

расчетных сетках с треугольными ячейками. Построен робастный конечно-объемный алгоритм второго порядка аппроксимации. Проведено моделирование ячеистой структуры ДВ в плоском канале для случая устойчивой детонации при варьировании сеточного разрешения и порядка аппроксимации алгоритма [3].

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 16-31-00408 и № 15-31-70004).

Литература

1. Semenov I.V., Utkin P.S., Akhmedyanov I. Mathematical modeling of detonation initiation via flow cumulation effects // Progress in Propulsion Physics. 2016. 8. 389-406.
2. Лопато А.И., Уткин П.С. Детальное математическое моделирование пульсирующей детонационной волны в системе координат, связанной с лидирующим скачком // Журнал вычислительной математики и математической физики. 2016. 56, № 5. 856-868.
3. Лопато А.И., Уткин П.С. Особенности математического моделирования течений с волнами детонации на неструктурированных расчетных сетках // Вычислительные методы и программирование. 2017. 18, № 4 (в печати).

О численной модели движения газа через слой капсулированного материала с фазовым переходом

¹Н. А. Луценко, ²С. С. Фецов

^{1,2}Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН

^{1,2}Дальневосточный федеральный университет

¹nick1@inbox.ru

²fetc95@mail.ru

Одним из путей повышения надежности, стабильности и эффективности энергетических систем является использование хранилищ энергии, которые позволяют накапливать излишки энергии и отдавать их при пиковом энергопотреблении. Особенно необходимыми такие устройства становятся при использовании

нетрадиционной энергетики (солнечной, ветряной), которая отличается сильно неравномерным производством энергии. Одним из видов аккумулирующих энергию устройств являются накопители энергии сжатого воздуха (Compressed Air Energy Storage, CAES). Эта технология характеризуется высокой надежностью и экономичностью, низким воздействием на окружающую среду, при этом допускает создание как малых, так и крупномасштабных хранилищ высокой энергоемкости [1]. Перспективным развитием уже существующих CAES являются накопители энергии сжатого воздуха адиабатического типа (Advanced Adiabatic Compressed Air Energy Storage, AA-CAES), в которых процессы сжатия и расширения газа происходят адиабатически, то есть тепло сжатого воздуха не теряется и остается в процессе использования при выработке электроэнергии. Адиабатичность AA-CAES может быть достигнута за счет использования в них накопителей тепловой энергии (Thermal Energy Storage, TES) на основе капсулированного теплоаккумулирующего материала с фазовым переходом (Phase Change Materials, PCM).

В случае относительно малого размера капсул с PCM, TES могут быть представлены как насыщенные газом пористые среды и моделироваться с использованием методов механики сплошных гетерогенных сред [2]. В задачах такого типа невозможно поставить классическую задачу Стефана из-за отсутствия четко выделенной границы фазового перехода, следовательно, невозможно использовать широкий класс известных численных методов для решения задач плавления/криSTALLизации [3]. Поэтому в настоящей работе на основе предложенных в [4] модели и численного метода для расчета течений газа через пористые саморазогревающиеся объекты разработана численная модель для описания нестационарных течений газового теплоносителя через слой капсулированного PCM. Фазовый переход учитывается в уравнении энергии твердой среды в виде слагаемого с неизвестной функцией f , которая равна степени фазового превращения в рассматриваемой точке среды. Предлагаемая модель может описывать процессы, когда фазовые превращения происходят не мгновенно, то есть не требует наличия четкой границы фазовых переходов, как в классической задаче Стефана. Разработанный алгоритм не требует выделения зоны фазового перехода во время вычислений, автоматически рассчитывая ее в процессе сквозного счета.

Проведено сравнение проведенных расчетов течения газа че-

рез слой капсулированного РСМ с экспериментальными данными [5,6], показано хорошее совпадение результатов.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-01-00103-а), ДВО РАН (проект 15-І-4-021).

Литература

1. Venkataramani G., Parankustan P., Ramalingam V., Wang J. *A review on compressed air energy storage – a pathway for smart grid and polygeneration.* Renewable and Sustainable energy reviews. 2016. Vol. 62. Pp. 895-907.
2. Нигматулин Р. И. *Основы механики гетерогенных сред.* М.: Наука, 1978. 336 с.
3. Самарский А. А., Вабишевич П. Н. *Вычислительная теплопередача.* М.: Эдиториал УРСС, 2003, 784 с.
4. Луценко Н. А. *Нестационарные режимы охлаждения пористого тепловыделяющего элемента.* Математическое моделирование. 2005. Т. 17. №3. С. 120-128.
5. Izquierdo-Barrientos M. A., Sobrino C., Almendros-Ibanez J. A. *Thermal energy storage in a fluidized bed of PCM.* Chemical Engineering Journal. 2013. Vol. 230. Pp. 573-583.
6. Peng H., Li R., Ling X., Dong H. *Modeling on heat storage performance of compressed air in a packed bed system.* Applied Energy. 2015. Vol. 160. Pp. 1-9.

Численное исследование течения в плоском канале с конфузором

¹В. Г. Лущик, ²М. С. Макарова, ³А. И. Решмин

НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова

¹lukas@newmail.ru

²mariia.makarova@gmail.com

³alexreshmin@rambler.ru

Продольный градиент давления является параметром, который оказывает существенное влияние на турбулентное течение, приводя в пределе в случае отрицательного градиента давления к