

ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В ПОРИСТЫХ СТРУКТУРАХ РЕГЕНЕРАТОРА

©2016 С.В. Заика, А.Ю. Сапунов, В.А. Сотова, П.А. Чертыковцев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

RESEARCH OF DYNAMIC PNEUMATIC PROCESSES IN SPONGIOUS STRUCTURES OF REGENERATOR

Zaika S.V., Sapunov A. U., Sotova V.A., Chertykovtsev P.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The article presents the dynamic pneumatic processes in porous materials on example of regenerator with void regenerative heat exchanger. Has been carried out the simulation of regenerator using ANSYS Fluent software package. Have been received and analyzed fields of total pressure distribution, fields of velocity distribution and fields of Reynolds number in compression process and expansion process.

Одним из перспективных и эффективных способов интенсификации теплообменных процессов является использование в теплообменных устройствах пористых металлов. Физическая основа этого способа заключается в высокой интенсивности теплообмена между металлическим каркасом и протекающим сквозь него теплоносителем вследствие высокоразвитой поверхности их соприкосновения и эффективного перемешивания в порах [1]. Широкий диапазон свойств пористых материалов, простота изготовления из них элементов конструкций, высокая интенсивность теплообмена – всё это даёт возможность использовать пористые материалы в самых различных условиях.

Теплообмен между пористым материалом и протекающим сквозь него теплоносителем вследствие очень развитой поверхности их контакта характеризуется чрезвычайно высокой интенсивностью. Интенсификация теплообмена в каналах с пористыми вставками достигает 3–100 раз. Однако пористые вставки резко увеличивают гидравлическое сопротивление. Поэтому одним из направлений данного исследования является поиск оптимального способа применения

пористых интенсифицирующих материалов, обеспечивающих максимальный уровень теплообмена при достаточно низком уровне гидравлического сопротивления.

Регенератор представляет собой теплообменный аппарат для повышения температуры воздуха, поступающего после осевого компрессора в камеру сгорания, и тем самым снижения расхода топливного газа по агрегату.

Тепловой и гидравлический расчёты теплообменных аппаратов на основе пористых структур проводятся с помощью уравнений сохранения массы, импульса сил и энергии с соответствующими начальными и граничными условиями. Математическая модель в общей постановке достаточно сложна и не имеет точного аналитического решения. Поэтому вводятся различного рода допущения и эмпирические зависимости для коэффициентов переноса, входящих в уравнения и граничные условия.

В работе проведён расчёт регенератора в программном комплексе ANSYS Fluent. Расчётная модель представляет собой двухмерную модель продольного сечения и построена в "Компас 3D" (рис. 1).

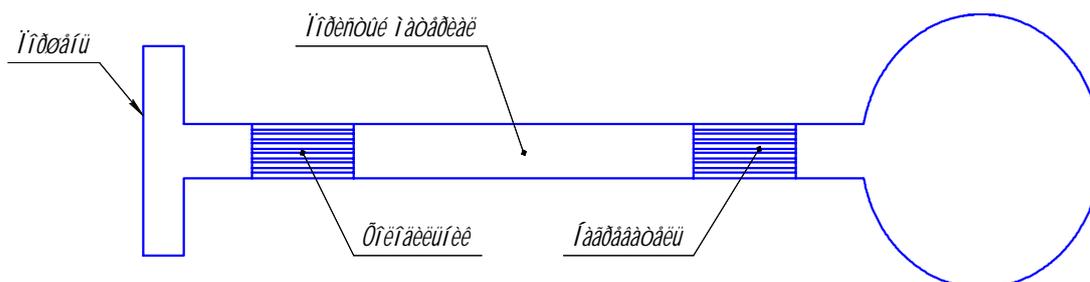


Рис. 1. Расчётная модель регенератора

Модель была импортирована в программный комплекс Gambit для разбиения сеткой и задания граничных условий. Для учёта движения поршня были созданы точки с одинаковыми координатами, одни из которых принадлежат стенке поршня, а вторые – стенкам камеры сжимаемого объёма. Для каждой детали регенератора заданы свои граничные условия. Также показывается задание характеристик и свойств пористых материалов [2]. В результате расчёта получены поля распределения полного давления в ВМТ и в НМТ, поля распределения скорости в ВМТ и в НМТ, поля распределения критерия Рейнольдса в процессе сжатия и в процессе расширения. Для более детального изучения влияние пористости на газодинамические процессы были проведены дополнительные расчёты с другими материалами пористой вставки. В ходе расчётов были получены зависимости коэффициента местных потерь (рис. 2), коэффициента потерь на трение (рис.3), перепада давления в регенераторе (рис. 4) от пористости различных материалов.

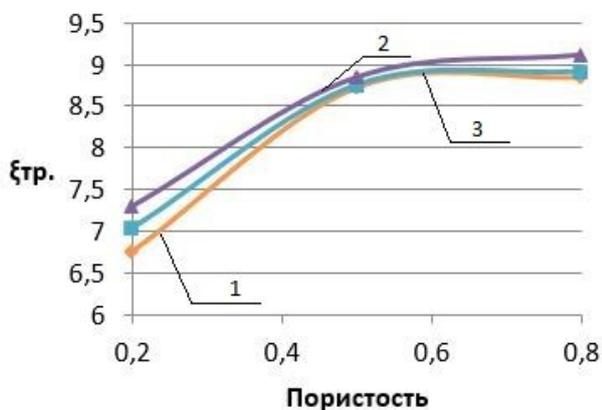
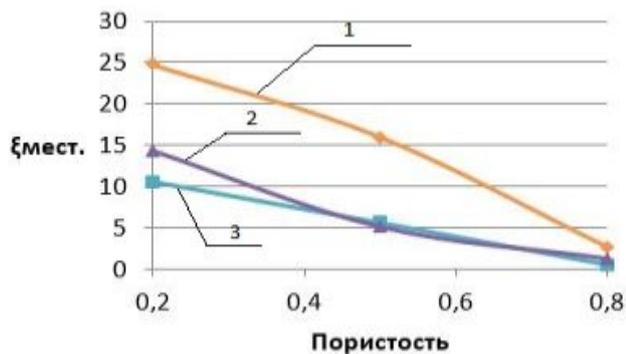


Рис. 2. Зависимость коэффициента местных потерь от пористости материалов: 1 – нержавеющая сталь; 2 – бронза; 3 – латунь

Рис. 3. Зависимость коэффициента



потерь на трение от пористости материалов: 1 – нержавеющая сталь; 2 – бронза; 3 – латунь

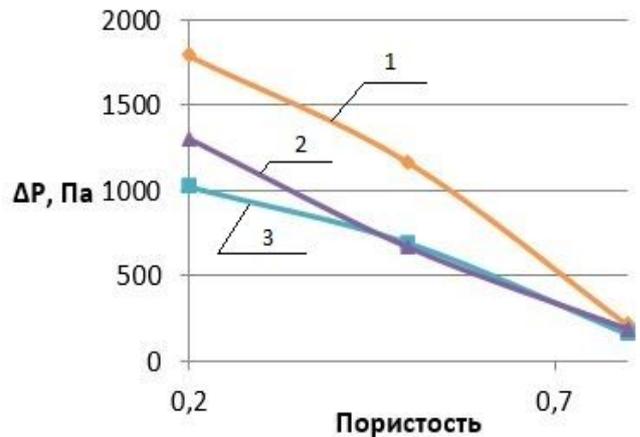


Рис. 4. Зависимость перепада давления от пористости материалов: 1 – нержавеющая сталь; 2 – бронза; 3 – латунь

На основе данных зависимостей для пористости регенератора в диапазоне от 0,2 до 0,8 были сделаны выводы:

- с увеличением пористости материалов перепад давления падает в 7-8 раз.
- с увеличением пористости материалов коэффициент местных потерь падает на 97%, в то время как коэффициент потерь на трение увеличивается на 25% с увеличением пористости с 0,2 до 0,5, а с увеличением пористости с 0,5 до 0,8 изменяется незначительно.
- коэффициент гидравлических потерь повышается с увеличением пористости с 0,2 до 0,5 на 30%, в то время как число Рейнольдса падает на 25%. Далее изменения незначительны.

В данной работе были произведены исследования газодинамических процессов в регенераторе. При помощи программной модели регенератора которой было произведено исследование зависимостей рабочих параметров установки от конструктивных и других рабочих параметров.

Библиографический список

- 1 Попов И.А. Гидродинамика и теплообмен в пористых теплообменных элементах и аппаратах. – Казань: 2007. 240 с.
- 2 Ashwin T, R. G. S. V. L. Narasimham and Subhash Jacob CFD analysis of high frequency miniature pulse tube refrigerators for space applications with thermal non-equilibrium model // Applied Thermal Engineering, 2010. Vol. 30. P. 152-166.