



НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВИХРЕТОКОВОГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ МЕТАЛЛА ТРУБ БОЛЬШОЙ ДЛИНЫ И СПОСОБЫ ИХ РЕШЕНИЯ

В. Л. НАЙДА, А. А. МОЗЖУХИН, В. М. ПЫШНЫЙ, А. С. КОВБАСЕНКО, О. Ф. ЛОБАНОВ, В. А. ЧИЖЕНКО

Рассмотрены проблемы, сопровождающие вихретоковый контроль (ВТК) теплообменных труб (ТОТ) парогенераторов (ПГ) атомных электростанций (АЭС) и предложены некоторые технические способы их решения с помощью совершенствования конструкций зондов для ВТК.

The problems encountered in eddy current control of heat exchanger tubes of vapor generators in nuclear power plants are considered, and some technical methods are proposed for solving them through improvement of the design of eddy current probes.

Контроль ТОТ ПГ, как известно, выполняется на АЭС с помощью зондов (преобразователей) ВТК, которые имеют контролируемую головку, гибкий удлинитель и электрический соединитель. Удлинитель преимущественно выполняется в виде трубчатой оболочки или цилиндрической спирали, внутри которой размещены электрические кабели связи головки с электрическим соединителем для подключения к контролируемому прибору (рис. 1, а).

Для предотвращения наведения электрических полей, которые отрицательно влияют на качество сигнала, связь головки с электрическим соединителем выполняется коаксиальными кабелями по всей длине удлинителя, кроме места соединения с головкой, где это невозможно, так как катушки головки имеют простые тонкие изолированные провода. При этом провода головки присоединяются к коаксиальным кабелям, которые внутри оболочки имеют прямолинейную по сути или слегка волнистую форму.

Учитывая, что при наматывании удлинителя на барабан прямые кабели рвутся за счет того, что длина их должна быть больше длины оболочки на разность диаметров наматывания, умноженную на число π , их делают волнистыми для запаса длины кабелей. Но это дает кратковременный эффект, поэтому ресурс работы таких зондов невелик.

Технология использования зонда предусматривает многоразовое наматывание удлинителя на барабан и сматывание для перехода на контроль очередной трубки, которых на объекте контроля тысячи. И всякий раз при наматывании на барабан предварительно прямолинейно развернутого зонда, в котором длина кабелей близка к длине оболочки, кабели перемещаются относительно оболочки в сторону направления намотки. Это происходит за счет того, что они наматываются по диаметру, размер которого равен диаметру барабана плюс, как минимум, толщина оболочки. Внутренние витки оболочки укладываются на барабан вплотную, а внешние расходятся радиально относительно центра барабана, благодаря чему сред-

няя длина вдоль центральной оси спирали увеличивается. Таким образом, кабели затягиваются вглубь удлиненной оболочки и потому при производстве их закладывают большей длины, чем спираль оболочки. При разматывании имеет место обратный процесс: спираль за счет упругости складывает внешние (относительно оси барабана) витки и возвращает свою первичную длину, которая теперь меньше длины кабелей. Кабели, более длинные, чем оболочка, не могут возвратиться полностью в первичное положение, так как они уже закреплены с обоих концов. В процессе разматывания кабели стараются разместиться в сокращенной оболочке и выгибаются в пределах внутреннего пространства спирали, становясь волнистыми. Так как кабели за счет сопротивления от трения не могут возвратиться полностью в первичное положение, их волнистость увеличивается в направлении к барабану. При последующих наматываниях на барабан с первыми витками кабели наматываются в волнистом состоянии, а не в прямолинейном, как при первом наматывании при их монтаже, при этом уже после второго оборота они не имеют возможности двигаться в направлении головки и остаются в таком состоянии. Таким образом, на следующие обороты снова не хватает длины кабелей и имеет место передвижение их в направлении от головки к барабану. Повторные разматывания и наматывания приводят к тому, что кабели еще более мнутся и сдвигаются в направлении от головки. Резерва длины проводов не хватает и они разрываются, что выводит зонд из строя.

Предотвратить это можно несколькими способами, которые были испытаны на моделях зондов (преобразователей) НК325 типа ВТЗ-10,8-18, разработанных в ОКТБ Института электросварки им. Е. О. Патона НАНУ. На рис. 1, а-г приведены примеры конструкции зонда с накопителем кабелей в виде кабельных спиралей.

На рис. 1, б кабели выполнены в виде пары прямолинейных по сути участков, которые чередуются с участками, где оба кабеля совместно сви-

ты в спираль по форме цилиндрической пружины растяжения по сути с примыканием витков в первичном состоянии. При этом оба кабеля 6 и 7, как показано на рисунке, свиты параллельно впритык вокруг общей оси, образуя общую спираль 8 одного диаметра. На рис. 1, в спиральные участки каждого кабеля автономны. Они выполнены как отдельные спирали 9 и 10, навитые вокруг параллельных осей 11 и 12 и смещены по длине до размещения в зоне прямолинейных участков другого кабеля. На рис. 1, г прямолинейный участок каждого кабеля размещен в середине цилиндрического пространства спиралевидного участка другого кабеля по сути вдоль оси спирали другого кабеля. Между пружинными участками сделан отступ 13 для перемещения при растяжении спиралей.

Такая конструкция характеризуется тем, что в начальном состоянии, когда зонд находится в прямолинейном положении, кабельные спирали 8, 9 и 10 сжаты по сути до примыкания витков. При наматывании удлинителя на барабан в пределах каждого оборота барабана кабеля компенсируют недостаток длины за счет растягивания спиралевидных участков. При разматывании зонда с барабана спирали кабелей сжимаются в пределах упругости и уменьшают свою длину вместе со спиралью оболочки. При повторных наматываниях-разматываниях за счет спиралевидных участков предотвращается смещение кабелей в одну сторону до их разрыва, благодаря чему ресурс работы зонда значительно увеличивается.

Для выполнения кабельных спиралей наиболее компактной формы, показанной на рис. 1, г, предложен способ, проиллюстрированный на рис. 1, д.

Наматывание одного кабеля в спираль вокруг прямолинейного участка второго кабеля проводят

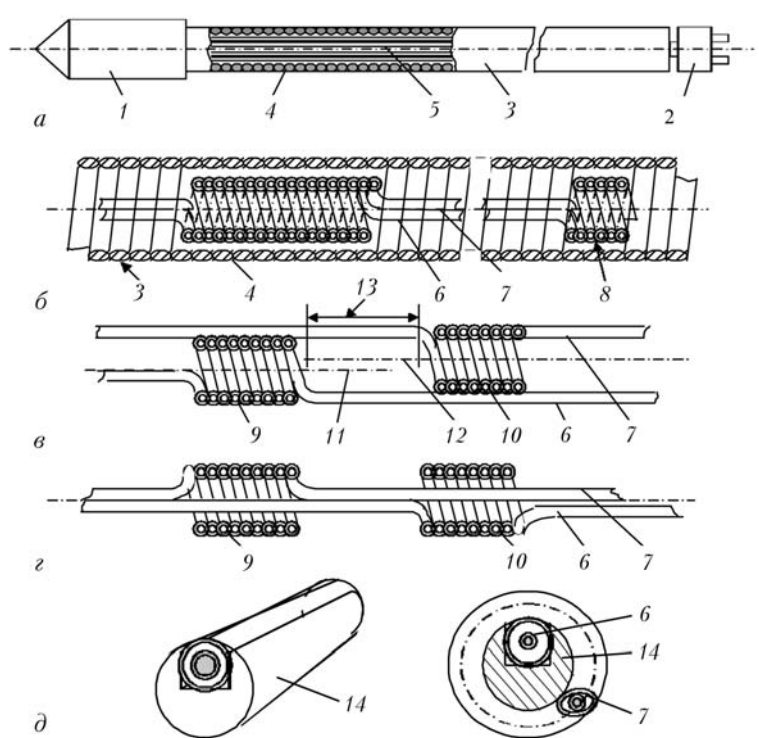


Рис. 1. Схемы конструкции зонда (а), изготовления накопителя (б-г) и выполнения кабельных спиралей (д): 1 — контролирующая головка; 2 — электрический соединитель; 3 — удлинитель; 4 — спираль; 5 — электрические кабели; 6 — накопитель с совместными 2-х кабельными спиралями; в — автономные кабельные спирали; г — кабельные спирали, охватывающие смежные кабели; 3 — оболочка; 4 — металлическая спираль; 6, 7 — кабели; 8 — совместная спираль из двух кабелей; 9, 10 — автономные кабельные спирали; 11, 12 — оси спиралей; 13 — отступ для перемещения при растяжении спиралей; 14 — дополнительная цилиндрическая деталь

совместно с дополнительной цилиндрической деталью 14. Она имеет паз, в который закладывают кабель 6, предназначенный для прохода внутри спирали, а потом на эту деталь вместе с кабелем в пазу наматывают второй кабель 7. После наматывания деталь 14 сдвигают вдоль ее оси и закладывают в паз другой кабель, повторяя операцию наматывания с кабелем, который был предварительно вынут из паза. При проведении ВТК в усложненных условиях, например, на ПГ с на-

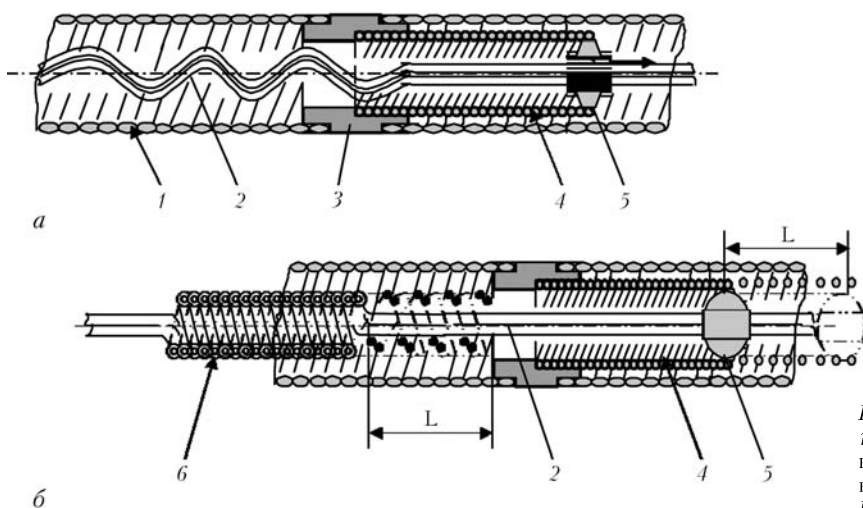


Рис. 2. Схема усилителя натяжения кабелей: 1 — оболочка удлинителя; 2 — коаксиальные кабели; 3 — муфта; 4 — пружина; 5 — крепление кабеля; 6 — кабельная спираль; L — отступ



личи́ем значительных отложений на внутренних поверхностях стенок ТОГ, когда усилия при вытягивании зонда вызывают растяжение спирали оболочки, упругости кабельных спиралей может быть недостаточно. Для таких условий разработана конструкция усилителя натяжения кабелей зонда, которая приведена на рис. 4. Она предусматривает повышение усилия удержания кабелей от подвижки в сторону намоточного барабана и возвращение их в первичное положение.

Для этого в середине оболочки 1 коаксиально ей дополнительно размещена металлическая пружина 4 растяжения, которая одним концом закреплена на оболочке 1 с помощью муфты 3, а к другому концу 5 прикреплены кабели.

На рис. 2 показано что кабели 2 пропущены в середине пружины 4. Это сделано таким образом, что с одного конца пружины они размещены прямолинейно или с натяжением под действием пружины, а по другую имеют излишек длины относительно оболочки. Излишек может быть образован за счет волнистости кабелей 2 со стороны головки относительно пружины 4, как показано на рис. 2, а, или в виде накопителя в форме кабельной спирали б (рис. 2, б). Благодаря этому в прямолинейном состоянии зонда пружина сжата

почти до соприкосновения витков, а кабели на прямолинейном участке распрямлены. В остальной части оболочки со стороны головки кабели образуют запас, который компенсирует утяжку кабелей одновременно с растягиванием пружины при наматывании удлинителя на барабан. При разматывании зонда с барабана пружина сжимается и подтягивает за собой излишек кабеля на прежнее место. Излишек кабелей целесообразно выполнять в форме спирали соленоида с прямым отрезком перед пружинной длиной L , равным длине растяжения пружины 4. Оболочка может быть разделена на две или больше секций, соединенных муфтой 3, по разные стороны которой расположены пружина с распрямленными кабелями и запас излишка кабелей.

Приведенные технические решения запатентованы.

1. Пат. 50072А Україна МПК 7G01N27/90. Зонд для контролю металевих труб / О. Ф. Лобанов, В. Л. Найда, А. О. Мозжухін та ін. — Надрук. 15.10.2002, Бюл. № 10.
2. Пат. 50073А Україна МПК 7G01N27/90. Зонд для неруйнівного контролю стану металу труб та спосіб його виконання / В. Л. Найда, В. М. Пишний, А. О. Мозжухін та ін. — Надрук. 15.10.2002, Бюл. № 10.

ОКТБ Ін-та електросварки ім. Е. О. Патона НАН України,
Київ

Поступила в редакцію
25.03.2005

4-а Науково-технічна конференція «СУЧАСНІ ПРИЛАДИ, МАТЕРІАЛИ І ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ І ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ПРОМИСЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ»

З 06 по 09 грудня 2005 р. в Івано-Франківському національному технічному університеті нафти і газу відбудеться 4-а Міжнародна науково-технічна конференція і виставка «Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання».

Конференція буде проводитися за такими напрямками:

1. Методи і технічні засоби проведення неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання.
2. Особливості проведення неруйнівного контролю і технічної діагностики нафтогазового обладнання.
3. Підготовка, атестація і сертифікація спеціалістів в галузі неруйнівного контролю і технічної діагностики промислового обладнання.
4. Підготовка фахівців за спеціальністю «Прилади та системи неруйнівного контролю» у вищих навчальних закладах України.

По матеріалах конференції передбачається видання матеріалів доповідей, які будуть визнані ВАК України як фахове видання.

В роботі виставки будуть приймати участь відомі фірми і організації-виробники технічних засобів неруйнівного контролю і технічної діагностики України і зарубіжжя.

Адреса оргкомітету по проведенню конференції:

кафедра «Методи та прилади контролю якості і сертифікації продукції»
Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу,
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76019.
Тел. (8-03422) 4-60-77, 4-24-3; E-mail: mdqc@ifdtung.if.ua