

РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ КОРРЕКЦИИ ПОКАЗАНИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГИДРОСТАТИЧЕСКИХ УРОВНЕМЕРОВ

А.А. Калашников (АО "РУСАТОМ Автоматизированные системы управления")

В период 2012-2017 гг. в ходе диссертационного исследования, выполненного в лаборатории 2 ИПУ РАН, были детально исследованы погрешности гидростатических уровнемеров в переходных режимах работы технологического оборудования и разработаны методы коррекции их показаний применительно к условиям эксплуатации АЭС. Внедрение данных методов в атомной отрасли показало их высокую эффективность, и появился спрос на их применение в других областях промышленности. В частности, возникла потребность в развитии данных методов применительно к условиям тепловой энергетики и химической промышленности. Настоящая статья посвящена решению данной задачи, описывает упрощенную процедуру коррекции показаний гидростатических уровнемеров по результатам внедрения.

Ключевые слова: гидростатический способ измерения уровня жидких сред, корректировка показаний датчиков уровня.

Введение

В период 2012–2017 гг. в ходе диссертационного исследования, выполненного в лаборатории 2 ИПУ РАН, были разработаны методы коррекции показаний гидростатических уровнемеров применительно к условиям эксплуатации АЭС [1]. Данные методы успешно зарекомендовали себя на практике и позволили снизить погрешность показаний измерительных каналов (ИК) уровня в переходных режимах до 3% за счет учета множества динамически меняющихся параметров рабочей среды и целого ряда технических характеристик ИК, привнося при этом унификацию настроечных параметров датчиков разности давлений. Впоследствии их внедрение в атомной отрасли РФ позволило пересмотреть применяемые методы и подходы по корректировке показаний промышленных гидростатических уровнемеров с выходным аналоговым сигналом в целом [2].

На сегодняшний день появился спрос на их применение в других областях промышленности. В частности, возникла потребность их применения в тепловой энергетике и химической промышленности. Одно из отличий данных видов производств от АЭС заключается в том, что в части контрольно-измерительных приборов (КИП) применяются «интеллектуальные» датчики с выходным цифровым сигналом, и это требует соответствующей доработки методов коррекции показаний ИК уровня.

В настоящей статье предлагаются вновь разработанные методы, которые, сохраняя все преимущества предыдущих решений, позволяют корректировать показания цифровых датчиков для двух типов производственных гидростатических схем измерения уровня: с использованием однокамерного (УСО) и двухкамерного уравнильных сосудов (УСД) [3].

Измерение уровня с применением однокамерного и двухкамерного уравнильных сосудов

Типовая схема измерения уровня гидростатическим способом (посредством датчиков разности давлений) с применением УСО приведена на рис. 1.

При данной схеме измерений уравнильному сосуду сообщается давление/разрежение со стороны технологической емкости, и на датчике разности давлений в общем случае возникает перепад:

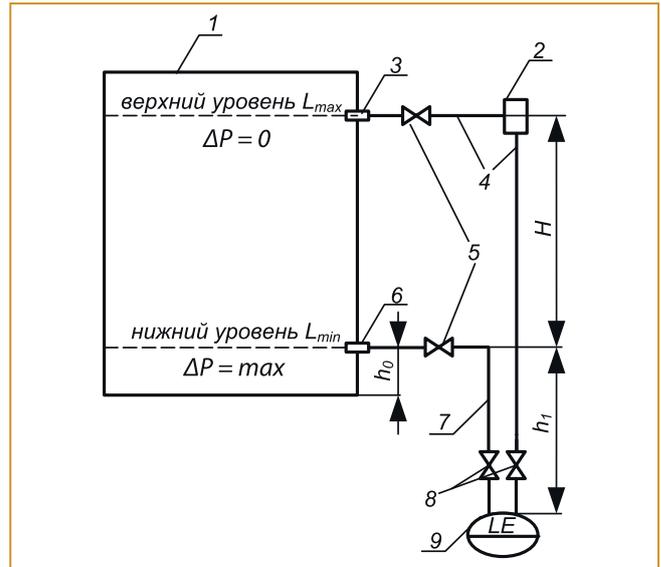


Рис. 1. Измерение уровня в технологической емкости под давлением с применением однокамерного уравнильного сосуда,

где 1 – технологическая емкость под давлением; 2 – УСО; 3 – штуцер (врезка плюсовой ИЛ); 4 – плюсовая ИЛ (трубная проводка); 5 – коренные вентили; 6 – штуцер (врезка минусовой ИЛ); 7 – минусовая ИЛ; 8 – отсекающие вентили; 9 – цифровой датчик разности давлений; ΔP – измеряемый перепад давлений; h_1 – высота ИЛ до минусового отбора; H – база датчика уровня; h_0 – расстояние от нижней образующей дна емкости до минусового отбора; L_{max} – максимальное измеряемое значение уровня; L_{min} – значение уровня, соответствующее рабочей среде на высоте минусового отбора импульса

$$\Delta P = P_{\Sigma^{+}} - P_{\Sigma^{-}} = P_{вн} + \rho_{ил1} \cdot g \cdot (h_1 + H) - P_{вн} - (\rho_{ил2} \cdot g \cdot h_1 + \rho_{ср} \cdot g \cdot L) = \rho_{ил1} \cdot g \cdot H + (\rho_{ил1} - \rho_{ил2}) g h_1 - \rho_{ср} \cdot g \cdot L,$$

где ΔP – измеряемый перепад давлений; $P_{\Sigma^{+}}$ и $P_{\Sigma^{-}}$ – общее давление, оказываемое со стороны плюсовой и минусовой линий; $P_{вн}$ – давление/разрежение внутри технологической емкости; $\rho_{ил1}$ и $\rho_{ил2}$ – плотность среды в плюсовой и минусовой ИЛ и УСО; g – местное ускорение свободного падения на площадке предприятия; h_1 – высота ИЛ до нижней врезки; H – база датчика уровня; L – уровень среды в технологической емкости; $\rho_{ср}$ – плотность рабочей среды в технологической емкости.

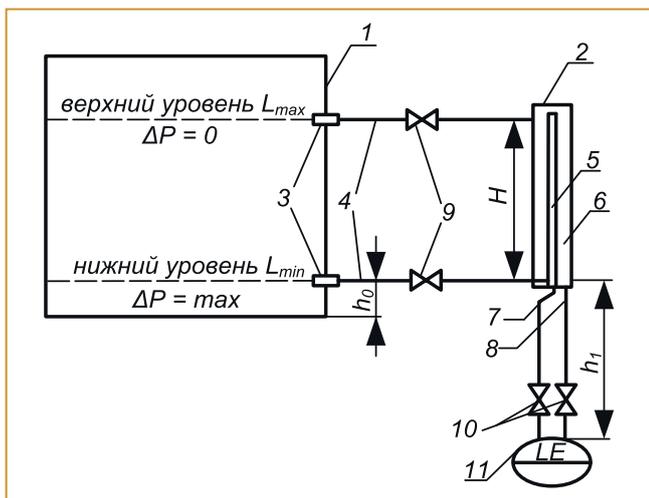


Рис. 2. Измерение уровня с применением двухкамерного уравнительного сосуда, где 1 – технологическая емкость; 2 – УСД; 3 – штуцер; 4 – трубные проводки; 5 – камера с переменным уровнем среды (минусовая); 6 – камера, в которой уровень среды поддерживается постоянным (плюсовая); 7 – минусовая импульсная линия; 8 – плюсовая импульсная линия; 9 – коренные вентили; 10 – отсечные вентили; 11 – цифровой датчик разности давлений

При измерении уровня данным способом основными причинами погрешности являются: отличие температуры среды в плюсовой импульсной линии (ИЛ) и в технологической емкости; наличие различных фаз среды (воды и водяного пара) в технологической емкости. Обе причины приводят к изменению разности давлений на датчике и изменению показаний ИК в целом.

Наряду со схемой измерения уровня с применением УСО на предприятиях применяется схема измерений уровня с УСД.

В отличие от предыдущей схемы измерений за счет циркуляции рабочей среды в минусовой камере УСД температура среды в плюсовой камере сосуда и в технологической емкости одинаковы. Кроме этого применение УСД позволяет выполнить трассировку ИЛ вблизи друг друга, что обеспечивает одинаковые температурные условия ИЛ и, как следствие, одинаковую плотность среды в ИЛ.

С учетом данных особенностей перепад давлений на датчике в общем случае описывается выражением:

$$\Delta P = P_{\Sigma^{+..}} - P_{\Sigma^{-..}} = P_{\text{вн}} + \rho_{\text{ил}} \cdot g \cdot h_1 + \rho_{\text{ил}} \cdot g \cdot H - P_{\text{вн}} - (\rho_{\text{ил}} \cdot g \cdot h_1 + \rho_{\text{сп}} \cdot g \cdot L) = \rho_{\text{ил}} \cdot g \cdot H - \rho_{\text{сп}} \cdot g \cdot L,$$

где $\rho_{\text{ил}}$ – плотность среды в ИЛ, уравнительном сосудае.

Из указанных уравнений для случаев УСО и УСД видно, что перепад давлений

на датчике зависит от плотности среды в технологической емкости и ИЛ, которая, в свою очередь, изменяется в зависимости от текущих значений давления и температуры.

Когда температура рабочей среды в технологической емкости равна температуре окружающего воздуха, соответствующая шкала измерений датчика, обеспечивающая достоверность показаний, условно называется «холодной». Когда температура рабочей среды выше температуры окружающего воздуха – соответствующая шкала измерений условно называется «горячей».

Для выполнения в динамике пересчета показаний от «холодной» шкалы к «горячей» определим расчетные формулы поправочных коэффициентов на «горячую» шкалу для цифровых уровнемеров.

Вывод расчетных формул для поправочных коэффициентов на «горячую» шкалу

Для определения поправочных коэффициентов на «горячую» шкалу учтем, что в качестве рабочей среды в технологической емкости выступает пар и вода. В этом случае уравнение для перепада давлений на датчике при использовании УСО преобразуется к виду [3]:

$$\Delta P = \rho_{\text{ил1}} \cdot g \cdot H + (\rho_{\text{ил1}} - \rho_{\text{ил2}}) g h_1 - (\rho' \cdot g \cdot L + \rho'' \cdot g \cdot (H-L)). \tag{1}$$

где ρ' и ρ'' – плотность воды и паровоздушной смеси внутри технологической емкости; плотность внутри технологической емкости.

В случае «холодной» шкалы плотность рабочей среды в технологической емкости и ИЛ одинаковы:

$$\rho_{\text{ил1}} = \rho_{\text{ил2}} = \rho_{\text{хш}}.$$

С учетом данного условия уравнение (1) для «холодной» шкалы имеет вид:

$$\Delta P = (H-L_{\text{хш}}) \cdot g \cdot (\rho_{\text{хш}}' - \rho_{\text{хш}}''), \tag{2}$$

где $L_{\text{хш}}$ – уровень воды в технологической емкости для случая «холодной» шкалы, $\rho_{\text{хш}}''$ – плотность водяного пара в технологической емкости, соответствующая случаю «холодной» шкалы.

Для случая «горячей» шкалы дополнительно учтем распределение плотности среды по высоте ИЛ.

Зачастую на практике плотность среды в плюсовой ИЛ считают одинаковой на протяжении всей ее высоты, а также значения плотности среды в минусовой и плюсовой линиях принимают одинаковыми. Однако ввиду удаленности ИЛ друг от друга значения температуры и плотности среды в них могут отличаться, что приводит к дополнительной погрешности ИК. В связи с этим плотность среды в ИЛ некорректно принимать одинаковой без проведения соответствующей пирометрии. Причем, даже зная результаты пирометрии, вывод непрерывной функ-

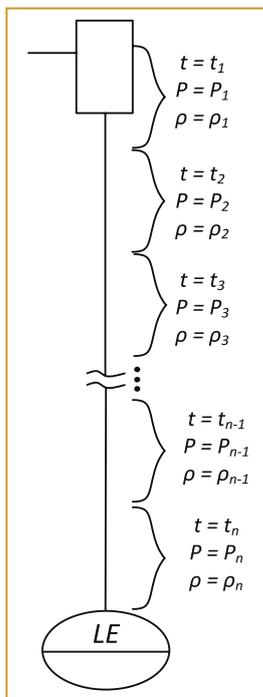


Рис. 3. Схема деления ИЛ на участки с одинаковыми характеристиками среды

ции распределения плотности по высоте ИЛ в каждом конкретном случае является нетривиальной и трудозатратой задачей. В связи с этим для универсальности и упрощения метода расчета плотности среды выделим участки по высоте ИЛ, на протяжении каждого из которых теплофизические характеристики среды допустимо считать одинаковыми (рис. 3).

Тогда, суммарное давление гидростолба в ИЛ можно определить следующим образом:

$$P = g \sum_{i=1}^n \rho_i h_i, \quad (3)$$

где ρ_i — плотность воды на участке i , h_i — высота участка i , P — суммарное давление гидростолба ИЛ.

Плотность каждого из участков ИЛ определяется из справочных данных ГСССД Р 776-98 при соответствующих значениях температуры t_i и давления p_i . Давление на участке i складывается из давления внутри технологической емкости $P_{вн}$ и суммы гидростатических давлений вышестоящих участков в ИЛ. Таким образом, расчет суммарного давления гидростолба в ИЛ по формуле (3) осуществляется от верхних участков к нижним.

С учетом условия (3) уравнение (1) для «горячей» шкалы преобразуется к виду:

$$\Delta P = g \left(\sum_{i=1}^n \rho_{ин1i} \cdot H_i + \sum_{j=1}^m \rho_{ин1j} \cdot h_j - \sum_{\gamma=1}^k \rho_{ин2\gamma} \cdot h_\gamma \right) - (\rho' \cdot g \cdot L + \rho'' \cdot g \cdot (H - L)) \quad (4)$$

где H_i — длина участка i плюсовой ИЛ в пределах фактической базы ИК уровня ($\sum_{i=1}^n H_i = H$), h_j — длина участка j плюсовой ИЛ в пределах ее высоты до минусового отбора импульса ($\sum_{j=1}^m h_j = h_1$), h_γ — длина участка γ минусовой ИЛ в пределах ее высоты до минусового отбора импульса ($\sum_{\gamma=1}^k h_\gamma = h_1$).

Для УСД температура среды в технологической емкости и в плюсовой камере одинаковая. В связи с этим уравнение для перепадов давлений на датчике по «горячей» шкале записывается в виде:

$$\Delta P = (H - L) \cdot g \cdot (\rho' - \rho''), \quad (5)$$

В свою очередь, уравнение, характеризующее перепад давлений по «холодной» шкале при УСД, является идентичным уравнению (2) для случая УСО.

Так как используемые переменные в уравнениях (4), (5) удовлетворяют переменным в уравнении (2), то справедлива система уравнений:

$$\begin{cases} \Delta P = (H - L_{хш}) \cdot g \cdot (\rho_{хш}' - \rho_{хш}''), \\ \Delta P = g \left(\sum_{i=1}^n \rho_{ин1i} \cdot H_i + \sum_{j=1}^m \rho_{ин1j} \cdot h_j - \sum_{\gamma=1}^k \rho_{ин2\gamma} \cdot h_\gamma \right) - (\rho' \cdot g \cdot L + \rho'' \cdot g \cdot (H - L)) \\ \Delta P = (H - L) \cdot g \cdot (\rho' - \rho''), \end{cases}$$

$$\text{где } \Delta P \in \left[g \left(\sum_{i=1}^n \rho_{ин1i} \cdot H_i + \sum_{j=1}^m \rho_{ин1j} \cdot h_j - \sum_{\gamma=1}^k \rho_{ин2\gamma} \cdot h_\gamma \right) - \rho' \cdot g \cdot H; g \left(\sum_{i=1}^n \rho_{ин1i} \cdot H_i + \sum_{j=1}^m \rho_{ин1j} \cdot h_j - \sum_{\gamma=1}^k \rho_{ин2\gamma} \cdot h_\gamma \right) - \rho'' \cdot g \cdot H \right];$$

$L_{хш} \in [0; H]$, $L \in [0; H]$ — ограничения из физического смысла.

Решая систему относительно L , получим функции пересчета показаний уровня от «холодной» шкалы к «горячей»:

для случая УСО

$$L = \frac{L_{хш} \cdot (\rho_{хш}' - \rho_{хш}'') - H \cdot (\rho_{хш}' - \rho_{хш}'' + \rho'')}{\rho' - \rho''} + \frac{\left(\sum_{i=1}^n \rho_{ин1i} \cdot H_i + \sum_{j=1}^m \rho_{ин1j} \cdot h_j - \sum_{\gamma=1}^k \rho_{ин2\gamma} \cdot h_\gamma \right)}{\rho' - \rho''},$$

для случая УСД

$$L = [L_{хш} \cdot (\rho_{хш}' - \rho_{хш}'') + H \cdot (\rho' - \rho'' - \rho_{хш}' + \rho_{хш}'')] / [\rho' - \rho''].$$

Для упрощения процедур пересчета показаний на практике удобно использовать полученные функции, преобразованные к виду:

$$L = k \cdot L_{хш} + b, \quad (6)$$

где поправочные коэффициенты k и b вычисляются по формулам:

для случая УСО

$$k = \frac{(\rho_{хш}' - \rho_{хш}'')}{\rho' - \rho''}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n \rho_{ин1i} \cdot H_i + \sum_{j=1}^m \rho_{ин1j} \cdot h_j - \sum_{\gamma=1}^k \rho_{ин2\gamma} \cdot h_\gamma - H \cdot (\rho_{хш}' - \rho_{хш}'' + \rho'')}{\rho' - \rho''},$$

для случая УСД

$$k = (\rho_{хш}' - \rho_{хш}'') / (\rho' - \rho''),$$

$$b = H \cdot (\rho' - \rho'' - \rho_{хш}' + \rho_{хш}'') / (\rho' - \rho'').$$

Так как вывод полученных расчетных формул для поправочных коэффициентов k , b произведен на области определения $L_{хш} \in [0; H]$ и $L \in [0; H]$, то их применение на практике справедливо в том случае, когда за показания уровня «0 мм» на предприятии принимается уровень врезки минусовой ИЛ.

Когда на предприятии за показания уровня «0 мм» принимается уровень дна технологической емкости, то при расчетах поправочных коэффициентов необходимо дополнительно учитывать смещение шкалы измерений на высоту h_0 (рис. 1 и 2). Тогда с учетом смещения на высоту h_0 функция пересчета (6) преобразуется к виду:

$$L = k \cdot (L_{хш} - h_0) + b + h_0 = K \cdot L_{хш} + B,$$

где $K = k$; $B = -k \cdot h_0 + b + h_0$.

Полученные расчетные формулы для поправочных коэффициентов K , B позволяют на практике выполнить корректировку показаний ИК уровня на «горячую» шкалу, не прибегая к перенастройке шкалы измерений датчиков разности давлений.

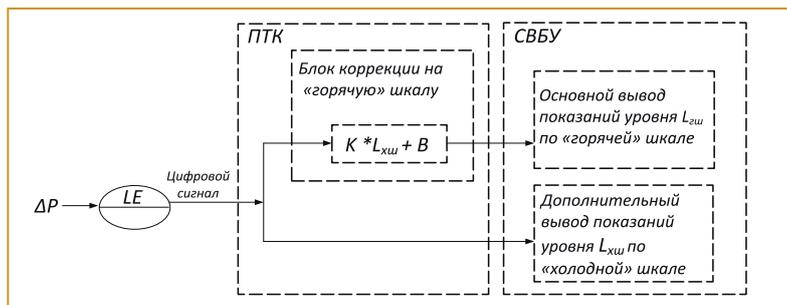


Рис. 4. Поясняющая схема обработки измерительного сигнала при коррекции на номинальные характеристики среды, где ΔP – измеряемый перепад давлений; LE – цифровой датчик разности давлений, настроенный на «холодную» шкалу согласно ГОСТ 22520; I – выходной токовый сигнал датчика; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; $L_{хш}$ и $L_{гш}$ – показания уровня по «холодной» и «горячей» шкале

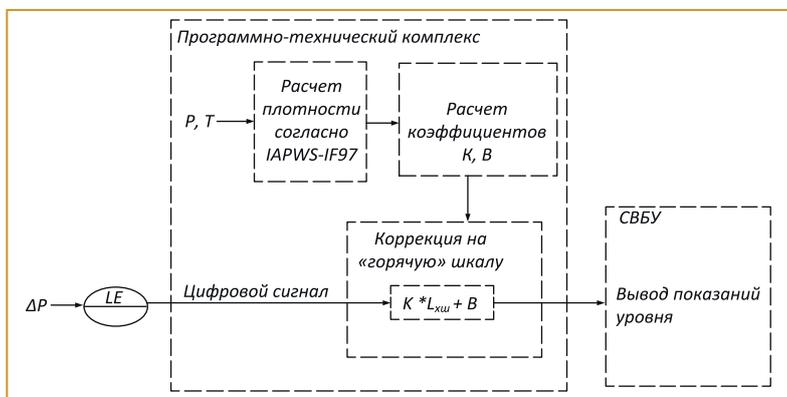


Рис. 5. Поясняющая схема динамической коррекции, где P – текущее значение давления в технологической емкости; T – текущее значение температуры в технологической емкости

Корректировка показаний ИК уровня с цифровым датчиком за счет введения поправочных коэффициентов на «горячую» шкалу

Для корректировки показаний уровня на номинальные значения характеристик рабочей среды первоначально выполняется расчет поправочных коэффициентов K, B по ранее выведенным формулам. При этом плотность воды и водяного пара, необходимые для расчетов, определяются из справочных данных ГСССД Р 776-98 для номинальных значений давления и температуры рабочей среды. Рассчитанные поправочные коэффициенты вводятся в программно-технический комплекс (ПТК), входящий в структуру ИК.

Настройка цифрового датчика разности давлений выполняется по «холодной» шкале измерений. Для этого рассчитывается максимально возможный перепад давлений на датчике по формуле:

$$\Delta P_{max} = \rho \cdot g \cdot H.$$

Верхний предел шкалы измерений датчика $\Delta P_{шк, max}$ выбирают из стандартного ряда ГОСТ 22520 как максимально близкое значение, превышающее рас-

считанную величину ΔP_{max} . Нижний предел шкалы измерений цифрового датчика приравняется к нулю.

В системе верхнего блочного уровня (СВБУ) вводятся шкала ИК уровня от $L_{min} = h_0$ до $L_{max} = H + h_0$.

Выполнение таких настроек обеспечивает осуществление измерений уровня с непрерывной коррекцией на номинальные теплофизические характеристики рабочей среды (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что данный способ корректировки показаний позволяет контролировать уровень как по «холодной», так и по «горячей» шкале (на номинальных характеристиках среды), не прибегая к дополнительной перенастройке первично-измерительного преобразователя. При этом по необходимости в ПТК можно предусмотреть автоматический «безударный» переход показаний уровня с «холодной» шкалы на «горячую».

Единственный недостаток данного способа корректировки заключается в том, что область достоверности показаний уровня ограничена только двумя режимами работы технологического оборудования. При переходных процессах, когда тепло-химические характеристики среды не достигают номинальных значений, достоверность показаний не обеспечивается.

Для корректировки показаний уровня в динамике, в том числе в условиях переходных процессов, в ПТК необходимо дополнительно организовать расчет поправочных коэффициентов K, B с учетом текущих значений плотности воды и водяного пара. Определение плотности воды и водяного пара в режиме реального времени можно реализовать на основании «Уравнений международной формуляции IAPWS-IF97» [4, 5]. При этом исходными данными для расчетов плотности являются соответствующие текущие показания от датчиков давления и температуры в технологической емкости (рис. 5).

Данный способ динамической коррекции в отличие от предыдущего обеспечивает достоверность показаний во всех возможных режимах работы оборудования. Его «обратной стороной медали» являются повышенные требования к вычислительной мощности ПТК, необходимость соответствующей квалификации персонала в области теплофизики и организации программных решений уравнений IAPWS-IF-97.

Упростить реализацию динамической коррекции позволяет линейная или кусочная интерполяция на заданном множестве точек поправочных коэффициентов ($K; B$). Ее суть заключается в том, что в зависимости от текущих значений давления P и/или температуры T автоматически выбирается соответствующая пара значений

(K ; B). Если соответствующие значения (K ; B) находятся между заранее заданными точками, то они рассчитываются путем линейной интерполяции. Отсюда шаг задания множества точек (K ; B) по входным значениям P и T должен обеспечивать необходимую точность вычислений и «безударные» переключения показаний ИК. Исходя из практики для тепловой энергетики рекомендуется задание шага по температуре 1°C и давлению 10 Па.

Данное упрощение программной реализации было успешно апробировано и может применяться не только в отношении методов коррекции показаний, представленных в настоящей статье, но и в отношении ранее разработанных методов [1].

На практике в зависимости от конкретных условий, требований к точности измерений/автоматическому регулированию и исходя из возможностей технических средств АСУТП можно выбрать наиболее подходящий из предлагаемых способов реализации корректировки показаний промышленных гидростатических уровнемеров.

Заключение

Настоящая статья развивает научно-технические основы, изложенные в трудах [1, 2] и содержит методы коррекции показаний гидростатических уровнемеров с цифровым выходным сигналом, разработанные для эксплуатационных условий тепловых станций и химических производств.

Внедрение методов позволит повысить эффективность и надежность работы АСУТП за счет уменьшения погрешности ИК уровня в переходных режимах работы технологического оборудования и исключения необходимости перенастройки цифровых датчиков на определенные теплофизические параметры рабочей среды.

Автор выражает благодарность Лункину Борису Васильевичу и всем сотрудникам лаборатории 2 ИПУ РАН.

*Калашиков Александр Александрович – канд. техн. наук, главный эксперт АО "РУСАТОМ Автоматизированные системы управления".
E-mail: alexander_ak1987@mail.ru.*

Поступила в редакцию 11.05.2019

Принята к публикации 25.05.2019

В новой версии Solar appScreener 3.2 реализована поддержка языка «1С» и базы данных уязвимостей ФСТЭК

Компания «Ростелеком-Солар» выпустила новую версию анализатора защищенности приложений Solar appScreener, которая поддерживает 29 языков программирования, в том числе популярный в России язык приложений «1С». Также Solar appScreener 3.2 поддерживает язык программирования VBA – Visual Basic для приложений. Этот язык встроено в линейку продуктов Microsoft Office, включая версии для Mac OS, а также во многие другие программные пакеты (AutoCAD, CorelDRAW, бухгалтерские и финансовые программы).

Версия Solar appScreener 3.2 поддерживает популярный фреймворк ASP.NET, который активно применяется при разработке Web-приложений и базируется на Web-сервисах, программной инфраструктуре и модели программирования Microsoft.

В новой версии пользователям доступны ссылки на соответствующие уязвимости в реестре банка данных угроз безопасности информации ФСТЭК с возможностью их загрузки в отчеты. Это важно для специалистов, которые работают с уязвимостями в российском ПО, так как в международных реестрах уязвимостей типа CVE (Common Vulnerabilities and Exposures) эти уязвимости могут отсутствовать. На сегодняшний день в банке данных ФСТЭК содержится порядка 22 тыс. записей, полторы сотни из которых не представлены в базе CVE.

В направлении развития интеграции со сторонними средствами разработки ПО в Solar appScreener 3.2 был расширен список поддерживаемых сервисов непрерывной интеграции и доставки CI/CD. Теперь кроме Jenkins и TeamCity решение интегрируется с Azure DevOps Server 2019 (ранее Team Foundation Server, или TFS) от Microsoft, которым пользуются тысячи разработчиков по всему миру.

[Http://rt-solar.ru](http://rt-solar.ru)

В целом достигнутые результаты открывают перспективы для построения общей методологии и выполнения исследований не только в области коррекции показаний других контролируемых параметров промышленных объектов, но и в области метрологической on-line диагностики КИП. В частности, выполненное исследование [1] и более ранняя работа [6] послужили некоторой основой для становления и развития научно-технического направления — промышленного on-line мониторинга КИП — на базе лаборатории 2 ИПУ РАН. Соответствующие исследовательские работы возглавлены сотрудником ИПУ РАН доктором Лункиным Б. В.

Список литературы

1. Калашиков А.А. Особенности измерения уровня гидростатическим способом на АЭС // Автоматизация в промышленности. 2016. № 11. С. 7-12.
2. Калашиков А.А. Справочник по настройке промышленных гидростатических уровнемеров. М.: Инфра-Инженерия. 2017. 194 с.
3. Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы: учебник для вузов по специальности «Автоматизация теплоэнергетических процессов». 3-е изд., перераб. М.: Энергия. 1978. 704 с.
4. Александров А.А. Система уравнений IAPWS-IF-97 для вычисления термодинамических свойств воды и водяного пара в промышленных расчетах. Ч.1. Основные уравнения // Теплоэнергетика. 1998. № 9. С. 69 -77.
5. Александров А.А. Система уравнений IAPWS-IF-97 для вычисления термодинамических свойств воды и водяного пара в промышленных расчетах. Ч.2. Дополнительные уравнения // Теплоэнергетика. 1998. № 10. С. 64 -71.
6. Лункин Б.В. Диагностирование датчиков на объектах контроля и управления // Автоматика и телемеханика. 2003. № 11. С. 183 -194.