

УДК 004.94

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СЕПАРАЦИИ ВЛАГИ В ПАРОГЕНЕРАТОРЕ ПГВ-1000М РЕАКТОРНОЙ УСТАНОВКИ ВВЭР-1000

Д. А. Агеев¹, В. Ф. Степанов²

^{1,2} Ивановский государственный энергетический университет
имени В. И. Ленина, Иваново, Россия

² stulik05@mail.ru

Аннотация. В работе рассмотрен процесс моделирования сепарации влаги в парогенераторе ПГВ-1000 М и возможность применения настоящей модели при разработке парогенераторов АЭС и исследовании происходящих в них процессов.

Ключевые слова: парогенератор, моделирование, исследование, сепарация

MODELING THE PROCESSES OF MOISTURE SEPARATION IN THE PGV-1000M STEAM GENERATOR OF A VVER-1000 REACTOR

D. A. Ageev¹, V. F. Stepanov²

^{1,2} Ivanovo State Power University named after V. I. Lenin, Ivanovo, Russia

² stulik05@mail.ru

Abstract. The paper considers the process of modeling moisture separation in the PGV-1000M steam generator, and the possibility of using this model in the development and research of NPP steam generators.

Keywords: steam generator, modeling, research, separation

В состав первого контура реакторной установки (РУ) ВВЭР-1000 входят горизонтальные парогенераторы (ПГ). Они являются важнейшим компонентом энергоблока, т. к. связывают первый (радиоактивный) и второй (безопасный) контур. По этой причине надежность работы такого оборудования должна находиться на высоком уровне.

ПГ представляет собой теплообменное устройство, предназначенное для выработки пара необходимых параметров [1]. Качество пара

является одним из важных эксплуатационных параметров парогенератора. Степень качества пара, производимого ПГ, определяют по его влажности на выходе из ПГ. Влажность не должна превышать установленного значения в 0,2 % по массе пара [2]. Повышенные значения этого показателя приводят к заносу солями проточной части турбин, эрозии паровпускных устройств и лопаток турбин, а также к снижению КПД турбин. Следовательно, обеспечение требуемых значений влажности пара на выходе из ПГ является важной задачей проектирования и эксплуатации такого оборудования.

В рамках формализованных шаблонов программного пакета Ansys CFX разработан аналог системы сепарации влаги в парогенераторе ПГВ-1000 М. Настоящая модель имеет возможность определения влияния гравитации, высоты парового пространства, паровой нагрузки и параметров погруженного дырчатого листа на сепарацию влаги. При решении поставленной задачи в качестве базовой модели использовались уравнения сохранения массы и движения для парокапельной смеси с допущениями модели гомогенного двухфазного потока, а также система уравнений Навье — Стокса для течения вязкой сжимаемой жидкости и уравнение неразрывности.

В программном комплексе Ansys CFX для решения поставленной задачи используется метод конечных элементов. Расчетная область разбивается на конечное число элементов, и для каждого элемента решаются дифференциальные уравнения численным методом [3]. Объектом имитационного моделирования являлся паровой объем ПГ, ограниченный зеркалом испарения и корпусом ПГ. При проведении вычислительных экспериментов определено распределение абсолютного давления пара в корпусе ПГ, проведена оценка параметров погруженного дырчатого листа на распределение скоростей влаги в паровом пространстве, визуализированы потоки пара и влаги, а также было получено распределение концентрации влаги в паровом пространстве. Выполнен сравнительный анализ параметров погруженного дырчатого листа с рекомендациями ряда экспериментальных исследований, который подтвердил правомерность принятого в работе модельного подхода. Проведен анализ надежности системы сепарации влаги [4].

Созданная математическая модель может быть успешно применена для исследования процессов сепарации влаги в парогенераторах и барабан-сепараторах РУ АЭС.

Список источников

1. Сепарационные устройства АЭС / А. Г. Агеев [и др.]. М. : Энергоиздат, 1982. 169 с.
2. Маргулова Т. Х. Расчет и проектирование парогенераторов атомных электростанций. М. ; Л. : Госэнергоиздат, 1962. 144 с.
3. ANSYS Help [Electronic resource]. URL: <https://ansyshelp.ansys.com> (дата обращения: 01.12.2020).
4. Федоров Л. Ф., Рассохин Н. Г. Процессы генерации пара на атомных электростанциях. М. : Энергоатомиздат, 1985. 288 с.