

УДК 538.3

К.Н. Маловик, к.т.н., доцент
В.В. Никишин, асс. преподавателя**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗМЕРЕНИЯ
ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ ЯДЕРНЫХ РЕАКТОРОВ**Севастопольский национальный университет ядерной энергии и промышленности,
tmp2@sinp.com.ua*В статье рассматриваются определяющие элементы усовершенствованной системы технического зрения для исследования кипящих процессов в пароводяных потоках и зависимость вида изображений от объёмного паросодержания.***Введение**

Актуальность: безопасность ядерных энергетических установок является первостепенной задачей [1], поэтому вопросы, связанные с исследованием процесса измерения параметров теплоносителя ядерных реакторов (ЯР) актуальны. Известно [2], что в настоящее время ведутся работы по созданию АЭС срок эксплуатации ЯР которых предусматривается до 100 лет. Проектирование таких ЯР является сложной задачей, которая включает в себя комплекс исследований, связанных со всеми элементами ядерного реактора, одним из основных которых является теплоноситель первого контура.

Постановка задачи

Объектом измерения (исследования) в данной работе является объёмное паросодержание теплоносителя ЯР, представляющего собой воду.

Экспериментальная установка представляет собой герметичный объём с циркулирующим теплоносителем, который нагревается электрической тепловыделяющей сборкой (ТВС) [3,4,5].

Наблюдение за теплоносителем осуществляется с помощью системы технического зрения (СТЗ), которая представляет собой программно-аппаратный комплекс: видеокамера, аналого-цифровой преобразователь, компьютер. [3,4,5,6,7]

Принцип измерения – визуализация потока теплоносителя с помощью системы технического зрения.

Измеряемая величина в данной работе – объёмное паросодержание теплоносителя.

Объёмное паросодержание – отношение объёма паровой фазы ко всему объёму теплоносителя [8]

Метод измерения – оптический, с помощью СТЗ с соответствующим ПО.

Измерение объёмного паросодержания теплоносителя ЯР является сложной задачей. Поэтому, для получения полной картины состояния теплоносителя необходимо контролировать объёмное паросодержание, которое может характеризовать процессы изменение фазового состояния, а следовательно прогнозировать возможное вскипание теплоносителя. Для этого на этапе проектирования и экспериментального исследования ЯР нового поколения целесообразно иметь систему контроля объёмного паросодержания.

Цель: испытание усовершенствованной системы исследования теплоносителя на экспериментальной установке. Программное обеспечение (ПО) выступает в роли измерительного инструмента, позволяющего оценивать объёмное паросодержание теплоносителя.

Для описания основных этапов процесса измерения воспользуемся общепринятым алгоритмом[9]:

1.Сбор данных об условиях измерения. Измерение объёмного паросодержания осуществляется в экспериментальной установке, которая является масштабной физической моделью ЯР.

2.Формирование модели объекта и определение измеряемой величины. Для измерения объёмного паросодержания принята следующая модель: паровые пузыри зарождаются на поверхности ТВС при её нагревании, распределение пузырей в объёме теплоносителя принимается равномерным в области, которую захватывает видеокамера СТЗ.

3.Постановка измерительной задачи на основе выбранной модели. Измерительная задача – получение количественной информации об объёмном паросодержании в теплоносителе.

4. Выбор величин, посредством которых находится значение измеряемой величины, осуществляется косвенно по площади паровых пузырей S , зафиксированных на видеоизображении (проекции) (рисунок 1).

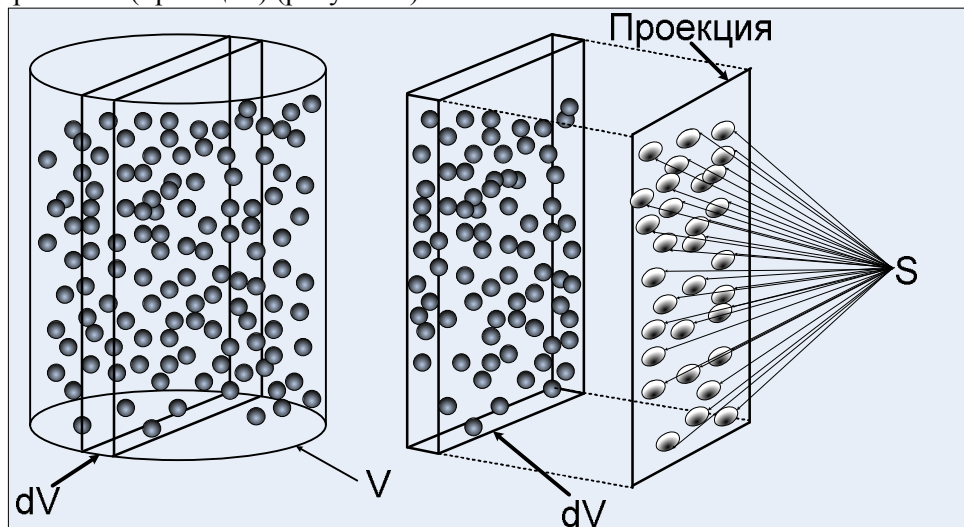


Рис. 1. Измерение объёмного паросодержания по плоскому изображению (проекции) с помощью СТЗ

Уравнение измерения, можно представить в виде:

$$\varphi = f(S) \quad (1)$$

где, φ – объёмное паросодержание;

S – площадь совокупности (множества) проекций паровых пузырей, показанная на рисунке 1.

Для дальнейшего исследования предположим, что:

$$S = f(dV), \quad (2)$$

$$dV = f(V) \quad (3)$$

где, dV – элементарный объём, выделяемый системой освещения

Усовершенствование системы освещения СТЗ

На рисунке 2а показан горизонтальный разрез экспериментальной установки при виде сверху.

Для устранения эффекта наложения пузырей друг на друга авторами статьи был разработан и апробирован усовершенствованный метод освещения исследуемого потока теплоносителя световым сечением, который заключается в использовании источника света с узким пучком (термин «световое сечение» по ГОСТ 24521 – 80) [10], что схематично показано на рисунке 2б.

Испытания показали, что при усовершенствованном освещении на получаемом изображении эффект «наложения пузырьков» практически не проявляется, т.к. на изображении фиксируются только те пузыри, которые попали в освещённую область. Без такой системы освещения, на изображении было бы сплошное облако пузырей (рис.2а), анализ которого был бы затруднителен. Освещая весь объём облака пузырей V узким пучком света. Видеокамера будет фиксировать ортогональную проекцию некоторого элементарного исследуемого объёма dV или так называемый «срез» парового потока, т.е. только те пузыри, которые попали в освещённую область (рисунок 1б). Можно сказать, что этот элементарный объём будет представительной выборкой всего исследуемого объёма.

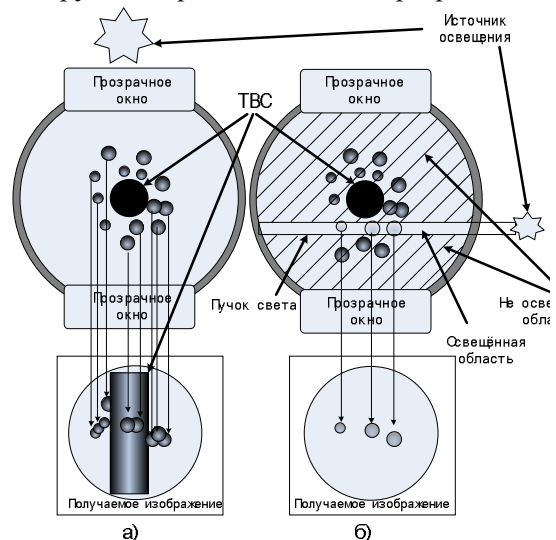


Рис. 2. Усовершенствование системы освещения

Таким образом, показана возможность оценивания объёмного паросодержания в теплоносителе косвенным методом по площади паровых пузырей [1].

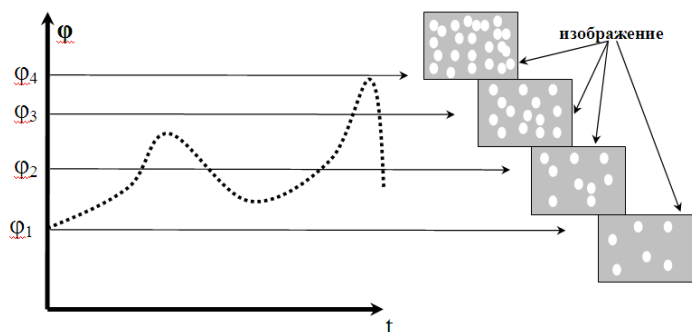


Рис. 5. Связь между видом получаемых изображений и объёмным паросодержанием

Схематично можно показать взаимосвязь между видом полученного изображения и величиной паросодержания. Данный принцип основывается на патенте авторов настоящей статьи: [11]

Дальнейшее направление работ по рассматриваемому вопросу заключается в математическом моделировании состояния теплоносителя и создание методики оценивания предельного состояния. Такая методика позволит

осуществить выбор безопасного режима работы теплоносителя, либо на её основе создать автоматическую систему управления, поддерживающую теплоноситель в безопасном состоянии.

Выводы

Показано, что определяющими элементами измерения параметров теплоносителя можно считать:

- применение усовершенствованного метода освещения световым сечением;
- оценивание объёмного паросодержания по плоскому изображению.

Предложения

Необходимо задание требований к оцениванию точности измерения объёмного паросодержания и его предельного состояния при проектировании ядерных реакторов нового поколения.

Список литературных источников

1. Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ. Острейковский В.А., Швыряев Ю.В. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 352 с.
2. Эксплуатация атомных станций / В.А. Острейковский. – М: Энергоатомиздат, 1999. – 928 с.
3. Новые методы измерения теплогидравлических параметров в ядерной энергетике, И.А. Попов, Е.Н.Сычёв, Сборник научных трудов СНИЯЭиП. – Севастополь: СНИЯЭиП, 2003. – Вып 8. – 316 с.: ил.
4. Оптическая измерительная система технического зрения для измерения истинных характеристик двухфазного потока, И.А.Попов, В.А.Ловягин, Д.М.Сайда, К.Б.Матузаев, Труды 2-й Российской конференции по тепломассообмену, рег.489,1998.
5. Маловик К.Н., Никишин В.В. Повышение качества диагностики параметров теплоносителя ядерных реакторов / Сборник докладов XX Национального научного симпозиума «Metrology and metrology assurance 2010», Созополь, Болгария
6. Матузаев К.Б. Оценка точности определения истинных характеристик фазовых структур потока теплоносителя с помощью оптического измерительного канала / Сборник научных трудов СНИЯЭиП. – Севастополь: СНИЯЭиП, 2001. – Вып. 5. – 226: ил.
7. Система внутриреакторного контроля АЭС/ Чуклин А.А., Тяпкина В.А., Чуклин А.А. Учеб.пособие, , 2008. – 164 с.:ил.
8. Boiling water reactors, Andrew W. Kramer, Massachusetts, U.S.A., 1958., 510 с.
9. Сергеев А.Г., Крохин В.В. Метрология: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Логос, 2001. – 408 с.: ил.
10. ГОСТ 24521 – 80 Контроль оптический неразрушающий. Термины и определения.
11. Патент на полезную модель №51036 «Способ идентификации примесей в водяной системе охлаждения» / Маловик К.Н., Никишин В.В.