

путем измерения сопротивления электродов и динамического наблюдения за величиной сопротивления электродов в контрольных группах за период не менее одного года. Таким образом экспериментально был найден оптимальный состав твердого несохнущего электролита, который дает минимальные флуктуации сопротивления электродов во времени в зависимости от внешних климатических условий.

В результате многолетних исследований технологии были выработаны требования к керамической диафрагме (пористости и ее конструктивным параметрам), степени прочности металлического спая на поверхности керамической диафрагмы и глубине пропитки пористой диафрагмы составом Ag-AgCl , изменена конструкция контакта [2], изменены составы серебросодержащих паст и последовательность нанесения их на подложку, режимы их вжигания.

В результате проведенных исследований изменился технологический цикл изготовления хлор-серебряных электродов на базе пористой керамики, а именно изменилась последовательность технологических операций и качественно изменились отдельные операции.

Благодаря постоянным научным исследованиям, совершенствованию технологического процесса и 100%-му контролю всех технологических процессов производства, достигнут высокий уровень качества производства, который составляет (90–95%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авдеева Д.К., Дмитриев В.В., Добролюбов А.Т., Нагиев В.А., Самохвалов С.Я., Шилов С.А. Электрографический хлор-серебряный электрод // Мед. техника. – М., 1984. – №1. – С. 31–35.
2. Патент № 20574826 / Авдеева Д.К., Чухланцева М.М., Добролюбов А.Т. // Бюл.изобр. – 1996. – №10.

УДК 620.165.29 : 620.179.16

Б. М. ЛАПШИН, А. В. МОЗЫРИН

АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫЕ СРЕДСТВА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕПРОВОДОВ

В настоящее время резко возрастают требования к обеспечению безопасности при эксплуатации нефтепроводов. Причиной отказа линейной части магистрального трубопровода могут быть нарушения герметичности или потеря скребка, перемещаемого внутри магистрального нефтепровода. В НИИ интроскопии Томского политехнического университета созданы акустико-эмиссионные приборы, позволяющие повысить эксплуатационную безопасность магистральных нефтепроводов.

Перекачка нефти по трубопроводам является в настоящее время самым эффективным способом ее транспортировки. Однако в процессе эксплуатации состояние труб нефтепроводов с течением времени ухудшается. Трубопроводы подвергаются коррозии, эрозивному износу, в стенках труб под влиянием меняющихся по времени напряжений образуются развивающиеся усталостные трещины. Подводные трубопроводы испытывают дополнительно различные внешние воздействия: течение, волны, перемещение грунта, поверхностный и донный лед, воздействие якорей и волокуш, а также наружное давление воды в паводок и межень. Это приводит к отказам в виде утечек нефти.

Особую опасность представляют малые утечки нефти, которые не нарушают процесс перекачки и не обнаруживаются существующей станционной автоматикой. Такие утечки могут быть длительное время необнаружены и кроме потерь продукта привести к тяжелым экологическим последствиям. Особо опасен выход нефти в водоемы на переходах через реки. При попадании нефти в воду на поверхности водоема образуется нефтяная пленка. Пленка препятствует поступлению в воду кислорода, а растворенные тяжелые фракции нефти, абсорбированные грунтами, делают воду непригодной для использования. Уже при содержании нефтяных загрязнений более 0,05 мг/л портятся вкусовые качества воды. Концентрация нефти, равная 0,5 мг/л, опасна для рыб, а выше 1,2 мг/л вызывает гибель личинок, икры и планктона, приводит к нарушению мест нереста и миграции рыб.

По нефтепроводам периодически пропускают очистные устройства (скребки), для удаления парафинистых отложений, а также приборы внутритрубной диагностики и контроля. В этой связи необходимы средства периодического и постоянного контроля герметичности нефтепроводов, а также при-

боры контроля за перемещением очистных устройств и устройств внутритрубной диагностики. Такие приборы и системы, способные обнаруживать все утечки, имеющие место на нефтепроводах, и следить за пропуском очистных устройств и приборов внутритрубной диагностики, созданы в НИИ интроскопии Томского политехнического университета. При создании такой аппаратуры в институте были поставлены и решены следующие научные и технические задачи:

- изучены процессы генерации акустического излучения при истечении нефти в различные среды через отверстия в стенке трубопровода;
- изучены акустические шумы на действующих нефтепроводах;
- изучен механизм распространения акустического излучения по трубе с жидкостью в зависимости от диаметра трубы, толщины ее стенки и характера окружающего ее грунта;
- оценена погрешность определения местоположения течей при амплитудном методе локализации;

– проработаны вопросы метрологической аттестации и проверки системы.

По результатам проведенных исследований созданы промышленные образцы аппаратуры:

1. Прибор периодического контроля герметичности нефтепроводов – акустико-эмиссионный специализированный течеискатель АЭТ-1МСС. Прибор предназначен для определения местоположения сквозных дефектов (трещин, свищей) на речных и болотных трубопроводах при гидравлических испытаниях на герметичность в процессе их сооружения и эксплуатации. Прибор позволяет бесконтактно с внешней стороны трубы при наличии антикоррозийной изоляции, футеровки и слоя грунтовой засыпки определять местоположение сквозного дефекта на подводной части трубопровода и контактно в приурезной части трубопровода.

Прибор используется также для обнаружения мест частичных закупорок трубопроводов при образовании ледяных пробок, при остановках очистных устройств и протечек в запорной арматуре.

Течеискатель АЭТ-1МСС состоит из двух блоков: акустического зонда и пульта с органами управления и коммутации, соединенных между собой кабелем длиной 5 м. Питание прибора осуществляется от батарейного блока, смонтированного в одной сборке с блоком обработки.

Принцип действия прибора основан на регистрации акустического шума, возникающего при истечении жидкости через сквозной дефект при наличии в трубе избыточного давления. Пороговая чувствительность 8–25 л/ч. Прибор обеспечивает обнаружение утечек из трубопроводов, находящихся в воде на глубине до 30 м. Время обследования дюкера длиной 1 км со льда составляет 1–2 часа. Габаритные размеры пульта с источником питания – 343 × 225 × 70 мм, акустического зонда – 295 × 30 × 30 мм. Масса пульта с источником питания – 4 кг, акустического зонда – 0,7 кг.

2. Разработана и успешно внедряется на трубопроводах АК "Транснефть" акустико-эмиссионная система непрерывного контроля герметичности трубопроводов. Данная система включает в себя группу датчиков, располагаемых на трубе с интервалом 100–150 м, и микропроцессорный контроллерный блок. Максимальное число датчиков может достигать до 100 шт. Датчики и микропроцессорный блок соединены кабелем, длина участка, охватываемого одной системой контроля, может составлять 10 км. Работой системы управляет микропроцессорный контроллерный блок, который может располагаться в любой части участка магистрального трубопровода, в том числе и рядом с блоком линейной телемеханики. Контроллерный блок разработан в двух вариантах: в составе автономного прибора с подключением к телемеханике ТМ-120/2 и в виде программно-аппаратного модуля в составе программируемого линейного контроллера фирмы АОЗТ "Элеси" (Томск). При возникновении утечки система контроля через линейную телемеханику посылает сигнал "авария" на центральный диспетчерский пункт управления трубопроводом. Различные акустические помехи, которые могут иметь место при работе трубопровода и вызвать ложную тревогу, исключаются оригинальными схемными решениями и программно. С центрального диспетчерского пункта можно войти в диалог с контроллером и определить местоположение утечки. Точность определения местоположения повреждения до 3 м. Пороговая чувствительность системы составляет 8–25 л/ч при давлении 20 атм. Это эквивалентно утечке через коррозионный свищ диаметром 0,3 мм. Цикл опроса 1 раз в 2 мин, т.е. с момента появления утечки до момента получения диспетчером сигнала "авария" наружу может выйти не более одного литра нефти. Особенностью данной системы контроля является также то, что все датчики подключены к одному кабелю и в зависимости от длины контролируемого участка нефтепровода можно формировать систему с любым количеством датчиков, не изменяя аппаратной части. Кроме того, применение схемы опроса датчиков с помощью микропроцессорного контроллера дает ряд преимуществ по сравнению с устройствами, работающими по жесткой логике.

Разработанная система не имеет аналогов в отечественной практике и не уступает по своим параметрам лучшим зарубежным системам подобного назначения.

3. Разработан также прибор для контроля перемещаемых по нефтепроводу очистных устройств (скребков, приборов внутритрубной диагностики и т.д.) СПРА-4. Данный прибор предназначен для определения момента прохождения очистного устройства, перемещаемого по магистральному нефтепроводу. Прибор включает в себя датчик (для установки на нефтепровод), анализатор, блок внешнего подключения, переносное устройство сигнализации, блок питания, приспособление для крепления датчика на трубе (магнитный держатель). Принцип работы прибора также основан на регистрации акустического излучения (шума), сопровождающего перемещение очистного устройства по нефтепроводу в ультразвуковом диапазоне частот. Прибор СПРА-4 может работать как в составе АСУ трубопроводного транспорта, так и автономно. Для установки прибора не требуется врезка в стенку трубы нефтепровода. Прибор СПРА-4 нашел широкое применение в отраслях нефтяной и газовой промышленности при эксплуатации магистральных трубопроводов. Прибор выпускается Томским электротехническим заводом.

Основными заказчиками данных приборов являются ОАО "Магистральные нефтепроводы Центральной Сибири" (Томск) и трубопроводные управления Российской акционерной компании "Транснефть".

В настоящее время в институте ведутся научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию стационарной многоканальной акустико-эмиссионной аппаратуры для автоматизированной технической диагностики линейной части потенциально опасных участков нефтепроводов.

УДК 621.384.634

В. А. МОСКАЛЕВ, Г. И. СЕРГЕЕВ

БЕТАТРОН НА ЭНЕРГИЮ 500 МЭВ

На основе предложенного и разработанного в НИИ интроскопии способа компенсации потерь энергии на синхротронное излучение проведена оценка основных параметров высокоэнергетичного бетатрона. В качестве магнитной системы такого бетатрона выбрана система ведущего поля слабофокусирующего синхротрона, модифицированная с учетом последних достижений по ускорению килоамперных токов введением торондального и стеллараторного магнитных полей. В связи с огромной мощностью ускорителя для питания электромагнита использован генератор импульсов тока на основе ударного генератора с индуктивным накопителем.

Проведенные расчеты показали, что средний радиус такого ускорителя составит (с учетом промежутков под индукторами) $(2,19 \pm 0,01)$ м. Диаметр излучателя 7,58 м, а его высота, определяемая индукторами, 3,2 м. Масса управляющих магнитов – 55 т, а масса шести индукторов – 181 т.

Следует отметить уникальные параметры пучка. Энергия, приобретаемая пучком за один цикл ускорения, составит 20 кДж. При работе такого ускорителя с периодичностью 50 циклов в секунду средняя мощность пучка составит один мегаватт. КПД ускорителя оценивается примерно в 80 %.

Индукционный циклический ускоритель электронов – бетатрон – давно и успешно используется в промышленности и в научных исследованиях, несмотря на то, что он уступает по интенсивности линейному ускорителю. Это объясняется его достоинствами – простотой и экономичностью.

Новый этап в развитии бетатроностроения начался в 80-х годах, когда была поставлена задача по ускорению килоамперных токов и достижению средней мощности пучка от сотен киловатт до десятков мегаватт. Для ускорения токов порядка тысяч ампер требуется низкоимпедансный метод ускорения. Индукционный метод ускорения, который используется в бетатронах, принципиально низкоимпедансный и лучше подходит для ускорения килоамперных токов, чем резонансный высокочастотный метод. Кроме того, слабофокусирующая магнитная структура, которая обычно используется в бетатронах, предпочтительнее сильнофокусирующей, так как ее относительно большая оптическая дисперсия позволяет использовать механизм затухания Ландау для управления коллективными неустойчивостями пучка.

В настоящее время работы по индукционному ускорению больших токов проводятся по трем направлениям [1,2]: 1) разработка рециркуляторных ускорителей на энергию 10 МэВ током 10 кА; 2) разработка модифицированных бетатронов на энергии в сотни МэВ с током порядка одного килоампера; 3) создание цилиндрического (в зарубежной литературе используется термин "elongated" – растянутого) бетатрона.

В отличие от обычных ускорителей в сильноточных ускорителях в большей степени проявляются эффекты, связанные с собственными электрическим и магнитным полями ускоряемого пучка. При