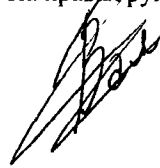


На правах рукописи



**БАЛЯСНИКОВ ВИКТОР ВИКТОРОВИЧ**

**ПЕНОБЕТОН  
НА МОДИФИЦИРОВАННЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ  
ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЯХ**

05.23.05 – Строительные материалы и изделия

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата технических наук

**БЕЛГОРОД – 2003**

Из фонда Российской национальной библиотеки

Работа выполнена в Белгородском государственном технологическом университете им. В.Г. Шухова.

- Научный руководитель** – кандидат технических наук,  
доцент, **Л.Д. Шахова**
- Официальные оппоненты** – доктор технических наук,  
профессор **Г.П. Сахаров**  
кандидат технических наук,  
доцент, **Е.И. Евтушенко**
- Ведущая организация** – Ростовский государственный  
строительный университет

Защита диссертации состоится 5 июня 2003 г. в 10<sup>00</sup>, аудитория 215  
главного корпуса, на заседании диссертационного совета  
Д 212.014.01 в Белгородском государственном технологическом  
университете, по адресу:  
308012, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Белгородского  
государственного технологического университета.

Автореферат разослан 25 апреля 2003 г.

Ученый секретарь  
диссертационного Совета,  
канд. техн. наук, доцент

 Г.А. Смоляго

**Актуальность.**

Одним из прогрессивных направлений конструирования теплоизоляционных материалов являются работы по совершенствованию производства пенобетона, перспективность развития которых подтверждена «концепцией развития приоритетных направлений промышленности строительных материалов и стройиндустрии на 2001-2005 годы», принятой Госстроем РФ. Неавтоклавные ячеистые бетоны имеют ряд характеристик, выгодно отличающих их от многих традиционных строительных материалов. Изделия наилучшим образом адаптированы к сложным климатическим и экономическим условиям России и обладают высокими эксплуатационными свойствами: невысокой средней плотностью, низкой теплопроводностью, пониженным водопоглощением, пожаростойкостью, высокими санитарно-гигиеническими показателями. За счет простой и рациональной технологии пенобетона во много раз снижены: удельная капиталоемкость, расход энергоносителей, трудоемкость, а, следовательно, и себестоимость продукции.

На сегодняшний день первоочередного решения требуют проблемы по совершенствованию технологии получения пенобетона, повышения ее надежности, снижения энергозатрат на единицу продукции и простоты аппаратного обеспечения, а также разработке составов эффективных синтетических пенообразователей (ПО), не уступающих по своим свойствам известному пенообразователю «Неопор» одноименной немецкой фирмы.

Работа выполнялась в соответствии с тематическим планом НИР на 1996-1998 г по госбюджетному финансированию «Термодинамические и кристаллохимические основы регулирования скорости гидратации вяжущих веществ».

**Цель работы.**

Цель диссертационной работы заключается в научном обосновании и практической реализации получения пенобетона с использованием модифицированных синтетических пенообразователей.

В соответствии с поставленной целью в работе решались следующие задачи:

– обоснование научных предпосылок повышения однородности и седиментационной устойчивости пенобетонных масс на основе синтетических ПО;

– получение пенобетонных изделий однородных по плотности и прочности с улучшенными деформативными свойствами, на основе разработанных составов ПО;

- исследование физико-химических процессов формирования структуры поризованного цементного камня на ранних стадиях;
- теоретическое обоснование и разработка технологических принципов малоэнергоемкой одностадийной технологии методом аэрации на синтетических ПО;
- организация промышленного выпуска пенобетонов с разработкой технологического регламента и технических условий на изделия. Оценка технико-экономической эффективности малоэнергоемкой технологии.

#### **Научная новизна.**

- Теоретически обоснованы и реализованы на практике два принципа повышения устойчивости пенных и пеноминеральных систем. Первый из которых основан на способности поверхностно-активных веществ (ПАВ) образовывать в адсорбционном слое сложные ассоциативные комплексы за счет сил электростатического и стерического взаимодействия функциональных групп. Второй – на создании плотных высокоэластичных пленочных адсорбционных слоев с высоким структурно-механическим барьером в присутствии незначительных количеств высокомолекулярных природных или искусственных полимеров.

- Установлены закономерности влияния содержания ПО на плотность и механическую прочность пенобетонов. Зависимость плотности пенобетона от концентрации синтетических ПО приближается к параболической кривой со слабо выраженным экстремумом. Тогда как на ПО на основе природного сырья (природные ПО) наблюдается монотонное снижение показателей при увеличении их концентрации, что соответствует закону створа.

- Установлено, что адсорбция разработанных ПО на частицах вяжущего и продуктах гидратации на два порядка меньше, чем на границе Ж-Г, это обуславливает их низкий расход и высокую пенообразующую способность.

- Установлено, что энергия активации адсорбции на границе Ж-Г для синтетических ПО составляет 8...10 кДж/моль, а у природных – 20...25 кДж/моль, это свидетельствует об образовании молекулами синтетических ПАВ в адсорбционном слое ван-дер-ваальсовских сил взаимодействия. В связи с этим адсорбционное равновесие в пеноцементной системе устанавливается значительно быстрее, чем на природных ПО, что является предпосылкой разработки малоэнергоемкой технологии и позволяет упростить и ускорить процесс воздухововлечения.

### **Практическая ценность.**

– Разработаны составы синтетических ПО, позволяющие сократить расход их дозировки на 25...30 %, новизна разработок подтверждена двумя патентами [11, 12].

– Получены пенобетоны средней плотностью 300...1200 кг/м<sup>3</sup> с улучшенными эксплуатационными свойствами по малозергоемой технологии.

– Экономическая эффективность разработанной технологии заключается в снижении энергетических затрат на единицу продукции, простоте обслуживания оборудования.

### **Внедрение результатов.**

– Разработан технологический регламент на изготовление пенобетонов с использованием модифицированных синтетических ПО по малозергоемой одностадийной технологии.

– По малозергоемой одностадийной технологии выпущено более 15 тыс. м<sup>3</sup> пенобетона средней плотностью 600...900 кг/м<sup>3</sup> на ООО «СПО Синтез».

– Синтетические ПО разработанных составов выпускаются на ООО «СПО Щит». Пенообразователь «Пеностром» в настоящее время широко используется в различных регионах страны.

– Результаты исследований включены в содержание лекций и используются в лабораторном практикуме по курсу «Применение вяжущих материалов в строительстве» в БГТУ.

### **Апробация работы.**

Основные результаты работы доложены и обсуждены на II Международном совещании по химии и технологии цемента, Москва, декабрь 2000; Международной научно-технической конференции по композиционным строительным материалам, Пенза, 2000; Международной научно-практической конференции школе-семинаре молодых ученых и аспирантов «Передовые технологии в промышленности на пороге 21-го века» в Белгороде, октябрь 1998; Международной научно-технической конференции «Вопросы проектирования, эксплуатации технических систем в металлургии, машиностроении, строительстве» в Старом Осколе, сентябрь 1999; семинаре «Пенобетон и его применение в строительстве города Белгорода», январь 2000, февраль 2001, апрель 2002.

**На защиту выносятся:**

- теоретические положения повышения устойчивых пенных и пеноцементных систем на основе синтетических ПО;
- данные об адсорбционных процессах в трехфазных цементных системах на ранних стадиях и взаимосвязи между процессами структурообразования и физико-механическим свойствам пенобетонов на синтетических ПО;
- теоретические положения о процессах воздухововлечения методом аэрации;
- результаты практической реализации технологии изготовления пенобетона с улучшенными физико-механическими и эксплуатационными характеристиками и данные по его технико-экономической эффективности.

**Структура и объем работы.**

Диссертация состоит из введения, 5 глав, выводов, списка литературы из 181 наименования и 7 приложений. Общий объем диссертации 235 страниц машинописного текста, включающего 52 рисунка, 48 таблиц и 23 страницы приложений.

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обоснованы актуальность и цель работы, сформулированы основные задачи, дана краткая характеристика научной новизны и практической значимости работы, приведены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе** приведен анализ опыта различных стран в решении проблемы энергосбережения. Показано, что пенобетоны являются одним из наиболее эффективных теплоизолирующих материалов. Сформулированы основные требования к технологии и свойствам неавтоклавного ячеистого бетона. Охарактеризованы способы получения пористой структуры строительных материалов, среди которых можно выделить способ аэрирования, как наиболее технологичный по простоте управления процессами воздухововлечения строительно-техническими характеристиками изделий. Приведены характеристики наиболее распространенных ПО, показано, что в литературе нет разработанных рекомендаций по выбору синтетических ПО для ячеистых бетонов и научно-обоснованному способу повышения их эффективности применительно к технологии ячеистых пенобетонов.

Во второй главе приведены характеристики применяемых материалов и использованных методов исследований.

В третьей главе обоснованы теоретические предпосылки и разработаны принципы повышения эффективности действия синтетических ПАВ.

Разработка составов синтетических ПО связана с необходимостью получения эффективного пенообразователя низкой стоимости со стабильными свойствами. На основе представлений о действии ПАВ на границе раздела фаз Ж-Г для разработки составов стойких технических пен были исследованы смеси анионоактивных ПАВ. В качестве объектов исследований были выбраны ПАВ, принадлежащие к группам: алкилсульфонатам (альфаолефинсульфонат натрия АОС) и алкилсульфатам (триэтаноламиновые соли ТЭАС), как наиболее эффективно работающие в цементных системах и разработанный ПО «Пеностром». Сравнение свойств указанных ПАВ вели с ПО на основе природного сырья: смолой древесной омыленной (СДО) и высокомолекулярным белковым ПО «Неопор» одноименной немецкой фирмы. Оценивались следующие показатели: пенообразующая способность, кратность, стабильность и дисперсность пены. Вспенивание велось механическим способом в миксере.

Исследованиями пенообразования в двухфазной системе содержащей синтетические ПАВ, было установлено, что использование смесей двух и более ПАВ с разными функциональными группами (*карбоксилатная и сульфогруппа*) позволяет увеличить эффективность пенообразователя, что подтверждается результатами, полученными на ПО «Пеностром». Пена на ПО «Пеностром» характеризовалась наилучшими показателями по плотности, кратности, устойчивости и дисперсности воздушных пузырьков.

Физико-механические характеристики пенобетонов на разработанном ПО «Пеностром» имеют наилучшие показатели среди исследованных ПАВ. Прочность плотного камня на растворе «Пеностром» в интервале 0,02...0,045% превосходит прочность контрольных бездобавочных составов на 37...47%, и на 40...86% прочность образцов, затворенных растворами таких же концентраций синтетических ПАВ ТЭАС и АОС. При рабочей концентрации ПО (0,08 мас% по сухому веществу) плотность поризованного камня на ПО «Пеностром» ниже, чем плотность камня на ТЭАС, а прочность при этом выше в 2 раза. Зависимость плотности и прочностных характеристик пенобетонных изделий от концентрации синтетического ПО «Пеностром» и природного «Неопор» имеет разный характер (рис. 1).

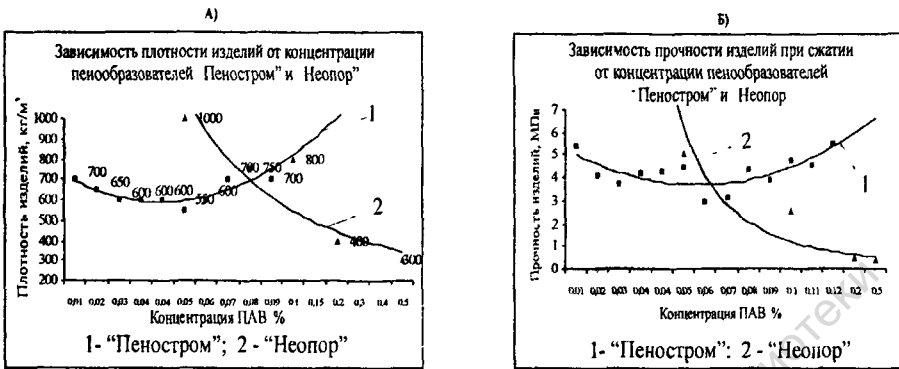


Рис. 1. Зависимость прочностных и плотностных характеристик пенобетонных изделий от концентрации ПАВ («Пеностром» и «Неопор»)

Для синтетических ПЮ она приближается к параболической кривой со слабо выраженным экстремумом. Для пенообразователя «Неопор» эта зависимость имеет обратный линейный характер: чем выше концентрация, тем ниже плотность. Это свидетельствует о необходимости строгого контроля концентрации синтетического ПЮ для получения определенных марок пенобетона по средней плотности. Для получения равной плотности (600...800 кг/м<sup>3</sup>) расход ПЮ «Неопор» составлял в два раза выше.

Структурно-реологические параметры межфазных слоев, в частности, их модуль упругости можно регулировать, используя эффект образования смешанных адсорбционных слоев на основе низкомолекулярных и высокомолекулярных ПАВ (эффект структурно-механического барьера). В качестве высокомолекулярных соединений были взяты природные (казеиновый клей, гидролизованные белки, карбоксиметицеллюлоза) и искусственные полимеры: алкилфенол, (высокомолекулярные полиэтиленгликолевые и полипропиленгликолевые спирты, отходы глицериновой промышленности, латексы различных марок). Наилучшие результаты по плотности и прочности имели образцы на основе АОС с добавками высокомолекулярных спиртов, казеина, отходов глицериновой промышленности и гидролизата белков, которые были рекомендованы как модифицирующие добавки (табл. 1).



Таблица 1

Плотность и прочность поризованного цементного камня на пенообразователе АОС с введением модифицирующих добавок

Название добавки и её концентрация, %	Марка по средней плотности, кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа		
		В возрасте, сут.		
		3	7	28
Контрольный образец	700	0,9	1,2	2,7
Отходы глицириновой промышленности; 0,011%	800	1,1	2,2	4,9
Спирт № 2; 0,0006%	700	1,5	2,8	6,1
Спирт № 6; 0,0006%	800	2,6	3,0	3,6
Казеиновый клей; 0,01%	600	1,0	1,3	2,9
Гидролизированные белки; 0,004%	700	1,0	2,1	4,6

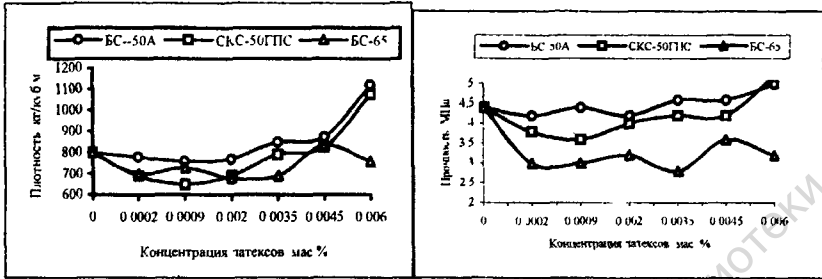
Введение латексов различных марок в раствор синтетического пенообразователя значительно изменило свойства пен: резко увеличивается кратность при малых концентрациях пенообразователя и стойкость пены до двух раз, дисперсность пен повышается. Для изучения динамики нарастания прочности и изменения плотности пенобетонов, изготовленных с содержанием латексов, использовались контрольные образцы на растворе пенообразователя «Пеностром» без латексов. Результаты представлены на рис. 2.

Модифицирование синтетического пенообразователя позволило улучшить физико-механические характеристики пенобетона, получить низкую плотность, снизить деформативную усадку на 10...30%. Таким образом, исследование свойств пен и пенобетонов на синтетическом пенообразователе, модифицированном высокомолекулярными полимерами разной природы, подтвердило стабилизирующее действие коллоидных адсорбционных слоев.

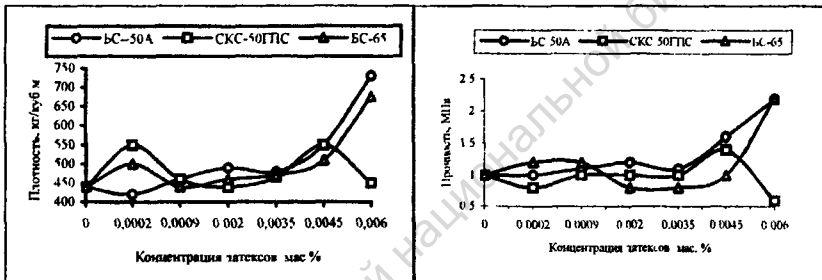
Проведенные эксперименты позволили разработать способы повышения устойчивости пенных и пеноцементных систем и выявить взаимосвязь между физико-механическими и эксплуатационными характеристиками пенобетона и составами разработанных пенообразователей.

На разработанные составы пенообразователей получено 2 патента [11, 12]. Эффективность разработанных составов пенообразователей подтверждается их широким применением для получения пенобетона в различных регионах.

В/Ц = 0,45



В/Ц = 0,6



В/Ц = 0,9

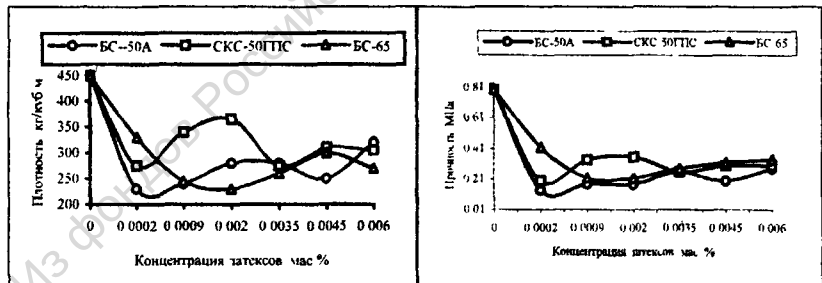


Рис. 2. Изменение плотности и прочности пенобетона при различном значении В/Ц и концентрации латексов

В четвертой главе исследованы физико-химические процессы формирования структуры поризованного цементного камня.

Эффективное управление физико-механическими свойствами композиционных материалов на основе минеральных вяжущих веществ осуществимо только на ранних стадиях структурообразования дисперсий, на так называемом технологическом этапе. На данном этапе

ставилась задача определения конкурирующих адсорбционных явлений на границе раздела газ-жидкость и жидкость-твердое в первоначальные сроки по значениям поверхностного натяжения, их количественное описание при гидратации вяжущего в присутствии пенообразователей в сопоставлении с водной цементной дисперсией. Исследование влияния ПО на поверхностное натяжение (ПН) на границе жидкость-газ, а также адсорбционных процессов на твердых частицах суспензии проводили стагагмометрическим методом.

Расчет количества адсорбционного ПАВ на границе определяли с помощью уравнения Гиббса: 
$$\Gamma = -\frac{C}{RT} \frac{d\zeta}{dc}$$

на исследованных пенообразователях активнее идут на границе раздела Г-Ж и менее активно на границе Т-Ж. Значение концентрации адсорбированных пенообразователей на границе водной среды с воздухом выше на два порядка, чем на поверхности цементных частиц. Расчет адсорбции на границе раздела жидкость-твердое во времени вели по формуле: 
$$\Gamma = \frac{(C_0 - C_1) \cdot V}{m}$$
, где V, m – объем и масса адсорбента.

Расчетные данные показывают, что количество адсорбируемого синтетического пенообразователя выше в 2-3 раза, чем величина адсорбции для высокомолекулярного пенообразователя «Неопор». Полученные результаты по динамике изменения поверхностного натяжения свидетельствуют, что процесс воздухововлечения идет быстрее и легче в цементных суспензиях на синтетических ПО за счет низкого значения поверхностного натяжения, но удержание пузырьков воздуха в суспензии лучше для ПО «Неопор», за счет высокого структурно-механического барьера. Изменение электрокинетического потенциала в цементных и мономинеральных суспензиях (табл. 2) свидетельствуют, что значение  $\xi$  - потенциала для  $C_3S$  и этtringита уменьшается, а для алюмосодержащих фаз меняется знак заряда поверхности при введении ПО.

Поверхность частиц «лежалого» цемента имеет отрицательный знак в отличие от частиц «свежего» цемента, в суспензии с раствором ПО происходит увеличение по абсолютной величине значений потенциала, что приводит к быстрой коагуляции цементной суспензии и, как правило, быстрому осаждению пеноцементной массы в формах.

Состав и количество гидратных фаз поризованного и плотного цементного камня, образовавшихся в присутствии «Пеностром» и модифицированного ПО изучались рентгенофазовым и дифференциально-термическим методами.

Таблица 2

Изменение электрокинетического потенциала  
в цементных и мономинеральных суспензиях

Вид вяжущего	Дзета – потенциал, мВ, в суспензии с		
	Водой	ПО «Пеностром»	ПО «Неопор»
$C_3S$	- 34,14	- 25,17	- 17,01
$C_3A$	+ 9,58	- 2,12	- 1,5
$C_4AF$	+ 10,5	- 6,7	- 7,7
$C_3A+CaSO_4 \cdot 2H_2O$	+ 31,0	+18,47	+24,0
ПЦ 500 Д0 «свежий»	+ 29,0	- 13,9	- 17,4
ПЦ 500 Д0 «лежалый»	- 22,23	-47,4	-53,2
ПЦ 500 Д0 + 5% тонкомолотого песка	- 45,5	-	-
ПЦ 400 Д20 «свежий»	+ 12,34	-	-

Как показывают результаты процессы гидратации в поризованном камне идут значительно активнее (табл. 3), состав продуктов гидратации поризованного и плотного цементного камня особо не отличается. В присутствии модифицированного ПО в цементном камне несколько больше образуется тоберморитовой фазы CSH (I).

Таблица 3

Относительная степень гидратации цемента  
по интенсивности дифракционного отражения  $Ca(OH)_2=4,928 \text{ \AA}^\circ$

Вид цементного камня	Относительная интенсивность отражения $Ca(OH)_2=4,928 \text{ \AA}^\circ$	
	Затворенного «Пеностром»	Затворенного модифицированным «Пеностром»
Плотный	47	56
Поризованный	100	115

Исследование микро и макроструктуры пенобетона на синтетическом ПО вели на электронном микроскопе. Структура пенобетона представляет собой нерегулярную гексагональную упаковку

полидисперсных шаровых пустот. Размер пор меняется в интервале от 0,04 до 1 мм при размере межпоровых перегородок 0,17...0,35 мм.

В пятой главе теоретически обоснованы и разработаны технологические принципы производства пенобетона на синтетических пенообразователях по одностадийной малознергоемкой технологии. Разработка технологии началась с моделирования технологического передела получения пенобетонной массы с использованием разработанных составов ПО и исследования физико-механических свойств образцов. Процесс воздухововлечения идет с малым значением энергетических и материальных затрат за счет быстрого прохождения физико-химических процессов, которые способствуют самоорганизации пористой структуры. На модельной лабораторной установке отрабатывались технологические параметры, такие как время перемешивания, скорость вращения барабана, В/Ц. На основании теоретических исследований и экспериментальных данных, полученных на модельной установке, на промышленной площадке ООО «СПО Синтез» была смонтирована установка с целью отработки составов пенобетонов разной плотности на синтетических модифицированных ПО (рис. 3).

Обработка результатов и оценка стабильности технологических процессов велась по разработанной информационно-расчетной программе, которая позволяет дополнительно редактировать, хранить, вести поиск исходных данных. На промышленной установке были отработаны параметры получения пенобетонов различной плотности и исследованы их строительно-технические свойства. На рис. 4-5 представлены результаты статистической обработки партий изделий разной плотности, которые свидетельствуют о высоком уровне устойчивости и надежности технологических процессов в данном производстве.

Полученные по одностадийной технологии пенобетонные изделия, отвечают требованиям нормативной документации. Абсолютное значение усадки не превысило 1,5 мм/м, что можно объяснить технологическими особенностями получения пенобетона по одностадийной технологии, когда при одновременном перемешивании и воздухововлечении идет процесс самоорганизации структуры пеноцементной массы. Визуальный анализ поверхности пенобетонных изделий размером 20×20×40 см, проработавших в течение 3-х лет без внешней штукатурки в естественных условиях, позволяет констатировать высокую деформативную стойкость и трещиностойкость материала.

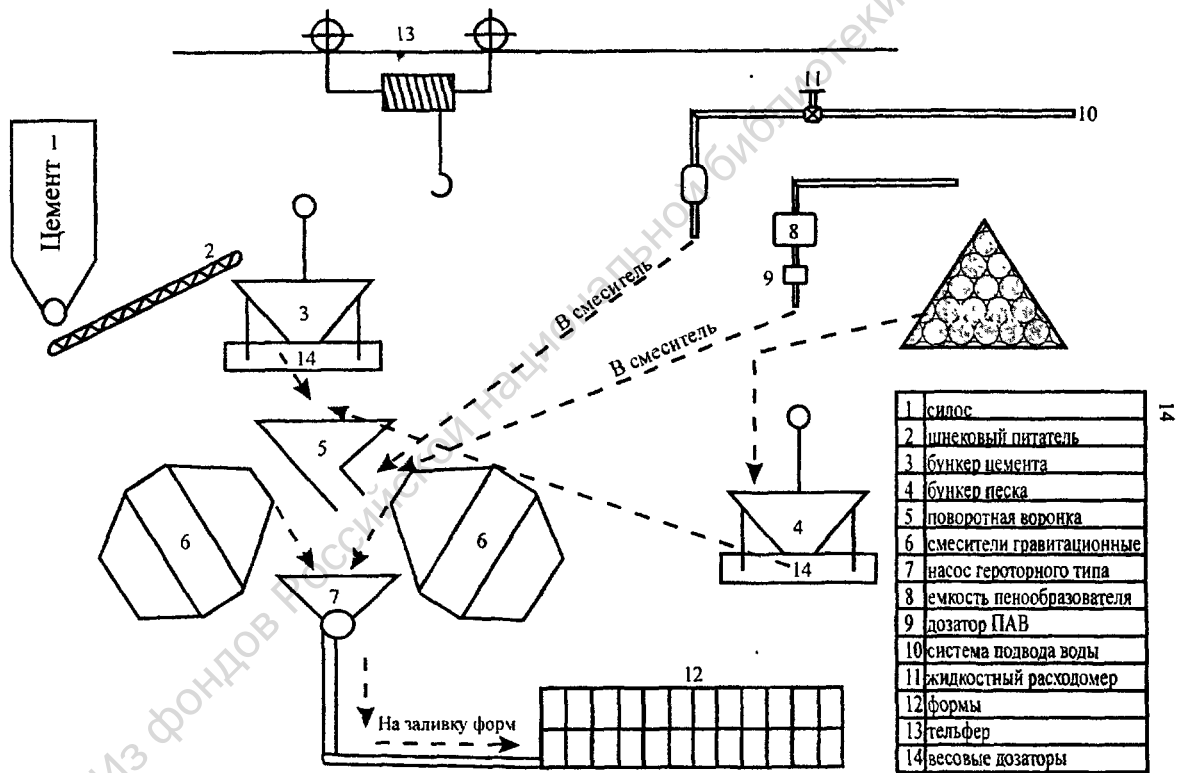
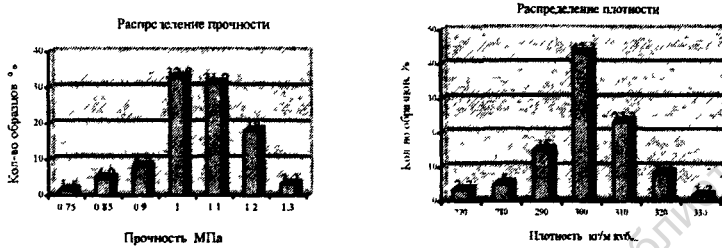
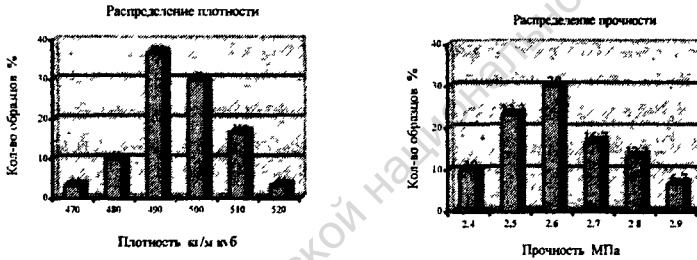


Рис. 3. Технологическая схема производства пенобетонных изделий

А) количество образцов: 60; среднее значение плотности:  $300,7 \text{ кг/м}^3$ ;  
среднее значение  $R_{сж}$ :  $1,16 \text{ МПа}$



Б) количество образцов: 30; среднее значение плотности:  $495,7 \text{ кг/м}^3$ ;  
среднее значение  $R_{сж}$ :  $2,62 \text{ МПа}$



В) количество образцов: 75; среднее значение плотности:  $664,3 \text{ кг/м}^3$ ;  
среднее значение  $R_{сж}$ :  $3,85 \text{ МПа}$

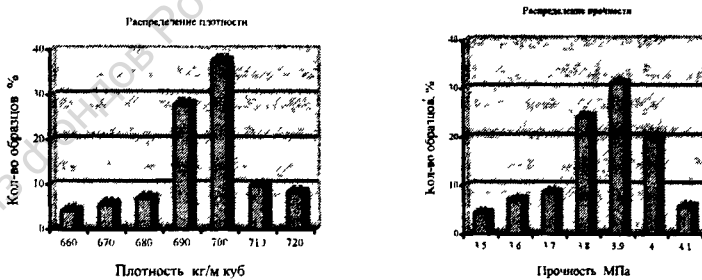


Рис. 4. Результаты испытаний производственных образцов пенобетона разной плотности: А) –  $300 \text{ кг/м}^3$ ; Б) –  $500 \text{ кг/м}^3$ ; В) –  $700 \text{ кг/м}^3$ .

Г) количество образцов: 59; среднее значение плотности:  $897,4 \text{ кг/м}^3$   
 среднее значение  $R_{сж}$ :  $6,4 \text{ МПа}$

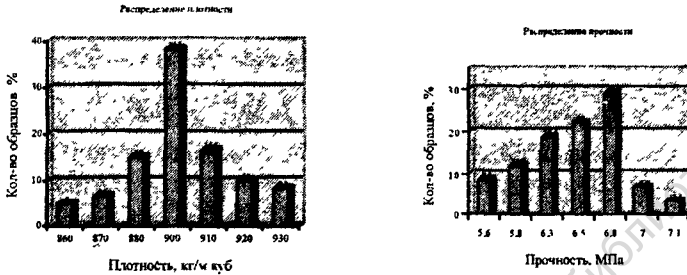


Рис. 5. Результаты испытаний производственных образцов пенобетона разной плотности: Г) –  $900 \text{ кг/м}^3$

Технико-экономические расчеты показали эффективность получения пенобетонных изделий на синтетических пенообразователях по малоэнергоёмкой одностадийной технологии в сравнении с традиционной растворной технологией.

#### Выводы по работе:

1. Теоретически обоснованы и реализованы на практике два принципа повышения устойчивости пенных и пеноминеральных систем. Первый из которых основан на способности ПАВ образовывать в адсорбционном слое сложные ассоциативные комплексы за счет сил электростатического и стерического взаимодействия функциональных групп. Второй – на создании плотных высокоэластичных пленочных адсорбционных слоев с высоким структурно-механическим барьером в присутствии незначительных количеств высокомолекулярных природных или искусственных полимеров. Которые, реализованы при разработке составов эффективных комплексных ПО из смеси синтетических ПАВ с разными функциональными группами и модифицирующих высокомолекулярных добавок. На разработанные составы ПО получено два патента.
2. Результаты исследований, основанные на изучении коллоидно-химических свойств, свидетельствуют, что количество адсорбированных молекул синтетических ПАВ на два порядка ниже на поверхности цементных частиц, чем на границе раздела газ-жидкость. Благодаря этому достигается минимальный расход ПО в сравнении с



поверхностно-активными добавками с другими функциональными группами.

3. Установлен механизм действия синтетических ПО на процесс структурообразования на ранних стадиях, который обусловлен снижением абсолютного значения  $\zeta$ -потенциала или даже изменения его знака за счет адсорбционных процессов молекул ПО на цементных частицах и продуктах их гидратации. Адсорбция приводит к пептизации и ускорению гидратации исходных минералов, но замедлению коагуляционно-кристаллизационного структурообразования благодаря блокированию активных центров фазовых контактов.

4. Модифицирование синтетических ПО искусственными полимерными добавками усиливает пенообразующую способность пенообразователя благодаря связыванию молекул ПАВ в ассоциативные группы, что увеличивает структурно-механический барьер пенных пленок и несколько понижает количество адсорбированных молекул ПАВ на минеральных частицах.

5. Выявлено, что у пенобетонов, отличающихся большей поверхностью поризованного камня, наблюдаются процессы быстрого высыхания, которые ведут к затуханию процесса гидратации. Введение модифицирующих добавок, обладающих высокой гидрофильностью и водоудерживающей способностью, замедляет испарение, что увеличивает прочность пенобетонных изделий при равной средней плотности, и снижает усадочные явления в готовом поризованном камне.

6. Быстрое достижение адсорбционного равновесия в пеноцементных системах на синтетических ПАВ в сравнении с ПО на основе природного сырья позволяют ускорить процесс аэрации и упростить технологию получения пенобетонной смеси путем совмещения процессов воздухововлечения и перемешивания в одном агрегате. Это позволяет экономить расход энергии за счет отказа от энергоемких пеногенераторов для получения технических пен.

7. Использование модифицированных ПО позволяет получать пенобетоны низкой плотности ( $300 \dots 400 \text{ кг/м}^3$ ) на товарных цементах и способствует повышению структурной прочности цементного камня в межпортовых перегородках и снижению усадочных явлений.

8. Теоретически обоснован и экспериментально подтвержден одностадийный малоэнергоемкий способ аэрации пеноцементных систем на основе синтетических ПО. В условиях динамического воздействия на систему синтетические ПО, в отличие от пенообразователей на основе природного сырья, обладают свойствами быстрого установления равновесного значения поверхностного

натяжения и адсорбции на минеральных частицах. Достижение равновесия на равных стадиях приводит к повышению устойчивости пеноцементных масс в формах, получению оптимальной поровой структуры и снижению деформативной усадки.

9. Разработанные составы ПО выпускаются в промышленном масштабе и широко используются в производстве пенобетона на цементах, различающихся по своему минералогическому и вещественному составу, что подтверждает их высокую эффективность.

10. Эффективность предлагаемых составов синтетических ПО подтверждена промышленным выпуском изделий по одностадийному способу аэрации цементных смесей. Пенобетонные блоки характеризуются стабильностью важнейших строительно-технических свойств. Разработаны «Технологический регламент на производство неавтоклавногo ячеистого бетона» по выпуску изделий плотностью от 300 до 1200 кг/м<sup>3</sup> и технические условия «Блоки пенобетонные стеновые» на основе синтетических ПО. Одностадийная малоэнергоемкая технология внедрена на ООО «СПО Синтез». С использованием синтетических ПО выпущено более 15 тыс. м<sup>3</sup> пенобетона средней плотности 600...900 кг/м<sup>3</sup>.

11. Физико-механические показатели пенобетонных блоков, проработавших более 4-х лет в естественных условиях без внешней штукатурки, подтвердили их высокие эксплуатационные свойства: на изделиях отсутствуют усадочные трещины, а прочность выше на 10...15%, чем у контрольных лабораторных образцов. Таким образом, разработанная одностадийная малоэнергоемкая технология позволяет получать долговечные теплоизоляционные и конструкционные материалы различного назначения.

**Публикации.** По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1. Баясников В.В. Подбор вида и концентрации ПАВ для получения оптимальной структуры поризованного цементного камня // Передовые технологии в промышленности и строительстве на пороге XXI века: Доклад на междунар. науч.-практ. конф.-шк.-сем. молод. учен. и аспирантов. – Белгород, 1998. Ч.II - с.360-363

2. Шахова Л.Д., Баясников В.В. Влияние ПАВ с разными функциональными группами на физико-механические свойства цементного камня в ячеистых бетонах // XII Межд. конф. молод. ученых по химии и хим. технологии. МХТИ-98, -М., 1998, с.37-38

3. Смоликов А.А., Шахова Л.Д., Баясников В.В., Быков П.Н. и др. Реологические свойства пластифицированных цементно-песчаных и известково-песчаных смесей // Вопросы проектирования, эксплуатации

технических систем в металлургии, машиностроении, строительстве: Сб. труд. междунар. науч.-техн. конф. – Старый Оскол, МИСиС, 1999. - Ч.IV, – с.56-57

4. Шахова Л.Д., Быков П.Н., Баясников В.В. и др. Разработка промышленной технологии производства пенобетона на отечественных товарных синтетических пенообразователях // Вопросы проектирования, эксплуатации технических систем в металлургии, машиностроении, строительстве: Сб. труд. междунар. науч.-техн. конф. – Старый Оскол, МИСиС, 1999.- Ч.IV, – с.61-62

5. Шахова Л.Д., Баясников В.В., Черная Т.И. и др. Изучение процессов гидратации клинкерных минералов с добавками пенообразователей различной природы // II Международное совещание по химии и технологии цемента, СПб, Изд-во ЦПО «Информатизация образования», 2000, Т.III.- с.70-73

6. Шахова Л.Д., Баясников В.В., Востриков А.В. Модифицирующие добавки для пенобетонов // Междунар. науч.-практ. конф. «Качество, безопасность, энерго- и ресурсосбережение в промышленности строительных материалов и строительстве на пороге XXI века» - Белгород, БелГТАСМ, 2000. - Ч.I., с.359-365

7. Шахова Л.Д., Баясников В.В. Фазовый состав поризованного цементного камня // там же, с. 366-370

8. Шахова Л.Д., Баясников В.В. и др. Адсорбционные явления в цементных суспензиях // там же, с. 371-374

9. Шахова Л.Д., Баясников В.В., Черная Т.И. Влияние извести на состав продуктов гидратации и структурообразование поризованного камня // Междунар. науч.-техн. конф. Композиционные строительные материалы – Пенза, 2001, Ч.II, с.141-142

10. Шахова Л.Д., Баясников В.В., Черная Т.И. Физико-химические процессы в аэрированных пеноцементных системах // ТРУДЫ НГАСУ. – Новосибирск: НГАСУ, 2002. – Т. 5, вып. 2(17), с. 102-107

11. Патент на изобретение № 2199508 «Пенообразователь для изготовления ячеистых бетонов», приоритет от 21.11.2000. Авторы: Шахова Л.Д, Баясников В.В., Коновалов В.М. и др.

12. Патент на изобретение № 2199509 «Пенообразователь для изготовления ячеистых бетонов (варианты)», приоритет от 21.11.2000. Авторы: Шахова Л.Д, Баясников В.В., Смоликов А.А. и др.

13. Шахова Л.Д., Баясников В.В. Пенообразователи для ячеистых бетонов. Белгород, 2002, с. 147

2003-A  
7536

■ - 7 5 3 6

Из фондов Российской национальной библиотеки

Подписано в печать 21.04.03 Зак. 128  
Формат 60 × 84/16 Усл. п.л. 1,0  
Тираж 100 экз.

Отпечатано в Белгородском государственном технологическом  
университете им В.Г. Шухова.  
308012, г.Белгород, ул. Костюкова, 46.