

УДК 621.039

М.С.Корегин (6 курс, каф. РиПГС), А.М.Ситников (5 курс, каф. РиПГС),
Н.Д.Агафонова, к.т.н., доц.

СОЗДАНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО БАНКА ДАННЫХ ПО РЕЖИМАМ ТЕЧЕНИЯ ДВУХФАЗНЫХ ПОТОКОВ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛОГИДРОДИНАМИКИ РЕАКТОРНЫХ УСТАНОВОК С ВВЭР

Работа посвящена сбору и обобщению данных по режимам течения в вертикальных и горизонтальных трубах, а также анализу их особенностей.

В любом расчетном коде, построенном на базе двухжидкостной модели двухфазного потока, в систему замыкающих эмпирических соотношений включаются выражения для границ между различными структурами потока (режимами течения). Для облегчения математического описания, карты режимов течения стараются предельно упростить. Чтобы при этом не было потери общности, между отдельными режимами устанавливаются переходные зоны. В разных кодах карты режимов течения отличаются друг от друга как спектром основных режимов, так и шириной переходных зон между ними. Как правило, выражения для границ получают с использованием известных теоретических моделей Тейтлера и Даклера [1], подтвержденных, в основном, экспериментами на воздушно-водяных потоках. Все эмпирические формулы, входящие в дифференциальные уравнения модели, выбираются с учетом принятых карт режимов течения. Следовательно, должна производиться верификация кодов по расчетному определению режима течения, для чего необходимо привлекать надежные опытные данные. Для этой цели планируется использовать создаваемый в СПбГПУ на основе анализа опубликованных работ электронный банк экспериментальных данных по режимам течения.

Создание электронного банка данных было начато в 2002 году. На начальном этапе банк включал в себя около 2000 точек, относящихся к подъемному течению двухфазного потока в вертикальных каналах и к течению в горизонтальных каналах. Авторами выполнен сбор новых данных по режимам течения, и к существующим точкам прибавилось еще около 2000. Также был проведен сбор данных по опускному движению двухфазного потока в вертикальных трубах, т.к. практика показывает, что структура потока при опускном и подъемном движении в вертикальных каналах могут быть различными при прочих равных условиях. В электронный банк данных вошли данные из опубликованных в открытой печати экспериментальных работ по исследованию режимов течения двухфазных потоков. Рассматривались такие публикации, где наиболее подробно описаны условия проведения опытов, а результаты экспериментов представлены либо таблично, либо в виде точек на графиках (картах режимов течения в различных координатах).

Анализ данных по режимам течения показал следующее:

1. Не существует абсолютных методов идентификации режимов течения в опытах.
2. Авторы публикаций не всегда дают подробное описание условий проведения эксперимента, что затрудняет сравнение результатов.
3. На данный момент в расчётных кодах используются квазистационарные данные, что может являться ошибкой.
4. Режимы течения могут существенно зависеть от тепловыделения. Опытов в обогреваемых каналах явно недостаточно. В этом случае встает вопрос о влиянии неравновесности и диаметра канала на структуру потока.

5. Мало опытов по исследованию структуры потока в трубах большого диаметра, которые часто встречаются на практике.

Для обработки точек из банка данных в настоящей работе были использованы следующие комплексы:

$$(Fr_{10})^{0.5} \cdot (\rho''/\rho')^{0.25} \text{ и } x(\rho'/\rho''-1),$$

где $Fr_{10} = \frac{(\rho w)^2}{\rho'(\rho' - \rho'')gd}$ — модифицированный критерий Фруда; ρ' , ρ'' — плотности жидкости и легкой фазы, соответственно.

Задача заключалась в том, чтобы свести на одной диаграмме данные для воздушно-водяных, пароводяных и других двухфазных потоков. Выбранные комплексы учитывают влияние диаметра канала и давления и как координаты могут использоваться для воздушно-водяных смесей, так же как и для однокомпонентных потоков в адиабатических условиях и при наличии обогрева.

Сравнение с картами режимов течения двухфазных потоков, используемыми в компьютерных программах, было выполнено посредством моделирования экспериментов Берглеса и др. [2, 3] в вертикальной и горизонтальной обогреваемой трубе с помощью отечественного программного комплекса КОРСАР (разработан в НИТИ им. А.П.Александрова, г. Сосновый Бор). Результаты сравнения представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Основные параметры эксперимента	Наблюдаемый в эксперименте режим течения	Число совпадений расчетного режима течения с экспериментальным*	
		Данная работа	КОРСАР
$P = 0,21$ МПа; горизонтальная труба $d = 0,00615$ м	<u>Пузырьковый</u>	22/22	22/22
	<u>Снарядный</u>	20/23	12/23
	Дисперсно-кольцевой	3/15	15/15
$P = 3,5$ МПа; вертикальная труба $d = 0,0097$ м	<u>Пузырьковый</u>	15/16	8/16
	<u>Снарядный</u>	3/4	4/4
	Дисперсно-кольцевой	6/8	6/8
$P = 7,0$ МПа; вертикальная труба $d = 0,010$ м	<u>Пузырьковый</u>	8/10	9/10
	<u>Снарядный</u>	2/9	2/9
	Дисперсно-кольцевой	11/12	12/12

Примечание: * Числитель — число точек, для которых режим течения определен правильно, знаменатель — общее число точек, относящихся к данному режиму течения.

Как видно из таблицы, число совпадений режимов течения, определенных с помощью предлагаемых карт и карт, используемых в программе КОРСАР, с экспериментальными примерно одинаково. Относительная простота — преимущество предлагаемых карт режимов течения, потому что режим течения определяется только расходными характеристиками двухфазного потока, которые изменяются более плавно, чем истинное паросодержание, когда структура потока изменяется. Кроме того, по мере накопления экспериментальных данных по режимам течения, предлагаемые карты могут быть легко пересмотрены и исправлены.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Taitel Y., Dukler A.E. A model for predicting flow regime transitions in horizontal and near horizontal gas-liquid flow // AIChE Journal, 1976. Vol.22, №1, p. 47-55.
2. Берглес, Лопина, Фиори. Исследование критических тепловых потоков и режимов течения пароводяной смеси в трубах при низких давлениях // Тр. амер. общ-ва инж.-мех.. Теплопередача, 1967. Т.89С, №1, С.82-90.
3. Берглес А.И., Сю М. Исследование режимов течения кипящей воды при высоком давлении // Достижения в области теплообмена: Сб. статей под ред. В.М. Боришанского.- М.: Мир, 1970, С.30-55.