрузки». Москва, 2015. 88 с.
2. А.В. Лямзин. Технические решения трехэтажных газобетонных зданий при сейсмичности до 9 баллов. Сборник докладов НПК «Современный автоклавный газобетон». Санкт-Петербург, 2015. 140 с.
3. Альбом технических решений по проектированию и возведению зданий в районах строительства сейсмичностью 7, 8, 9 баллов, этажностью до 3-х этажей включительно, с несущими стенами из блоков стеновых неармированных из ячеистого бетона автоклавного твердения В3.5 D600. (АТР БГБ 3.1-2015). Иркутск, 2015. 99 с.

#### **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КЛАДКИ ИЗ АВТОКЛАВНЫХ ЯЧЕИСТОБЕТОННЫХ БЛОКОВ НА СТРОИТЕЛЬНОМ КЛЕЕ «ПРОФФИКС 101» ПРИ ДЕЙСТВИИ ЦЕНТРАЛЬНО ПРИЛОЖЕННОЙ НАГРУЗКИ**

*О.И. ПОНОМАРЕВ, канд. техн. наук, А.М. ГОРБУНОВ, О.С. ЧИГИРИНА, М.А. МУХИН, Е.Г. ФОКИНА, ОАО «НИЦ «Строительство» филиал ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко*

#### **Введение**

Кладочные стеновые изделия являются основными видами строительных материалов России. Более 60% всех зданий и сооружений возводится с их применением. Кладка из кирпича, керамических и бетонных камней и мелких блоков широко используется как при строительстве новых зданий, так и при реконструкции. Совершенствование качества строительства выполняется за счет новых видов кладочных материалов, таких как крупные силикатные блоки, блоки из ячеистого автоклавного бетона. Эти изделия изготавливаются с гладкими поверхностями и малыми допусками. В связи с появлением стеновых кладочных изделий нового поколения изменилась технология возведения кладки. В настоящее время освоен выпуск клеевых растворов, кладка на которых выполняется с тонкослойным швом толщиной до 5 мм. Уменьшенная толщина растворного шва способствует улучшению теплотехнических показателей наружных стен. Для наружных стен из материалов с плотностью до 1000 кг/м<sup>3</sup>, которые могут применяться

без эффективного утеплителя, использование тонкослойного шва позволит сократить теплопотери из здания. К таким изделиям относятся ячеистобетонные и газобетонные блоки, шлифованные крупноформатные керамические камни.

Если клеевые растворы нашли достаточно широкое применение в Российских условиях, то использование клея-пены только осваивается. В этом случае толщина растворного шва составляет менее 3 мм.

В Западной Европе имеется некоторый опыт по возведению кладки на клей-пене, в основном, при малоэтажном строительстве. Многие источники указывают на положительные аспекты, кроме теплотехнических, такие как:

- повышение производительности труда и темпов строительства;
- чистота производства (отсутствие растворомешалок).

В 2016 г. в ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко был составлен аналитический обзор, представленный в «Техническом заключении о возможности использования полиуретанового клея в виде пены TУTAN PROFESSIONAL», содержащий рекомендации по применению клей-пены в малоэтажном строительстве в конструкции несущих стен.

В 2017 г. по заказу ООО «Проффлекс» в ЦНИИСК была проведена экспериментальная работа по исследованию напряженно-деформированного состояния кладки из автоклавных ячеистобетонных блоков на строительном клее «Проффикс 101» при действии центрально приложенной нагрузки.

#### Экспериментальные исследования

Для проведения исследований были использованы блоки из автоклавного ячеистого бетона размерами 250x200x600 мм класса по прочности В2 марки по средней плотности D500 и однокомпонентный полиуретановый строительный клей «Проффикс 101». Результаты определения кубиковой прочности образцов бетона приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результаты испытания на прочность при сжатии кубов, выпиленных из ячеистобетонных блоков

№№ п. п.	Размер камня, см	Площадь сечения, 2 см	Разрушающее усилие, N, кгс	Предел прочности при сжатии, R, кгс/см <sup>2</sup>		Отклонение от среднего, %
				частное	среднее	
1	15,0x14,1x14,3	232,5	4952	21,3	24,78	-7,3
2	15,4x15,1x14,7	214,6	5702	26,6		15,6
3	14,9x14,4x15,1	226,5	6234	27,5		19,7
4	15,0x15,1x14,7	232,5	5665	24,4		6,0
5	15,1x15,4x14,9	225,0	5432	24,1		5,0

Для исследования прочности и деформативности кладки изготовлены опытные образцы - фрагменты стен размером в плане 900 x 200 мм, высотой 1250 мм (рис. 1 и рис. 2).

Для кладки применяли строительный клей «Проффикс 101». Образцы изготавливались из блоков без пазогребневого соединения. Швы из клей-пены (как горизонтальные, так и вертикальные) были выполнены в форме двух полос.

Размеры образцов кладки соответствует европейским и российским нормам.

Образцы испытывали после 15 дней выдержки в помещении при положительной температуре.



Рис. 1. Образец № 1, подготовленный к проведению испытания

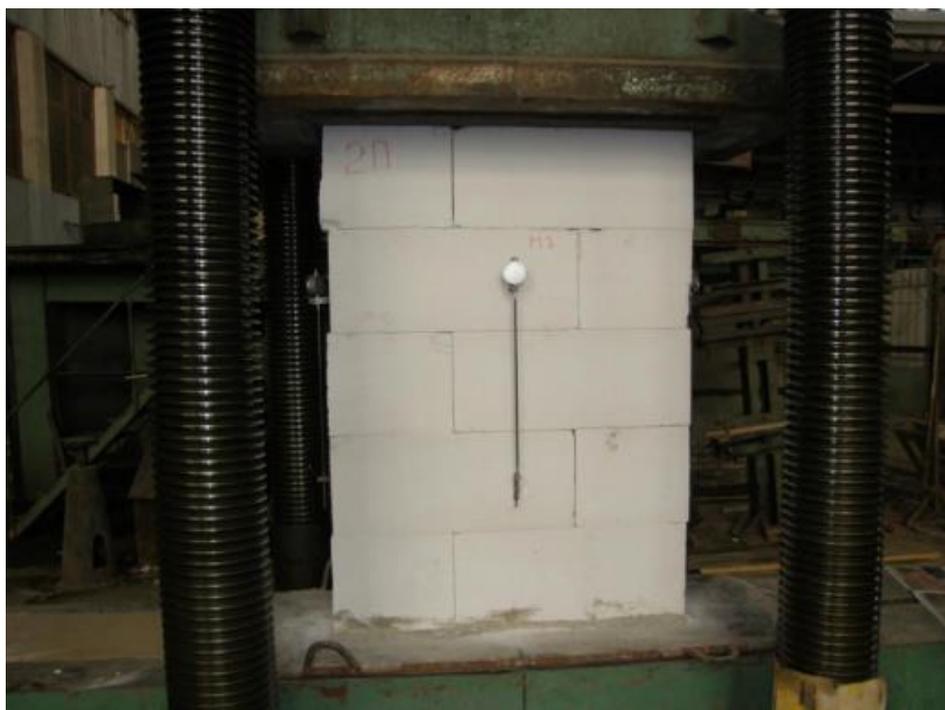


Рис. 2. Образец № 2 в прессе в процессе испытания

Опытные образцы кладки были испытаны на центральное сжатие. Испытание образцов кладки проведены в гидравлическом прессе мощностью 1000 тс по методике, принятой в ЦНИИСК. При испытании производили измерения продольных деформаций сжатия кладки индикаторами часового типа, которые устанавливали на 4-х гранях образца, также отмечалось появление трещин и их развитие. Испытания продолжались до полного разрушения образца. Нагрузку на образец подавали ступенями, равными 0,1 от ожидаемой разрушающей нагрузки, с интервалами до 10 мин для снятия показания приборов и наблюдения за развитием трещин в кладке.

Результаты испытаний приведены в табл. 2.

Разрушение образцов кладки начиналось с появления трещин в отдельных блоках, как правило, против вертикальных швов, т.е. в местах концентрации растягивающих напряжений. С увеличением нагрузки трещины постепенно развивались, что приводило к разрушению образцов.

С целью выявления деформативных свойств кладки из мелких ячеистобетонных блоков, выполненной на однокомпонентном полиуретановом строительном клее «Проффикс 101», во время испытания образцов проводили измерение продольных деформаций сжатия кладки.

Зависимость усилия-деформации (N-E) приведена на графиках рис. 3 и 4. Относительные деформации, начальный модуль деформаций и упругая характеристика кладки а приведены в табл. 3.

Таблица 2

Результаты испытания опытных образцов кладки из ячеистобетонных блоков, выполненной на строительном клее «Проффикс 101»

Метка образца	Размеры образца, мм	Площадь, А, см <sup>2</sup>	Нагрузка, тс		N <sub>1тр</sub> /N <sub>разр</sub>	Среднее	Предел прочности кладки, кгс/см <sup>2</sup> (Mna)		
			N <sub>1тр</sub>	N <sub>разр</sub>			R <sub>1тр</sub>	R <sub>разр</sub>	R <sub>ср</sub>
Прочность ячеистого бетона на сжатие R = 25 кгс/см <sup>2</sup> = 2,5 МПа									
1П	899x198x1264	1780	30	51,5	0,58	0,614	16,9 (1,69)	28,9 (2,89)	27,5 (2,75)
2П	900x198x1264	1782	30	46,5	0,65		16,8 (1,68)	26,1 (2,61)	

Таблица 3

Относительные деформации, начальный модуль деформаций и упругая характеристика кладки α. Кладка из ячеистобетонных блоков на строительном клее «Проффикс 101»

Метка образца	Предел прочности кладки, R, кгс/см <sup>2</sup> (MПа)	Средние относительные деформации, ε 10 <sup>-4</sup> , при				Начальный модуль деформаций, E <sub>0</sub> , кгс/см <sup>2</sup>		Упругая характеристика кладки, α	
		0,2σ	0,3 σ	0,5 σ	0,8 σ	частное	среднее	частное	среднее
Прочность ячеистого бетона на сжатие R = 25 кгс/см <sup>2</sup> = 2,5 МПа									
1П	28,9 (2,89)	16,1	20,4	26,9	35,7	7272 / 7797	6555 / 7025	251 / 269	238 / 255
2П	26,1 (2,61)	14,7	19,8	26,6	36,0	5839 / 6253		224 / 240	

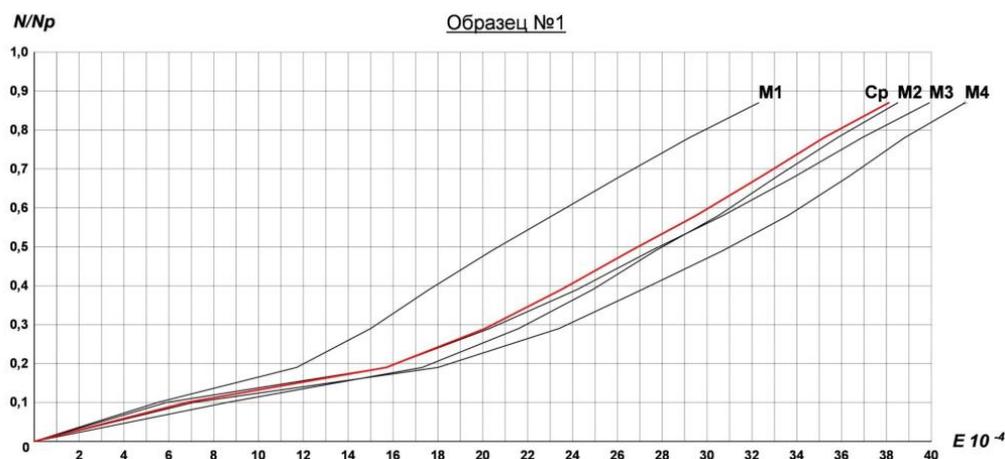


Рис. 3. Относительные деформации кладки из ячеистобетонных блоков, выполненной на однокомпонентном полиуретановом строительном клее «Проффикс 101»

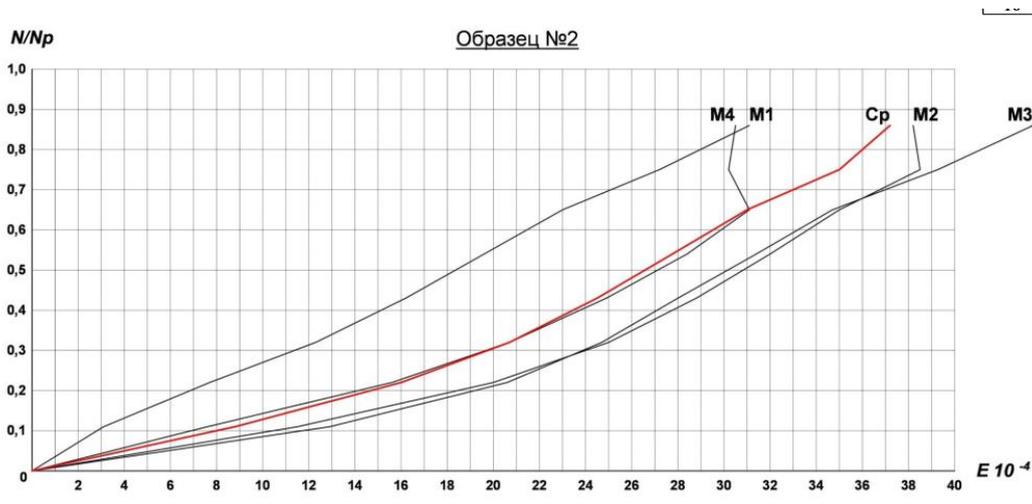


Рис. 4. Относительные деформации кладки из ячеистобетонных блоков, выполненной на однокомпонентном полиуретановом строительном клее «Проффикс 101»

### Выводы

На основании проведенных испытаний образцов кладки из ячеистобетонных блоков, выложенных на однокомпонентном полиуретановом строительном клее «Проффикс 101», можно сделать следующие выводы.

1. В ходе испытаний образцов кладки появление первых трещин на отдельных блоках было зафиксировано при нагрузке 0,58 - 0,65 от разрушающей.

2. По результатам испытаний предел прочности кладки при сжатии составил  $R = 26,1 \text{ кгс/см}^2 = 2,61 \text{ МПа}$ .

Тогда расчетное сопротивление кладки сжатию при заполнении вертикальных швов клей-пенной:

$$R = R_{cp}/k = 26,1/2,2 = 11,86 \text{ кгс/см}^2 = 1,19 \text{ МПа},$$

где:  $k$  - коэффициент, принимаемый по табл. 14 СП 15.13330.2012.

По результатам испытаний прочность кладки на клей-пене соответствует прочностным характеристикам кладки из ячеистого бетона на тяжелом растворе марки М50. Поэтому до проведения дополнительных исследований прочность кладки на строительном клее «Проффикс 101» допускается определять по табл. 3 СП 15.13330.2012 для марки раствора М50 с учетом коэффициента условий работы  $\gamma_c = 0,8$  (п. 6.12 СП 15.13330.2012).

3. До проведения дополнительных исследований допускается при расчетах кладки из ячеистобетонных блоков на строительном клее «Проффикс 101» принимать упругую характеристику кладки  $\alpha$  равной 240.

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА НА СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТАХ ЕКАТЕРИНБУРГА И СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ

*А.В. САТЫЛАЕВ, ЗАО «Корпорация «Атомстройкомплекс»*

Несмотря на нестабильную экономическую ситуацию темпы строительства в г. Екатеринбурге за последние годы снизились незначительно. Ежегодный ввод жилья составляет не менее 1 миллиона м<sup>2</sup>. К факторам, поддерживающим высокий спрос на жилье можно отнести:

- Относительно высокий средний уровень заработной платы в г. Екатеринбурге, стимулирующий работоспособное население переезжать из областных городов в столицу Урала.
- Переселение жителей Екатеринбурга из старого жилого фонда в новостройки.

Тенденции в части квартирографии смещаются от студий и однокомнатных квартир к 3- и 4- комнатным квартирам с грамотными планировками. Это связано с тем, что поколения в возрасте 30-40 лет, создав семьи и имея несколько детей хотят расширить имеющееся жилье. Вместе с тем, демографический провал 1995-2000 годов не позволяет рассчитывать на стабильный спрос по однокомнатным квартирам. Еще один негативный фактор – жилье перестало быть предметом инвестиций. Рынок аренды существенно просел, что так же ограничивает спрос на малометражные квартиры.

Екатеринбург - город с населением 1,3 миллиона жителей, при этом является одним из самых компактных в мире, с ярко выраженной центральной зоной и поясами застройки. Тенденция рынка – высотная застройка с большой плотностью. К новостройкам предъявляются все более жесткие требования в части градостроительной концепции и архитектуры, что вытесняет панельное и кирпичное домостроение. Лидирующие позиции занимают монолитные каркасы со штукатурными и кирпичными фасадами (цветной силикатный кирпич). В центральной части города приоритет отдается сложным фасадным системам и высокому проценту теплого алюминия. Такие фасадные решения диктуют индивидуальные конструктивные схемы и особый подход к организации строительно-монтажных работ. Объем таких объектов не превышает 3% от общего ежегодного ввода жилья в г. Екатеринбурге.

Изделия из автоклавного газобетона находят свое применение, главным образом, в ограждающих конструкциях многоэтажных зданий. Среди применяемых решений можно выделить трехслойную кладку (блок, утеплитель, кирпич), двухслойная кладка (блок, утеплитель) с оштукатуриванием, однослойная кладка с облицовкой кирпичом. Отличие перечисленных вариантов в составе материалов и виде фасадного решения. В пересчете на 1м<sup>2</sup> фасада или 1м<sup>2</sup> коммерческой площади стоимость фасадных решений, применяемых в массовом строительстве исчисляется в соизмеримых суммах. В этой ситуации при выборе материалов упор делается на технологичность (скорость возведения) и качество выполнения строительно-монтажных работ. Есть правило качества, которое гласит, что чем меньше людей подходят к одному участку работ, тем выше качество на выходе.

Если с этой позиции проанализировать трехслойную кладку (рис. 1), которая несколько лет назад была самым распространенным в Екатеринбурге вариантом ограждающей конструкции, то выстроится целая цепочка рабочих с поэтапной передачей фронтов работ. Сперва ведется кладка блока, после этого работы перемещаются на леса и люльки. С фасада устанавливается пароизоляция, затем крепится утеплитель с перевязкой на «грибках». После чего, опять же с фасада, перфоратором просверливаются все слои для анкерки в блок стеклопластиковых связей и только потом ведется лицевая кладка с обеспечением воздушного зазора. Помимо трудоемкости и вовлеченности большого числа работников, данный вариант ограждения неудобен тем, что его сложно контролировать.

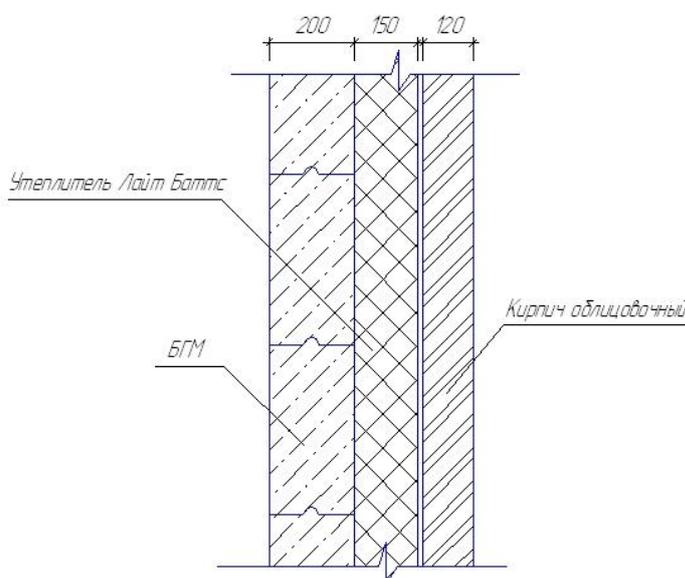


Рис. 1. Трехслойная кладка (блок, утеплитель, кирпич)

При организации штукатурного фасада работ немного меньше, но опять же после укладки блока рабочий перемещается на улицу. И тут добавляется сезонный фактор, не позволяющий вести отделочные работы при температуре ниже +5 градусов. Вопрос проверки качества выполняемых работ стоит не менее остро, чем при возведении 3-х слойной кладки.

Практика показывает, что в нашем городе с довольно тяжелым климатом и высокой степенью загрязненности штукатурные фасады «живут» не более 10 лет. По истечении этого срока фасад необходимо восстанавливать, перекрашивать из-за выгорания и грязи, а эти работы уже производятся за счет собственников многоквартирного дома. Как результат – никто ничего не перекрашивает, а практически новые дома со штукатурными фасадами имеют низкую ликвидность на вторичном рынке.

Одним из перспективных решений ограждающей конструкции является однослойная кладка блоков из автоклавного газобетона марки D400 с облицовкой силикатным кирпичом (рис. 2). В этом варианте кладка лицевого кирпича и блока ведется изнутри. Высококвалифицированный каменщик возводит кирпичную кладку, а подсобный рабочий ведет монтаж блока. При этом каждый укладываемый блок ограничен тремя плоскостями – монолитным перекрытием, монолитной стеной и кирпичной кладкой. Газобетонный блок обладает идеальной геометрией, положить его неправильно практически невозможно.

Значимым преимуществом представленного варианта является отсутствие теплоизоляционного слоя. Автоклавный газобетон марки D400 совмещает функции ограждающей конструкции и теплоизоляционного материала. Ряд блоков и оконные конструкции сразу создают тепловой контур, что позволяет вести смежные работы даже в зимних условиях. Однослойную конструкцию из автоклавного газобетона следует рассматривать как один из механизмов сокращения общей продолжительности строительства за счет максимального совмещения работ.

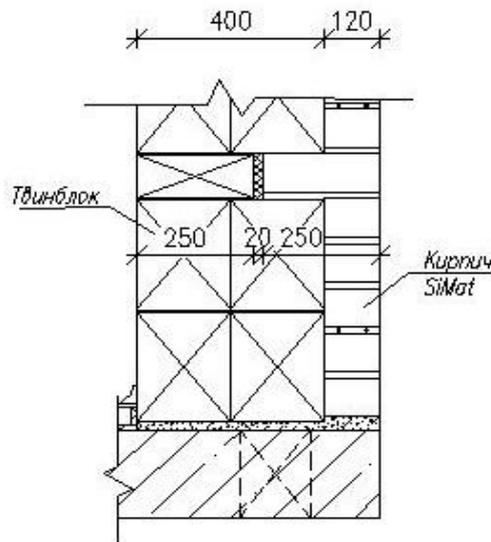


Рис. 2. Кладка из автоклавного газобетона с облицовкой кирпичом

Данную технологию возведения ограждающих конструкций на своих строительных объектах использует Корпорация «Атомстройкомплекс» - крупнейший застройщик г. Екатеринбурга. Компания применяет однослойные ограждения из автоклавного газобетона производства ООО «ПСО «Теплит» при строительстве многоквартирных домов и объектов социальной инфраструктуры. За 6 лет использования данной технологии построено более 800 тыс м<sup>2</sup> жилья. В ходе эксплуатации значительно снизилось количество жалоб по образованию плесени и промерзаниям. Кроме того, зафиксировано снижение потребление тепла - на 25-30% ниже запрашиваемых при подключении объекта нагрузок.

Корпорация «Атомстройкомплекс» планирует дальнейшее сотрудничество с ПСО «Теплит». В планах переход на кладку блоков на полиуретановую пену и применение блоков меньшей плотности (до D300). Уже запущен экспериментальный объект в г. Среднеуральске с применением твинблока плотностью D350.

## РАЗВИТИЕ НОРМАТИВНОЙ БАЗЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ЯЧЕИСТЫХ БЕТОНОВ

В.Ф. СТЕПАНОВА, доктор техн. наук, проф., В.И. САВИН, канд. техн. наук,  
В.Н. СТРОЦКИЙ, канд. техн. наук, ОАО НИЦ «Строительство» филиал НИИЖБ  
имени А.А. Гвоздева

В настоящее время одним из зарубежных нормативных документов, регламентирующих проектирование конструкций из ячеистых бетонов плотностью от 300 до 1000 кг/м<sup>3</sup>, является европейский стандарт EN 12602:2008 «Prefabricated reinforced components of autoclaved aerated concrete» (Сборные армированные элементы из ячеистого бетона). В НИИЖБ проведен сравнительный анализ нормируемых характеристик и параметров автоклавного ячеистого бетона по отечественным нормативным документам (СП63.13330-2012, ГОСТ 31359, ГОСТ 25485-89) и по EN 12602:2008. Сопоставление производилось по следующим параметрам и характеристикам: прочность на сжатие; прочность на растяжение; модуль упругости; диаграмма зависимости между напряжением и деформациями; усадка при высыхании; ползучесть; коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона); коэффициент линейной температурной деформации.

### Прочность на сжатие

Характеристическая прочность на сжатие  $f_{ck}$  автоклавного ячеистого бетона в соответствии с п. 4.2.3 EN 12602:2008 принимается как декларируемые классы прочности на сжатие, установленные в табл. 2 EN 12602:2008, представленной далее в виде табл. 1.

Таблица 1

Классы прочности на сжатие автоклавного ячеистого бетона

Класс прочности на сжатие	AAC 1,5	AAC 2	AAC 2,5	AAC 3	AAC 3,5	AAC 4	AAC 4,5	AAC 5	AAC 6	AAC 7	AAC 8	AAC 9	AAC 10
$f_{ck}$ , МПа	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0

В дальнейшем характеристическая прочность на сжатие  $f_{ck}$  учитывается в расчетных зависимостях, приведенных в EN 12602:2008. В отечественных нормативных документах (СП 63.13330-2012) в расчетах учитывается *призменная* прочность на сжатие, принимаемая как нормативное сопротивление в зависимости от класса ячеистого бетона на сжатие. Для сравнения далее приведен фрагмент табл. 6.7 СП63.13330-2012 с нормативными значениями прочности ячеистого бетона на сжатие (табл. 1а).

Таблица 1а

Нормативные сопротивления ячеистого бетона на сжатие  $R_{bn}$

Показатель	Нормативное сопротивление ячеистого бетона на сжатие $R_{bn}$ , МПа									
	B1,5	B2,0	B2,5	B3,5	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	
Сопротивление осевому сжатию (призменная прочность) $R_{bn}$	1,40	1,90	2,4	3,3	4,60	6,9	9,0	10,5	11,5	

Сравнение табл. 1 и 1а показывает, что в отечественных нормативных документах в качестве расчетной характеристики принимается призменная прочность ячеистого бетона, а не значения кубиковой прочности, приведенные в табл. 1 (табл. 2 EN 12602:2008).

**Прочность на растяжение**

Оценочное значение прочности при центральном растяжении согласно п. 4.2.5 EN 12602-2008 определяется по формуле (4а), которая имеет вид

$$f_{ctk;0,05} = 0,10 f_{ck}, \quad (1)$$

где  $f_{ck}$  – класс прочности бетона на сжатие, МПа.

В табл. 2 приведены значения сопротивления ячеистого бетона на растяжение по СП 63.13330-2012 и вычисленные по формуле (4а) EN 12602:2008.

Таблица 2

Нормативные сопротивления ячеистого бетона растяжению

Показатель	Нормативное сопротивление ячеистого бетона растяжению $R_{bm}$ при классе бетона по прочности на сжатие, МПа					
	B1,5	B2,0	B2,5	B3,5	B5	B10
Класс бетона по прочности на сжатие по СП63.13330	B1,5	B2,0	B2,5	B3,5	B5	B10
Сопротивление бетонов растяжению $R_{bm}$ по СП 63.13330	0,22	0,26	0,31	0,41	0,55	0,89
Класс бетона по прочности на сжатие по табл. 2 EN 12602-2008	AAC 1,5	AAC 2	AAC 2,5	AAC 3,5	AAC 5	AAC 10
Оценочное значение прочности $f_{ctk;0,05}$ при центральном растяжении по EN 12602-2008	0,15	0,2	0,25	0,35	0,5	1,0

Как видно из таблицы, значения прочности на растяжение для ячеистого бетона класса до B5 (AAC 5) по EN 12602-2008 меньше соответствующих значений по СП63.13330-2012. При классе же B10 значение прочности на растяжение по EN 12602:2008 уже превышает величину прочности по СП63.13330-2012.

**Модуль упругости**

Среднее значение модуля упругости в соответствии с п. 4.2.7 EN 12602:2008 при отсутствии результатов испытаний предлагается определять по формуле (2) независимо от класса бетона по прочности

$$E_{cm} = 5 (\rho_m - 150), \quad (2)$$

где  $\rho_m$  — среднее значение объемной плотности сухого автоклавного пористого бетона, кг/м<sup>3</sup>.

Значения модуля упругости, определенные по формуле (2), и начальные значения, принимаемые по СП 63.13330-2012 в зависимости от средней плотности и класса бетона по прочности, приведены в сравнительной табл. 3.

Таблица 3

Значения начального модуля упругости автоклавного ячеистого бетона

Марка по плотности	Модули упругости при классе бетона по прочности на сжатие $E_b \times 10^{-3}$ , МПа										
	по СП63.13330-2012										по EN 12602:2008
	B1	B1,5	B2	B2,5	B3,5	B5	B7,5	B10	B12,5	B15	
D500	1,1	1,4									1,75
D600	1,4	1,7	1,8	2,1							2,25
D700		1,9	2,2	2,5	2,9						2,75
D800				2,9	3,4	4,0					3,25
D900					3,8	4,5	5,5				3,75
D1000						5,0	6,0	7,0			4,25
D1100							6,8	7,9	8,3	8,6	4,75
D1200								8,4	8,8	9,3	5,25

Сравнительный анализ модуля упругости, как следует из табл. 3, показывает, что формула (2) дает значительно отличающиеся от СП 63.13330-2012 значения  $E_b$  в сторону как переоценки, так и недооценки модуля упругости, принимаемого по СП 63.13330-2012.

При плотности бетона, соответствующей марке D600, значения  $E_b$ , вычисленные по формуле (6) EN 12602:2008, переоценивают соответствующие значения, принимаемые по СП 63.13330-2012. При марке по плотности D700-D800 значения  $E_b$  по формуле (6) EN 12602:2008 соответствуют значениям  $E_b$  по СП 63.13330-2012 для бетона класса по прочности между В2,5 и В3,5, а при D900 — значениям  $E_b$  для бетона класса по прочности В3,5. Для более высоких марок по плотности D1000–D1200 значения  $E_b$  уже недооценивают соответствующие значения, принимаемые по СП 63.13330-2012.

### Диаграммы зависимости между напряжением и деформацией

В соответствии с п. 4.2.6 EN 12602:2008 предлагаются две упрощенные двухлинейные диаграммы зависимости между напряжением и деформацией для ячеистого бетона — идеализированная и расчетная. Идеализированная диаграмма (по типу диаграмм Прандтля) состоит из линейной зависимости  $\sigma - F(\epsilon)$  до сжатия  $\epsilon = 0,002$  при напряжении, равном, характеристической прочности на сжатие  $f_{ck}$ , а далее продолжается до предельного состояния при  $\epsilon = 0,003$  (рис. 1). Вершиной расчетной диаграммы является расчетное значение прочности ячеистого бетона на сжатие  $f_{cd} = \alpha f_{ck} / \gamma_c$ , где  $\gamma_c$  — частный коэффициент запаса прочности для ячеистого бетона в случае «вязкого» или хрупкого разрушения. Коэффициент  $\alpha$  учитывающий длительность действия нагрузки, рекомендуется принимать равным 0,85.

Рекомендуемые для использования значения  $\gamma_c$  указаны в табл. D.4 EN 12602-2008. При «вязком» разрушении этот коэффициент принимается равным 1,44, при хрупком разрушении  $\gamma_c = 1,73$ .

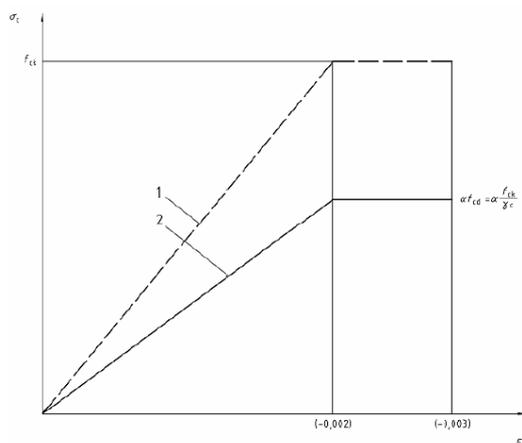


Рис. 1. Диаграммы зависимости между напряжением и деформацией для ячеистого бетона:

1 — идеализированная; 2 — расчетная;  $f_{cd}$  — расчетное значение прочности на сжатие,  $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$ ;  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий длительное воздействие нагрузок на прочность и неблагоприятных воздействий, вызванных видом и способом приложения нагрузки,  $\alpha = 0,85$

В СП 63.13330-2012 в качестве рабочих (расчетных) диаграмм состояния ячеистого бетона, определяющих связь между напряжениями и относительными деформациями, принимают не только диаграммы деформирования двухлинейные (рис. 2, б), но и трехлинейные (рис. 2, а).

При расчете железобетонных элементов по нелинейной деформационной модели используется также криволинейная диаграмма деформирования бетона (см. Приложение Г в СП 63.13330-2012), показанная на рис. 3, в которой ячеистый бетон учитывается безразмерным коэффициентом  $\lambda$  (см. формулы (11) и (12)).

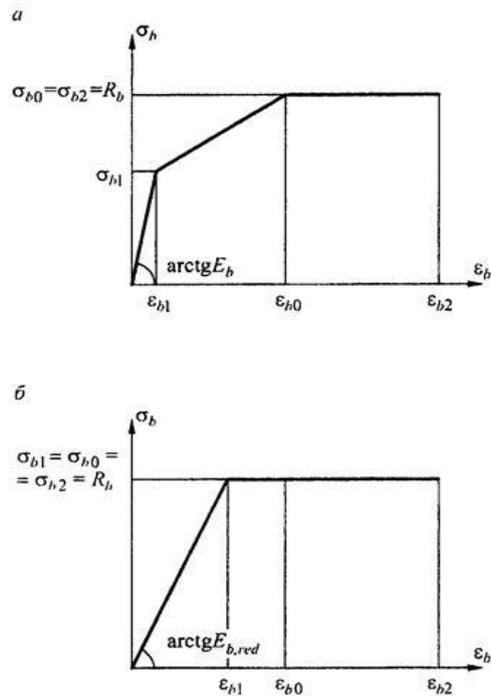


Рис. 2. Диаграммы состояния сжатого бетона: а — трехлинейная; б — двухлинейная

При трехлинейной диаграмме (см. рис. 2, а) сжимающие напряжения бетона в зависимости от относительных деформаций его укорочения определяют по формулам: при  $0 \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b1}$

$$\sigma_b = E_b \cdot \varepsilon_b; \quad (3)$$

при  $\varepsilon_{b1} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b0}$

$$\sigma_b = \left[ \left( 1 - \frac{\sigma_{b1}}{R_b} \right) \cdot \frac{\varepsilon_b - \varepsilon_{b1}}{\varepsilon_{b0} - \varepsilon_{b1}} + \frac{\sigma_{b1}}{R_b} \right] \cdot R_b; \quad (4)$$

при  $\varepsilon_{b0} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b2}$

$$\sigma_b = R_b. \quad (5)$$

Значения напряжений  $\sigma_{b1}$  принимают

$$\sigma_{b1} = 0,6 \cdot R_b, \quad (6)$$

а значения относительных деформаций  $\varepsilon_{b1}$  принимают

$$\varepsilon_{b1} = \sigma_{b1} / E_b. \quad (7)$$

Значение  $\varepsilon_{b0}$  определяют при непродолжительном действии нагрузки по формуле (11) с безразмерным коэффициентом  $\lambda$  для ячеистого бетона, определяемым по формуле (12).

Предельное значение  $\varepsilon_{b2}$  допускается принимать равным  $1,75 \varepsilon_{b0}$ , где  $\varepsilon_{b0}$  принимается по п. 6.1.14 СП 63.13330-2012 равным 0,002.

При двухлинейной диаграмме (см. рис. 2, б) сжимающие напряжения бетона в зависимости от относительных деформаций определяют по формулам:

при  $0 \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b1}$

$$\sigma_b = E_{b,red} \cdot \varepsilon_b, \quad (8)$$

при  $\varepsilon_{b0} \leq \varepsilon_b \leq \varepsilon_{b2}$

$$\sigma_b = R_b \quad (9)$$

Значения приведенного модуля деформации бетона  $E_{b,red}$  принимают:

$$E_{b,red} = R_b / \varepsilon_{b,red}, \quad (10)$$

где  $\varepsilon_{b,red}$  допускается принимать равным  $0,75 \varepsilon_{b0}$ .

При одноосном и однородном сжатии исходная диаграмма деформирования ячеистого бетона может быть принята криволинейной по Приложению Г СП 63.13330-2012 (рис. 3).

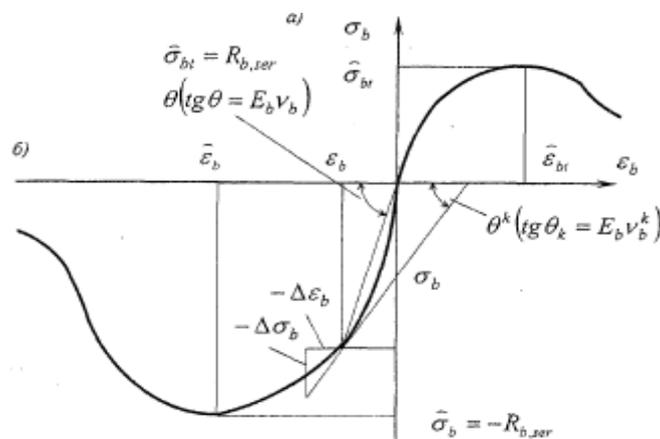


Рис. 3. Криволинейная диаграмма деформирования бетона

Обе ветви этой диаграммы (восходящая и нисходящая) описываются в Приложении Г СП 63.13330-2012.

При этом абсцисса вершины диаграммы осевого сжатия ячеистого бетона определяется по формуле

$$\bar{\varepsilon}_b = -\frac{B}{E_b} \lambda \frac{1 + 0,75 \lambda B / 60 + 0,2 \lambda / B}{0,12 + B / 60 + 0,2 / B}, \quad (11)$$

в которой безразмерный коэффициент  $\lambda$  для ячеистого бетона принимается равным

$$\lambda = 0,25 + 0,35 B. \quad (12)$$

Как видно из рис. 2, вершинами диаграмм деформирования являются расчетные сопротивления ячеистого бетона сжатию  $R_b$ , получаемые делением значений нормативных сопротивлений на коэффициент надежности по бетону при сжатии, принимаемым для ячеистого бетона равным  $\gamma_b = 1,5$ , в то время как значения соответствующего частного коэффициента запаса по прочности  $\gamma_c$  по EN 12602:2008 дифференцируются для двух случаев разрушения. Как было отмечено, в EN 12602:2008 вводятся понятия так называемого «вязкого» разрушения и хрупкого разрушения. Для случая «вязкого» разрушения частный коэффициент запаса по прочности  $\gamma_c$  принимается равным 1,44, для хрупкого разрушения  $\gamma_c = 1,73$ .

В отечественных нормах коэффициент надежности по бетону принимается постоянным при различных случаях разрушения железобетонных элементов, которые определяются непосредственно в процессе расчета по формулам, соответствующим той или иной схеме напряженно-деформированного состояния в поперечном сечении элемента. Например, для случая хрупкого разрушения по бетону сжатой зоны в перearмированных изгибаемых элементах или для случая разрушения при одновременном достижении предельных напряжений в арматуре и бетоне.

Принимаемое в EN 12602:2008 большее значение коэффициента  $\gamma_c = 1,73$  может привести к излишнему запасу прочности. Для «вязкого» же разрушения (при одновременном достижении предельных значений напряжений в бетоне и арматуре или только в арматуре с площадкой текучести) коэффициент запаса по прочности по EN 12602:2008, наоборот, принимается несколько меньшим  $\gamma_c = 1,44$ , т.е., соответственно, с меньшим запасом по прочности.

### Усадка при высыхании

В соответствии с п. 4.2.10 EN 12602:2008 декларируемое значение усадки при высыхании определяется по стандарту EN 680:1994 Determination of the drying shrinkage of autoclaved aerated concrete (Газобетон автоклавного твердения. Определение усадки при высыхании).

При отсутствии результатов испытаний для расчета конструкций из ячеистого бетона согласно п. 5.2.2 EN 12602:2008 используются конечные значения деформации усадки  $\varepsilon_{\infty}$ , указанные в табл. 9 EN 12602:2008. Согласно этой таблице значения деформации усадки зависят от размеров поперечного сечения конструкции (удвоенного отношения площади поперечного сечения к его периметру —  $2 A_c / u$ , т.е. величины, обратной модулю поверхности), а также от относительной влажности воздуха ( $W = 50\%$  и  $W = 80\%$ ).

Максимальная величина  $\varepsilon_{\infty} = 0,25\%$  в табл. 9 EN 12602:2008 принята при большем значении модуля поверхности конструкции (при  $2 A_c / u = 50$  мм) и меньшем значении относительной влажности воздуха 50%. Минимальная же величина  $\varepsilon_{\infty} = 0,10\%$  принимается по табл. 9 при меньшем значении модуля поверхности конструкции (при  $2 A_c / u = 150$  мм) и повышенной относительной влажности воздуха  $W = 80\%$ . Таким образом, приведенные в табл. 9 EN 12602:2008 значения деформации усадки сопоставимы с величиной усадки ( $30 \times 10^{-4}$ , или 0,3%), принимаемой по ГОСТ 25485-89 для неавтоклавного ячеистого бетона марок по плотности D600–D1200. Для автоклавного ячеистого бетона наиболее близкими значениями усадочных деформаций, минимально принимаемой по EN 12602:2008 ( $\varepsilon_{\infty} = 0,10\%$ ), является величина усадки ( $7 \times 10^{-4}$ , или 0,07%) по ГОСТ 25485-89 и ГОСТ 31359-2007 для бетона, изготовленного не на кварцевом песке, а на других видах кремнеземистых компонент. Для автоклавного же ячеистого бетона на кварцевом песке величина усадки по ГОСТ 25485-89 и ГОСТ 31359-2007 ( $5 \times 10^{-4}$ , или 0,05%) в 2 раза меньше минимального значения усадки, принимаемого по табл. 9 EN 12602:2008.

### Ползучесть

Ползучесть ячеистого бетона в соответствии с п. 4.2.11 EN 12602:2008 оценивается по коэффициенту ползучести  $\varphi(t_0, t)$ , определяемому по формуле (7) EN 12602:2008

$$\varphi(t_0, t) = \frac{\varepsilon_{cc}(t_0, t)}{\varepsilon_c(t_0)}, \quad (13)$$

где  $\varepsilon_{cc}(t_0, t)$  — деформация ползучести от момента времени  $t_0$  до момента времени  $t$ ;  $\varepsilon_c(t_0)$  — (упругая) начальная деформация в заданный момент времени  $t_0$ .

В отечественных нормативных документах этот коэффициент обозначается как характеристика ползучести бетона  $\varphi_t$ , связанная с мерой ползучести бетона  $C(t) = \varphi_t / E_b$ .

Ползучесть пористого бетона (п. 4.2.11.1 EN 12602:2008) для напряжений сжатия, которые в момент нагружения  $t_0$  не превышают значение  $0,45 f_{ck}$ , принимается как линейная, т.е. увеличивается пропорционально приложенному напряжению.

При отсутствии опытных данных максимальная деформация ползучести в соответствии с п. 4.2.11.1 EN 12602:2008 принимается соответствующей коэффициенту ползучести  $\varphi(t_0, \infty) = 1$ .

В п. 4.2.11.3 EN 12602:2008 средние коэффициенты ползучести ячеистого бетона регламентируются в табл. 3 по классам ползучести от 0,5 до 1,0.

В СП 63.13330-2012 нет указаний по нормированию параметров ползучести для ячеистого бетона, в п. 6.1.16 предлагается значения коэффициента ползучести ячеистых бетонов принимать по специальным указаниям.

Если принять характеристики ползучести  $\varphi_t$ , изменяющиеся согласно табл. 3 EN 12602:2008 от  $\varphi_t = 0,5$  до  $\varphi_t = 1$ , то по результатам расчета для ячеистого бетона в интервале марок по плотности D500 — D900 и классов по прочности B1 — B5 значения меры ползучести  $C(t) = \varphi_t / E_b$  будут превышать соответствующие значения  $C(t)$  для тяжелого бетона, приведенные, например, в табл. 7.12 СП 35.13330.2012.

### **Коэффициент поперечной деформации (коэффициент Пуассона)**

Коэффициент поперечного расширения (для «упругих расширений») по п. 4.2.8 EN 12602:2009 и коэффициент поперечной деформации по п. 6.1.17 СП 63.13330-2012 принимаются равными  $\nu = 0,2$ .

### **Коэффициент линейной температурной деформации**

Коэффициент линейной температурной деформации ячеистого бетона принимается по п. 6.1.18 СП 63.13330-2012 равным  $\alpha_{bt} = 1 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$  при изменении температуры от минус 40 °С до плюс 50 °С.

Коэффициент поперечного расширения согласно п. 4.2.8 EN 12602:2009 рекомендуется принимать равным  $8 \times 10^{-6}/\text{K}$  или  $0,8 \times 10^{-5}/\text{C}$ , т.е. на 20% меньше, чем по СП 63.13330-2012.

### **Выводы**

Сравнительный анализ европейского стандарта EN 12602:2008 «Сборные армированные элементы из ячеистого бетона» и отечественных нормативных документов (СП 63.13330-2012, ГОСТ 31359-2007, ГОСТ 25485-89) показал, как различие, так и некоторое сходство в оценке и методологии подходов к нормированию отдельных параметров и характеристик ячеистого бетона, используемого в конструкциях жилых и общественных зданий. По отдельным характеристикам, в частности, по ползучести ячеистого бетона, в отечественных нормах (СП 63.13330-2012) отсутствуют какие-либо указания по ее нормированию. Значения других параметров (прочность на растяжение, модуль упругости, усадочные и температурные деформации), а также коэффициенты (надежности) запаса по прочности, принятые в EN 12602:2008 отличаются от соответствующих параметров и коэффициентов, регламентируемых в отечественных нормах и ГОСТах. Кроме этого, при нормировании прочности ячеистого бетона на сжатие в EN 12602:2008, в отличие от отечественных норм, в качестве расчетной характеристики принимается кубиковая, а не призмная прочность.

Что касается диаграмм деформирования ячеистого бетона, то в EN 12602:2008 принят более упрощенный подход (в расчет принимается только двухлинейная диаграмма сжатия бетона).

В целом в стандарте EN 12602:2008 большее внимание к оценке прочностных и деформационных характеристик ячеистого бетона уделяется экспериментальным методам их получения.

## **ПЕРЕМЫЧКИ АРМИРОВАННЫЕ ИЗ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ ПЕРЕМЫЧЕК С ВЫШЕЛЕЖАЩЕЙ КЛАДКОЙ НА ПОЛИУРЕТАНОВОМ КЛЕЕ**

*А.А. ШЕБОЛДАСОВ, канд. техн. наук, ОАО «Бонолит—Строительные решения»*

Важным элементом стеновой ограждающей конструкции является перемычка. В каменных зданиях из ячеистого бетона автоклавного твердения с целью снижения теплопотерь, ускорения сроков загрузки перемычки и создания однородной поверхности, которая приводит к снижению трещинообразования и уменьшению толщин адгезионно связанной отделки, рекомендуется применение железобетонной перемычки из автоклавного газобетона.

Несмотря на очевидные плюсы применения газобетонных перемычек, использование которых становится наиболее актуальным в зданиях повышенной этажности в связи с высокой огнестойкостью автоклавных изделий, ограничением становится недостаточная несущая способность отдельно рассматриваемых брусковых элементов в несущих элементах конструкций малоэтажных строений.

Для перемычек, изготавливаемых из ячеистого бетона автоклавного твердения торговой марки PORITEX (рис. 1), применяется бетон марки по средней плотности D600, с классом по прочности на сжатие не менее В3,5. Изделия армируются сварными каркасами и сетками

из арматурной стали А400 и А240. Перемычки выпускаются шириной 100, 150, 200 и 300 мм. Максимальная ширина перекрываемого проема – 2500 мм.

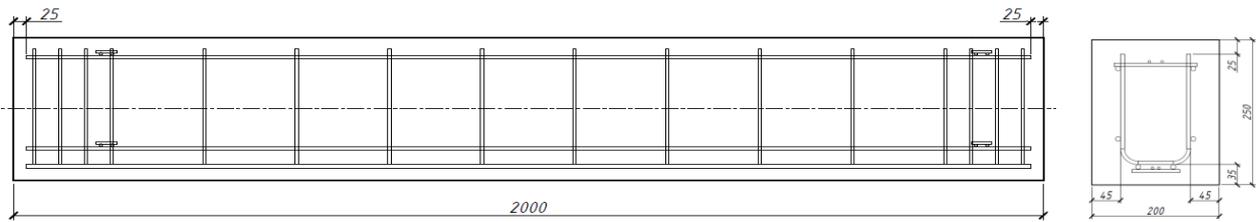


Рис. 1. Пример армирования перемычки PORITEP объемным каркасом

Армированные перемычки из ячеистого газобетона рассчитываются на нагрузки от перекрытий и балок, опирающихся на кладку над перемычкой и на давление от свежееуложенной неотвердевшей кладки. Для формирования проемов два метра и более применение армированных железобетонных перемычек становится наиболее актуальным.

Мероприятия, обеспечивающие соответствующие конструктивные решения, позволяют учитывать совместную работу кладки над перемычкой. Предшествующие экспериментальные исследования работы перемычек из ячеистого газобетона, с одним и двумя рядами кладки из блоков сверху изгибаемого элемента, с соединенных между собой с помощью клеевого раствора для тонкошовной кладки, проведенные Семченковым А.С. и Литвиненко Д.В. показали положительный результат. Исследования проводились на перемычках-полуфабрикатах для выполнения комплексных перемычек YTONG YF высотой 124мм.

Выпуск перемычек с высотой 250 мм и применение принципиального другого типа материала шва для кладки блоков потребовал проведения альтернативных испытаний.

Испытания на предприятии ОАО «Бонолит - Строительные решения» проведены с применением изделия 2000х200х250мм (рис. 2). Опытный образец представляет собой сборную составную конструкцию, состоящую из армированной ячеистобетонной перемычки и рядом кладки ячеистобетонных блоков марки D500 классом В3,5, уложенных над перемычкой (рис. 3). Общий размер опытного образца составил 2000х200х500(Н) мм.

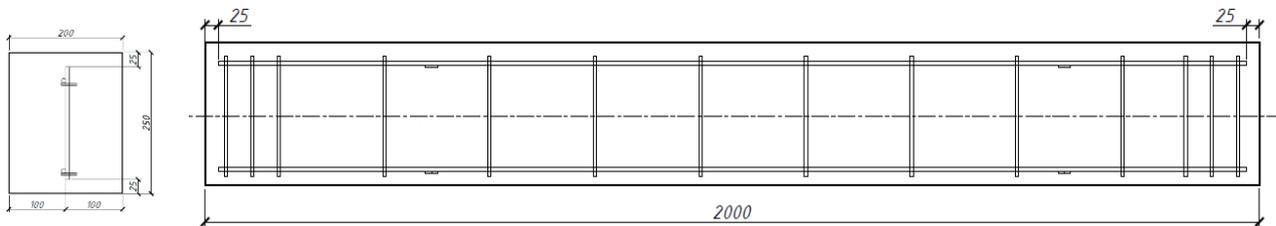


Рис. 2. Схема армирования перемычки из ячеистого бетона автоклавного твердения PORITEP для испытаний

Исследования прочности сцепления ячеистого бетона с полиуретановым клеем «Bonolit «Формула Тепла» показали отличные результаты уже через несколько часов после склеивания образцов, что позволило выбрать данный тип клеевого соединения для экспериментальных исследований. Помимо этого применение данного типа клея не создает теплопроводных включений. Толщина швов в конструкции перемычки не превышала 1 мм.



Рис. 3. Сборная составная конструкция перемычки

Испытания перемычки нагружением для оценки прочности проводились по ГОСТ 8829, нагрузка прикладывалась поэтапно. Испытания проводились через два часа после монтажа конструкции на клей. Общий вид образца после испытаний показан на рис. 4.

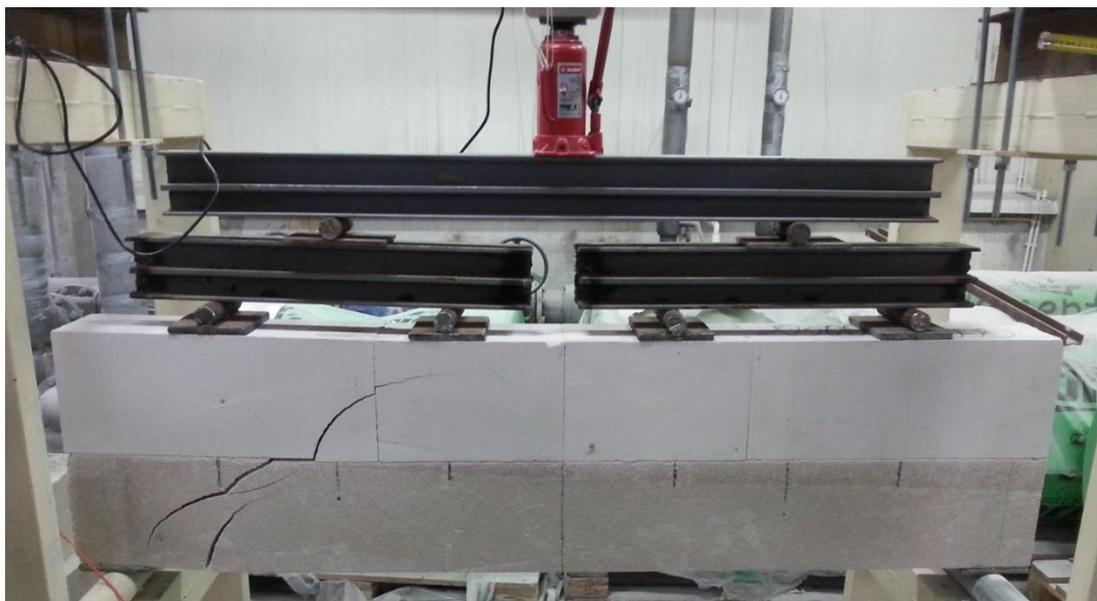


Рис. 4. Разрушение в сборной составной конструкции перемычки

На изделии сборной составной конструкции перемычки разрушающая нагрузка составила 3150 кг/м.

Разрушающая нагрузка при испытании одиночной перемычки составила 958 кг/м.

Результат испытаний перемычки с вышележащей кладкой из ячеистобетонных блоков на полиуретановом клее, изготовленных по технологии PORITER, позволяет отметить прирост прочности за счет включения кладки в работу перемычек. Несмотря на высокий прирост прочности в изделии 2000x200x500(Н) мм, испытания перемычек других типоразмеров с рядом кладки показывают меньшей прирост прочности, но менее чем в 1,7 раза.

Предприятием ООО «ЭКО-Золопродукт Рязань» с 2015 года отработан и налажен выпуск восемнадцати типоразмеров перемычек PORITER. За время выпуска изделий оценена работа сборных перемычек с различным исполнением, в том числе, с применением нескольких в одном ряду с вышележащей кладкой. Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов выпускаемых предприятием изделий выполнялся по методикам СТО 501-52-01-2007 «Проектирование и возведение ограждающих конструкций жилых и общественных зданий с применением ячеистых бетонов в российской федерации. Часть II» и СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003». В результате обработки данных, установлено, что значения расчетных нагрузок по методикам расходятся. В таблице 1 приведены значения расчетных нагрузок на ряд выпускаемых перемычек.

Таблица 1

Значения расчетных нагрузок по методикам СТО и СП

№ п/п	Ширина, мм	Длина, мм	Высота, мм	Нагрузка расчетная, кг/м		Разрушающая нагрузка, кг/м (приведена справочно)
				СТО 501-52-01-2007. Часть II	СП 63.13330.2012	
1	200	2500	250	1784,1	1859,3	2449,3
2		3000		1248	1300,6	1792,27
3	300	1500		6619,6	6048,2	10745,45
4		2000		3452,8	3154,8	4712,22
5		3000		1575	1849,2	2142,39

#### Выводы

1. Несмотря на ограничение в наборе клеем прочности в 24 часа до полной адгезии, испытания, проведенные через два часа после монтажа конструкции, показали ожидаемый результат.
2. Конструкция перемычки с вышележащей кладкой, приведенная в статье, показала прирост прочности в 3,28 раза. Однако перемычки других типоразмеров показывают меньший прирост прочности, но не менее чем в 1,7 раза.
3. Методики расчета по прочности сечений изгибаемых элементов показывают разные значения, требуется проведение дополнительной работы для определения более точной методики расчета.

## РЕКЛАМНЫЙ РАЗДЕЛ

### МЕЖДУЭТАЖНЫЕ ПЕРЕКРЫТИЯ В КАМЕННЫХ ДОМАХ

*В.А. БЛЮСОВ, А.В. ПАНФИЛОВ, ООО «СМП МАРКО»*

#### **Введение**

Снижение веса строительных конструкций становится все актуальнее при проектировании. Уменьшение расхода строительных материалов при сохранении несущей способности конструкций обеспечивает существенный экономический эффект. В нашей стране в практике проектирования и строительства сборных и монолитных зданий наиболее широкое распространение получили стеновые, каркасные, каркасно-стеновые и каркасно-ствольные конструктивные системы.

Применение тяжелого бетона для возведения несущих железобетонных конструкций, широкое использование стеновых конструктивных систем привело к увеличению массы как отдельных конструкций, так и зданий в целом. Первой попыткой решить данный вопрос стало появление пустотных сборных плит. Такие плиты значительно легче, чем сплошные сборные и монолитные перекрытия.

Следующим этапом решения вопроса по облегчению конструкций стало использование сборно-монолитных перекрытий. При проектировании данных конструкций были учтены плюсы и минусы монолитных и сборных плоских перекрытий.

Доля сборно-монолитных конструкций для перекрытий в странах Евросоюза по разным оценкам составляет до 70%. В нашей же стране до 2008 года такие перекрытия не применялись вовсе. В то время как такие конструкции имеют меньший удельный вес, более высокие показатели по теплоизоляции и звукоизоляции, не требуют трудоемкого технологического процесса съемной опалубки, а также использования специальной грузоподъемной техники и других дополнительных трудозатрат.

#### **Виды железобетонных перекрытий**

Железобетонные плоские перекрытия – наиболее распространенные конструкции, применяемые в строительстве зданий. По технологии возведения такие перекрытия подразделяются на монолитные, сборные и сборно-монолитные.

#### **Монолитные перекрытия**

Монолитное строительство – технология возведения железобетонных конструкций непосредственно на строительной площадке без устройства конструктивных стыковочных швов. Монолитные железобетонные перекрытия (рис.1) относятся к категории наиболее надежных и универсальных конструкций.



Рис.1. Монолитное перекрытие

К достоинствам монолитных перекрытий относят также их долговечность, высокую жесткость, возможность образования изделий необходимой формы, огнестойкость,

использование местных материалов. К недостаткам – большой удельный вес, необходимость устройства лесов и опалубки, высокую трудоемкость возведения, которая не соответствует современным тенденциям в строительстве. Кроме того, монолитное строительство зависит от климатических и погодных условий. Так, изготовление ж/б конструкций при температурах ниже +5°C сильно удорожает процесс, поскольку требует применения различных способов прогрева и (или) противоморозных добавок. Это обуславливает необходимость создания других типов конструкций перекрытий.

### Сборные перекрытия

Сборным железобетонным перекрытием (рис.2) называют перекрытие, которое изготавливается из уже готовых железобетонных плит. Плиты производят на специализированных заводах с применением бетона классов не ниже В15 и стальной арматуры (с предварительным напряжением либо без предварительного напряжения).



Рис. 2. Сборное железобетонное перекрытие

Значимым преимуществом такого вида перекрытия выступает тот факт, что максимальные нагрузки на плиты уже учтены при их производстве и нет необходимости рассчитывать плиты на несущую способность. Процесс их проектирования сводится к подбору из каталогов типовых железобетонных изделий нужных конструкций в зависимости от величины пролета и возможных нагрузок.

### Виды плит перекрытия

Наиболее распространенными типами сборных плит (рис.3) являются:

- полнотелые – сплошные ж/б плиты перекрытия без пустот. Форма – ровная прямоугольная, толщина варьируется от 100 до 160 мм;
- пустотелые – плиты перекрытия, в теле которых предусмотрены круглые, квадратные, овальные пустоты, размещенные вдоль изделия. Чаще всего применяются плиты толщиной 220 мм с диаметром отверстий 140 и 160 мм. Производятся также пустотные железобетонные плиты толщиной 160, 260 и 300 мм;
- ребристые – ж/б плиты, усиленные ребрами жесткости. Такие плиты обладают повышенной несущей способностью и зачастую применяются при строительстве торговых центров и производственных зданий.



Рис. 3. Наиболее распространенные типы сборных плит: полнотелые, пустотелые и ребристые

Преимуществами использования сборных железобетонных перекрытий по сравнению с монолитными являются:

- повышение тепло- и звукоизоляционных характеристик при использовании пустотных сборных плит;
- высокая скорость монтажа конструкций;
- независимость от погодных условий при монтаже.

Процесс возведения сборных железобетонных конструкций на строительной площадке проще монолитных, но требует использования специального грузоподъемного оборудования. Кроме того, вес таких конструкций является значительным, и вопрос поиска более легких конструктивных решений с сохранением минимальных трудозатрат остается актуальным.

### **Сборно-монолитные перекрытия (СМП)**

Стремление избавиться от недостатков монолитного перекрытия привело к созданию сборно-монолитных перекрытий, представляющих в сечении монолитную ребристую плиту. Сущность конструкции монолитного ребристого перекрытия заключается в удалении бетона из растянутых зон сечений, где он не оказывает влияния на несущую способность конструкции. В растянутых зонах сохранены лишь рёбра – второстепенные и главные балки – для расположения рабочей арматуры и восприятия поперечных сил. Устройство монолитного ребристого перекрытия приблизительно в 2 раза выгоднее строительства сплошной монолитной плиты перекрытия.

Наиболее распространённая конструкция, занимающая в Европе более 70% рынка перекрытий. В России практически весь современный рынок СМП сформировался за счёт однонаправленных перекрытий. На рынке в разной степени присутствуют все три их конструктивных варианта: балочные СМП, безбалочные СМП, сборно-монолитные плиты.

В составе балочных СМП специалисты выделяют четыре конструктивных элемента: балки несъёмной опалубки, элементы для заполнения межбалочного пространства, арматурная сетка, скрепляющий слой монолитного бетона. Чаще всего в качестве элементов для заполнения межбалочного пространства используются блоки различной толщины. Сегодня уже трудно назвать строительный материал, который не использовался бы для изготовления блоков перекрытий. Чаще всего блоки производятся из полистиролбетона, керамзитобетона, пескобетона, газобетона, керамики, пенопласта. Особенно расширилась номенклатура используемых блоков после изобретения в России компанией СМП МАРКО, балок на основе оцинкованного тонкостенного профиля.

Изначально в сборно-монолитных перекрытиях в качестве несъёмной опалубки использовались балки с бетонным основанием и пустотные блоки. Такие балки трудоёмки при изготовлении и производстве монтажных работ на строительном объекте. Тем не менее, они были популярны до недавнего времени, а некоторые фирмы применяют их до сих пор. На смену им пришли стальные опалубочные армированные конструкции на основе профиля УНИВЕРСАЛ.

При схожих технологических приёмах устройства этих перекрытий между ними имеется существенное отличие. При использовании балок с бетонным основанием возникает, так называемый, «холодный шов», нарушающий монолитную целостность сечения бетонного ядра и ведущий к ослаблению прочностных связей на стыке «старого» бетона балки и «нового» свежееуложенного. Напротив, полый металлический профиль формирует однородное бетонное ядро и исключает образование «холодного шва». В результате перекрытие уже классифицируется как монолитное ребристое.

Опалубочные элементы с использованием профиля УНИВЕРСАЛ обладают меньшим весом, просты в монтажных работах, а также позволяют перекрывать пролёты в зданиях любой конфигурации.

Важно понимать, что для снижения собственного веса перекрытия и повышения его несущей способности необходимо снижать и вес блоков. Именно поэтому, в перекрытиях

используются блоки низкой плотности. Низкая плотность материала блоков, кроме того, позволяет повысить тепло- и звукоизоляционные характеристики перекрытий.

По своей сути технология СМП (рис.4) предполагает ручной монтаж блоков. Это налагает ограничения на их вес, ограничивая его в пределах до 25 кг. Это условие, как раз, выполняют газобетонные блоки плотностью D300 и D400, вес боков 6 - 16 кг.

Перекрытия с такими блоками прошли успешные испытания на огнестойкость и огнесохранность. Пределы огнестойкости REI 120 подтверждены протоколами ВНИИПО МЧС России. Огнесохранность подвергнутой испытаниям плиты-образца перекрытия подтверждена достижением предельного состояния по несущей способности (R). Обрушение при нагрузке 3350 кг/м<sup>2</sup>.

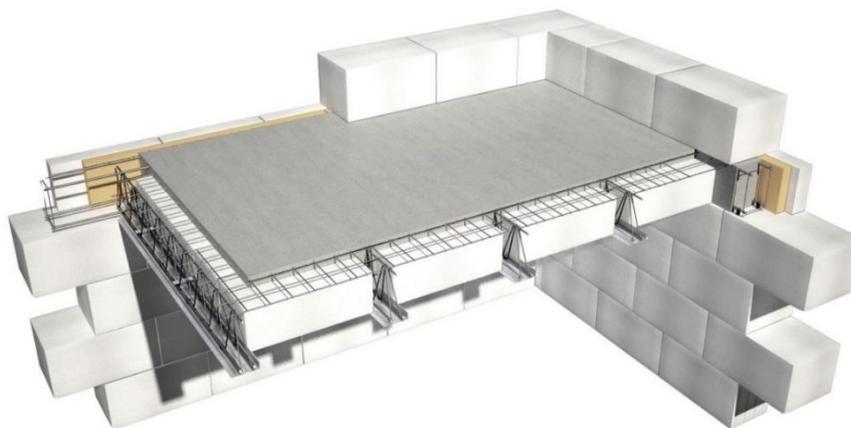


Рис. 4. Устройство монолитного ребристого перекрытия – монтаж стальных опалубочных конструкций и блоков

В индивидуальных жилых домах теплотери через цокольные перекрытия, расположенные непосредственно над грунтом, достигают 20% общих теплотерь дома. Сборно-монолитные перекрытия могут эти потери значительно снизить, а некоторых случаях (пассивный дом) свести к нулю. Важно отметить, что такое серьёзное сокращение теплотерь достигается практически без дополнительных затрат. Аналогичная конструкция может быть использована и для чердачных перекрытий, и для перекрытий эксплуатируемых кровель, где задача снижения тепловых потерь стоит не менее остро.

Данный тип перекрытия обладает достоинствами как сборного, так и монолитного вариантов: экономный расход бетона, отсутствие опалубки для бетонирования перекрытия, применение предварительно напряженных балок в нижней зоне конструкции, а также возможность получения из монолитного бетона гладкой поверхности перекрытия, готовой для устройства чистых полов.

#### **Опалубка стальная армирующая несъёмная**

Под эти названием подразумевается один из основных элементов СМП, формирующий в готовом перекрытии несущую железобетонную балку таврообразного сечения. Совокупность таких балок образует монолитное ребристое перекрытие.

Стальной опалубочный элемент (рис.5) представляет собой тонкостенный профиль специальной формы из оцинкованной стали, в котором закреплён пространственный треугольный арматурный каркас. За счёт изменения высоты каркаса и диаметра его рабочей арматуры конструкторы меняют несущую способность перекрытий и размеры перекрываемых пролётов. Вес погонного метра таких конструкций колеблется в пределах от 5 до 10 кг.

В качестве формообразующих элементов монолитной ребристой плиты используются обычные стеновые или перегородочные блоки. Такая возможность значительно расширяет географию применения сборно-монолитных перекрытий. Кроме того, с использованием стальных опалубочных конструкций для специалистов открылись совершенно новые возможности. Например, такие конструкции легко стыковать между собой под углом,

в дополнение к треугольному арматурному каркасу можно монтировать рабочую арматуру различного расчётного диаметра. Это позволило выполнять в перекрытиях проёмы любой формы, перекрывать пролёты до 12, а в некоторых случаях до 16 м.

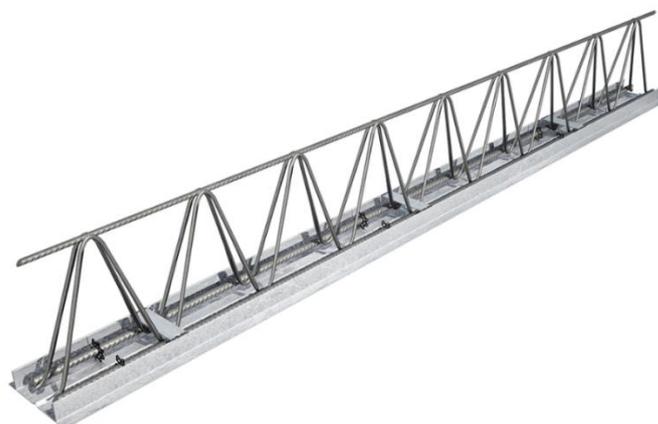


Рис. 5. Балка МАРКО-УНИВЕРСАЛ

Представленная опалубочная конструкция обладает большими перспективами по расширению пределов несущей способности перекрытия. Незначительные конструктивные дополнения позволяют включить в работу тонкостенный профиль в качестве внешней арматуры (до настоящего времени исполнявшего функции только несъёмной опалубки). Технические решения зарегистрированы в Государственном реестре полезных моделей РФ. Получены патенты.

Кроме того, перекрытия с использованием тонкостенного профиля УНИВЕРСАЛ практически не имеют разумной альтернативы при замене старых перекрытий в жилом фонде.

В таблице 1 представлены результаты сравнительного анализа монолитных, сборных и сборно-монолитных перекрытий.

Таблица 1

Сравнительный анализ перекрытий

Параметр	Тип перекрытия		
	Монолитное перекрытие	Плиты перекрытия	Сборно-монолитное перекрытие МАРКО
Аренда опалубки	да	Нет	нет
Устройство отдельного армопояса	нет	Да	нет
Макс. величина пролёта	до 5 метров	до 12 метров	до 12 метров
Скорость поставки материалов	2	2-3 недели	2
Время монтажа	5	4	3
Потребность в кране	нет	да	нет
Ограничения пространства при погрузочно-разгрузочных и монтажных работах	нет	есть	нет
Потребность в бетононасосе	да	нет	да
Вес перекрытия 1 м.кв.	530	320	260
Теплоизоляция	нет	нет	есть
Шумоизоляция	плохая	плохая	высокая
Допустимая нагрузка на 1 кгс/м.кв	800	800	1500
Пожаробезопасность	нет	да	нет
Простота монтажа инж. коммуникаций	да	нет	да
Перекрытие сложных форм	да	нет	да
Жесткость конструкции	да	да	да
Возможность усиления (камины, джакузи)	есть	нет	есть

Таблица 2

Сравнительный анализ стоимости перекрытий 100м<sup>2</sup>

Параметр	Тип перекрытия		
	Монолитное перекрытие	Плиты перекрытия	Сборно-монолитное перекрытие МАРКО
Аренда крана	нет	14000	нет
Доставка материала	20000	26000	10000
Аренда бетононасоса	13000	нет	13000
Аренда фанеры 30 дней	12500	нет	нет
Аренда стоек, унивилки и балки 30 дней	23000	нет	7000
Монтаж армопояса 200*300мм	нет	18000	есть, в составе
Стоимость монтажных работ	108000	22000	100000
Стоимость дополнительных работ/материалов	10000	10000	10000
Стоимость стяжки	нет	40000	нет
<b>Стоимость материалов 100м<sup>2</sup></b>			
Доска (черновой пол)	нет	нет	нет
Доска/опалубка	8000	8000	нет
Брус 200x200	нет	нет	нет
Утеплитель	нет	нет	нет
Пароизоляция	нет	нет	нет
Гидроизоляция	нет	нет	нет
Антисептик	нет	нет	нет
Товарный бетон на перекрытие/монолитный пояс	73000	21000	35000
Балки и блоки МАРКО-ГАЗОБЕТОН	нет	нет	120000
Сетка арматурная 100X100	нет	12100	12100
Арматура D12	70000	10000	8500
Проволока вязальная	3000	500	500
Плиты перекрытия	нет	145000	нет
Сухая смесь	нет	3000	нет
<b>ИТОГО стоимость 100 м.кв.</b>	<b>340500</b>	<b>329600</b>	<b>316100</b>
<b>Стоимость 1 м.кв.</b>	<b>3405</b>	<b>3296</b>	<b>3161</b>

**Заключение**

Каждый год строительная отрасль развивается, происходит внедрение новых технологий, которые обладают какими-либо преимуществами по сравнению со своими широко используемыми аналогами.

Благодаря развитию системы сборно-монолитных перекрытий СМП МАРКО, все больше архитекторов и конструкторов включают в свои проекты легкие перекрытия, которые:

- снижают нагрузки на конструкции здания;
- значительно уменьшают расход бетона, а значит и затраты в целом;
- позволяют вести монтаж без использования крана, а также в закрытых помещениях с пролетами до 12 метров;
- позволяют использовать пустоты в блоках для прокладки коммуникации;
- обеспечивают высокие показатели по теплозащите и звукоизоляции.

Использование сборно-монолитных перекрытий позволяет реально ускорить строительный процесс, сделав его менее затратным без потери показателей долговечности, надежности и комфорт.

## **АЛЮМИНИЕВЫЕ ГАЗООБРАЗОВАТЕЛИ ОК РУСАЛ**

*А.С. ИГУМЕНЬЦЕВ, С.В. ЗМАНОВСКИЙ, А.В. МУХЕТДИНОВА, ОК РУСАЛ,*

*ООО «СУАЛ-ПМ», Филиал «Центр Инноваций»*

*Н.Л. БЛОХИН, А.В. ГУБАНОВ, «ВгАЗ-СУАЛ», Филиал АО «СУАЛ»*

*Н.А. МЕЛЬНИКОВ, ОК РУСАЛ, ООО «СУАЛ-ПМ»*

Объединенная компания РУСАЛ (ОК РУСАЛ) – один из мировых лидеров алюминиевой отрасли, крупнейший производитель глинозёма, алюминия и его сплавов. Основная цель производственной стратегии нашей компании – увеличение ассортимента продукции с добавленной стоимостью, качество, свойства и характеристики которой должны отвечать потребностям и ожиданиям различных потребителей. Поэтому РУСАЛ уделяет приоритетное внимание вопросам качества продукции с момента создания компании. Компания обладает собственной ресурсной базой и осуществляет полный цикл производства алюминия – от добычи бокситов до выпуска готовой продукции, что обеспечивает высокую операционную гибкость и максимальный контроль над качеством продукции. В компании работает три предприятия, занимающиеся производством алюминиевых порошков, пудр и паст.

Основными трендами развития присутствия порошкового бизнеса в ОК РУСАЛ являются ориентация на конкретного потребителя, удовлетворения его качественными характеристиками производимой продукции, условиями приобретения.

Продукция РУСАЛ старой линейки известна довольно хорошо в Беларуси, в России и в странах СНГ. Кроме того она поставляется в больших объемах в страны Европы, Азии и Ближнего Востока. Компания РУСАЛ производит ежегодно более 11 тыс. тонн газообразователей.

В связи с тем, что рынок газобетона постоянно предъявляет новые требования к качеству газообразователей, компания выбрала для себя развитие качественных характеристик алюминиевых газообразователей в одно из приоритетных направлений. Первоочередной задачей определено следующее: новые выпускаемые газообразователи должны избавиться от недостатков, характерных для продукции старой линейки, произведенной по старой технологии.

Основные из них:

1. Нестабильность продукта по динамике газовыделения. Как от партии к партии, так и внутри партии.
2. Слишком интенсивная реакция выделения водорода на начальном этапе созревания массива газобетона. Это приводило к кипению, а иногда – к падению массива.
3. Продолжительное газовыделение на конечном этапе созревания. Как результат - расслоения и трещины в газобетоне.
4. Агломерация (склеивание) частиц алюминия, приводящая к появлению крупных пор в массиве и неоднородной пористой структуре.

Многие из перечисленных недостатков обуславливались несовершенством технологии и оборудования, используемого для производства газообразователей. В связи с этим в 2013 году Компанией РУСАЛ был взят курс на модернизацию предприятий порошковой металлургии. Взамен традиционных шаровых мельниц на заводах порошковой металлургии РУСАЛ было установлено и устанавливаются новые современные размольные системы, предназначенные для производства газообразователей в виде пудр. Благодаря внедрению нового оборудования в компании начат выпуск новых газообразователей – RA, RC. Основное отличие новой линейки продукции от старой – это качество размол и толщина чешуйки. Новое оборудование позволило выпускать пудры монодисперсного состава – так называемые «узкие» пудры, размером от 10 до 60 мкм со стабильно высоким качеством и толщиной чешуйки < 200 нанометров. Узкий диапазон гранулометрического состава и качественный размол – это основные характеристики, существенно влияющие на кинетику газовыделения.

Определяющим показателем для многих производителей ячеистого бетона является также полное окончание реакции газовыделения при наборе прочности массива. Свойства новых

газообразователей ОК РУСАЛ отвечают этому требованию. На рис. 1 представлены кривые распределения гранулометрического состава продукции старой линейки и их аналогов RA, RC RB, произведенных по новой технологии. Равномерность размеров частиц необходима для получения равномерного подъема массива и образования одинаковых по размеру пор в бетоне. Газообразователи РУСАЛ до 2014 г. характеризовались затяжным газовыделением. Причина – толщина чешуйки > 300 нм. Вследствие чего, после распалубки вдоль всего массива иногда наблюдались трещины и расслоения. В газообразователях новой линейки эту проблему удалось устранить благодаря более тонкому размолу алюминия, толщина чешуек которого не превышает 150 нм.

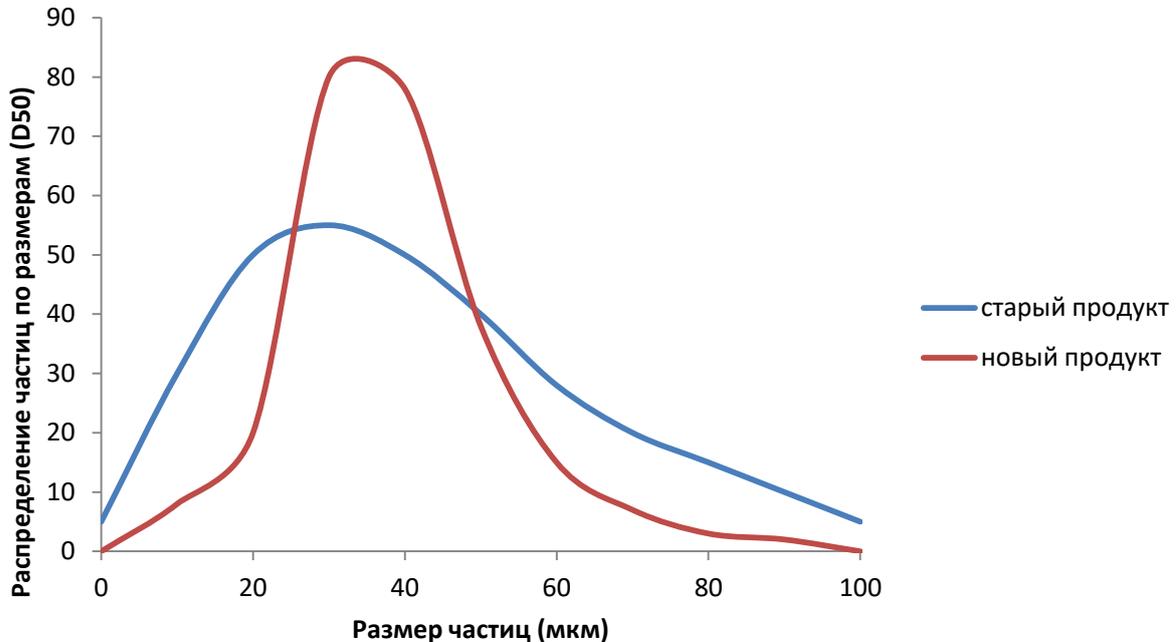


Рис. 1. Кривые распределения гранулометрического состава «старой» гидрофильной пудры ГАП и ее аналога, произведенного на новом оборудовании

Как показала практика, одного только качественного размолу сырьевых компонентов недостаточно для того, чтобы сбалансировать одновременно протекающие процессы: газовыделения и схватывания массива. Одной из проблем для производителей газобетона является слишком ранняя реакция газообразования на начальном этапе заливки бетонной смеси. Этот недостаток присутствовал в пудрах и пастах, выпускаемых ОК РУСАЛ до 2014 года. Часто реакция интенсивного газообразования начиналась сразу после ввода алюминиевой суспензии в растворную смесь. Это можно было определить по усилению вибрации смесителя и увеличению расхода ГО. При таких условиях часть газа, предназначенного для формирования газобетонной структуры, терялась в смесителе и на первых минутах после заливки газобетона в формы.

Для устранения этой проблемы были разработаны рецепты для алюминиевой пасты, обеспечивающие стабилизацию и задержку начала реакции газообразования. В настоящее время пасты, выпускаемые ОК РУСАЛ работают не хуже, чем их импортные аналоги. Особенность данных добавок заключается в том, что кривая газовыделения смещается только на начальной стадии реакции газообразования, а конечная стадия реакции остается той же (рис. 2).

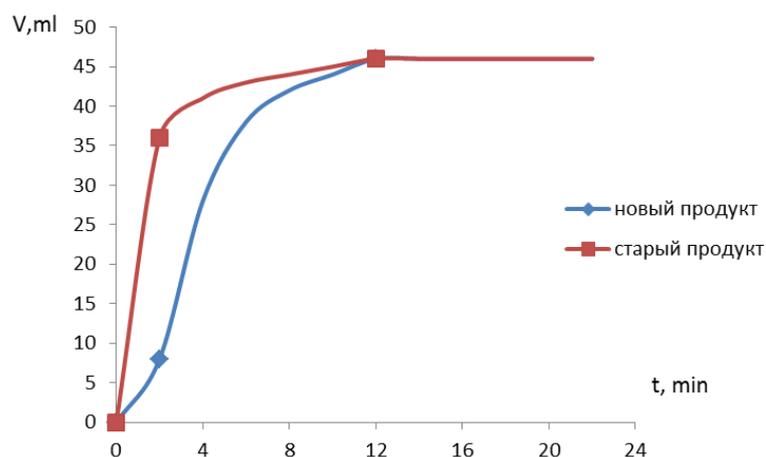


Рис. 2. Кинетика газообразования обычных паст («старый» продукт) и с замедленной кинетикой ГВ (новый продукт)

Многим производителям газобетона знакома проблема неоднородной ячеистой структуры блока, наличия крупных пор и линз. Причин этого может быть много. Одна из них: неоднородность частиц алюминия по гранулометрическому составу и, в большей степени – слипание частиц алюминия при длительном хранении. Это сказывается на процессе вспучивания и интенсивного газообразования залитого массива, а так же на прочностных характеристиках конечной продукции. Слипание, или так называемая «агломерация» частиц, иногда присутствовала в пастах ОК РУСАЛ выпускаемых ранее. Этому способствовали, в том числе и ранее используемые химические добавки. С внедрением новых рецептов агломерации частиц паст не происходит.

Другая проблема - неоднородность алюминиевых паст одного наименования по физико-химическим параметрам, что было связано с отсутствием оборудования для усреднения. В 2015 году Компания РУСАЛ запустила в эксплуатацию 3 специализированных конусных смесителя для производства алюминиевых паст стабильного качества и однородностью по физико-химическим свойствам как внутри партии, так и от партии к партии.

Параллельно запущена система вакуумирования в упаковку алюминиевых паст, позволяющая увеличить загрузку тары при транспортировке, и, как следствие, снизить конечную стоимость продукта.

Для более точного подбора газообразователя под существующий технологический процесс потребителя компания РУСАЛ на данный момент, выпускает широкую линейку паст АПГ и RB. Каждая паста, в свою очередь, имеет градацию по гранулометрическому составу – от 10 до 60 мкм и содержанию сольвента от 10 до 30%.

При необходимости мы готовы производить пасту с задержкой газовой выделению до 2-ой минуты. При этом в обозначении марки пасты появляется латинская буква S (например – RB 302S).

Для расширения своего сегмента на рынке газообразователей ОК РУСАЛ продолжает модернизировать производство и совершенствовать качество ГО, переходить на выпуск монодисперсных пудр и паст, подбирать оптимальную рецептуру химических модификаторов для паст, оказывать техническую поддержку своим постоянным и потенциальным клиентам.

В начале 2017 года введена в действие современная установка размола алюминия для производства востребованных ГО в г. Волгограде и сформирован склад готовой продукции в европейской части России с целью минимизации времени доставки продукции до конечного потребителя. Вводится система конкурентных условий поставки и оплаты продукции ОК РУСАЛ.

Проведенная модернизация позволяет производить современные, востребованные на рынке газообразователи и расширить их номенклатуру. Ведутся разработки новых технологических решений «know-how», разработка инновационных газообразователей увеличивающих прочность газобетона. Все эти работы имеют своей конечной целью выпуск продукта, превосходящего по качеству лучшие зарубежные аналоги и в то же время – более доступного по цене.

# masa

Milestone to your success.

## Наши решения – Ваш успех



[www.masa-group.com](http://www.masa-group.com)

Фирма «Маза» предлагает отдельные машины и участки производственных линий, а также установки «под ключ» для промышленного производства строительных материалов: мелкоформатных бетонных изделий, бордюрного камня, декоративных плит мощения, силикатного кирпича, газобетонных изделий.

Фирма «Маза» осуществляет разработку индивидуальных технических решений, проектирование, изготовление оборудования, его монтаж и ввод в эксплуатацию. Наш Клиент сможет оценить все преимущества работы с поставщиком, производителем и ответственным партнером в одном лице.

Masa GmbH  
Masa-Str. 2  
56626 Andernach  
Germany  
Phone +49 2632 9292 0  
Service Hotline +49 2632 9292 88

Masa GmbH  
Werk Porta Westfalica  
Osterkamp 2  
32457 Porta Westfalica  
Germany  
Phone +49 5731 680 0

Маза-Москва  
Ср. Тишинский пер., 28, офис 220  
123557 РФ, Москва  
Тел. +7 495 23251 27  
Факс +7 495 23251 28  
info@masa.ru

info@masa-group.com  
service@masa-group.com  
www.masa-group.com

Masa - made in Germany.





## ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК «ИА1215» И «ИА1215СИЛИКАТ» НА РЯДЕ ПРОИЗВОДСТВ ГАЗОБЕТОНА АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДЕНИЯ (2015–2017 ГГ.)

А.Ю. ПИНЧУК, ООО ТК «САВИТАР»

Накопленный опыт применения газообразователей с дополнительными химическими составляющими, повышающими пластические свойства бетонной смеси, показывает, что алюминиевые пасты не только имеют ряд преимуществ перед обычной алюминиевой пудрой, но и зачастую их применение позволяет оказывать влияние на возникновение расслоений и трещин в формируемых массивах газобетона. Хранить на все возможные производственно-технологические ситуации большой запас газообразователей с различным содержанием дополнительных химических составляющих не практично. Поэтому становится актуальным перенесение на ячеистые бетоны технологических приёмов использования пластификаторов, применяемых при производстве тяжёлых бетонов.

Использование для этих целей ряда пластификаторов, предназначенных для тяжёлых бетонов приводило к следующим негативным проявлениям (данные на 2013г.):

1. Усиливается протекание реакции остаточного газовыделения. Возможна даже сверх допустимого деформация поверхности формируемого массива;
2. Зачастую происходит большая просадка формируемого массива (30 мм и более);
3. Существенно увеличивается время набора пластической прочности (от 10 минут).

И всё же в ноябре 2015г. на берёзовском заводе ООО ПСО «Теплит» (Свердловская обл.), работающего по литьевой технологии, с использованием золы уноса, перешли на применение пластифицирующей добавки «ИА1215» (ООО ТК «Савитар», г.Екатеринбург) при выпуске газобетона марки D600. В результате количество некондиции из-за поверхностных расслоений уменьшилось. При этом были исключены затраты на установку отдельного дозатора для пластификатора, так как добавка вводилась непосредственно в бак с алюминиевой суспензией.

Применение пластифицирующей добавки на основе поверхностно-активных веществ приносит в бетонную смесь формируемого газобетона целый ряд новых закономерностей. Зачастую, вместе со снижением процента некондиции применение пластифицирующих добавок «ИА1215» и «ИА1215СИЛИКАТ» позволяет получить и дополнительную прибыль. Например, на заводе ООО «Газобетон-ДВ» (г. Хабаровск), работающем по литьевой технологии на песке, в конце 2016г. без ухудшения прочностных характеристик снизили расход цемента на 15 кг/м<sup>3</sup> замеса для газобетона марки D700. Данную возможность в 2017 году подтвердили на других российских производствах, в том числе для газобетона D400.

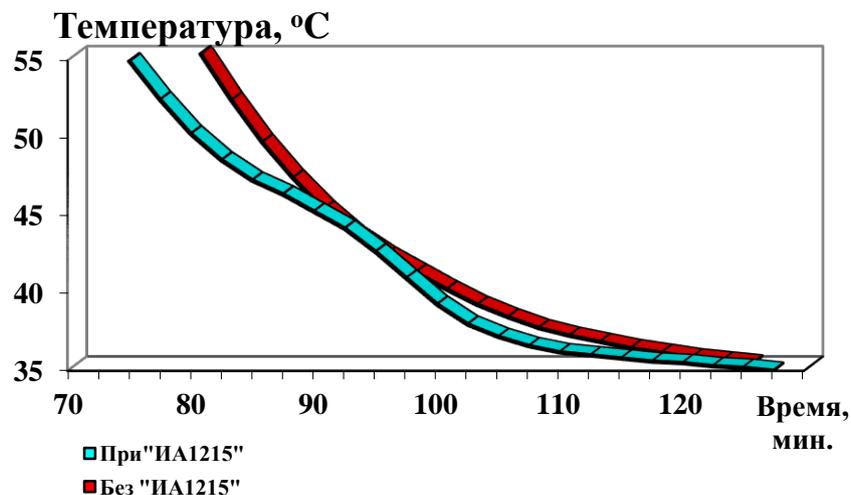


Рис. 1. Влияние «ИА1215» на время набора пластической прочности газобетона D600 при различных начальных температурах газобетонной смеси (данные ПСО «Теплит»)

Основные свойства пластифицирующих добавок «ИА1215» и «ИА1215СИЛИКАТ» отрабатывались так, чтобы перечисленные выше негативные проявления после введения пластификатора в газобетон не проявлялись. На рис. 1 видно, что при температурах бетонной смеси от 38 °С и выше, разница во времени набора пластической прочности между массивами, залитыми с добавкой «ИА1215» и без нее составляет менее 5 минут. При температурах бетонной смеси выше 50 °С для набора пластической прочности массивам с «ИА1215» наоборот требуется заметно меньше времени.

При оптимальном подборе водотвёрдого соотношения и дозировки «ИА1215», просадка формируемого массива газобетона во время набора пластической прочности не превышает 5–15 мм. Накопленная производственная практика на ПСО «Теплит» указывает так же на наличие зависимости между качественными характеристиками газообразователя и увеличением просадки при сохранении всех других параметров процесса. Наилучшие результаты даёт применение вместе с «ИА1215» алюминиевой суспензии, полученной смешиванием мелкодисперсного газообразователя «Газобетоплюс» (ООО «НСК-ТЕК») с небольшим количеством крупнодисперсного газообразователя «Газобето+500» (ООО «НСК-ТЕК»). Применение вместе с «ИА1215» суспензии с одним «Газобето+500» может приводить к возникновению просадки и внешним расслоениям.

В технологическом процессе ПСО «Теплит» при необходимости используют и водоредуцирующее воздействие «ИА1215» на бетонную смесь. При этом для газобетона D600 при дозировке «ИА1215» в количестве 150-200 мл/м<sup>3</sup> смеси снижение водотвёрдого соотношения варьируется в пределах 4-5 % от действующего значения. На этой же дозировке при апробации пластифицирующей добавки «ИА1215СИЛИКАТ» на других производствах (все по литевой технологии на песке) неоднократно снижали до 7% от действующего водотвёрдого соотношения.

Главной особенностью среди свойств пластифицирующих добавок «ИА1215» и «ИА1215СИЛИКАТ» является та, что основное улучшение пластических свойств бетонной смеси достигается за счёт снижения сопротивления деформации сдвига, так же как при ударной технологии производства газобетона. Разница в том, что данное воздействие на бетонную смесь не ограничено временем нахождения формы с бетонной смесью на ударном столе. В следствие этого межпоровые перегородки в итоге становятся дополнительным образом структурированной средой. Количество крупных по размеру и эллиптических по форме пор сходит на нет. Изменения в результатах измерения расплыва по Сутарду при использовании пластифицирующих добавок приведены в Таблице.

Таблица 1

Сравнение результатов измерения расплыва по Суттарду бетонной смеси с пластифицирующей добавкой и без неё (данные получены на ПСО «Теплит»)

<b>Количество добавки в мл на 1м<sup>3</sup> формы</b>	<b>Разница в изменениях расплыва</b>
50	нет
80	больше на 10 мм
110	нет
150	меньше на 15 мм
180	меньше на 18 мм
210	меньше на 18 мм

Функционал возможностей применения пластифицирующей добавки на газобетоне существенно больше, по сравнению с аналогичным продуктом для тяжёлых бетонов. Например, для газобетонных производств, работающих на алюминиевой пудре, отпадает необходимость отдельно закупать средство для активации алюминия при подготовке суспензии. Для ООО «Пораблук» (г.Курган) работающего по ударная технология, с использованием отвальной золы, в результате применения в технологическом процессе «ИА1215СИЛИКАТ» практически полностью исключили слипание блоков, находящихся в одном вертикальном ряду (после автоклавной обработки). На ПСО «Теплит» введение «ИА1215» позволяет качественнее

согласовать прохождение процессов твердения цемента и газообразования в период роста массива газобетона и набора им пластической прочности. На заводе «Газобетон-ДВ» за счёт применения «ИА1215СИЛИКАТ» предотвращают возникновение поверхностных расслоений и внутренних трещин из-за превышения допустимого загрязнения песка илистыми взвесями.

На сегодняшний день практика применения пластификатора при производстве газобетона (газосиликата) автоклавного твердения не является обычным делом. Однако, уже накопленный первой пятёркой отечественных заводов производственный опыт однозначно указывает на то, что в Российской Федерации по истечении двух-трёх лет обсуждать целесообразность применения данного технологического приёма будет не актуально. Таким образом, переход на постоянное применение «ИА1215» или «ИА1215Силикат» есть повышение вашего конкурентного преимущества.

## **НСК: НОВОЕ В СЫРЬЕВЫХ КОМПОНЕНТАХ**

*С.Б. ПРОХОРОВ, ГК НСК*

В основе успешного продвижения газообразователей марки ГАЗОБЕТО® лежит не только чёткая работа коммерческого дивизиона предприятия, но и ежедневная кропотливая работа специалистов научно-технического центра «ТОР» группы компаний НСК. Приоритетной задачей Центра, наряду с повышением качественных характеристик выпускаемых газообразователей, является расширение спектра предлагаемых сырьевых компонентов. Так в 2014 – 2015 годах рынку были предложены новые газообразователи марок «ГазобетоПЛАСТ» и «ГазобетоПЛЮС». Эти марки успешно прошли производственные испытания и заняли прочные позиции на рынке газообразователей. В рамках реализуемой Центром «ТОР» научно-исследовательской программы, в 2017 году были выделены три главных направления: создание продукта с регулируемой отсрочкой газовыделения, разработка пластификатора для ячеистых бетонов высоких плотностей, создание новой линейки газообразователей для выпуска газобетона пониженных плотностей. Положительные результаты при промышленном испытании опытных образцов удалось получить по первым двум направлениям, по третьему - проведены первые лабораторные испытания.

### **Отсрочка газовыделения**

На протяжении последних десяти лет специалисты НСК-ТЕК неоднократно проводили работы по подбору компонентного состава, обеспечивающего отсрочку газовыделения в заданном временном интервале. В течение этого периода от заводов по производству ячеистого бетона получен большой объём информации и наработана статистика, что позволило определить диапазон и специфику работы целого ряда эффективных МОД-стабилизаторов. Актуальность этой темы долгое время была не очевидной, и результаты наработок складывались в архив. В 2017 году, несмотря на невысокий спрос среди российских производителей газобетона на газообразователи с отсрочкой газовыделения, специалистами «ТОРа» принято решение довести начатую работу до логического завершения, расширив спектр выпускаемых газообразователей и получив возможность занять небольшую, но важную нишу. Таким образом, в течение 2017 года был проведен комплекс научно-исследовательских работ, в результате которых получены положительные результаты, позволяющие анонсировать расширение линейки газообразователей марки ГАЗОБЕТО® в 2018 году.

На рисунке приведены кривые гашения газообразователей ГАЗОБЕТО® (кривые 1 и 2), выпускаемых на протяжении многих лет, со стандартным временем начала газовыделения (1 мин). Также на этом рисунке приведены кривые газовыделения новых продуктов (кривые 3, 4), характеризующихся замедленным началом газовыделения (2 - 4 мин). Данные газообразователи являются новейшей разработкой научно-технического центра «ТОР» и предназначены для тех случаев, когда необходимо обеспечить задержку газовыделения во время транспортировки формы на ударный стол. Важно было на всех образцах добиться окончания активного течения реакции газовыделения к 15 минуте.

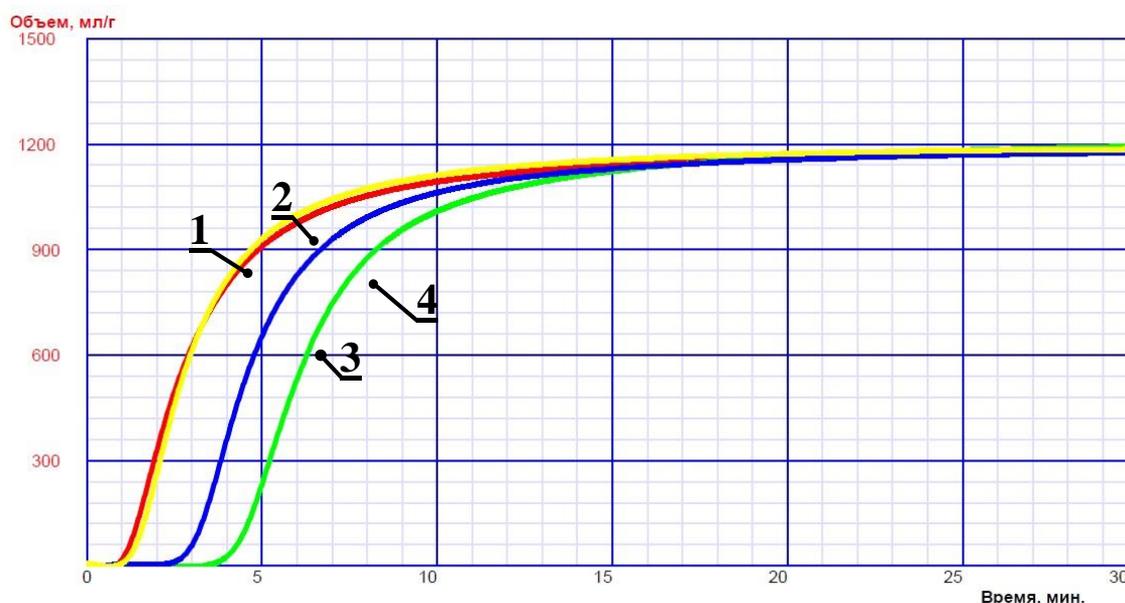


Рис. 1. Кривые гашения газобетонных автоклавных газобетонных изделий (ГАЗОБЕТО®) с различными периодами начала реакции выделения водорода

### Пластификация газобетонного массива

Учитывая экономическую ситуацию, производители газобетона вынуждены экономить на сырье и зачастую выбирают компоненты, использование которых меняет годами отработанные рецептуры. Регулярная работа над повышением качества газобетонных автоклавных газобетонных изделий и расширением номенклатуры выпускаемой продукции, а также тесная связь с технологическими службами заводов-потребителей позволяет оперативно реагировать на возникновение новых, более жестких, требований со стороны заводчан. На постоянной основе ведётся работа по адаптации продуктов ГАЗОБЕТО® к изменяющейся сырьевой базе.

В конце 2015 года начата работа над пластифицирующей добавкой, входящей в состав пасты «Газобетолит». Добавка вводилась с целью изменения реологических свойств ячеистобетонной смеси для исключения внутренних дефектов в газобетоне повышенной плотности (600 - 700 кг/м<sup>3</sup>). Однако промышленные испытания данного продукта показали, что в условиях периодической смены сырьевых компонентов и оптимизации рецептур ячеистобетонной смеси, невозможно получить идентичные качественные результаты, используя стандартную партию газобетонного автоклавного газобетонного изделия. В связи с этим выпуск газобетонных автоклавных газобетонных изделий, с включёнными в свой состав пластифицирующими добавками, является достаточно сложным и неэффективным направлением работы.

После серии промышленных испытаний было принято решение, что более перспективной является разработка самостоятельного, не входящего в состав газобетонного автоклавного газобетонного изделия, компонента. Это позволяет максимально точно подобрать необходимую дозировку пластификатора, не меняя стандартные характеристики самого газобетонного автоклавного газобетонного изделия. В 2017 году Центром «ТОР» проведены лабораторные и промышленные испытания, результаты которых дают высокие шансы на успешное завершение проводимой работы.

### Мелкодисперсные газобетонные автоклавные газобетонные изделия

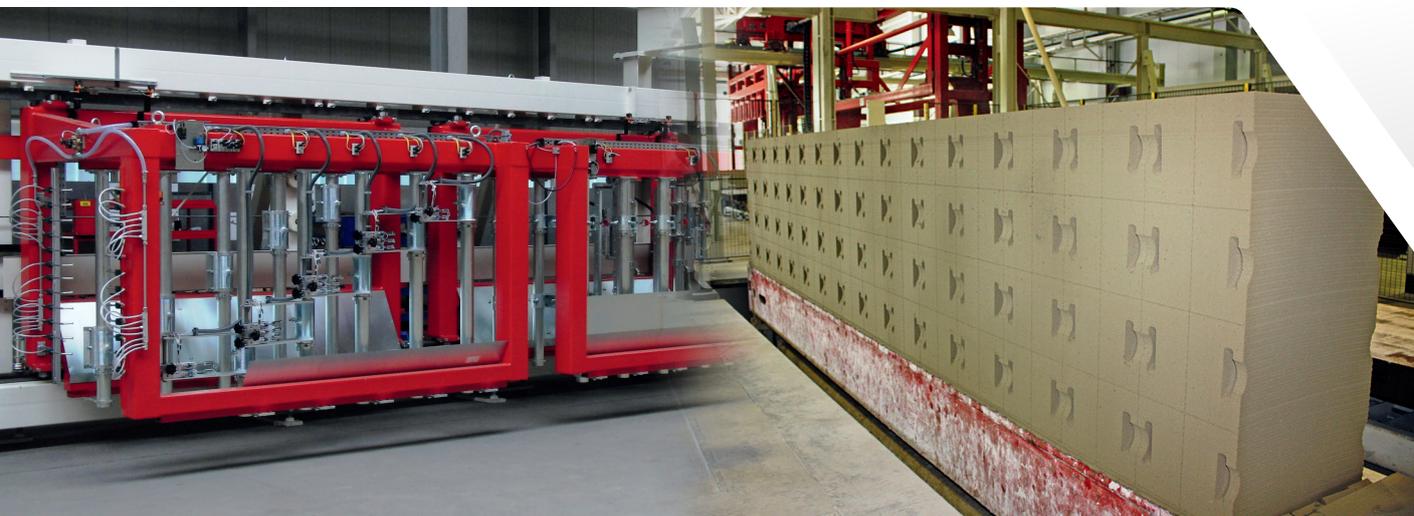
На фоне увеличения производства газобетона пониженных плотностей становится актуальной тема выпуска мелкодисперсных газобетонных автоклавных газобетонных изделий, предназначенных для плотностей 300 кг/м<sup>3</sup> и ниже. В настоящий момент совместно с нашими партнерами запланировано проведение комплексных исследований по созданию новой линейки газобетонных автоклавных газобетонных изделий для газобетона плотностью 150 – 300 кг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, проводимая научно-технологическим центром работа ориентирована на удовлетворение потребностей практически любого производителя автоклавного газобетона. Клиентоориентированность и нацеленность на решение сложных технологических задач позволяет группе компаний НСК сохранять свои позиции в текущей экономической ситуации.



# WKB

innovation made by experience



## Оборудование для производства ячеистого бетона автоклавного твердения:

- Заводы «под ключ»
- Установки смешивания
- Линии резки
- Автоклавы
- Парогенераторы
- Линии упаковки
- Инжиниринг
- Электропередаточные мосты
- Автоклавные решетки
- Установки очистки автоклавных решеток
- Модернизация производства
- Запасные части

**Повышайте производительность и качество продукции с WKB Systems GmbH!**



## УСТАНОВКА ОЧИСТКИ АВТОКЛАВНЫХ РЕШЕТОК ПРОИЗВОДСТВА WKB SYSTEMS

Компания WKB Systems предлагает установку очистки автоклавных решеток для заводов по производству ячеистого бетона автоклавного твердения: **Мы разработаем и изготовим установку с учетом Ваших потребностей** – от стандартизированной модели до комплексной специальной разработки.

Наши установки очистки изготовлены из прочного стального шасси и оснащены новейшими технологиями.



Рис. 1. Установка очистки автоклавных решеток

### Обзор технических данных и характеристик:

- 3 редукторных двигателя мощностью 2,2 кВт
- Напряжение: 230 / 400 в
- Исполнение: прочное стальное шасси
- 3 ротационных вращающихся диска с встроенными скребками
- Электрическое или пневматическое опускание вращающихся дисков
- Скорость очистки ок. 70 мм/сек

### Технический процесс:

При помощи специального цепного транспортера автоклавная решетка перемещается через световой барьер под установку очистки автоклавных решеток. Оба, при помощи преобразователя частоты эксплуатируемых, параллельно вращающихся диска после регистрации автоклавной решетки приводятся во вращение и пневматически (в стандартном выполнении) опускаются на загрязненную решетку. При необходимости подъемные пневматические цилиндры могут быть преобразованы в электрические цилиндры, если например нет возможности в подаче сжатого воздуха. Регулировка скорости осуществляется посредством потенциометра.

Вращающиеся диски оснащены скребками, при этом возможен выбор между обдирочными и чистовыми резцами. Посредством дополнительной световой завесы далее активируется третий вращающийся диск. При этом также возможна регулировка скорости.

После того как автоклавная решетка покидает позицию очистки соответствующие вращающиеся диски поэтапно приподнимаются, возвращаясь в исходное положение.

Электрическое управление осуществляется с помощью блока управления (небольшой шкаф управления, находящийся недалеко от установки).

Установка очистки автоклавных решеток может использоваться как автономная установка или может быть интегрирована в существующую производственную линию. Устройство для отсасывания пыли, с нашей точки зрения, не требуется, поскольку происходит только небольшая турбулентность. При необходимости все же возможна поставка

многофункционального кожуха для защиты от шума, пыли и от атмосферных воздействий. Кожух при этом должен регулярно очищаться.

Заказчиков, имеющих кроме завода по изготовлению ячеистого бетона автоклавного твердения еще и завод по изготовлению силикатного кирпича, наверняка заинтересует установка очистки запарочных вагонеток производства WKB Systems. Принцип работы обеих установок идентичен.

**Габариты установки:** длина ок. 1700 мм, ширина 2500 мм, высота 1600 мм

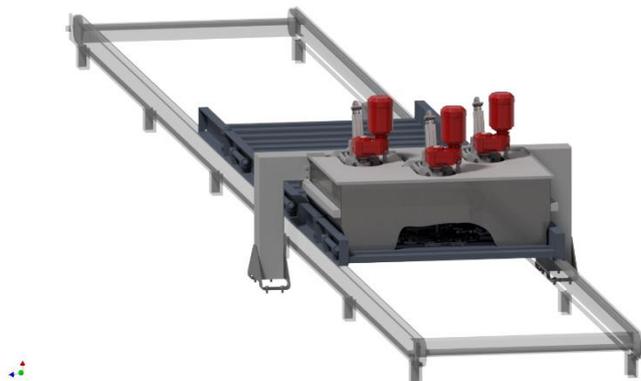


Рис. 2. Многофункциональный кожух для защиты от шума, пыли и от атмосферных воздействий

**WKB Systems символизирует «инновации на основе опыта»** - воспользуйтесь нашим многолетним опытом в разработке и производстве высококачественного оборудования и позвольте предоставить Вам индивидуальное коммерческое предложение.

WKB Systems – это средних размеров предприятие с головным офисом в г. Хёрстель, федеральной земли Северный Рейн-Вестфалия, Германия. Мы являемся специалистами в разработке и производстве оборудования, отдельных линий и полного оснащения заводов для производства строительных материалов, автоматизации кузнечной промышленности, а также производства спецоборудования.

WKB Systems предлагает Вам оборудование как в стандартном решении, так и изготовленное по Вашему индивидуальному заказу. Основываясь на многолетнем опыте и техническом ноу-хау более чем ста высококвалифицированных сотрудников для Вас будут разработаны инновационные решения и концепции с учетом Ваших требований. Мы предлагаем нашим заказчикам по всему миру надежный сервис, наилучшее качество продукции и передовые концепции. Согласно слогану «Инновации на основе опыта», мы укрепляем позиции наших заказчиков, предлагая инновативное и до мелочей продуманное оборудование.

Эффективность и рентабельность наших заводов, а также качество продукции являются важнейшим критерием наших успехов, надежного и партнерского сотрудничества с нашими заказчиками. Успех наших заказчиков является для нас главным приоритетом: с целью повышения Вашей конкурентоспособности и укрепления рыночных позиций мы предлагаем Вам спецоборудование широкого ассортимента.

Дальнейшим направлением нашей работы является модернизация заводов: мы позаботимся о более высоком качестве продукции и более эффективных процессах производства на Вашем заводе. WKB Systems предлагает Вам для этого мощное, надежное и простое в обслуживании (специальное) оборудование с передовыми технологиями для производства строительных материалов и автоматизации кузнечной промышленности.

WKB Systems - Ваш надежный партнер, и наша цель – Ваш успех!

## ПЕНО-КЛЕЙ. ИННОВАЦИЯ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ ИЗ ГАЗОБЕТОНА



Продукт «Tytan Professional EURO клей для кладки блоков» является инновационным всесезонным клеевым составом для возведения несущих стен и перегородок. Продукт заменяет традиционные цементные растворы при работе с газобетонными и силикатными блоками, а также с гипсовыми пазогребневыми плитами. С данным клеем возможно проводить работы от -10 С.

«Tytan Professional EURO клей для кладки блоков» уже доказал свою эффективность - на сегодняшний день с использованием данного продукта было возведено более 8 000 домов по всему миру, включая Россию.

**Главными преимуществами продукта являются:** экономичность, энергоэффективность и надежность.

### ЭКОНОМИЧНОСТЬ

«Tytan Professional EURO клей для кладки блоков» способен заменить более двух мешков сухой смеси по 25кг (при стандартных газобетонных блоках, толщиной от 375мм), что способствует значительной экономии как на материалах, так и на транспортировке.



В ниже представленных таблицах можно рассчитать необходимый расход клея в зависимости от толщины блоков

Таблица 1

Расход 1 баллона для газобетонных блоков

Требуемое количество полос для толщины	1 полоса				2 полосы				
	100	125	150	200	250	300	375	400	500
Толщина блока, мм									
Расход, 1баллон/м3 газобетонных блоков	1,1	1,3	1,6	1,1	1,3	1,6	2,0	2,1	2,7
Расход, 1баллон/м2 газобетонных блоков	10-11				5-5,5				

Вот пример экономичности продукта на объекте из газобетона, Россия, МО, п. Архангельское. Объем газобетонных блоков: 60 м3. Толщина газобетона: 400мм.



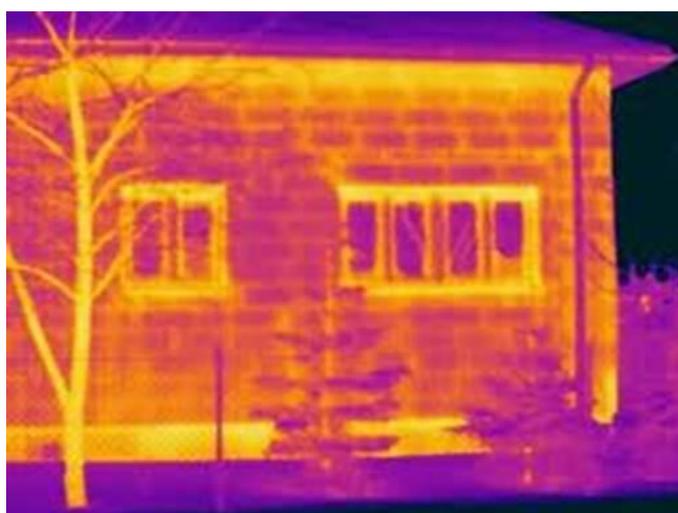


Ориентировочная розничная стоимость с НДС, руб.	450 руб.	250 руб.
Необходимое количество для несущих стен шт.	до 30 баллонов	не менее 60 мешков
Итоговая стоимость материалов на объект, руб.	13 500 руб.	15 000 руб.
Ориентировочная стоимость доставки продукции от базы до объекта, руб	продукция помещается в багажник клиента	7 500 руб.
Ориентировочная стоимость разгрузки продукции, руб	разгрузка не требует усилий, баллон весит ~1кг	1 000 руб.
Итоговая стоимость материалов с учетом доставки и разгрузки, руб	<b>13 500 руб.</b>	<b>23 500 руб.</b>
 <b>Время подготовки</b>	30 секунд	10 - 20 минут
<b>Время полного отверждения</b>	1 сутки	28 суток
<b>Удобство в транспортировке</b>		
<b>Необходимый инструмент и ресурсы</b>		 вода, электричество
<b>Температура проведения работ</b>	 Проведение работ от -10° С	 Проведение работ от +5° С

**Вывод:** Стоимость клея «Tytan Professional EURO» с учетом логистики и разгрузки на 42,5% дешевле, чем с тонкошовным раствором для газобетонных блоков на данном объекте!

### ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Теплопроводность «Tytan Professional EURO клей для кладки блоков» составляет  $\lambda=0,036$  Вт/К, что значительно ниже теплопроводности самого газобетона и схожа с теплопроводностью теплоизоляционных материалов. Благодаря этому в кладке стен полностью ликвидируются мостики холода.



Кладка стен на традиционный цементный раствор. Тепло выходит через кладочные швы, которые являются мостиками холода.



Кладка стен с тонким швом. Tytan Professional EURO клей для кладки полностью ликвидирует мостики холода.

## НАДЕЖНОСТЬ

«Tytan Professional EURO клей для кладки блоков» одобрен для применения в несущих стенах и перегородках на территории РФ.



### Долговечность

Долговечность более 100 лет! Долговечность продукта подтверждена испытаниями в Исследовательском Центре Материалов Университета Технологии (г. Брно, Чехия).



### Огнестойкость

«Tytan Professional EURO клей для кладки блоков» был испытан в кладках из газобетона на огнестойкость конструкции. По результатам испытаний кладки с применением данного продукта превосходят требования СНиП.

- Огнестойкость ненесущей стены из газобетона (плотность не менее D500, класс прочности не менее B2,5, толщина не менее 100мм): EI 90
- Огнестойкость несущей стены из газобетона (плотность не менее D300, класс прочности не менее B1,5, толщина не менее 200мм): REI 180



### Экспериментальное подтверждение от ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко

Полученные значения нормального сцепления кладки стен на клеевом составе «TYTAN PROFESSIONAL» до 89% выше значения нормативного временного сопротивления осевому растяжению по неперевязанному шву для кладки стен I-й категории. Указанный параметр кладки оказывает существенное влияние на ее прочность при действии нагрузок (ветровые и сейсмические воздействия), вызывающих изгиб стен из их плоскости.



Указанный параметр кладки оказывает существенное влияние на ее прочность при действии нагрузок (ветровые и сейсмические воздействия), вызывающих изгиб стен из их плоскости.

**Возведение реального объекта на «Tytan Professional EURO клей для кладки блоков»:**

