

Секция «Высокопроизводительные вычисления и математическое моделирование»

**Исследование моделей турбулентного теплообмена в течениях
жидкометаллического теплоносителя**

Научный руководитель – Денисова Оксана Владимировна

Нестеров Леонид Николаевич

Сотрудник

Российский федеральный ядерный центр — Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, Саров, Россия

E-mail: holnester@gmail.com

Турбулентный теплообмен в жидкометаллических теплоносителях является крайне сложным явлением, требующим особого внимания в контексте CFD моделирования. Стандартный CFD подход, основанный на аналогии Рейнольдса, плохо применим для жидкостей с низкими числами Прандтля. Практически важной задачей является разработка, реализация и анализ применимости моделей турбулентности, способных учитывать специфику теплообмена в жидких металлах.

Целью работы является исследование подходов к моделированию турбулентного теплообмена в течениях жидкометаллического теплоносителя с использованием RANS моделей турбулентности.

Рассмотрено два подхода с целью оценки их точности и практической применимости:

- четырехпараметрическая модель турбулентности $k - \epsilon - k_\theta - \epsilon_\theta$, предложенная S. Manservigi и F. Menghini для сред с низкими числами Прандтля [1];

- метод, основанный на использовании корреляций для определения турбулентного числа Прандтля.

Численное исследование выполнено с использованием отечественного пакета программ «Логос» разработки ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» [2]. Для этого в нем была реализована модель турбулентности $k - \epsilon - k_\theta - \epsilon_\theta$, а также ряд корреляций (Reynolds, Kays, Weigand [3]).

В ходе работы проведены расчеты модельной задачи по течению среды с $Pr = 0,025$ в плоском канале для различных режимов, выполнено сравнение результатов с данными DNS [4]. Расчеты с моделью $k - \epsilon - k_\theta - \epsilon_\theta$ выполнены на сетке с $y^+ < 1$, которая удовлетворяет требованиям низкорейнольдсовой модели турбулентности. Расчеты с использованием корреляций выполнены на сетках различной подробности для проверки их работоспособности при умеренном сеточном разрешении.

По результатам моделирования показано преимущество использования четырехпараметрической модели и корреляций перед стандартным подходом на базе аналогии Рейнольдса, корреляции продемонстрировали хорошую работоспособность на достаточно грубых сетках.

Источники и литература

- 1) Козелков А.С., Дерюгин Ю.Н., Зеленский Д.К., Полищук С.Н, Лашкин С.В., Жучков Р.Н., Глазунов В.А., Яцевич С.В., Курулин В.В. Многофункциональный пакет программ Логос: Физико-математические модели расчета задач аэро-, гидродинамики и теплопереноса. Препринт № 111. ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», 2013.
- 2) Abe, H., Kawamura, H. Surface heat-flux fluctuations in a turbulent channel flow up to $Re_\tau = 1020$ with $Pr = 0.025$ and 0.71 // International Journal of Heat and Fluid Flow. – 2004. – №25. – Pp. 404–419.

- 3) Chena, F., Huai, X., Cai, J., Li X., Meng, R. Investigation on the applicability of turbulent-Prandtl-number models for liquid lead-bismuth eutectic // Nuclear Engineering and Design. – 2013. – №257. – Pp. 128–133.
- 4) Manservigi S., Menghini F. Triangular rod bundle simulations of a CFD $k - \epsilon - k\theta - \epsilon\theta$ heat transfer turbulence model for heavy liquid metals // Nuclear Engineering and Design. – 2014. – №273. – Pp. 251–270.