УДК 691-405.8

**Федотова Анастасия Олеговна**

Направление Проектирование теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ (магистратура), гр. ПТСм-1-21

Научный руководитель

**Ваньков Юрий Витальевич,**

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой Промышленная теплоэнергетика и системы теплоснабжения

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет», г. Казань*

**ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЕ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ АЭРОГЕЛЕЙ**

**Цель работы** – выявить свойства аэрогелей, преимущества и недостатки их использования в качестве теплоизоляции, определить перспективы дальнейшего развития технологий по производству аэрогелевых композиционных материалов и их применения в качестве тепловой изоляции.

В связи с истощением топливно-энергетических ресурсов, все большим удорожанием энергоносителей, а также увеличивающимся негативным воздействием на окружающую среду, государства вынуждены проводить энергосберегающие мероприятия. Одним из таковых является уменьшение тепловых потерь при транспортировке и использовании тепловой энергии за счет применения эффективных теплоизоляционных материалов, одним из которых являются аэрогели, что и обеспечивает **актуальность** проведения исследований в данной области.

Аэрогели – класс материалов с нанопористой структурой и содержащимся внутри пор воздухом (приблизительно 99%) [2].

Отличительные свойства заключаются в: 1) легкости, обусловленной плотностью материалов от 1 до 150 кг/м3; 2) большой удельной площади поверхности; 3) низкой теплопроводности. Данное свойство объясняется эффектом Кнудсена: за счет пор чрезмерно малых размеров, 75% содержащегося внутри материала воздуха находится в статическом состоянии и не позволяет молекулам проникать сквозь него, что препятствует распространению энергии. При этом теплопроводность аэрогеля при 10 °С, исходя из опытных данных, составляет приблизительно 0,016-0,019 Вт/м·K; 4) гидрофобности. Благодаря открытой ячеестой структуре влага, попадающая в материал, тут же испаряется. Данным свойством может быть аргументировано применение аэрогелевой изоляции в условиях повышенной влажности или обильных атмосферных осадков; 5) высоком сопротивлении паропроницанию, примерно в 10-15 раз выше, чем у минеральной ваты.

Помимо прочего, аэрогели являются негорючими, экологически чистыми, долговечными, шумоизолирующими материалами [3].

К недостаткам можно причислить высокую стоимость и недостаточную упругость, однако вторую проблему можно решить, используя аэрогель для создания композиционных материалов с использованием, например, стекловолокна.

Разнообразие состава и свойств аэрогелей определило возможные области их применения.

Так, углеродные аэрогели имеют в своем строении ковалентно-связанные частицы, обладающие высокой электропроводностью. За счет большой удельной площади поверхности возможно достичь огромных значений электрической емкости, поэтому они применяются в качестве электродов конденсаторов. Кремнеземные аэрогели часто применяются в качестве катализаторов в технологических процессах, а кварцевые - используются в качестве теплоизоляционных материалов [4].

Помимо них на основе аэрогелей получают так называемые криогели (Cryogel) и пирогели (Pyrogel). Первые предназначены для утепления техники, работающей с низкими температурами в пределах от -260 °С до +90 °С (см. рисунок 1).



Рис. 1. Необходимая толщина криогеля

Такую изоляцию целесообразно использовать, например, для криогенных технологических трубопроводов сжиженного природного газа, поскольку по сравнению с экранно-вакуумной и порошково-вакуумной она в 2-3 раза дешевле, а по свойствам обеспечивает заданный уровень потерь от испарения.

 Пирогели применяют в системах трубопроводов, на нефтехимических и газовых предприятиях с высокотемпературными, химическими и ядовитыми средами в диапазоне температур от -40 °С до +650 °С (см. рисунок 2).



Рис. 2. Необходимая толщина пирогеля

Также аэрогели активно внедряются в строительную сферу, не только как теплоизоляционный материал, но и рассматривается возможность использования в качестве заполнителя пространства стеклопакета в связи с более низким по сравнению со стеклом коэффициентом преломления – 1,05 и 1,5 соответственно.

Также проводятся исследования по созданию «аэрокирпича» - результата объединения основного и теплоизоляционного слоя для строительных конструкций, что позволит в 5-8 раз лучше удерживать тепло внутри помещений [5].

Таким образом, исследования в области создания материалов на основе аэрогелей перспективны и целесообразны, а их использование, несмотря на высокую стоимость, позволит решить многие проблемы, в том числе уменьшить потери теплоэнергетического оборудования, зданий и сооружений.

Работа выполнялась в рамках гос. задания # 075-03-2021-175/З.

*Список литературы:*

1. Гапоненко С. О., Фазлиев Р. А., Калинина М. В. Метод повышения эффективности тепловой изоляции трубопроводов // Вестник Казанского государственного энергетического университета. Т. 13. № 2(50). Казань, 2021. С. 142-147.
2. Пастушков П.П., Гутников С.И., Павленко Н.В, Столяров М.Д. Исследования теплопроводности рулонных материалов на основе аэрогеля // Строительные материалы. Москва, 2020. С. 39-43.
3. Рыбакова О.А., Лысенко А.В., Алмаметов В.Б. Прочная невесомость или аэрогель // Труды международного симпозиума "Надежность и качество". Пенза, 2008. С. 103-104.
4. Шиндряев А.В., Кожевников Ю.Ю., Лебедев А.Е., Меньшутина Н.В. Исследование процесса получения теплоизоляционных материалов на основе аэрогелей // Успехи в химии и химической технологии. 2017. Т. 31. № 6 (187). С. 130–132.
5. Васильева И.Л., Немова Д.В. Перспективы применения аэрогелей в строительстве // AlfaBuild. 2018. № 4 (6). С. 135-145.