

ДИАГНОСТИКА РАССТОЯНИЯ ДО МЕСТА РАЗРЫВА ТРУБОПРОВОДА ПО ИЗМЕНЕНИЮ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Е.Ф. Авдеев, В.В. Большунова

Обнинский институт атомной энергетики, г. Обнинск



Предлагается повышающая безопасность новая методика определения расстояния до места частичного разрыва в контурах или магистральных трубопроводах по изменению гидравлических характеристик при возникновении течи.

ВВЕДЕНИЕ

До сих пор достаточно остро стоит проблема своевременного и точного обнаружения, а, следовательно, и скорейшего устранения мест возникновения течей, особенно этот вопрос актуален для закрытых контуров и магистральных трубопроводов.

Существующие способы и устройства для обнаружения места течи основаны на принципе прохождения и изменения электромагнитного сигнала. Например, прокладка коаксиального кабеля в теплоизоляции вдоль трубопровода и подключение его к регистратору течи [1]. Такое устройство не может быть использовано для трубопроводов без теплоизоляции. Кроме того, при недостаточно высокой точности определения места течи, для использования устройства требуется изготовление сложного измерительного комплекса. Существует способ определения расстояния до места течи, который заключается в прокладке в электропроводящей среде трубопровода изолированного кабеля, соединенного в конце трубопровода с изолированным проводником, вмонтированным в продольный сварной шов трубы, который при возникновении повреждения заземляется [2]. Расстояние до места течи определяется по известным длинам изолированного кабеля и проводника и измеренному сопротивлению. Недостатком такого метода является изготовление специальных труб с изолированными проводниками, вмонтированными в продольные швы, что значительно усложняет монтаж трубопроводов и удорожает конструкцию в целом.

Эти способы и устройства не применимы для взрывоопасных веществ.

Для повышения безопасности ниже излагается простая и достаточно точная новая методика определения расстояния до места частичного разрыва в трубопроводных системах по измерению их гидравлических характеристик, которая основана на применении зависимостей, связывающих перепады давления, расход и расстояния.

РАСЧЕТНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ

Применим известную зависимость, связывающую перепад давления, расход и расстояние при течении в трубе на номинальном режиме (без разрыва)

$$\Delta p = \lambda \frac{L}{d} \frac{\rho Q^2}{2\sigma^2} + \sum \Delta p_m, \quad (1)$$

где Δp – перепад давления на общей длине L контролируемого участка, λ – коэффициент сопротивления трения, ρ – плотность, Q – объемный расход, d – внутренний диаметр трубопровода, σ – площадь сечения трубопровода; $\sum \Delta p_m$ – потери на местные сопротивления.

И на отдельных участках после возникновения течи:

- от начала контролируемого участка до места течи

$$\Delta p_1 = \lambda_1 \frac{l_1}{d} \frac{\rho Q'^2}{2\sigma^2} + \sum \Delta p_{1m}, \quad (2)$$

где Δp_1 – перепад давления на длине l_1 от начала контролируемого участка до места течи, λ_1 – коэффициент сопротивления трения, Q' – расход на входе контролируемого участка при появлении течи; $\sum \Delta p_{1m}$ – потери на местные сопротивления;

- от места течи до конца контролируемого участка

$$\Delta p_2 = \lambda_2 \frac{l_2}{d} \frac{\rho Q_2^2}{2\sigma^2} + \sum \Delta p_{2m}, \quad (3)$$

где Δp_2 – перепад давления на длине l_2 от места течи до конца контролируемого участка, λ_2 – коэффициент сопротивления трения, Q_2 – расход на выходе контролируемого участка при появлении течи; $\sum \Delta p_{2m}$ – потери на местные сопротивления.

В режиме с течью общий перепад давления $\Delta p'$ на контролируемом участке длиной L будет равен сумме перепадов давлений до места течи и после

$$\Delta p' = \Delta p_1 + \Delta p_2. \quad (4)$$

После совместного рассмотрения (1 - 4) с учетом, что $L = l_1 + l_2$, получим

$$l_1 = \frac{\frac{\lambda}{\lambda_2} \left(\frac{\Delta p' - \sum \Delta p_m'}{\Delta p - \sum \Delta p_m} \right) \left(\frac{Q}{Q_2} \right)^2 - 1}{\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \left(\frac{Q'}{Q_2} \right)^2 - 1} L, \quad (5)$$

где $\sum \Delta p_m$ – потери на местные сопротивления на длине L при номинальном режиме; $\sum \Delta p_m'$ – потери на местные сопротивления на длине L при появлении течи.

В частном случае при отсутствии местных сопротивлений выражение (5) принимает более простой вид:

$$l_1 = \frac{\frac{\lambda}{\lambda_2} \frac{\Delta p'}{\Delta p} \left(\frac{Q}{Q_2} \right)^2 - 1}{\frac{\lambda_1}{\lambda_2} \left(\frac{Q'}{Q_2} \right)^2 - 1} L. \quad (6)$$

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА МЕТОДИКИ

Предлагаемая методика определения расстояния до места течи была проверена на экспериментальном стенде «Циркуляционная петля» кафедры «Теплофизика» ИАТЭ.

Стенд представляет собой питательно-приемный бак с подсоединенным к нему замкнутым трактом основного контура и питательного насоса (рис.1). Тракт основного контура выполнен из нержавеющей стали. Диаметр труб составляет 82, 66, 50 мм. Общая длина контура 45 м, длина рабочего участка 38 м. В состав рабочего участка основного контура входят Л-образный, П-образный и U-образный повороты. Давление на выходе из насоса составляет $\sim 3 \cdot 10^5$ Па (30 м вод. ст.), расход воды в контуре может изменяться в пределах (7-16) м³/ч.

Стенд предназначен для исследования гидродинамических и теплофизических характеристик одно- и двухфазных течений. Он позволяет выполнять экспериментальные теплогидравлические исследования, связанные со стационарным функционированием контуров реакторов, работы циркуляционной петли в режимах нестационарных переходных процессов.

Экспериментально исследовались два случая расположения места течи. При этом создавались такие режимы, чтобы до и после разрыва были различные потери на местные сопротивления и потери по длине. В первом случае место течи располагалось между т.3 и т.4, во втором случае - Л-образный поворот и U-образный поворот меняли местами, и место течи располагалось между т.1 и т.2.

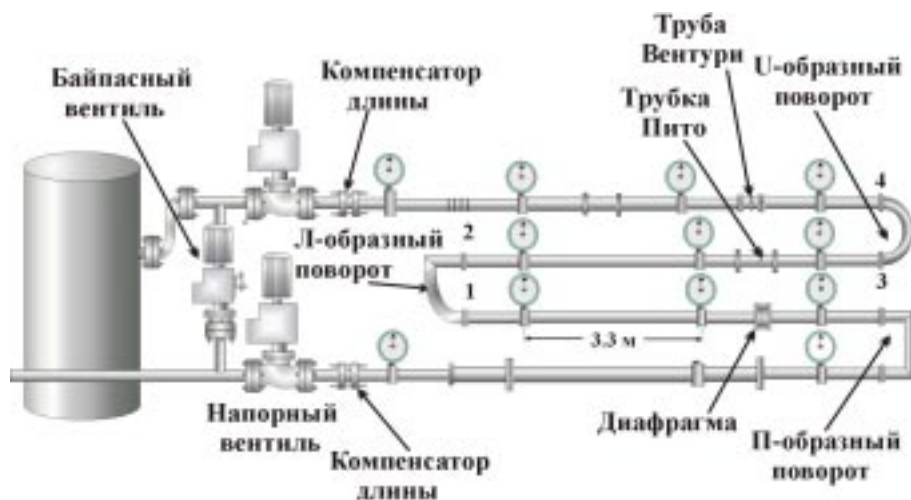


Рис.1. Экспериментальный стенд «Циркуляционная петля»

Расходы по контуру измерялись двумя способами: с помощью выполненной по ГОСТу трубы Вентури и новым, разработанным авторами методом – по максимальной скорости и перепаду давления [3]. Для контроля проверялся баланс расходов, с учетом расхода в месте течи, измеренным объемным методом.

Первоначально измерялись расход и перепад давления при номинальном режиме, затем искусственно создавался разрыв в контуре, и повторно определялись расход на входе и выходе контролируемого участка и общий перепад давления.

Эксперименты проводились на трубе диаметром $50 \cdot 10^{-3}$ м, при средней температуре воды в контуре 17 °С. В табл. 1 приведены значения расходов и перепадов давления на контролируемом участке длиной 10.91 м. В табл. 2 приведены те же значения на контролируемом участке длиной 11.14 м.

Таблица 1

| Δр, кПа | Q, л/с | Re | Δр', кПа | Q', л/с | Q ₂ , л/с |
|---------|--------|---------------------|----------|---------|----------------------|
| 3.4 | 2.8 | 6.5*10 ⁴ | 2.7 | 2.6 | 2.5 |
| 7.1 | 3.9 | 8.9*10 ⁴ | 6.9 | 3.5 | 3.4 |
| 11.3 | 4.7 | 1.1*10 ⁵ | 10.3 | 4.4 | 4.3 |
| 15.7 | 5.5 | 1.3*10 ⁵ | 15.2 | 4.6 | 4.4 |

Таблица 2

| Δр, кПа | Q, л/с | Re | Δр', кПа | Q', л/с | Q ₂ , л/с |
|---------|--------|---------------------|----------|---------|----------------------|
| 3.9 | 3.2 | 7.4*10 ⁴ | 3.4 | 3.1 | 3 |
| 11 | 5 | 1.1*10 ⁵ | 10.5 | 4.8 | 4.5 |
| 16.5 | 6 | 1.4*10 ⁵ | 15.5 | 5.8 | 5.5 |
| 19.9 | 7 | 1.7*10 ⁵ | 20 | 6.6 | 6.3 |

По определенным расходам рассчитывались коэффициенты сопротивления трения и потери на местные сопротивления, коэффициент сопротивления трения на участке плавного поворота рассчитывался с учетом поправки Уайта [4].

$$\frac{\lambda}{\lambda_0} = 1 + 0.075 \text{Re}^{1/4} \left(\frac{R}{r} \right)^{1/2}, \quad (7)$$

где λ – коэффициент сопротивления криволинейной трубы, λ_0 – коэффициент сопротивления прямой трубы, R – радиус трубы, r – радиус кривизны. Расстояние до места разрыва рассчитывалось по полученной зависимости (5) и сравнивалось с реальным расстоянием.

В первом случае общая длина контролируемого участка составляла 10.91 м, реальное расстояние до места разрыва составляло 6.33 м. Расчетное расстояние до места разрыва по измеренным расходам и перепадам давления получено в среднем 6.30 м.

Во втором случае длина контролируемого участка составляла 11.14 м, реальное расстояние до места разрыва – 5.51 м. Полученное по формуле (5) расстояние до места разрыва оказалось в среднем равным 5.48 м.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам сравнения реальных расстояний до места течи с их рассчитанными величинами по экспериментально замеренным расходам и перепадам давлений можно сделать вывод о возможности практического использования предлагаемой методики.

Список литературы

1. Авторское свидетельство СССР № 612102, кл. F17 D 5/02. Устройство для обнаружения места течи в трубопроводе.
2. Заявка ФРГ № 1940872, кл. F17 D 5/06.
3. Авдеев Е.Ф., Большунова В.В. Способ определения расхода в трубопроводах. Заявка №99104839/28 от 02.03.99 г., Справка о приоритете №98109475/25 (010915) от 25.03.99 г.
4. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. – М.: Наука, 1974.

Поступила в редакцию 22.12.99.

УДК 621.039.554.34

Experimental and Numerical Investigations of Mass- and Heat-Exchange Processes under the Loss Coolant Accident \A.D. Efanov, V.V. Lozhkin, B.I. Kulikov, O.A. Sudnitsin, Yu.A. Bezrukov, S.N. Zaitzev; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 15 pages, 14 illustrations. – References, 6 titles.

Experimental investigations of thermo-hydraulic characteristics, temperature modes of fuel assemblies simulators and velocities of wetting front under the maximal design accident at the stage of repeated gulf of reactor core are carried out on full-scale models of fuel assemblies of VVER-1000 with 7 and 37 rods. The experiments were conducted on repeated gulf loop of the stand (SVD-1).

УДК 536.24

Turbulizing Influence of Smooth Cylindrical Elements on Intensification of Heat-Exchange of Symmetric Passage Pipe Bundles \A.A. Anisin, A.K. Anisin, V.T. Buglaev; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 13 pages, 5 illustrations, 2 tables. – References, 5 titles.

The opportunity is analysed for intensification of heat transfer of transversally streamlined symmetric passage pipe bundles under usage of smooth turbulizing rods sequentially disposed at centers of pipe cells in its arrangement scheme. Realization of the introduced arrangement scheme of pipe elements as a combined surface of the bundle of pipes of different diameters and its heat-air-dynamic characteristics obtained by experimental way, testify to opportunity of practical application of the offered approach to increase the efficiency of pipe heat-exchange devices.

УДК 532.526.4:621.039.534

Diagnostics of Distance up to the Point of Rupture of the Pipe Line using the Change of Hydraulic Characteristics \E.F. Avdeev, V.V. Bolshunova; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 4 pages, 1 illustration, 2 tables. – References, 4 titles.

New approach is developed for finding out the distance up to the point of partial rupture in loop contours or main pipe lines using the change of the hydraulic characteristics under initiation of leak.

УДК 621.039.564.5

Ultrasound Waveguide Multipoint System of Visualisation of Two-phase Coolant \V.I. Melnikov, V.V. Kontelev, V.V. Ivanov, X.-M. Prasser, V. Zippe; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 8 pages, 4 illustrations. – References, 17 titles.

New ultrasonic diagnostic system for high-speed visualization of coolant in pipelines is represented in the paper. The principle of activity, design features and technique of visualization of two-phase streams is described. The results of experimental testing of this system on the thermal-physical stand are given.

УДК 621.039.534.63

Effect of «Hanging» of Liquid Sodium and Its Influence on Operation of Heat Exchangers of an Evaporative - Condensation Type \M.N. Arnoldov, V.N. Bogomolov, O.G. Grigoriev, V.N. Zamusskiy; Editorial board of journal "Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika" (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2000. – 8 pages, 4 illustrations. – References, 9 titles.

Phenomenon of relocation of considerable volumes of liquid sodium stipulated by effect of its «hanging» on interior devices of complex construction high-temperature thermal pipes (HTTP) over contour of the sodium HTTP is described. Influence of this effect on operation of evaporative - condensation systems (ECS) is shown. Necessity of checking of the sodium level for identification of abnormal modes of the ECS connected with drainages of capillary - porous structure of evaporation zone is proved.