

УДК 536.24:532.5

Ю.Ф. САБИРОВА, студент, гр. ЭОСм-1-23 (КГЭУ)

ГИДРОДИНАМИКА И ТЕПЛООБМЕН ЧЕРЕЗ ПОРИСТЫЕ ВСТАВКИ В КАНАЛЕ

Аннотация. Пористые среды являются актуальной темой исследования на протяжении многих десятилетий, так как нашли широкое применение во многих отраслях промышленности. В этой статье представлен обзор результатов, полученных путем исследования теплообмена и гидродинамики через пористые вставки, имеющих различные характеристики.

Ключевые слова: пористый материал, гидродинамика, теплообмен, керамика, алюминий.

Данная тема исследования остается актуальной и интересной с точки зрения научных и инженерных исследований. Например, изучение гидродинамики и теплообмена в каналах с пористыми вставками имеет практическое значение для оптимизации систем охлаждения, теплообменников и других технических устройств. Это может привести к повышению эффективности теплообмена и улучшению производительности систем.

В условиях растущей проблемы энергоэффективности и поиска новых подходов к снижению энергопотребления, изучение пористых вставок для улучшения теплообмена может предложить инновационные решения, направленные на энергосбережение.

Также данная тема имеет применение в различных областях, таких как электроэнергетика, авиационная и автомобильная промышленность, тепловые насосы и многие другие. Разработка новых методов и технологий в этой области может привести к совершенствованию различных технических устройств.

Научная новизна в этой области может быть связана с различными аспектами, такими как разработка новых математических моделей, экспериментальные исследования, а также применение новых методов численного моделирования.

Теплообмен и гидродинамика - две важнейшие области физики, широко применяемые в различных отраслях промышленности. Теплообмен играет решающую роль в эффективном функционировании систем отопления, кондиционирования воздуха, тепловых двигателей и многих других технических устройств. Гидродинамика, в свою очередь,

изучает движение жидкостей и газов, определяя их поведение в трубах и каналах.

Пористые вставки представляют собой материалы с множеством мелких полостей или каналов, через которые проходит рабочая среда. Эти вставки часто используются с целью улучшения теплообмена и оптимизации гидродинамических параметров внутри канала. Их применение может значительно увеличить эффективность теплообмена и снизить сопротивление потока. Из существующей литературы множество исследований направлены на изучение металлических (медь, никель и алюминий) или углеродных (углерод, графит и расширенный графит) пористых сред [1,2]. Пористые среды из металла широко применяются в теплообменных системах, таких как радиаторы, теплообменники и катализаторы. Металлические пористые материалы обеспечивают эффективный теплообмен благодаря большой поверхности контакта между материалом и теплоносителем. Это позволяет улучшить теплопередачу и повысить эффективность теплообмена. Процессы конвекции и кондукции внутри пористой структуры могут быть тщательно настроены для достижения оптимальных результатов [3].

Вода, газы или другие жидкости, протекающие через пористую структуру, подчиняются законам гидродинамики. Оптимальная конфигурация пор и каналов позволяет управлять потоком и снижать гидравлические потери. Это имеет важное значение в системах теплообмена, где эффективность зависит от уровня сопротивления потока.

Похожими свойствами обладает керамическая пористая среда, ее микроскопические поры обеспечивают большую поверхность для теплообмена. Это становится особенно важным при проектировании теплообменных систем, таких как теплообменники и термические изоляторы. Увеличение эффективной поверхности контакта между керамической пористой структурой и средой позволяет значительно увеличить эффективность теплообмена [4].

Пористые вставки создают дополнительные поверхности контакта между жидкостью и стенками канала, что способствует более эффективному отводу тепла. При этом происходит интенсивное перемешивание жидкости, что дополнительно улучшает процесс теплообмена. Эти изменения в потоке могут привести к более равномерному распределению температуры внутри канала и, следовательно, повысить производительность системы.

Гидродинамические свойства пористых вставок также играют существенную роль в управлении потоком. Они могут привести к улучшению профиля скорости и уменьшению силы трения, что снижает

энергетические потери. В то время как пористые вставки способствуют интенсивному перемешиванию.

Автор Benjamin Dietrich и др. [5] исследовал пористые вставки из алюминия высотой 50 мм и диаметром 100 мм, с пористостью от 75 до 85%, PPI от 10 до 45. В исследовании использовался нагреваемый канал. С помощью чувствительного манометра определялся перепад давления через пористые вставки при скорости 9 м/с. Канал нагревался до постоянной температуры 40°C. Чтобы предотвратить попадание воздуха между образцами и каналом, пористые вставки обернули слоями резиновой ленты.

Результаты исследования показали, перепад давления увеличивается при уменьшении размеров пор, это подтверждается сравнением кривых подгонки пористых вставок с одинаковым числом PPI и различной пористостью. Также для перепада давления наблюдаются небольшие различия, которые обусловлены процессом изготовления губок, поскольку образцы имеют разное количество закрытых ячеек. Важно отметить, что уменьшение пористости означает увеличение содержания твердого материала на тот же объем пробы, следовательно, и увеличение сопротивления потоку. Полученные значения проницаемости также коррелируют с гидродинамикой в канале, так как при увеличении сопротивления потоку, коэффициенты проницаемости уменьшаются, что согласуется с другими исследованиями.

В данной работе [4] исследовалось 54 образца пористого материала из керамики с PPI (30-60), пористостью (0,75–0,85) и толщиной (30 мм–105 мм). Экспериментальная установка имеет форму цилиндра с диаметром 50 мм, также все патрубки изолированы с помощью аэрогеля. В канале исследовался конвективный теплообмен с температурой 323 К между воздушным потоком и образцом. Коэффициент конвективной теплоотдачи считается постоянным, также скорость потока фиксирована.

По результатам исследования можно сделать вывод, что объемный коэффициент теплопередачи увеличивается с увеличением плотности пор. Полученная корреляция объясняется тем, что при увеличении PPI средний размер ячеек уменьшается, следовательно, и удельная площадь поверхности увеличивается, что приведет к более эффективному конвективному теплообмену внутри исследуемой пористой вставки. Данный результат также подтверждает основной закон охлаждения Ньютона-Рихмана, который гласит, что общая конвективная теплопередача пропорциональна площади поверхности.

Теплообмен и гидродинамика через пористые вставки в канале представляют собой важный аспект исследований, сочетающую в себе теоретические принципы и практические применения. Эффективное

использование пористых вставок может привести к значительным улучшениям в энергетических системах и обеспечить более эффективный теплообмен. Однако, несмотря на значительные успехи в этой области, остаются открытыми вопросы, требующие дальнейших исследований и разработок.

Современные технологии и инженерные решения позволяют создавать более эффективные теплообменные системы, способствуя устойчивому развитию и оптимизации производственных процессов в различных отраслях.

Список литературы:

1. Pop I., Ingham D. B. Convective heat transfer: mathematical and computational modelling of viscous fluids and porous media. – Elsevier, 2001.
2. Ingham D. B., Pop I. Transport phenomena in porous media. – Elsevier, 1998.
3. Hsieh W. H. et al. Experimental investigation of heat-transfer characteristics of aluminum-foam heat sinks //International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2004. – Т. 47. – №. 23. – С. 5149-5157.
4. Xu S. et al. Experimental Study of the Convective Heat Transfer and Local Thermal Equilibrium in Ceramic Foam //Processes. – 2020. – Т. 8. – №. 11. – С. 1490.
5. Dietrich B. et al. Pressure drop measurements of ceramic sponges—determining the hydraulic diameter //Chemical Engineering Science. – 2009. – Т. 64. – №. 16. – С. 3633-3640.

Информация об авторах:

Сабирова Юлия Фанисовна, студент гр. ЭОСм-1-23, КГЭУ, 420000,
г. Казань, ул. Яруллина, д. 6, julia.sabirova01@list.ru