



УДК 678.652.41.21:62.

**Л.Ф. Мубаракшина** – аспирант

**Л.А. Абдрахманова** – доктор технических наук, профессор

**В.Г. Хозин** – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой

Кафедра технологии строительных материалов, изделий и конструкций

**Казанский государственный архитектурно-строительный университет (КазГАСУ)**

## МОДИФИКАЦИЯ КАРБАМИДНЫХ ПЕНОПЛАСТОВ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ОТХОДАМИ

### АННОТАЦИЯ

Рассмотрена возможность наполнения карбамидных пенопластов промышленными отходами с целью улучшения физико-механических характеристик. Исследовано влияние промышленных отходов на свойства карбамидных пенопластов.

**L.F. Mubarakshina** – post-graduate student

**L.A. Abdrachmanova** – doctor of technical sciences, professor

**V.G. Khozin** – doctor of technical sciences, professor, head of the department

Department of Technologies of the Building Materials, Product and Designs

**Kazan State University of Architecture and Engineering (KSUAE)**

## THE MODIFICATION OF CARBAMIDE FOAMS BY INDUSTRIAL WASTE

### ABSTRACT

The modification of carbamide foams by industrial waste aiming to improve their physical-mechanical characteristics is analyzed. The industrial waste influence on the carbamide foams' properties is studied.

Важной составляющей частью практически всех национальных программ перспективного экономического и социального развития в условиях энергетического кризиса во всем мире и в России является экономия топливно-энергетических и материальных ресурсов.

Основной задачей энергосбережения во вновь строящихся и реконструируемых жилых зданиях является снижение затрат тепла на отопление, что объясняет устойчивую тенденцию роста потребления теплоизоляционных материалов за последние годы. Кроме того, большую роль сыграло ужесточение требований к теплозащитным характеристикам ограждающих конструкций зданий и сооружений, т.е. доведение приведенного сопротивления теплопередаче до нормативных величин, согласно ТСН 23-340-2003 СПб «Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормативы по энергопотреблению и теплозащите».

С точки зрения решения проблемы внедрения ресурсо- и энергосберегающих технологий производства строительных материалов наиболее перспективным теплоизоляционным материалом является карбамидный пенопласт. Существенным моментом, повышающим конкурентоспособность

карбамидных пенопластов с другими видами пенопластов, является сравнительно низкий показатель его энергетического эквивалента, который был предложен для сравнения энергоемкости производства отдельных пенопластов на базе суммарной оценки затрат энергии на изготовление исходных материалов и полупродуктов, входящих в состав композиций конечного продукта. Показатель конечного эквивалента для карбамидного пенопласта равняется 480 МДж/кг против 2950 МДж/кг для пенополиуретана и 1360 МДж/кг для пенополистирола [1].

Современный карбамидный пенопласт на рынке России представлен под торговой маркой – пеноизол, к достоинствам которого можно отнести хорошие теплоизоляционные свойства, низкую стоимость и высокую технологичность. Отсутствие способности к развитию стабильного процесса горения и к образованию расплава свидетельствует о пониженной пожарной опасности пеноизола по сравнению с распространенными пенополиуретанами и пенополистиролами.

Однако пеноизол, как и все карбамидные пенопласты, не находит широкого применения в строительстве из-за низкой механической прочности и значительной усадки, которые обуславливаются



особенностью воздушно-механического способа изготовления карбамидных пенопластов, характеризующегося применением сильноразбавленных водой карбамидных смол. Удаление в процессе сушки воды, содержащейся в карбамидной смоле, а также выделяющейся в результате реакции поликонденсации, приводит к развитию внутренних напряжений и усадочных деформаций [2].

В связи с этим, улучшение физико-механических свойств карбамидных пенопластов является актуальной задачей, решение которой способствует продвижению карбамидного пенопласта на рынок теплоизоляционных материалов.

Возможные способы улучшения прочностных характеристик карбамидных пенопластов представлены на рис. 1.

Одним из способов усиления карбамидных пенопластов является подбор оптимального режима сушки. Недостаток данного способа заключается в выборе длительных режимов сушки, так как процесс испарения влаги идет весьма интенсивно из-за открытопористой структуры, характерной для карбамидных пенопластов.

Уменьшение усадочной деформации путем увеличения объемной доли полимерной основы за счет снижения пористости карбамидного пенопласта, т.е. увеличение плотности, приводит к повышению полимероёмкости, что отрицательно сказывается на теплозащитных характеристиках карбамидного пенопласта и не всегда экономически целесообразно.

Другой способ улучшения прочностных свойств карбамидных пенопластов – химическая модификация карбамидных смол на стадии синтеза, с целью



Рис. 1. Блок-схема возможных способов усиления карбамидных пенопластов



увеличения прочности отвержденной смолы. Однако применение известных, специально синтезированных для производства пеноизола карбамидных смол приводит к незначительному увеличению прочности пеноизола (0,03 МПа).

На наш взгляд, наиболее рациональным путем улучшения механических свойств карбамидных пенопластов является применение принципов физической модификации полимерной основы, в частности, за счет введения наполнителя [3].

В данной работе рассмотрена возможность применения промышленных отходов в качестве наполнителей карбамидных пенопластов с целью улучшения их физико-механических свойств.

Был использован как классический способ наполнения (введение химически инертного наполнителя), так и метод “самонаполнения”, когда наполнитель создается в ходе образования самого пенопласта.

В качестве химически инертных наполнителей использованы легкие высокопористые наполнители и тонкодисперсные наполнители с размерами, близкими к наночастицам.

Легкие наполнители низкой плотности целесообразны для применения, учитывая сложности, возникающие при наполнении карбамидных пенопластов ввиду резкого снижения кратности вспенивания и стабильности пены. В качестве легкого наполнителя низкой плотности был выбран вспученный перлитовый песок (насыпная плотность 38 кг/м<sup>3</sup>), который является отработанной тепловой засыпкой криогенных установок «Нижнекамскнефтехима». Вспученный перлитовый песок состоит, в основном, из пористого бесцветного прозрачного алюмосиликатного стекла и характеризуется открытопористой структурой. Было исследовано

влияние гранулометрического состава вспученного перлитового песка на свойства карбамидного пенопласта и установлены оптимальные фракции – от 250 до 63 мкм.

Отличительной особенностью наполнения карбамидного пенопласта другим химически инертным наполнителем – шлаком Тульского металлургического завода, состоящим на 80% из оксида железа, размер которого близок к наночастицам (удельная поверхность 135000 см<sup>2</sup>/гр), является возможность введения большого количества наполнителя (до 40 масс.ч.) без существенного снижения кратности вспенивания и ухудшения стабильности пены.

При реализации способа «самонаполнения», наполнитель создается в ходе реакции взаимодействия реакционноспособных компонентов с катализатором отверждения карбамидоформальдегидной смолы – ортофосфорной кислотой.

В качестве реакционноспособных компонентов были выбраны шлам гальванического производства КАПО им. С.П. Горбунова – алюмонатриевый отход, состоящий на 96% из гидроксида алюминия, и отход водоочистки ТЭЦ, состоящий примерно на 87% из карбонатов кальция и магния, а роль наполнителей играют фосфаты алюминия, кальция и магния, образующиеся в результате реакции взаимодействия наполнителей с катализатором отверждения карбамидной смолы. В случае использования отхода водоочистки ТЭЦ использовалось сочетание механического вспенивания и газообразования, за счет выделяющегося углекислого газа в результате реакции взаимодействия ортофосфорной кислоты с карбонатами кальция и магния.

Однако недостатком использования отхода водоочистки ТЭЦ является необходимость введения

Зависимость кратности вспенивания пеномассы от содержания на полнителя

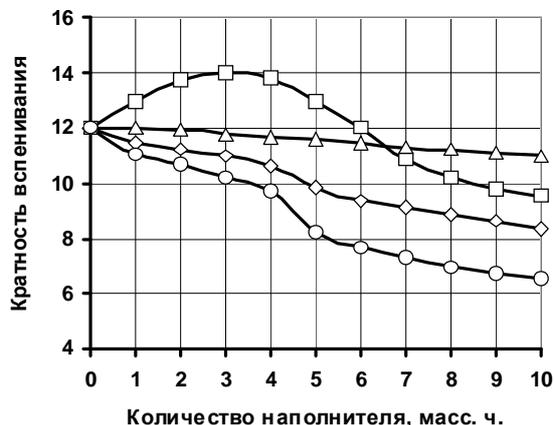


Рис. 2. 1 – вспученный перлитовый песок, 2 – металлургический шлак, 3 – алюмонатриевый отход, 4 – ЦСП: отход водоочистки ТЭЦ = 1:6

Зависимость времени гелеобразования пеномассы от содержания наполнителя

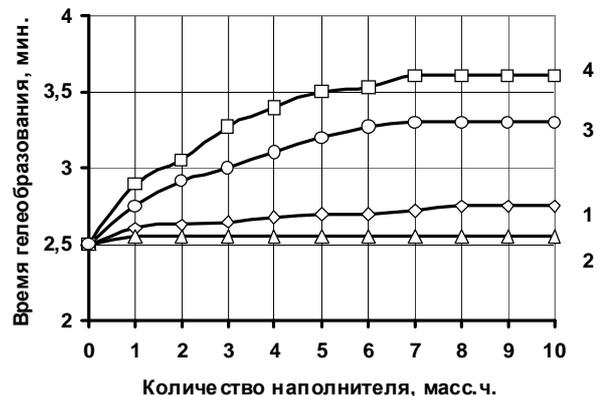


Рис. 3. 1 – вспученный перлитовый песок, 2 – металлургический шлак, 3 – алюмонатриевый отход, 4 – ЦСП: отход водоочистки ТЭЦ = 1:6



Зависимость плотности карбамидного пенопласта от содержания наполнителя

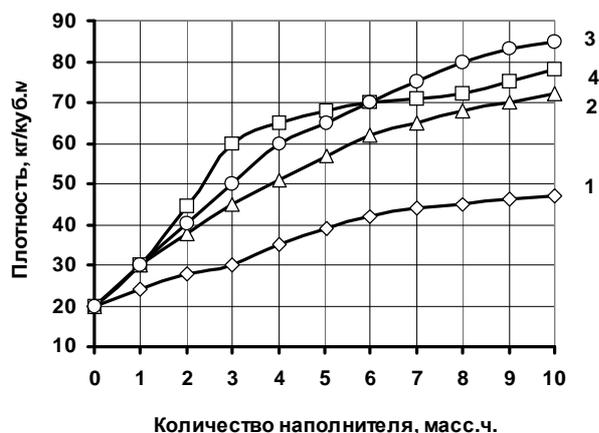


Рис. 4. 1 – вспученный перлитовый песок, 2 – металлургический шлак, 3 – алюмонатриевый отход, 4 – ЦСП: отход водоочистки ТЭЦ = 1:6

Зависимость прочности карбамидного пенопласта от содержания наполнителя

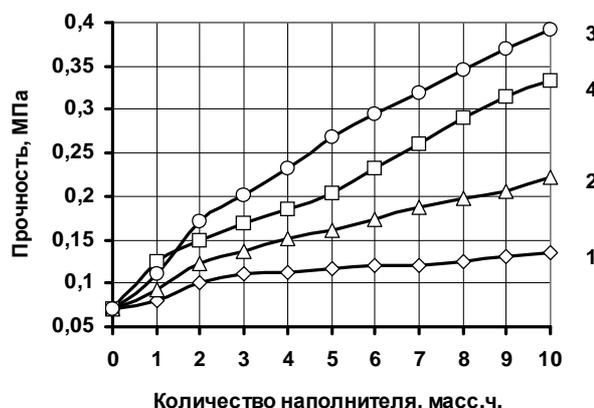


Рис. 5. 1 – вспученный перлитовый песок, 2 – металлургический шлак, 3 – алюмонатриевый отход, 4 – ЦСП: отход водоочистки ТЭЦ = 1:6

большого количества кислоты, а за счет интенсивной химической реакции появляются остаточные усадочные напряжения, которые приводят к трещинообразованию пенопласта.

В связи с этим, проведена частичная замена отхода водоочистки ТЭЦ менее активным наполнителем – цеолитсодержащей породой (ЦСП), и установлено оптимальное соотношение ЦСП : отход водоочистки ТЭЦ, равное 1:6 [4].

Изменения основных технологических показателей – времени гелеобразования и кратности вспенивания

пеномассы – показаны, соответственно, на рис. 2 и 3. Увеличение времени гелеобразования при использовании алюмонатриевого отхода и смеси отхода водоочистки ТЭЦ с ЦСП обусловлено тем, что значительная часть ортофосфорной кислоты взаимодействует с ними, что приводит к ослаблению каталитического влияния ортофосфорной кислоты на процесс отверждения карбамидоформальдегидной смолы. Увеличение кратности вспенивания при наполнении смесью отхода водоочистки ТЭЦ с ЦСП объясняется выделением углекислого газа в результате

Таблица

Свойства карбамидных пенопластов

№	Составы, масс. ч.	Плотность кг/м <sup>3</sup>	Прочность на сжатие, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/(мК)	Сорбционное увлажнение за 24 часа, %	Линейная усадка, %
1	Пеноизол	20-30	0,007-0,05	0,035-0,047	15-20	8
2	Карбамидный пенопласт, наполненный смесью отхода водоочистки ТЭЦ и цеолитсодержащей породой	65	0,2	0,037	8	3
3	Карбамидный пенопласт, наполненный вспученным перлитовым песком	40	0,11	0,038	10	1
4	Карбамидный пенопласт, наполненный алюмонатриевым отходом	50	0,22	0,032	15	2,5
5	Карбамидный пенопласт, наполненный металлургическим шлаком	60	0,16	0,035	18	2



реакции взаимодействия ортофосфорной кислоты с карбонатами кальция и магния.

Из анализа представленных на рис. 4 и 5 изменений плотности и прочности пенопласта следует, что введение наполнителя закономерно увеличивает плотность, а наибольшая упрочняющая способность характерна для алюмонатриевого отхода. Вспученный перлитовый песок, являясь объемным наполнителем, в силу своего размера является межструктурным, что объясняет незначительное увеличение прочности карбамидного пенопласта. Однако, наполнение карбамидного пенопласта вспученным перлитовым песком позволяет снизить линейную усадку на 70-80%.

В таблице представлены разработанные составы наполненных промышленными отходами карбамидных пенопластов, характеризующиеся высоким комплексом физико-механических показателей, а именно: повышенной прочностью на сжатие, низким сорбционным увлажнением, высокими теплозащитными свойствами и низкими значениями усадочных деформаций.

### Литература

1. Герасименя В.П., Гумаргалиева К.З., Соловьев А.Г., Соболев Л.А., Мальков И.Н. Новое поколение карбамидных теплоизоляционных пенопластов. // Строительные материалы, 1996, №6. – С. 17-19.
2. Панкрушин А.А. Технологическая и экономическая целесообразность применения карбамидных пенопластов. // Строительные материалы, 2004, № 5. – С. 10-12.
3. Тараканов О.Г., Шамов И.В., Альперн В.Д. Наполненные пластмассы. – М.: Химия, 1988. – 216 с.
4. Мубаракшина Л.Ф., Ушакова Г.Г., Абдрахманова Л.А. Химическое наполнение карбамидных пенопластов. // Строительные материалы, 2006, № 5. – С. 17-19.