УДК 669.713

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИ РЕАГИРУЮЩИХ ТЕЧЕНИЙ В ЭЛЕМЕНТАХ ТЕПЛООБМЕННИКА**

**И. А. Вихрова***E-mail:* [*ir-vikhr@yandex.ru*](mailto:ir-vikhr@yandex.ru)

*Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» имени Д.Ф. Устинова*

Теплообменники широко используются в химической, нефтяной, пищевой, фармакологической промышленности в основном для нагрева или охлаждения рабочей среды (жидкость или газ). Кроме непосредственно съема тепла в рабочей среде могут происходить различные физико-химические процессы, определяемые конкретным технологическим процессом.

В настоящей работе рассматривается применение теплообменных аппаратов в технических процессах повышения октанового числа бензина или конверсии метана. Так как прямое моделирование сложной конструкции с множеством элементов (рисунок 1) и учетом всех химических процессов является очень ресурсоемкой задачей, то в работе рассматривается упрощенная модель. В качестве основы берется модель течения в пористой среде.

|  |
| --- |
|  |
| Рисунок 1 – Пример теплообменника, рассматриваемого в данной работе  (Рисунок взят из [1]) |

Cуществуют структурные и осредненные модели пористой среды. Осредненные модели   
 на основе задания матрицы пористости хорошо используются для моделирования физико-химических процессов. Но у них есть недостаток – нужно знать, как выглядит матрица пористости, ее вид как раз можно получить из анализа структурных моделей.

Существуют уже известные математические модели поровой структуры, которые воспроизводят различные варианты геометрии пор. К таким моделям относится регулярная упаковка сферами, которая является структурной моделью. На основе уже известной модели создается принципиально новая.

В данной работе поверхность фигур используемых в пористой структуре задается функцией вида

|  |  |
| --- | --- |
|  | (1) |

Если степень , то уравнение (1) описывает сферу. При моделировании таких технических устройств, как теплообменник лучше использовать фигуры типа куб или параллелепипед. Меняя значение будут получаться совершенно разные фигуры, поверхность которых построена в среде Maple (рисунок 2…5).

|  |  |
| --- | --- |
| 0_75.jpg | 2.jpg |
| Рисунок 2 – Фигура, полученная при | Рисунок 3 - Фигура, полученная при |
| 4.jpg | 8.jpg |
| Рисунок 4 - Фигура, полученная при | Рисунок 5 - Фигура, полученная при |
|  |  |

В данной работе рассматривается пересечение таких фигур, как сфера и звезда (рисунок 6).

|  |
| --- |
| 1.jpg |
| Рисунок 6 – Пример упаковки сферами и звездами |

При постановке задачи вязкой теплопроводной жидкости в гидромеханике используют замкнутую систему уравнений

|  |  |
| --- | --- |
|  | (2) |

Связь тензора напряжений с тензором скоростей деформации:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (3) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (4) |

Так как чаще всего частицы в пористой структуре имеют неправильную форму и разные размеры, невозможно искать решение уравнений движения жидкости в такой среде. Обычно различные потоки в термодинамике пористой среды выражаются с помощью линейного уравнения вида [2]:

|  |  |
| --- | --- |
|  | (5) |

гдематрица пористости, которая выглядит так:

|  |  |
| --- | --- |
| . | (6) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (7) |

|  |  |
| --- | --- |
|  | (8) |

В уравнениях (2-4) заменяется на . В итоге получается принципиально новая математическая модель с учетом коэффициента пористости.

Пористость по определению

|  |  |
| --- | --- |
| , | (9) |

где и - объемы пористой среды, пор и скелета соответственно. Объем скелета в ячейке составляют сфера и звезда за вычетом объема их пересечений в виде сегментов определенной формы.

|  |  |
| --- | --- |
| , | (10) |

где ,— количество сфер и звезд в ячейке,,— количество первых и вторых сегментов в ячейке, объем сферы,объем звезды,объем первого и второго сегмента[3].

Так как пористость напрямую зависит от объема пересекающихся фигур, то появляется еще одна задача – необходимо найти объем этой фигуры. Существует известное решение задачи нахождения объема замкнутой фигуры по поверхности - тройным интегралом[4].

Описанная математическая модель помогает имитировать простейшие элементы теплообменника, дает возможность в дальнейшем использовать ее для решения более сложных и точных задач, а так же имеет большие перспективы.

Основным результатом этой работы является предложенный вариант задания матрицы пористости, используемой в рассматриваемых теплообменниках.

**Литература**

1. <http://www.directindustry.com.ru/prod/trianon-echangeur/product-54117-1857722.html> дата посещения 12.04.2018.
2. Москалев П.В., Шитов В.В. Теоретическое моделирование пористых структур/ Москва: ФИЗМАТЛИТ,2007.
3. Игошин Д.Е., Никонова О.А., Мостовой П.Я. Моделирование пористой среды регулярными

упаковками пересекающихся сфер/ Вестник Тюменского Государственного университета, 2014.

1. Кудрявцев Л.Д. Краткий курс математического анализа. Т.1/ Альфа, 1997.