

## ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИКИ СУШКИ ЯЧЕИСТОГО ГАЗОБЕТОНА

А.А. Жилин, А.В. Федоров

*Институт теоретической и прикладной механики СО РАН им. С.А. Христиановича  
630090, Новосибирск, Россия*

Сушка пористых материалов широко используется при производстве строительных материалов, в пищевой и химической промышленности, сельском хозяйстве и ряде других сфер деятельности человека. Применение пористых материалов в строительстве обусловлено тем, что большинство пористых материалов обладает высокими тепло-сберегающими и звукоизоляционными свойствами. Данное обстоятельство позволило в последнее время создать целый ряд новых строительных материалов, одним из которых является ячеистый газобетон. Его популярность обусловлена широким применением как в индивидуальном жилищном, так и малоэтажном промышленном строительстве.

При производстве ячеистого газобетона одной из важнейших технологических операций является автоклавное упрочнение под воздействием перегретых водяных паров при температуре до 200°C и давлении около 12 атм. В результате данной операции произведенная продукция характеризуется повышенным содержанием влаги. Для того, чтобы произведенный материал сразу, минуя склады хранения, направить потребителям и применить в строительстве, необходимо значительно уменьшить влажность произведенных блоков ячеистого газобетона за короткий промежуток времени. Для решения данной задачи по удалению избыточной влаги из массива блоков, извлеченных из автоклава, в данной работе предлагается привлечение разрабатываемой в ИТПМ СО РАН технологии по акусто-конвективной сушке пористых материалов. Данная технология показала значительную интенсификацию процесса сушки для целого ряда пористых материалов как техногенного (сорбенты [1], зернистый силикагель [2]), так и природного (кедровый орех [3], рис [4], мясо [5]) происхождения.

В результате проведенного исследования по термо-вакуумной сушке образцов кека подсолнечника, было определено, что абсолютная начальная влажность исследуемого материала составила  $W = 313,06 \%$ , а относительная  $w = 75,79 \%$ .

**Определение начальной влажности образцов.** В качестве исследуемого материала был взят пористый ячеистый газобетон автоклавного твердения ГОСТ 31360-2007. Условная марка газобетона B1-D600-B2.5 – средняя плотность 600 кг/м<sup>3</sup>, прочность на сжатие B2.5. Для проведения серии экспериментов был подготовлен ряд образцов с квадратным сечением 30x30 мм и длиной 250 мм. Перед исследованием процесса массопереноса с подготовленными образцами, необходимо определить количество влаги, содержащейся в порах автоклавного газобетона, содержание которой будет соответствовать параметрам окружающей среды. Для этого один из образцов подвергался высушиванию микроволновым методом до абсолютно сухого состояния.

Сушка проводилась в бытовой микроволновой печи Samsung M17112NR с максимальной мощностью 800 Вт. Образец подвергался периодическому микроволновому воздействию и последующему взвешиванию. Процесс сушки продолжался до тех пор, пока изменение массы образца за интервал времени 5 мин не стало меньше точности измерительного инструмента (т. е. 0.01 г). Общая продолжительность эксперимента составила 60 мин. В результате весовых измерений была определена абсолютная начальная влажность образцов, которая составила 9.5%, а относительная – 8.68%. В дальнейших исследованиях данное значение начальной влажности полагалось как опорное для всех исследуемых в данной работе образцов.

© А.А. Жилин, А.В. Федоров, 2017

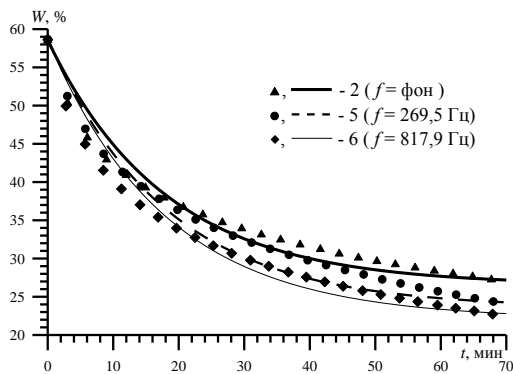


Рис. 1. Динамика акусто-конвективной сушки (точки – экспериментальные данные; линии – теория).

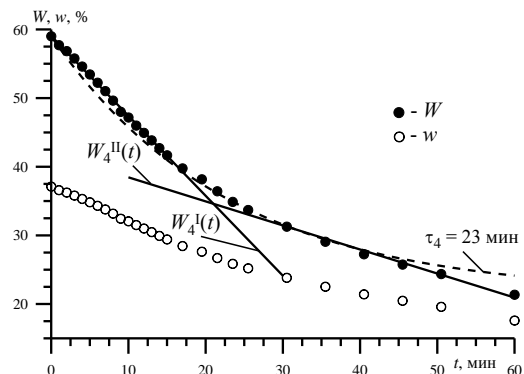


Рис. 2. Динамика термо-конвективной сушки (точки – эксперимент; сплошные линии – аппроксимация; пунктирная линия – теория).

Для исследования влияния начальной влажности на динамику сушки образцов, проводилось их увлажнение двумя способами: капиллярным и сорбционным. В результате проведения этой серии экспериментов по увлажнению образцов из ячеистого газобетона была получена зависимость скорости поглощения влаги для каждого из двух способов увлажнения капиллярной пропитки и сорбции.

Проведена серия экспериментальных исследований по влиянию режима сушки: акусто-конвективного, термо-конвективного и естественного на динамику экстракции влаги из ячеистого газобетона. Результаты выполненной работы показали, что:

- при акусто-конвективном режиме сушки обнаружено существование влияния частоты и интенсивности рабочего потока на динамику экстракции влаги из осушаемых образцов (рис. 1);
- полученные экспериментальные данные по термо-конвективной сушке характеризуются билинейным распределением (рис. 2). Для его описания найдены два линейных кинетических уравнения сушки 1)  $W_4^I(t) = 59,055 - 1,164 \times t$  и 2)  $W_4^{II}(t) = 41,958 - 0,350 \times t$ , позволившие найти характерные скорости протекающих процессов;
- процесс естественной сушки протекает крайне медленно, при этом существенное влияние на скорость сушки оказывает температура и влажность окружающей среды (рис. 3).

Сопоставление динамики экстракции влаги из ячеистого газобетона при акусто-конвективном и термо-конвективном режимах сушки (рис. 4) показало существование трех временных этапов: роста эффективности акусто-конвективного режима в сравнении с термо-конвективным; уменьшения производительности акусто-конвективной сушки по отношению к термо-конвективной; преобладания термо-конвективного режима сушки над акусто-конвективным.

Для описания экспериментальных данных по сушке ячеистого газобетона на трех режимах оказалось возможным использование простой релаксационной модели, которая позволила получить характерные времена процессов для каждого режима сушки. В рамках релаксационной модели показано, что для акусто-конвективного режима сушки определенное время релаксации равно 18 мин и практически не зависит от параметров осушающего потока. Для термо-конвективного режима сушки определенное время ре-

лаксации составило 23 мин, а для естественной в зависимости от условий окружающей среды – 1.3 суток или 3.5 суток.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Новосибирской области в рамках научного проекта № 17-48-540805.

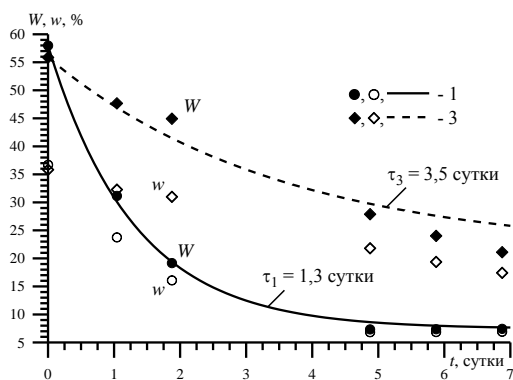


Рис. 3. Изменение содержания влаги при естественной сушке при:  
1 – температура 26.7°C, влажность 60%;  
2 – температура 18.7°C, влажность 87%.

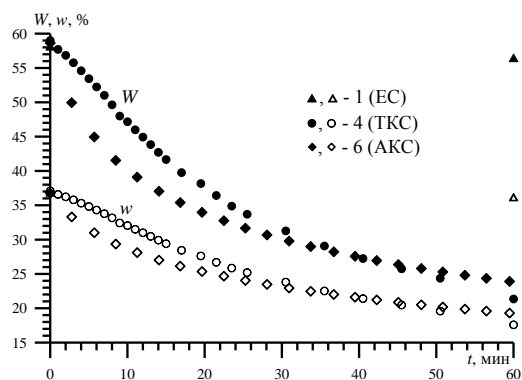


Рис. 4. Сравнение динамики сушки ячеистого газобетона тремя способами: акусто-конвективный, термо-конвективный и естественный.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коробейников Ю.Г., Федоров А.В., Булучевский Е.А., Лавренов А.В. Сорбент типа "соль в пористой матрице" и древесные опилки как осушители воздуха для систем вентиляции. Инженерно-физический журнал. 2009. Т. 82, № 2. С. 252–257.
2. Жилин А.А., Федоров А.В., Коробейников Ю.Г. Исследование процессов пропитки и сушки зернистого силикагеля. Инженерно-физический журнал. 2011. Т. 84, № 5. С. 897–906.
3. Жилин А.А., Федоров А.В. Акустоконвективная сушка кедрового ореха. Инженерно-физический журнал. 2014. Т. 87, № 4. С. 879–886.
4. Коробейников Ю.Г., Трубачев Г.В., Федоров А.В. и др. Экспериментальное исследование акустоконвективной сушки неочищенного корейского риса. Инженерно-физический журнал. 2008. Т. 81, № 4. С. 652–655.
5. Жилин А.А., Федоров А.В. Акустоконвективная сушка мяса. Инженерно-физический журнал. 2016. Т. 89, № 2. С. 316–325.