

Таким образом, для получения корректных результатов измерений и для повышения точности исследования необходимо сначала оценить высоту микронеровностей поверхности в соответствие полученной высотой подобрать длину волны для источника зондирующего излучения.

Список использованных источников

1. Патент РФ на изобретение № 2548939, МПК G01B21/22. Способ определения угловых положений поверхности объекта и устройство для его осуществления. [Текст] / Данилин А. И., Данилин С.А., Грецов А.А. // Опубликовано 20.04.2015. Бюл. № 11.

2. Данилин, А. И. Бесконтактные измерения деформационных параметров лопаток в системах контроля и управления турбоагрегатами [Текст]/ А. И. Данилин. – Самара: Изд-во Самарского научного центра РАН, 2008. – 218 с.

УДК 681.586. 621.642.6

УСТРОЙСТВО ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ СЖИЖЕННЫХ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИТНЫХ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СВЕРПРОВОДНИКОВ

А.В. Раев, Б.В. Скворцов
Самарский университет, г. Самара

Сжиженный углеводородный или природный газ (сокращенно *СУГ* или *СПГ*, как принято называть в отрасли энергетики (англ. *Liquefied Natural Gas*, сокращённо *LNG*) является обыкновенным природным газом, охлажденным до температуры сжижения -162°C для хранения и транспортировки в жидком виде. Хранение *СУГ* осуществляется в изотермических резервуарах при температуре кипения, которая может поддерживаться благодаря испарению *СПГ*. Для обеспечения коммерческого учёта *СУГ* в резервуаре необходимо обеспечить достоверное и точное измерение количественных параметров сжиженных углеводородных газов – уровня и плотности жидкой фазы *СУГ*. На основании анализа существующих методов и устройств измерения уровня можно сделать вывод, что точность известных приборов в широком диапазоне рабочих условий не удовлетворяет требованиям заказчика.

В докладе предложено использование терморезистивных датчиков уровня *СУГ*, чувствительным элементом которых является высокотемпературный сверхпроводник (*ВТСП*). Преимуществами использования данного типа датчиков являются компактность и отсутствие каких-либо подвижных механических устройств, простота, высокая надёжность при эксплуатации, хорошая чувствительность и эксплуатационная эффективность, стабильностью и малая инерционность, а также работа на постоянном токе, что позволяет исключить реактивные составляющие сопротивления. Упрощённая схема измерения уровня жидкой фазы *СУГ* с использованием *ВТСП* датчика показана на рисунке 1а.

В ёмкости, где присутствует жидкая и паровая фаза СУГ размещается терморезистивный датчик высотой H . Питание датчика осуществляется постоянным напряжением U_{Π} . Участок ВТСП датчика высотой h , который находится в жидкой фазе СУГ, имеет температуру ниже критической для сверхпроводников, следовательно, будет иметь нулевое сопротивление. Таким образом, суммарное сопротивление датчика зависит от участка проводника высотой $H-h$, который находится в паровой фазе СУГ.

Для показанной на рисунке 1 схемы включения датчика выходной сигнал определится по формуле:

$$U_{\text{Вых}} = \frac{U_{\Pi} R_0 (H-h)}{R_1 + R_0 (H-h)} \approx \frac{U_{\Pi} R_0}{R_1} (H-h) \quad (1)$$

U_{Π} – напряжение питания [В];

R_0 – сопротивление единицы длины сверхпроводника (погонное сопротивление) $[\frac{\text{Ом}}{\text{м}}]$;

H – максимальное значение уровня жидкой фазы СУГ [м];

h – текущее значение уровня жидкой фазы СУГ [м].

Приближённое равенство справедливо при $R_1 \gg R_0 H$.

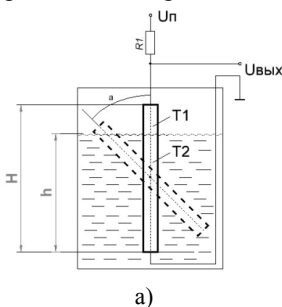


Рисунок 1 – Упрощённая схема измерений уровня при помощи длинномерного ВТСП датчика (а); фотография сечений композитных высокотемпературных сверхпроводников (б)

Значительно повысить чувствительность измерительной схемы можно, если расположить ВТСП датчик под углом α к зеркалу жидкости. В этом случае соотношение (1) примет вид:

$$U_{\text{Вых}} = \frac{U_{\Pi} R_0}{R_1 \cos \alpha} (H-h) \quad (2)$$

Изменение угла α в рамках конструктивных возможностей резервуара позволяет увеличивать коэффициент преобразования на физическом уровне взаимодействия датчика с измеряемой средой. Основой тела проводника (матрицы) служит, в основном, электротехническое серебро, в которое внедрены тонкие нити сверхпроводника (ВТСП-фазы): керамики типа $\text{Bi1Sr2CaCu2O8}+\delta$, с критической температурой $T_c = 82\text{K}$ (тип Bi2212), или типа $\text{Bi2Sr2Ca2Cu3O10}+\delta$ с $T_c = 108\text{K}$ (тип Bi2223). Выбор конкретного

типа материала ВТСП выполняется в зависимости от температуры кипения контролируемой жидкости при рабочем давлении (рисунок 1б) [1].

Существует ряд проблем при применении ВТСП терморезистивных датчиков. Функция преобразования (1) является упрощённой, так как в ней не учитывается распределение температурного поля в датчике на границе раздела сред. На основании классических уравнений теплопередачи можно произвести расчёт теплового поля и теплового потока, в результате чего определяется суммарное сопротивление ВТСП, по которому можно точно судить о границе перехода участка проводника в сверхпроводящее состояние. Исследование физических процессов на границе раздела двух сред является важнейшей теоретической задачей данной работы. Дополнительные погрешности, связанные с температурой окружающей среды, которая отлична от температуры T_1 верхнего участка сверхпроводника, требуют специальных методов компенсации. Возможно изготовление тонкоплёночных сверхпроводников, нанесённых на печатную плату, что позволит уменьшить габаритные размеры датчика и повысить точность и чувствительность устройства измерения уровня за счёт изменения конфигурации проводника. На сегодняшний день практически отсутствует методика проектирования, конструирования, градуировки, проверки таких датчиков. Все эти проблемы предлагается решить в ходе научного исследования по созданию комплексной системы учёта качественных и количественных показателей сжиженных газов в ёмкостях резервуарного парка.

Список использованных источников

1. Терморезистивный датчик уровня для криогенных жидкостей на основе высокотемпературного сверхпроводника [Текст] / М. А. Колосов, В. Ю. Емельянов, Е. С. Навасардян // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Сер.: Машиностроение. - 2014. - № 6. - С. 116-128.
2. Крупномасштабные применения сверхпроводимости спустя столетие после её открытия [Текст] / В.С. Высоцкий // Электричество. - 2014. - № 11. - С. 4-16.

УДК 004; 621.396.96

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИОЛОКАТОРА ВЫСОКОГО РАЗРЕШЕНИЯ

А.И. Данилин, Д.А. Ворох, В.В. Прокудин
Самарский университет, г. Самара

Программный комплекс моделирования радиолокатора высокого разрешения предназначен для моделирования, анализа и обработки данных дистанционного зондирования РЛС с синтезированной апертурой антенны (РСА), получения радиолокационных изображений (РЛИ) подстилающей