

05.23.05

Г955

На правах рукописи



Гурова Елена Викторовна

ТЕХНИЧЕСКИЙ ПЕНООБРАЗОВАТЕЛЬ
НА ОСНОВЕ БЕЛОКСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ
ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА

Специальность 05.23.05 - Строительные материалы и изделия

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

КАНЦЕЛЯРИЯ	
Челябинск-2002	Южно-Уральский государственный университет
ВХ. № 22 - 16 - 158	
« 12 »	РЗ
Р.С.С.	

Работа выполнена на кафедре дорожного и строительного материаловедения Сибирской автомобильно-дорожной академии (г. Омск)

Научный руководитель:
кандидат технических наук,
доцент

Ушаков Владимир Викторович

Официальные оппоненты:
доктор технических наук,
Засл. изобр. РСФСР

Чернов Алексей Николаевич,

кандидат технических наук,
доцент

Крамар Людмила Яковлевна.

Ведущая организация:

ОАО «Омский комбинат строительных конструкций»

Защита диссертации состоится « 24 » марта 2002 г. в 15-00 час. на заседании диссертационного совета ДМ 212.298.08 по адресу: 454080, г. Челябинск, пр-т Ленина, 76, в конференц-зале Южно-Уральского государственного университета.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Южно-Уральского государственного университета.

Автореферат разослан « 24 » февраля 2002г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
проф., д.т.н.



Б.Я. Трофимов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. В настоящее время особое значение в строительстве приобрела проблема энергосбережения. Для решения вопросов снижения теплопотерь при эксплуатации зданий и сооружений необходимо иметь эффективные теплоизоляционные материалы.

Среди широкой номенклатуры современных теплоизоляционных материалов особое место, благодаря сочетанию таких свойств как негорючесть, экологическая чистота, высокие эргономические показатели, низкая теплопроводность, долговечность, технологичность, дешевизна и доступность сырья, занимают пенобетоны.

Наибольший практический интерес сегодня вызывают неавтоклавные пенобетоны на цементной основе с максимальным использованием местного сырья. Спрос на такой пенобетон определяется его высокими техническими и экономическими показателями, а также тем, что его можно использовать в качестве утеплителя и конструкционно - теплоизоляционного материала. Кроме того, пенобетон является простым в изготовлении и сравнительно дешевым строительным материалом. Серийное производство пенобетона существенно сдерживается отсутствием качественных пенообразователей и агрегатов для изготовления пены.

Показателям по кратности пены отвечает широкая номенклатура существующих пенообразователей. Однако показателям по стойкости пены на воздухе и в цементном тесте номенклатура пригодных пенообразователей не велика. Следовательно, одним из перспективных направлений в данной области является получение недорогого технического пенообразователя со стабильно высокими характеристиками пены.

Настоящая работа выполнена в рамках научно-технической программы "Омский регион".

Целью работы является разработка состава и технологии получения технического пенообразователя на основе белоксодержащего сырья для производства неавтоклавного пенобетона.

Для достижения цели исследования необходимо решить задачи:

1. Изучить особенности строения, свойства известных белков и их гидролизатов для использования в производстве пенообразователя.
2. Разработать состав и технологию получения пенообразователя на основе гидролизата кератинсодержащего сырья.
3. Определить показатели качества белоксодержащего кератинового пенообразователя и технической пены на его основе.

Южно-Уральский
гос. университет
НАУЧНАЯ
БИБЛИОТЕКА

4. Определить влияние пенообразователя на основе белоксодержащего сырья на свойства и продукты гидролиза и гидратации цементного камня.

5. Разработать технические условия на белковый пенообразователь и технологический регламент его производства.

6. Получить опытно-промышленную партию белоксодержащего пенообразователя и неавтоклавного пенобетона на его основе, отвечающего требованиям действующих нормативов и технических условий.

Научная новизна. 1. Показана возможность получения высококачественного технического пенообразователя на основе белоксодержащего кератинового сырья.

2. Установлено, что процесс гидролиза кератина имеет ступенчатый характер, соответствующий диссоциации определенных структур белка.

3. Определены границы максимальной устойчивости пены на основе белоксодержащего пенообразователя в зависимости от условий гидролиза, водородного показателя среды, вида и концентрации добавок нейтрализатора и стабилизатора.

4. Установлено влияние полученного пенообразователя на процессы гидролиза, гидратации и фазовый состав цементного камня.

По результатам работы оформлена заявка на изобретение № 20011113216/03 от 14 мая 2001г.

Практическая значимость работы. Практическим результатом проведенных научных исследований является разработка технических условий на новый белковый пенообразователь, получивший наименование "Белпор-1 ом" и технологического регламента на его производство. Сконструирована, изготовлена и используется при серийном производстве установка по производству пенообразователя на основе белоксодержащего сырья. Определена область применения нового пенообразователя в строительстве - получение технической пены и неармированных ячеистых бетонов на ее основе. Получен пенобетон неавтоклавного твердения на основе белоксодержащего пенообразователя, показатели качества которого удовлетворяют действующим нормативным требованиям. Разработаны технические условия на блоки стеновые мелкие из пенобетона неавтоклавного твердения.

Реализация результатов работы. На базе предприятия ОАО "Омский комбинат строительных конструкций" (ОКСК) организован участок по производству пенообразователя на основе белоксодержащего сырья объемом 250 м^3 в год ($1 \text{ м}^3/\text{сут}$). Налажено его серийное производство и осуществлена проверка показателей качества технической пены в промышлен-

ных условиях. Производственные испытания подтвердили возможность использования данного пенообразователя для производства пенобетонов неавтоклавного твердения. На одном из пролетов формовочного цеха ОАО ОКСК на основе пенообразователя "Белпор-1 ом" серийно выпускаются неавтоклавные пенобетоны плотностью 400-900 кг/м³.

Результаты научных исследований рекомендуется использовать в учебном процессе.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на ежегодных научно-технических конференциях студентов, аспирантов и профессорско-преподавательского состава Сибирской автомобильно-дорожной академии (СибАДИ) в 1999-2001г; на выставке "Стройпрогресс. Город-2000" международного выставочного центра Интерсиб (г. Омск); на научной конференции, посвященной 70-летию кафедры "Дорожное и строительное материаловедение" СибАДИ (2001г).

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 5 печатных работах.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа имеет общий объем 172 страницы и состоит из введения, 5 глав, основных выводов, списка используемой литературы из 110 наименований. Она включает 43 рисунок, 36 таблиц и 8 приложений.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Введение. Дано обоснование актуальности темы диссертации, определены цель и задачи исследования. Изложена научная новизна и практическая ценность работы. Приведена информация по внедрению и апробации работы.

Глава 1. Технология развития производства перспективного стенового материала - неавтоклавного пенобетона сдерживается отсутствием качественных и доступных по цене пенообразователей. В результате накопленного опыта в строительной индустрии выявлены недостатки существующих на сегодняшний день пенообразователей. Синтетические ПАВ (продукты нефтепереработки и нефтехимического синтеза) не дают качественной пены, т.е. имеют низкий показатель стойкости. Указанный недостаток не свойственен пенообразователям, полученным на основе органического сырья. Подобные пенообразователи характеризуются более стабильными во времени пенами. Получение белкового пенообразователя на местном сы-

рье даст большой экономический эффект и позволит расширить производство пенобетона.

Общеизвестно, что большое количество белка (протеина), до 90%, содержит кератинсодержащее сырье. Кератины являются главной составной частью пуха и пера птиц, шкур, копыт и рогов животных. Большая часть такого сырья идет в отходы. Одним из наиболее перспективных путей использования подобных белоксодержащих отходов при производстве строительных материалов является получение на их основе поверхностно-активных веществ (ПАВ). Наибольший практический интерес представляет переработка кератинсодержащего сырья путем его гидролиза в кислых и щелочных средах.

Вспенивание белковых гидролизатов обусловлено ПАВ, которые способны адсорбироваться в поверхностном слое на границе жидкости и воздуха и понижать поверхностное натяжение раствора. Однако низкое поверхностное натяжение - недостаточное условие для образования в системе пены. На процесс пенообразования оказывает влияние ряд таких факторов, как концентрация ПАВ, строение молекул ПАВ, температура и вязкость раствора, водородный показатель среды и многие другие. В результате проведенного литературного анализа были сформулированы цель и задачи исследования.

Глава 2. Приведены основные характеристики сырьевых материалов, используемых в исследованиях, а также методы исследования.

В качестве исходных материалов для получения технического пенообразователя использовали:

- белковое кератинсодержащее сырье по ГОСТ 18253;
- NaOH по ГОСТ 4328;
- NaF по ГОСТ 4463;
- NH_4Cl по ГОСТ 3773;
- $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ по ГОСТ 4148 или $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ по ГОСТ 4174;
- вода по ГОСТ 23732.

Для получения пенобетонов на основе белоксодержащего пенообразователя использовали:

- портландцементы марки 400 по ГОСТ 10178 Коркинского, Сухоложского и Невьянского цементных заводов;
- природный кварцевый песок из бассейна реки Иртыш по ГОСТ 8736;
- золу-унос ТЭЦ-4 г. Омска по ГОСТ 25818;
- белковый пенообразователь "Белпор-10м" по ТУ 0258-001-03899386-99;
- жидкое стекло по ГОСТ 13078.

Долю нерастворившегося сырья определяли исходя из неразварившейся в процессе гидролиза белковой массы.

Исследования физико-химических показателей пенообразователя проводились согласно ТУ 0258-001-03899386-99. Пенообразователь белковый "Белпор-1ом".

Внешний вид пенообразователя определяли визуально на просвет пробы, помещенной в стеклянную пробирку.

Содержание осадка определяли на пробе пенообразователя выдержанного при температуре $(3 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в течение 24 ч.

Определение водородного показателя (рН) пенообразователя производили с помощью универсального иономера ЭВ-74 и универсальной индикаторной бумаги рН 0-12 (ПНД 50-975-84).

Плотность пенообразователя определяли по ГОСТ 18955.1.

Определение кинематической вязкости пенообразователя проводили на вискозиметре типа ВПЖТ-4.

За рабочую концентрацию пенообразователя принимали ту степень разбавления, которая обеспечивает получение наиболее высоких показателей качества технической пены на выбранном типе пеногенератора. Для получения пены в лабораторных условиях использовали миксер (4000 об/мин), на стакан которого нанесена градуировка с ценой деления 50 см^3 .

Кратность пены определяли путем перемешивания в миксере 5%-ного водного раствора пенообразователя в течение 30 сек при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$. Отношение объема пены к объему жидкости, пошедшей на ее образование, являлось показателем кратности.

Устойчивость пены определяли временем выделения из полученной пены 50% (50 см^3) раствора пенообразователя.

Стойкость пены в цементном тесте определяли исходя из объема пеномассы, полученной путем ручного перемешивания цементного теста и пены, взятых в равных объемах.

Поверхностное натяжение пенообразователя определяли сталагмометрическим методом. В основе метода лежит условие отрыва капли жидкости под действием собственного веса.

Определение фазового состава материалов проводили дифференциально-термическим методом на дериватографе МОМ (Венгрия) системы Ф. Паулик, Й. Паулик, Л. Эрдей, в ходе которого осуществлялась одновременная запись четырех кривых: потери массы- термогравиметрическая кривая ТГ, скорости потери массы- дифференциальная термогравиметрическая кривая ДТГ, изменение температуры пробы- простая температурная

кривая Т, скорости изменения температуры- дифференциальная температурная кривая ДТА. Запись дериватограмм осуществляли в процессе нагрева пробы от 20 до 1000 °С в течение 100 мин, т.е. скорость нагрева составляла 10 °С в минуту.

Технические характеристики опытных образцов пенобетона контролировали в соответствии с требованиями следующих стандартов:

- среднюю плотность - по ГОСТ 12730.1;
- сорбционную влажность - по ГОСТ 24816;
- прочность на сжатие - по ГОСТ 10180;
- морозостойкость - по приложению 3 ГОСТ 25485;
- теплопроводность - по ГОСТ 7076.

Достоверность полученных результатов подтверждена использованием современных методов исследований, применением методов математической обработки результатов и показателями производственного внедрения.

Глава 3. Первый параграф экспериментальной главы посвящен технологии гидролиза кератинсодержащего сырья. Одним из путей регулирования физико-химических свойств пенообразователя является изменение технологических параметров гидролиза. Для испытания гидролизатов была приготовлена серия составов с различной концентрацией NaOH (1;3;5;10;20;25;30% от белковой массы) при температурах 70;85;100 °С и постоянной продолжительности гидролиза 10 часов. Установлено, что свойства кератиновых гидролизатов находятся в зависимости от состава, температуры и продолжительности процесса гидролиза.

С увеличением концентрации NaOH отмечается уменьшение доли нерастворившегося сырья и рост таких показателей как pH среды, плотность и вязкость гидролизата. Это объясняется тем, что данные свойства находятся в зависимости от концентрации гидроксид-ионов. Наибольшая плотность кератиновых гидролизатов (1100 кг/м³) обеспечивается при концентрациях NaOH-25; 30%.

Прирост вязкости гидролизата наблюдается не только с увеличением водородного показателя среды, но также по мере роста концентрации кератина в водном растворе. Эту особенность можно объяснить межмолекулярным электростатическим взаимодействием между молекулами белка, отклонением формы некоторых белковых молекул от сферической, а также внутримолекулярным взаимодействием между пептидными цепями.

Для детальной проработки вопроса о влиянии температуры на физико-химические показатели, были исследованы кератиновые гидролизаты с концентрацией NaOH 3 и 5% в растворе и полученные при температурах

70, 85, 100 °С. Испытания показали, что за 10 часов гидролиза плотность и вязкость растворов, полученных при кипячении, значительно превышают показатели, полученные при более низких температурах.

При определении влияния продолжительности гидролиза на плотность кератиновых гидролизатов выявлено, что наиболее интенсивный прирост плотности наблюдается в первые 4 часа, затем скорость гидролиза замедляется.

В процессе гидролиза прослеживается ступенчатый характер диссоциации кератинового белка. Очевидно, таким образом, происходит разрушение структуры кератина под действием щелочи и температуры.

Установлена зависимость между продолжительностью гидролиза и поверхностным натяжением (σ) растворов щелочных гидролизатов кератина. Отмечена общая закономерность: все составы, независимо от pH среды, в процессе гидролиза снижают поверхностное натяжение растворов. Причем в первые часы гидролиза наибольшей величине pH гидролизата соответствует наименьшее значение поверхностного натяжения. Через 10 часов процесса показатель поверхностного натяжения для различных щелочных растворов отличается незначительно (не более чем на 3%). Объяснить подобное явление можно тем, что количественное соотношение отдельных аминокислот в растворе оказывает определенное влияние на его поверхностное натяжение. Это соотношение существенно меняется в зависимости от степени расщепления белков.

ПАВ, молекулы которых имеют дифильное строение и включают большой углеводородный радикал, отличаются высокой поверхностной активностью по отношению к воде. Это отражает сильную зависимость водного раствора поверхностно-активных веществ от их концентрации.

Во втором параграфе экспериментальной главы рассмотрено влияние концентрации кератинового гидролизата на поверхностное натяжение водных растворов. Гидролизаты на основе отходов кератинсодержащего сырья снижают поверхностное натяжение растворов, следовательно, являются поверхностно-активными веществами. Для белков и их гидролизатов изотермы поверхностного натяжения $\sigma(c)$ еще мало изучены. Имеющиеся данные относятся, в основном, к наиболее доступным белкам.

Концентрация растворов, начиная с которых наблюдается резкое уменьшение поверхностного натяжения, различна для разных белков. Для большинства проверенных водных растворов, при концентрациях гидролизатов кератина от 1 до 13%, поверхностное натяжение снижается резко. С дальнейшим ростом концентрации гидролизата снижение σ идет не так ин-

тенсивно, как ранее. Поверхностное натяжение стремится к постоянному значению в области 20%-ной концентрации водного раствора кератинового гидролизата. При данной концентрации в поверхностном слое образуются отдельные островки плотного монослоя, которые в ходе теплового движения передвигаются по поверхности значительно медленнее, чем отдельные молекулы кератина. Вследствие этого поверхностное натяжение раствора больше не понижается. Минимальная величина поверхностного натяжения водных растворов кератиновых гидролизатов - $56 \cdot 10^3$ Дж/м².

Поверхностное натяжение растворов гидролизата кератина зависит от конформации белков в растворе. На конформацию кератина существенно влияют оказывает водородный показатель среды, температура и продолжительность гидролиза. Увеличение щелочности среды характеризуется уменьшением предельного значения поверхностного натяжения. Так при pH 9 поверхностное натяжение растворов снижалось на 17%; при pH 11- на 22%; при pH 11,5 и pH 12- на 23 и 26% соответственно. Большее снижение поверхностного натяжения также отмечено у растворов кератиновых гидролизатов, которые были получены при более высоких температурах.

При исследовании зависимости "поверхностное натяжение-продолжительность формирования поверхностного слоя" в качестве основного критерия было принято время хранения водных растворов гидролизатов кератина до установления равновесного значения поверхностного натяжения. Предельные значения поверхностного натяжения растворов кератиновых гидролизатов достигались при формировании поверхностного слоя в течение 1 часа. Данная особенность связана с одним из проявлений специфики свойств растворов белковых веществ - крайне медленным установлением равновесного значения поверхностного натяжения. В известных ранних работах медленное формирование равновесного адсорбционного слоя объясняли диффузией белковых молекул к межфазной поверхности и разворачиванием в ней полипептидной цепи. Согласно современным представлениям диффузия молекул к поверхности не является определяющим фактором длительности процесса.

Третий параграф экспериментальной главы посвящен получению пенообразователя на основе гидролизата кератина. Гидролизаты кератина интенсивно вспениваются. Одной из причин обильного пенообразования является наличие продуктов распада кератина, образующихся в результате гидролиза. Для прекращения гидролиза и получения стабильных свойств пенообразователя, щелочной гидролизат кератинсодержащих отходов нейтрализовали. В щелочной и нейтральной средах гидролизаты кератина

устойчивы. Однако при pH ниже 6 происходит потеря агрегативной устойчивости, что приводит к коагуляции частиц дисперсной фазы и выпадению их в осадок.

При изучении процесса пенообразования кератисодержащих гидролизатов в первую очередь были рассмотрены основные характеристики пены, такие как кратность и устойчивость.

Известно, что механическую прочность пленкам придают стабилизаторы, в качестве которых применяют вещества, в коллоидном состоянии образующие адсорбционный слой на внешней поверхности ячеек пены. Эти вещества, увеличивая вязкость растворов и пленок, способствуют замедлению процесса истечения жидкости из пены. В эксперименте использовали классические стабилизаторы белковых систем: $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$.

Наличие в системе стабилизатора оказывает существенное влияние на характеристики пены. Установлено, что при добавлении стабилизатора в пенообразователь, кратность пены растет до определенного значения, достигает максимума, затем стабилизируется или начинает снижаться. Поэтому дальнейшее увеличение концентрации стабилизатора в растворе пенообразователя становится необоснованным. Для слабощелочных пенообразователей (3;5;10% NaOH) стойкость пены также увеличивается по мере роста концентрации стабилизатора, затем снижается. Сильнощелочные растворы пенообразователя (20; 30% NaOH) имеют низкую устойчивость при высоких показателях кратности пены.

Разрушение пен связывают, главным образом, с капиллярным давлением, обуславливающим переток жидкости в утолщенные участки, которые находятся под гидростатическим давлением, а также с диффузией газа из малого пузырька в более крупный через пленку, разделяющую их. При разрушении пены может преобладать тот или иной процесс в зависимости от природы и состояния пены. Вопросы устойчивости пены являются особенно сложными. В настоящее время не существует единой теории, объясняющей устойчивость пен.

Установлено, что не всегда максимальная кратность пены соответствует максимальной стабильности. Необходимо отметить, что относительно зависимости между пенообразующей способностью и стабильностью пен имеются разные точки зрения. До настоящего времени не существует единого мнения по вопросам механизма пенообразования.

Рассмотренные зависимости позволили определить наиболее эффективный гидролизат кератина с точки зрения пенообразования и использовать

его для дальнейших исследований. В данном случае таковым являлся гидролизат кератина с содержанием 10% щелочи и полученный при температуре гидролиза 85 °С. Расход нейтрализатора составил 15% от массы гидролизата (рН 7,5). При этом кратность пены 5%-го рабочего раствора пенообразователя равнялась 7,5, что соответствовало устойчивости не менее 180 минут при расходе стабилизатора 4-5% от массы пенообразователя. Введение добавки-стабилизатора в количестве более 5% нецелесообразно, в связи с наблюдающимся ослаблением пенообразующей способности состава.

Установлено, что наиболее высокие показатели кратности и стойкости пены не отвечают наиболее высоким показателям качества пенобетона.

Растворы гидролизата кератина характеризуются тесным взаимодействием со средой, что обусловлено специфической природой молекулярной частицы белка. Были рассмотрены особенности влияния рН среды на характеристики пены. Влияние рН прослеживали на рациональном составе пенообразователя. Для этого щелочной гидролизат нейтрализовали до определенного значения водородного показателя. Максимальные показатели кратности и устойчивости пены установлены в области рН 7-8,5. Водородный показатель среды в значительной степени влияет на свойства растворов пенообразователя и должен приниматься во внимание при производстве и практическом использовании продуктов.

Были получены результаты влияния вязкости растворов кератинового пенообразователя на кратность и устойчивость пены. Исследование показало, что вязкость не является определяющим фактором стабильности пен: максимальная устойчивость не соответствует максимальной вязкости белкового пенообразователя. В то же время отмечается повышение кратности пены с увеличением вязкости раствора.

Используемые в настоящее время в строительной промышленности отечественные пенообразователи на основе природного сырья имеют среднюю продолжительность хранения до 6 месяцев.

В четвертом параграфе экспериментальной главы определены показатели качества кератинового пенообразователя. В течение продолжительного срока хранения (более 200 суток) физико-химические свойства пенообразователя (рН, плотность, вязкость, поверхностное натяжение растворов) менялись незначительно, что не оказывало существенного влияния на показатели качества пены.

Глава 4. В данной главе рассмотрено влияние белкового кератинсодержащего пенообразователя «Белпор-10м» на свойства пенобетона неавто-

клавного твердения. Известно, что органические добавки значительно изменяют свойства бетонов, а иногда и придают ему некоторые новые особенности. Экспериментально установлено, что существует возможность влияния белкового пенообразователя в составе затворяющей жидкости на некоторые свойства цементного камня. Полученные данные позволили установить следующее.

Наличие пенообразователя в жидкости затворения значительно (в полтора-два раза) сокращает начало схватывания цементного теста. В некоторых случаях начало схватывания наступало ранее 45 минут, т.е. выходило за рамки нормативных требований. Ускорение сроков схватывания может быть объяснено присутствием в составах гидролизата кератина значительного количества электролитов. Конец схватывания соответствовал эталонному образцу, т.е., затворенному чистой водой.

Белковые пенообразователи заметно пластифицируют цементное тесто. Нормальная густота снижается в среднем до 22-23 % в зависимости от концентрации пенообразователя в жидкости затворения. Значение нормальной густоты цементного теста зависит также от водородного показателя щелочного гидролизата кератина и концентрации кератина в жидкости затворения.

Несмотря на ускоренное структурообразование цементного камня с добавкой пенообразователя на начальном этапе, заметных отличий по темпам твердения в последующий период не отмечается. Прочностные показатели в 28-суточном возрасте практически одинаковые.

Состав новообразований цементного камня с добавкой белкового пенообразователя, независимо от условий твердения, не имеет качественных отличий. Кривые ДТА с добавкой пенообразователя совпадают с дериватограммой цементного вяжущего, затворенного дистиллированной водой. Имеющиеся различия носят сугубо количественный характер. Основными структурообразующими гидратными новообразованиями цементных вяжущих различного состава, возраста и условий твердения являются низкоосновные гидросиликаты кальция типа $CSH(B)$ и CSH_2 , которые образуются в процессе гидролиза и гидратации алита и гидратации белита.

Наряду с прочностными характеристиками важное значение для ячеистых бетонов имеют теплофизические и гидрофизические характеристики, в первую очередь, такие как теплопроводность и морозостойкость. Испытания независимых лабораторий г. Омска подтвердили следующие характеристики пенобетона на пенообразователе "Белпор-1 ом" (табл.1).

Таблица 1

Марка по плотности, кг/м ³	Марка по прочности, кг/см ²	Марка по морозостойкости, циклы	Теплопроводность в сухом состоянии, Вт/м*град
Д 400	М 7,5-М10	не нормируется	0,100
Д 500	М10-М 15	не нормируется	0,119
Д 600	М15-М 20	F 35	0,131

Показатель сорбционной влажности не превышает 10%.

Как известно, морозостойкость, теплопроводность и прочность изделий зависят от величины и характера пористости материала. В изломе пенобетонные блоки имеют однородную структуру без признаков дефектов, т.е. без расслоений, пустот, трещин и посторонних включений. Высокие теплоизоляционные свойства пенобетона обусловлены равномерным распределением по всему объему изделия мелких, не сообщающихся пор. Поверхность пор гладкая и плотная. Размер пор - не более 1мм.

Таким образом, пенообразователь «Белпор-10м» дает возможность получать на его основе пенобетон, прочностные показатели которого удовлетворяют действующим нормативным требованиям.

Глава 5. Рассмотрена технология серийного производства белкового пенообразователя и неавтоклавного пенобетона на его основе на производственном участке ОАО "Омский комбинат строительных конструкций".

Технологическая схема производства пенообразователя состоит из следующих операций: дозирование белкового сырья и химических компонентов; загрузка в установку для гидролиза; процесс гидролиза сырья; перекачивание гидролизата в резервный бак; охлаждение гидролизата; нейтрализация и стабилизация раствора; фасовка пенообразователя в бочки для потребителей; транспортировка бочек на склад готовой продукции.

При производстве пенообразователя осуществляется входной контроль качества поступающих исходных материалов, операционный контроль в процессе гидролиза (контроль температуры, продолжительности процесса) и выходной контроль готовой продукции.

По физико-химическим показателям пенообразователь соответствует следующим требованиям:

- внешний вид: жидкость коричневого цвета без посторонних включений;
- запах: специфический;
- наличие осадка: не более 3,0 %;
- вязкость кинематическая при 20°C: не более $40,0 \cdot 10^{-6}$ (40) мм²/с (сСт);

- плотность при 20 °С, не менее 1100 кг/м³;
- водородный показатель (рН): 7,5 – 8;
- кратность пены рабочего раствора (водный раствор 4-6 %-ной концентрации): не менее 6,0;
- стойкость пены на воздухе, не менее 45 мин;
- стойкость пены в цементном тесте, не менее 90 %;
- концентрация рабочего раствора (степень разбавления) пенообразователя: 4 – 6 %.

Использование в качестве сырья белковых продуктов и химических компонентов требует обеспечения соответствующих мер безопасности в производстве. При работе с исходными химическими компонентами следует применять индивидуальные средства защиты (респираторы, защитные очки, резиновые перчатки, головной убор) по ГОСТ 12.4.011, а также соблюдать правила личной гигиены. Помещение должно быть оборудовано приточно-вытяжной вентиляцией по ГОСТ 12.4.021, обеспечивающей состояние воздуха рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005.

Готовый пенообразователь "Белпор-1 ом" по токсичности соответствует четвертому классу опасности по ГОСТ 12.1 007.

Приложения к диссертации содержат:

- технические условия на пенообразователь белковый "Белпор-1 ом";
- технологический регламент производства белкового пенообразователя "Белпор-1 ом";
- гигиеническое заключение Омского областного центра государственного санитарно-эпидемиологического надзора на пенообразователь белковый "Белпор-1 ом";
- диплом международного выставочного центра "Интерсиб" и Госкомэкологии Омской области на самый экологичный экспонат выставки "Стройпрогресс. Город-2000" в номинации "Эффективное использование отходов";
- акт о выпуске опытно-промышленной партии технического пенообразователя для ячеистых бетонов на основе кератинсодержащего сырья;
- технические условия на блоки стеновые мелкие из пенобетона неавтоклавного твердения.

Пенообразователь "Белпор-1 ом" сопоставим по качеству с протеиновым пеноконцентратом немецкой фирмы "Неопор", но почти на порядок дешевле.

В результате реконструкции одного из пролетов формовочного цеха на ОАО ОКСК организован серийный выпуск мелких стеновых блоков из пе-

нобетона неавтоклавного твердения.

Технология производства пенобетона осуществляется по следующей схеме. Смешивание компонентов бетонной смеси происходит в циклическом бетоносмесителе принудительного действия СБ-148. Смесь готовится в течение 5 минут. Отдозированная порция цементного раствора загружается в шнековый пенобетоносмеситель собственной конструкции. Одновременно с этим в мешалку дозируется пена, полученная из 4-6 %-ного раствора пенообразователя на пеногенераторе собственной конструкции. Пеномасса перемешивается до получения однородной ячеистобетонной смеси в течение 3-5 мин. Затем готовая пенобетонная смесь выливается в форму, которая транспортируется на пост выдержки. Заформованный массив подается в пропарочную камеру, где в течение 8-10 часов производится тепловлажностная обработка пенобетона. После пропарки пенобетонные блоки укладываются на поддоны, стягиваются металлической лентой и вывозятся на склад готовой продукции.

Предлагаемая технология производства пенобетона в максимальной степени использует существующую инфраструктуру и оборудование формовочного цеха: склады цемента и наполнителей, тракты подачи и дозирования сырьевых компонентов, растворосмесители, грузоподъемные краны, пропарочные камеры, транспорт и т.д. Причем отделение по производству пенообразователя входит, в качестве неотъемлемой составляющей, в состав участка по производству пенобетона. В этом случае себестоимость пенообразователя минимальная - на уровне затрат на материалы для его производства.

В таблице 2 представлено соотношение марок пенобетонных блоков по средней плотности с марками блоков по прочности на сжатие.

Таблица 2

Марка блоков по средней плотности	350	400	500	600	700	800	900
Марка блоков по прочности на сжатие	M5	M7,5 M10	M10 M15	M15 M20	M20 M25	M25 M35	M35 M50

Определена область применения неавтоклавного пенобетона на основе белкового пенообразователя "Белпор-1 ом": теплоизоляционные изделия (скорлупы для теплопроводов, плитный утеплитель, мелкие стеновые бло-

ки), монолитные работы (заливка малоэтажных домов, соответствующих элементов коттеджа, поризованных полов, теплоизоляционного слоя в кирпичной кладке, устройство теплоизоляции кровли).

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ ПО РАБОТЕ

1. Существующие отечественные пенообразователи не обеспечивают высоких показателей качества технической пены и пенобетонов на их основе. Высококачественные импортные пенообразователи, типа "Неопор", очень дороги. Для решения проблемы производства высококачественного недорогого пенобетона необходим отечественный пенообразователь, не уступающий по качеству импортным образцам.

2. Наиболее перспективными пенообразователями являются белковые композиции. Они относятся к классу структурообразующих ПАВ и способны образовывать более долговечную пену на воздухе и в цементном тесте по сравнению с синтетическими. Широкое промышленное применение белковых ПАВ сдерживается неизученностью данного вопроса и ограничено наиболее доступными белками.

3. Для производства высококачественного технического пенообразователя предложено использовать доступные белковые, кератинсодержащие отходы мясной промышленности, в том числе рога - копытное сырье.

4. Разработан состав и технология производства пенообразователя посредством щелочного гидролиза кератинсодержащего сырья.

5. Определен рациональный режим гидролиза данного сырья: температура гидролиза не ниже 85°C , продолжительность гидролиза 6-8 часов. Установлено, что процесс гидролиза кератина имеет ступенчатый характер, соответствующий диссоциации определенных структур кератина.

6. Определены показатели качества технической пены, полученной на основе 4-6 %-ного водного раствора белкового пенообразователя: кратность - не менее 6, стойкость на воздухе - не менее 45 минут, стойкость пены в цементном тесте - не менее 90 %. Показана возможность повышения кратности и стойкости пены за счет использования стабилизаторов.

7. Введение белкового пенообразователя в жидкость затвердения оказывает на цементное тесто пластифицирующее действие, существенно сокращает начало схватывания цементного камня.

8. На основе белкового пенообразователя получены пенобетоны неавтоклавного твердения плотностью $400-900\text{ кг/м}^3$, показатели качества которых полностью удовлетворяют действующим нормативам.

9. Разработан, согласован и утвержден пакет технической документации, состоящий из технических условий на пенообразователь белковый "Белпор-1ом", технологического регламента производства пенообразователя белкового "Белпор-1ом", технических условий на блоки стеновые мелкие из пенобетона неавтоклавного твердения. На разработанный пенообразователь получено гигиеническое заключение. Пенообразователь белковый "Белпор-1ом" удостоен диплома международного выставочного центра "Интерсиб" - "Стройпрогресс. Город-2000".

10. Предложенные составы и технологии прошли производственную проверку и в настоящее время внедрены в серийное производство.

Основные положения диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

1. Ушаков В.В., Попов В.А., Гурова Е.В. Мелкозернистые поризованные бетоны // Строительство в новых хозяйственных условиях: Сб. науч. тр.– Омск: Изд-во СибАДИ, 1999.-Вып.5–С.17–18.

2. Ушаков В.В., Попов В.А., Гурова Е.В. Пенообразователь «Белпор-1 Ом» на основе фторсодержащего гидролизата протеина.–Омск: ЦНТИ, 2000.

3. Ушаков В.В., Попов В.А., Гурова Е.В. Неавтоклавный пенобетон на основе белкового пенообразователя «Белпор-1 Ом».–Омск: ЦНТИ, 2000.

4. Ушаков В.В., Гурова Е.В. Некоторые свойства технического пенообразователя и пенобетонов на его основе // Строительные материалы и конструкции: Сб. науч. тр.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2001.- Вып.4–С. 77–80.

5. Гурова Е.В. Влияние концентрации щелочи на физико-химические свойства белковых кератинсодержащих гидролизатов //Повышение качества материалов дорожного и строительного назначения: Сб. науч. тр.– Омск: Изд-во СибАДИ, 2001.-С. 75-79.