

Таблица 1

Свойства теплоизоляционного материала на основе вспененного жидкого стекла и волластонита

№	Состав, мас. %				Прочность, МПа			Плотность, г / см <sup>3</sup>	Теплопроводность, Вт/м·К
	Количество жидкого стекла (ЖС)	Na <sub>2</sub> SiF <sub>6</sub> , % от массы ЖС	Пенообразователь % от массы ЖС	Количество волластонита	7 сут	14 сут	28 сут		
1	52	15	8	48	22,36	29,67	40,31	0,78	0,160
2	60	15	8	40	4,49	7,39	6,33	0,67	0,161
3	63	15	8	37	2,83	3,08	3,79	0,55	0,134
4	66	15	8	34	3,78	5	5,28	0,60	0,135
5	68	15	8	32	4,02	3,2	4,27	0,50	0,150

Образец № 1 обладает значительной прочностью на сжатие при относительно высокой теплопроводности, такой материал скорее относится к конструкционно-теплоизоляционным. При содержании волластонита в составе композита в количестве 34-37 мас. % при удовлетворительной прочности коэффициент теплопроводности составляет примерно 0,13 Вт/м·К, что позволяет отнести этот композит к разряду теплоизоляционных. Такой материал абсолютно водостоек (коэффициент размягчения при испытании в течение 3 месяцев составляет 0,78), огнестоек, максимальная рабочая температура – 800°С. Очевидно, для того, чтобы снизить теплопроводность материала и в потенциале достичь значений на уровне 0,1 Вт/м·К необходимо либо повышать кратность пены, либо снижать количество волластонита, но это приведет одновременно к заметному снижению прочностных характеристик.

Таким образом, на основе предлагаемой методики можно создавать материалы с заданным соотношением прочностных и теплофизических свойств под конкретные требования потребителей, ориентированных на самые различные области применения.

#### Литература

1. Карпов Я.С., Ивановская О.В. Композиционные материалы: компоненты, структура, переработка в изделия / Уч. пособие. Харьковский национальный аэрографический университет. – Харьков: ХАИ, 2001. – 152с.
2. Зарубина Л.П. Теплоизоляция зданий и сооружений: Материалы и технологии. 2-е изд. Издательство: СПб.: БХВ-Петербург, 2012. – 406 с.
3. Кутугин В.А. Управление процессами термической поризации жидкостекольных композиций при получении теплоизоляционных материалов: Дис... канд. техн. наук. – Томск, 2008 г. – 142 с.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЛАГОУДАЛЕНИЯ В ДРЕВЕСНОЙ БИОМАССЕ И ПРОЦЕССА ИСПАРЕНИЯ ЖИДКОСТИ СО СВОБОДНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Н.А. Иванова

Научный руководитель – к.т.н., доцент ИШЭ Е.Е. Бульба

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

Процесс испарения зависит от интенсивности теплового движения молекул: чем быстрее движутся молекулы, тем быстрее происходит испарение. Кроме того, немаловажными факторами, влияющими на процесс испарения, являются скорость внешней (по отношению к веществу) диффузии, а также свойства самого вещества. Важным фактором является также площадь поверхности жидкости, с которой происходит испарение [6].

Расчет характеристик процессов выхода влаги из пористых материалов очень сложен. Описание процессов движения фронта испарения от поверхности нагреваемого материала в его глубинные слои в настоящее время проводится во многих случаях (например, [5, 8]) с использованием математического выражения закона Герца-Кнудсена-Ленгмюра [4, 7]. Для использования последнего необходимо знание коэффициента аккомодации, который не является постоянной величиной и в каждом конкретном случае зависит от условий нагрева и оттока паров жидкости (например, [5, 8]) от поверхности фазовых превращений. Определение этой характеристики во всех случаях ее использования являются сложной задачей, которая решается при проведении экспериментальных исследований. Поэтому исследование закономерностей процессов влагоудаления является одной из основных задач при разработке технологий сжигания биотоплива в топках паровых и водогрейных котлов [1].

В качестве экспериментальных образцов использовалась дистиллированная вода (очищенная от различного рода примесей) и образцы лиственных, хвойных пород древесины.

Регистрация экспериментальных данных (масса, влажность, температура) проводилась в ходе проведения серии опытов. Методика проведения эксперимента ранее подробно описана в [2-3].

После экспериментального определения массы испарившейся за интервал времени Δt влаги в сушильной камере, находили массовую скорость влагоудаления жидкости из исследовавшихся образцов

$$W = \frac{\Delta m}{S \cdot \Delta t}, \quad (1)$$

где W – массовая скорость влагоудаления, кг / (м<sup>2</sup> · с); Δm – изменение массы образца, кг; S – площадь поверхности испарения (S = 0,47 м<sup>2</sup>); Δt – время сушки (Δt = 600 с).

В ходе эксперимента получили значения скорости влагоудаления для образцов хвойной и лиственной биомассы, а также значения скорости испарения для дистиллированной воды (рис. 1).

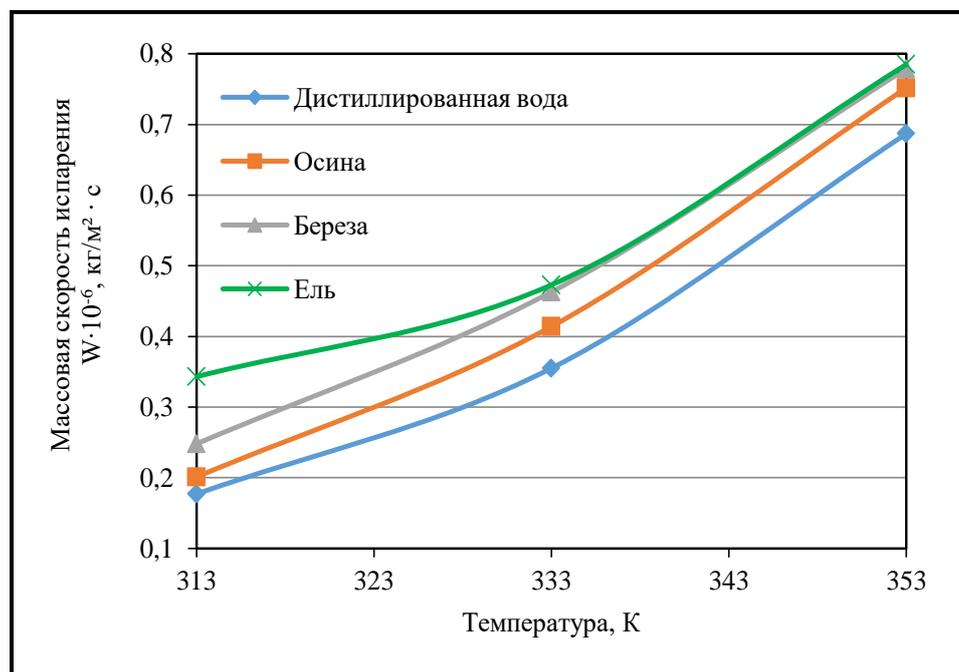


Рис. 1 Зависимость массовой скорости испарения от температуры

Анализируя данную зависимость, можно сказать, что массовая скорость визуально отличается для всех исследуемых образцов. Однако, рассчитав погрешность результатов измерений, можно сделать вывод о том, что все кривые находятся в одном доверительном интервале. Также можно сказать, что характер изменения массовой скорости испарения от температуры носит экспоненциальный характер.

Массовая скорость испарения с поверхности воды с течением времени не изменяется на всем исследуемом диапазоне температур, т.е. процесс испарения различного типа жидкостей является стационарным процессом.

Установленные закономерности могут использоваться при дальнейшем уточнении механизма удаления влаги из пористой структуры влагосодержащих материалов и развития общей теории сушки. Также результаты исследований могут использоваться при тестировании математических моделей сушки древесной биомассы.

#### Литература

1. Plis A. et al. Furniture wood waste as a potential renewable energy source //Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2016. – Т. 125. – №. 3. – С. 1357-1371.
2. Bulba E., Ivanova N. Experimental investigation of the processes of dehumidification of coniferous biomass //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2017. – Т. 141. – С. 01014.
3. Bulba E. E., Ivanova N. A. Experimental study of liquid evaporation rate from coniferous biomass //MATEC Web of Conferences. Vol. 110: Heat and Mass Transfer in the Thermal Control System of Technical and Technological Energy Equipment (HMTTSC 2017).—Les Ulis, 2017. – EDP Sciences, 2017. – Т. 1102017. – С. 1020.
4. Kuznetsov G. V., Kuybin P. A., Strizhak P. A. Estimation of the numerical values of the evaporation constants of water droplets moving in a high-temperature gas flow //High Temperature. – 2015. – Т. 53. – №. 2. – С. 254-258.
5. Kuznetsov G. V., Salomatov V. V., Syrodoy S. V. Numerical simulation of ignition of particles of a coal–water fuel //Combustion, Explosion, and Shock Waves. – 2015. – Т. 51. – №. 4. – С. 409-415.
6. Петухова В.Г. Испарение жидкости с поверхности горизонтального цилиндра. Ученые записки Пермского университета. – 1968, сб. "Гидродинамика", вып. 1.
7. Strakhov V. L. et al. Mathematical simulation of thermophysical and thermochemical processes during combustion of intumescent fire-protective coatings //Combustion, Explosion and Shock Waves. – 2001. – Т. 37. – №. 2. – С. 178-186.
8. Syrodoy S. V., Kuznetsov G. V., Salomatov V. V. The influence of heat transfer conditions on the parameters characterizing the ignition of coal-water fuel particles //Thermal Engineering. – 2015. – Т. 62. – №. 10. – С. 703-707.