

Алгоритм разработан на основе наивного байесовского классификатора, позволяющего определить вероятность события при условии, что произошло другое взаимозависимое событие: вероятность того, что сообщение принадлежит классу «не-спам»; вероятность того, что сообщение принадлежит классу «спам»; безусловную вероятность встретить сообщение класса «спам» в обучающей выборке сообщений; безусловная вероятность встретить сообщение класса «не-спам» в обучающей выборке сообщений.

Для тестирования алгоритма разработано программное обеспечение на мультипарадигмальном языке программирования *F#* из семейства языков *.NET Framework*, поддерживающем функциональное программирование в дополнение к императивному (процедурному) и объектно-ориентированному программированию, позволяющему писать абстрактные обобщенные алгоритмы, которые управляют параметризованными структурами данных, с использованием библиотеки *Accord.net*.

Разработанный алгоритм с применением наивного байесовского классификатора показал высокую эффективность и точность результатов.

При рассмотрении сообщений не только с точки зрения отдельных слов, но и их ассоциаций, рассматривается оптимизированный алгоритм, точность которого выше, чем у наивного байесовского классификатора. Таким образом, более полный анализ структуры текстовых сообщений позволяет не только повысить качество классификации, но и открывает большие перспективы с точки зрения разработки новых алгоритмов и оптимизации уже существующих.

#### Литература

1. Леонтьева, Н. Н. К теории автоматического понимания текста : в 3 ч. / Н. Н. Леонтьева // Изд-во Моск. ун-та. – 2002. – Ч. 3 : Семантический компонент. Локальный семантический анализ. – С. 49.
2. Коллекция смс спама. – Режим доступа: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/sms+spam+collection>. – Дата доступа: 12.10.2018.

УДК 536.25

### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ И ЧИСЛЕННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПО ТЕПЛОТДАЧЕ ОДНОРЯДНОГО ОРЕБРЕННОГО ПУЧКА ПРИ СМЕШАННОЙ КОНВЕКЦИИ

Г. С. Маршалова<sup>1</sup>, С. А. Сверчков<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Учреждение образования «Белорусский государственный  
технологический университет», г. Минск

<sup>2</sup>Государственное научное учреждение «Институт тепло-  
и массообмена имени А. В. Лыкова Национальной академии наук  
Беларуси», г. Минск

В конвективном теплопереносе принято выделять вынужденную и свободную конвекцию, и поэтому процессы рассматривают в предположении, что один из этих режимов течения является преобладающим. Однако создаваемые при конвективном течении перепады температур в окружающей среде при наличии поля объемных сил, таких как сила тяжести, приводят к возникновению свободно-конвективных течений [1]. Таким образом, даже в условиях действия вынужденной конвекции будут присутствовать проявления свободной. В практических расчетах большое значение имеют ус-

ловия, при которых можно пренебречь влиянием одного механизма конвективного переноса на другой. В реальных устройствах возникают условия, когда оба вида конвекции играют существенную роль, в этом случае возникает явление смешанной конвекции.

Проведение экспериментов по изучению смешанной конвекции требует значительных расходов на реализацию, высокой мощности оборудования, а также больших временных затрат. Вследствие этого чаще всего охватить весь желаемый диапазон вариантов экспериментов не представляется возможным. Для решения этой проблемы предлагается расширять границы эксперимента с помощью численного моделирования.

Цель работы – сопоставление экспериментальных данных и результатов численного моделирования для однорядного пучка, состоящего из биметаллических ребристых труб, в условиях смешанной конвекции.

Изучался однорядный шахматный пучок воздухоохлаждаемого теплообменника, состоящий из шести биметаллических ребристых труб, расположенных с поперечным шагом  $S_1 = 58$  мм, относительным поперечным шагом  $\sigma_1 = 1,036$ . Для организации смешанной конвекции над экспериментальным пучком устанавливалось два типа вытяжных шахт – с прямоугольным и круглым сечениями. Для сравнения результатов экспериментальных исследований и численного моделирования были выбраны следующие виды вытяжных шахт:  $d_{\text{отв}} = 0,160$  м,  $H = 0,52$  м;  $d_{\text{отв}} = 0,205$  м,  $H = 0,52$  м;  $d_{\text{отв}} = 0,105$  м,  $H = 1,16$  м, где  $d_{\text{отв}}$  – диаметр выходного отверстия вытяжной шахты, м;  $H$  – высота вытяжной шахты, м. Подробное описание установки, вытяжной шахты, трубы-калориметра и методики экспериментального исследования представлено в [2].

Для подготовки расчетной сетки был использован пакет Ansys Meshing. Численное моделирование проводилось при помощи пакета Ansys Fluent 19.1. Для расчета задачи в стационарной постановке был использован 12-ядерный компьютер Intel Xeon E5 с 64 Гб. ОЗУ. Среднее время расчета на распараллеленной версии составляло порядка 6–8 ч.

Для численного моделирования была осуществлена трехмерная постановка задачи. Размеры расчетной области составляли  $10,348 \times 4,0868 \times 0,00972$  м. Расчет осуществлялся на неструктурированной пространственной сетке, состоящей из треугольных элементов на поверхности оребренной трубы. Для описания расчетной области потребовалось около 8700000 ячеек.

Для замыкания была использована  $k-\omega$  модель турбулентности Ментера (Menter's  $k-\omega$  shear stress transport model – модель переноса сдвиговых напряжений Ментера), адаптированная для переходного режима [3].

Одним из критериев, характеризующим процесс смешанно-конвективного теплообмена, является число Ричардсона  $Ri = Gr / Re^2$ , где число Грасгофа и число Рейнольдса выражают, соответственно, интенсивность свободной и вынужденной конвекции [1]. При  $Ri \ll 1$  режим течения считается преимущественно вынужденным, а при  $Ri \gg 1$  – преимущественно свободным.

Для проведенного эксперимента число Ричардсона составляло 0,45–1,5, что свидетельствует о наличии смешанно-конвективного теплообмена, при этом с увеличением высоты и диаметра выходного сечения вытяжной шахты число Ричардсона уменьшалось.

Сравнение результатов эксперимента и численного моделирования производилось в виде зависимости скорости воздуха в пучке  $w_p$ , температуры стенки  $t_{\text{ст}}$  от мощности, подаваемой на калориметр (рис. 1).

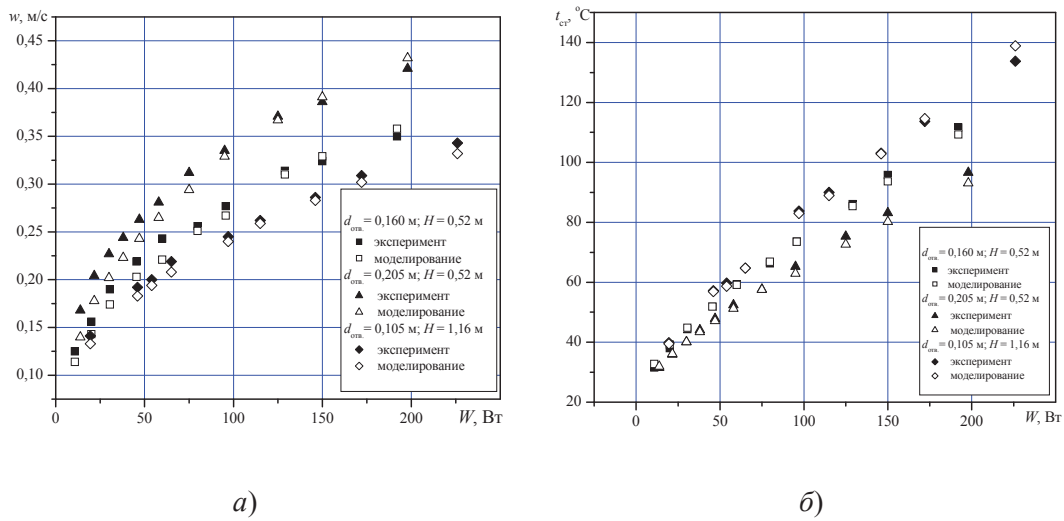


Рис. 1. Зависимости: а – скорости воздуха в пучке  $w_n$ ; б – температуры стенки  $t_{\text{ст}}$  от мощности, подаваемой на калориметр

Как видно из графиков на рис. 1, расхождение между результатами эксперимента и численного моделирования не превышает 15 %. Таким образом, результаты проведенного моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными и могут быть использованы для расширения границ эксперимента.

#### Литература

1. Гебхарт, Б. Свободноконвективные течения: тепло- и массообмен : пер. с англ. / Б. Гебхарт, Й. Джалурия, Р. Махаджан ; под ред. О. Г. Мартыненко. – 1-е изд. – М. : Мир, 1991. – 678 с.
2. Сидорик, Г. С. Экспериментальный стенд для исследования тепловых и аэродинамических процессов смешанно-конвективного теплообмена круглоребристых труб и пучков / Г. С. Сидорик // Тр. БГТУ. Сер. 1. Лесное хоз-во, природопользование и переработка возобновляемых ресурсов. – 2018. – № 1 (204). – С. 85–93.
3. Численное моделирование вихревой интенсификации теплообмена в пакетах труб / Ю. А. Быстров [и др.]. – СПб. : Судостроение, 2005. – 392 с.