

в числе прочих, включающих в себя уравнение Навье-Стокса. Стекло, являясь неньютоновской жидкостью накладывает ряд ограничений на процесс моделирования, поэтому существует не так много работ [1], связанных с моделированием поведения этого материала.

Моделирование процесса индукционного нагрева происходило с использованием следующих допущений: расплавленное стекло – несжимаемая жидкость. Данное допущение упрощает уравнения гидродинамики до таких, в которых изменение плотности линейно зависит от изменения температуры и учитывается только при массовых силах [2]. Стенки тигля неподвижны, поэтому скорость у стенок может быть принята равной нулю [3]. Температура стенок тигля принята постоянной [4]. Предположение о осесимметричности не было принято, так как в [5] показано, что отсутствие симметрии возможно при большой мощности индуктора для индукционной печи схожей конструкции. Также предполагается, что стекло является ньютоновской жидкостью для упрощения расчетов скорости конвективного движения.

В результате исследования была получена двумерная модель индукционного нагрева стекла, позволяющая определить поля температур и скоростей в зависимости от параметров индуктора и начальной температуры расплава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Gopalakrishnan S., Thess A. A simplified mathematical model of glass melt convection in a cold crucible induction melter // *International Journal of Thermal Sciences*. – 2012. – 60. – P. 142–152
2. Слѣзкин, Н. А. Динамика вязкой несжимаемой жидкости. – М. : Техничко-теоретической литературы, 1955. – 521 с. – Текст : непосредственный
3. Thermoconvective flow of molten glass heated by direct induction in a cold crucible / E. Sauvage, A. Gagnoud, Y. Fautrelle, P. Brun, J. Lacombe // *Magnetohydrodynamics*. – 2009. – Vol. 45 – p. 535-542. – Текст : непосредственный
4. Немков, В. С. Теория и расчет устройств индукционного нагрева. / В. Б. Демидович – Л. : Энергоатомиздат, 1988. – 280 с. – Текст : непосредственный
5. Choudhary M. K. A three dimensional mathematical model for flow and heat transfer in electrical glass furnaces // *IEEE Transactions on Industry Applications*. – 1986. – Vol. 22. – p. 912-921 – Текст : непосредственный

ПРОБЛЕМЫ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ В ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ КАНАЛАХ РАСХОДА ЖИДКИХ СРЕД ПО ПЕРЕПАДУ ДАВЛЕНИЯ

А.М. Емельянов, И.С. Надеждин, А.Г. Горюнов

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,
Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: ame8@tpu.ru

В современной отечественной и зарубежной атомной и тепловой энергетике нашли широкое применение измерительные системы жидких сред, базирующиеся на измерении перепада давления на сужающих устройствах. При этом, для обработки сигналов этих систем используют алгоритмы с корнеизвлекающими функциями, которые, как правило, установлены в датчиках и программно-технических комплексах заводами-изготовителями. Применение таких универсальных корнеизвлекающих функций не позволяет учитывать всех характеристик измерительных каналов, что приводит к возникновению существенной погрешности измерений в начале шкалы. Учитывая то, что на сегодняшний день предъявляются повышенные требования к автоматизации производств атомной и тепловой энергетике и количество технологических защит и блокировок увеличивается, указанная проблема имеет особое значение в аспекте промышленной безопасности. Это отмечается как отечественными, так и зарубежными исследователями [1].

В настоящее время, в связи с развитием техники и технологий, стало возможным применение цифровой обработки измерительных сигналов. Это позволит на качественно новом уровне осуществлять промышленные измерения и с многократно меньшей погрешностью [2].

В данном случае для реализации цифровой обработки измерительных сигналов предлагается применить нейросетевые технологии в режиме реального времени. Применение нейронных сетей позволит эффективно выделить полезный сигнал и снизить погрешность измерений, что позволит обеспечить высокую надежность [3, 4]. При этом, стоит отметить, что современное развитие отечественных программно-технических комплексов позволяет реализовать предлагаемый подход применения нейросетевых технологий для цифровой обработки измерительных сигналов.

«Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-79-00011, <https://rscf.ru/project/22-79-00011/>».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кириллов И.А. Измерение расхода питательной воды реакторных установок атомных станций // Механические измерения. – 2019. – № 9. – С. 33–38.
2. Бондарев В.Н. Цифровая обработка сигналов с использованием импульсных нейронных сетей // XX Международная научно-техническая конференция «Нейроинформатика-2018». – 2018. – С. 44–71.
3. Кузнецов А.В. Применение нейросетевых методов для обработки сигналов в каналах с помехами: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Москва, 2000. – 20 с.
4. Долгачева С.А., Цапков Ю.А. Обработка сигнала ЧМ-дальномера с использованием нейронных сетей // Вестник ВолГУ. – 2010. – Т.1 – № 13. – С. 107–112.

КОМПЛЕКСНЫЙ РАССЧЕТ РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ КЛТ-40С

Ю.Ю. Алексинцева, А.А. Пермикин

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: yua6@tpu.ru

Российская Федерация характеризуется неравномерностью заселения и различным уровнем экономического развития отдельных регионов. Энергообеспечение отдалённых регионов осуществляется автономными источниками на органическом топливе, поставки которого связаны с большими финансовыми затратами, а эксплуатация наносит серьезный экологический ущерб. Одним из решений данного вопроса является использование энергоблоков малой и средней мощности (электрическая мощность от 200 кВт до 600 МВт) для производства электричества и тепла на основе технологий атомного судостроения.

В 2020 году ПЭТ «Академик Ломоносов» обеспечила более 50% потребности в электроэнергии Чаун-Билибинского энергоузла Чукотки [1] и увеличивает свою долю в электрообеспечении, планируя полностью заместить Билибинскую АЭС (конец эксплуатации в 2023 году) и Чукотскую ТЭЦ.

Однако проектная кампания реактора составляет 2,3 года [2] по истечении которых реакторные установки будут извлечены из ПЭТ и заменены новыми. Учитывая важность длительности кампании реактора, которая отвечает за экономическую выгоду проекта, стоит задача увеличения срока эксплуатации реакторной установки.

Комплексный подход к расчетам, то есть использование двух узкопрофильных программ –SolidWorks и MCU-PTR, позволяет исследовать нейтронно-физические и теплофизические параметры реактора. Данный подход обеспечивает возможность проведения модернизации реакторной установки не только при помощи изменения топливной композиции, но и конструкционных параметров, также влияющих на кампанию реактора.

Запас реактивности для активной зоны, загруженной свежим ядерным топливом, составил около 27 %. В исследовании также определено отравление реактора и эффективность органов СУЗ, используемых в рассматриваемом реакторе. Длительность кампании топлива составила около 650 эффективных суток. Теплофизические параметры, полученные при расчете с помощью САПР SolidWorks, прошли верификацию с проектными данными.