

3. Калицкий, Э.М. Разработка средств контроля учебной деятельности : метод. рекомендации / Э.М. Калицкий, М.В. Ильин, Н.Н. Сикорская. – Минск: РИПО, 2005. – 48 с.
4. Водзинский, Д.И. Педагогика высшей школы: Монография. – Минск: БГПУ им М. Танка, 2000. – 224с.
5. Андреев, В.И. Основы педагогики высшей школы: учеб. пособие / В.И. Андреев; М-во образования республики РБ; ГУО «РИВШ»; УО «Военная академия республики РБ». – Минск: РИВШ, 2005. – 194 с.

УДК 542.455:66–911.4

Грищенко Р.В., Форсюк А.В., кандидат технических наук, доцент,  
Засядько Я.И., кандидат технических наук, доцент,  
Пилипенко А.Ю., кандидат технических наук, доцент  
Национальный университет пищевых технологий, г. Киев, Украина

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОХЛАЖДЕНИЯ И ДВИЖЕНИЯ ВОДЫ В ПРОГРАММНОЙ СИСТЕМЕ МКЕ АНАЛИЗА ANSYS

Современный вычислительный эксперимент на этапе научных исследований, является одним из важных при решении линейных и нелинейных, стационарных и нестационарных пространственных задач разного рода. Информация, полученная с помощью численных расчетов, позволяет не только правильно осмыслить и понять физические эффекты, наблюдаемые, например, на экспериментальных установках, но и в некоторых случаях заменить реальный эксперимент компьютеризированным. Иногда компьютерный эксперимент является единственно возможным. В настоящее время широкое распространение получили пакеты вычислительной гидродинамики, теплообмена, прочности и электродинамики для проведения инженерных расчетов.

Во время исследования процессов плавления и генерации водного льда на вертикальной, охлаждаемой, цилиндрической поверхности, омываемой водой – возникают сложные и внутренне взаимосвязанные проблемы теплообмена [1, 2]. Они относятся к классу процессов, которые упоминались ранее. В данном случае имеем дело с жидкостью, с заметным экстремумом плотности, при температуре 4 °С (рисунок 1.)

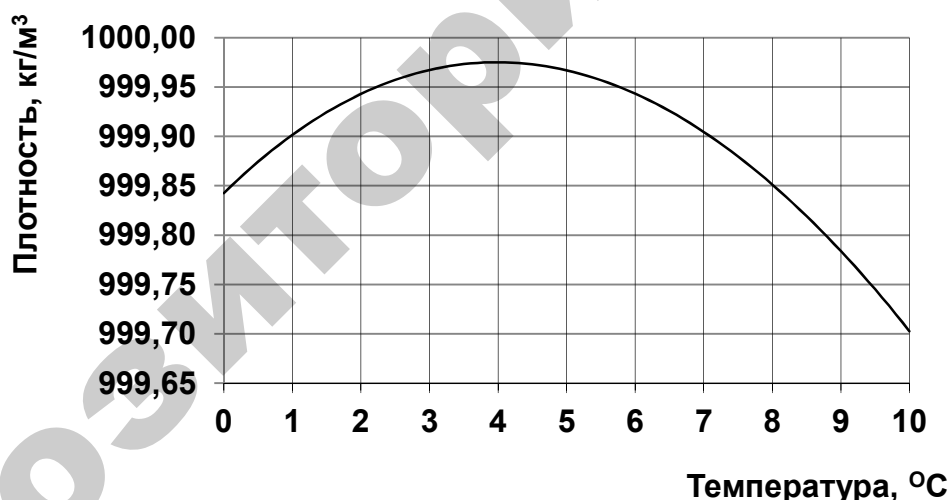


Рисунок 1 – График зависимости плотности воды от температуры

На примере 3D модели исследовательской секции для изучения процессов генерации и плавления водного льда на вертикальной цилиндрической поверхности, выполнено моделирование процесса охлаждения воды при температурах близких к точке аномалии плотности (рисунок 2).

Геометрическая модель экспериментального участка построена в пакете программ МКЕ анализа ANSYS. Ядро геометрической модели является областью коаксиального цилиндра, в середине которого протекает вода. Четыре впускных и выпускных патрубков для воды находятся на верхней и нижней части цилиндра соответственно. Охлаждаемая цилиндрическая поверхность моделируется вдоль центральной оси. Для того чтобы обеспечить наиболее достижимую точность расчета при разумном числе итераций, исследовательская секция сгенерирована, как сектор 90 градусов.

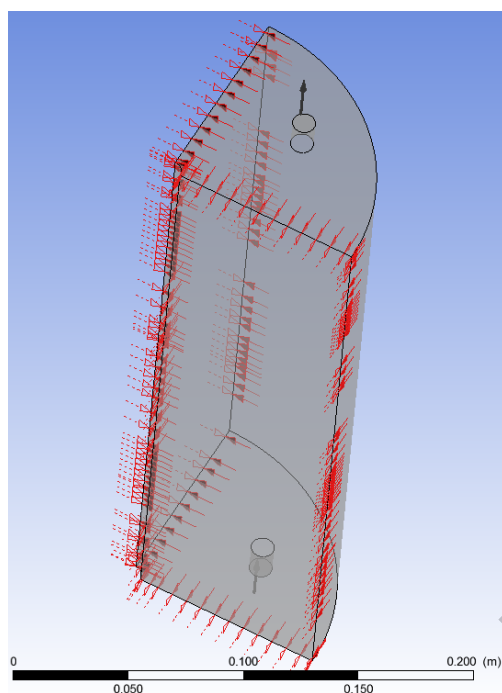


Рисунок 2 – Геометрическая модель экспериментальной секции

Особое внимание было уделено надлежащему уровню создания сетки. Это дало возможность генерировать 500000 узлов сетки. Температура внутреннего цилиндра запрограммирована как поверхность с температурой 0 °С, чтобы избежать возможного обледенения на поверхности охлаждаемой стенки [3]. Температура воды, колебалась в пределах интервала +10...+40 °С. Модель турбулентности избрана SST (Shear–Stress–Transport), поскольку данная модель эффективно сочетает устойчивость и точность стандартной k-w модели в пристенных областях и k–ε модели в ядре потока [4]. Для надлежащего расчета поставленной задачи, в программный модуль введено физические параметры охлаждающей воды, а именно плотность воды и теплоемкость, с шагом в один градус Цельсия, в пределах исследовательского интервала температур.

Полученные результаты 3D моделирование охлаждения и движения воды, позволяют оценить влияние температуры воды, находящейся вблизи точки инверсии, на динамику плавления и генерацию водного льда, а также конструктивные параметры аккумуляторов холода на стадии проектирования.

Результаты таких программно–аналитических исследований, позволят повысить эффективность проектирования теплообменного оборудования.

#### Список использованной литературы

1. Zasiadko Y., Pylypenko O., Gryshchenko R., Forsiuk A. Experimental and theoretical study of ice formation on vertical cooled pipes, *Ukrainian Food Journal*, 3, pp. 499–507, (2015).
2. Gryshchenko R., Forsiuk A., Zasiadko Y., Pylypenko O. The advisability of cold accumulators utilization in industry, *Refrigeration Engineering and Technology*, 51, pp. 12 – 16, (2015).
3. Kent L. *Ansys Workbench tutorial release 14*, SDC publications: 291, (2012).
4. CFD–online/high–quality web services to the cfd community. 31.06.16 – access mode: <http://www.cfd-online.com/>