

Engineering. – 2009. – № 6(3). – P. 167 – 172. **6.** *Volzhinskiy S.A.* Regeneratsiya ionitov (Regeneration of ion exchangers) / *S.A. Volzhinskiy, G.S. Konstantinov.* – Moscow: Himiya, – 1990. – 230 s. (in Russian). **7.** *Grebenyuk V. D.* Obessolivanie vodyi ionitami / *V. D. Grebenyuk, A. A. Mazo.* – Moscow : Himiya, – 1980. – 256 s. **8.** Pat. 2418743 Russian federation C01B33/42, B01J20/16, B01D53/58, C02F1/28. C05C3/00. A method for improving the absorption of ammonium ions vermiculite, absorbent material, its use and disposal methods ammonium Environment / Olav Eklund, Toropaynen weights Shebanov Aleksey, Ekerbak Nina Engblom Sten; applicant and pas tentoobladatel AB IRKESKHËGSKOLAN VIEW DLE ACADEMY, IRKESKHËGSKOLAN NOVIA, TURUNEN IIOPISTO; appl. 30.06.06; publ. 20.05.11, Bul. No. 24.

Надійшла (Received) 10.06.15

УДК 681.121.8

А.Н. ДУБОВЕЦ, канд. техн. наук, доц., УИПА, Харьков,
И.И. ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
М.А. ПОДУСТОВ, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»,
Е.И. ЛИТВИНЕНКО, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

СПОСОБЫ МОДЕРНИЗАЦИИ ЩЕЛЕВЫХ РЕГУЛЯТОРОВ РАСХОДА ЖИДКИХ СРЕД

Предложен способ модернизации щелевого регулятора уровня, позволяющий исключить влияние плотности жидкости на результаты регулирования, уменьшить порог чувствительности регулятора и погрешность регулирования. Кроме того, исключаются погрешности, вызываемые наличием пены и волнообразования на поверхности жидкости, налипанием на чувствительный элемент регулятора твердой фазы пульп, суспензий. Поплавковый чувствительный элемент регулятора целесообразно заменять чувствительным элементом, состоящим из двух щелей. Щели установлены так, что при заданном уровне жидкости в приемной емкости регулятор расхода Q_1 и Q_2 жидкости из щелей имеют равные значения.

Ключевые слова: уровнемер, щель, суспензия, пульпа, бункер, патрубок, поплавков, плотность, цилиндрический, дифференциальный.

Введение. Щелевые регуляторы расхода жидких сред широко используются на предприятиях химической, строительной, пищевой промышленности, их основными достоинствами являются простота конструкции и возможность использования на жидких средах, состоящих из жидкой и твердой фаз – пульпах, суспензиях, шламах.

Применяемый в измерительной технике щелевой регулятор (рис. 1) содержит емкость 1, питающий патрубок 2 прямоугольную щель 3, вырезанную

© А.Н. Дубовец, И.И. Литвиненко, М.А. Подустов, Е.И. Литвиненко, 2015

в стенке емкости, расходный бункер 4, поплавок 5, дифференциально-трансформаторный преобразователь, состоящий из плунжера 6, закрепленного на поплавке 5 и стационарно установленной катушки 7, усилительный блок 8, исполнительный механизм 9 и регулирующий орган 10.

Работа регулятора осуществляется следующим образом. Жидкая среда поступает в емкость непрерывно через питающий патрубок 2. После заполнения емкости до уровня H_e высота слоя жидкости в щели 3 составляет $H_{щ}$, жидкость через щель вытекает из емкости 1 в расходный бункер 4, из которого направляется в технологический объект.

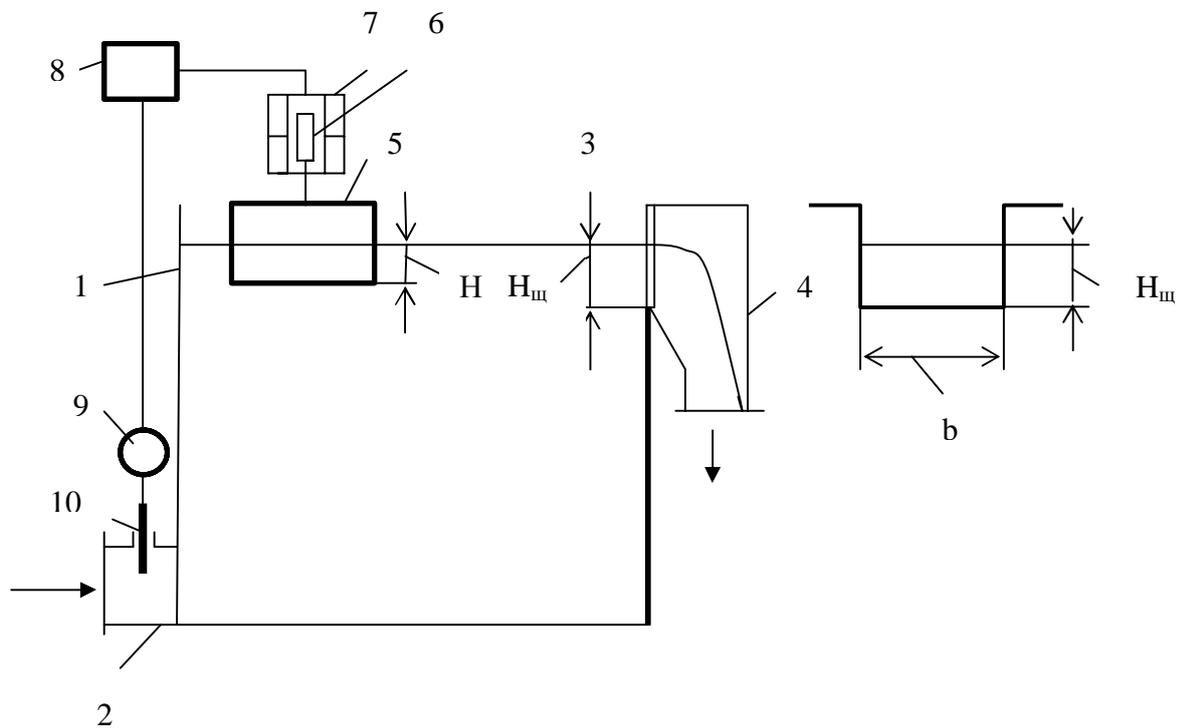


Рис. 1 – Щелевой регулятор

Расход жидкости, вытекающей из емкости через щель 3, определяется формулой

$$Q = 2/3ab\sqrt{2g}H_{щ}^{2/3} \quad (1)$$

где α – коэффициент расхода, b – ширина щели, g – ускорение свободного падения, $H_{щ}$ – высота слоя жидкости над щелью.

В формуле (1) α , b , g имеют постоянные значения, поэтому справедливо

$$Q = f(H_{щ}) \text{ и } Q = const \text{ при } H_{щ} = const \quad (2)$$

Для обеспечения условия 2 в емкости установлен поплавок 5, который плавает в жидкости и погружен в нее на глубину H , при этом на поплавок действует выталкивающая сила

$$P = V\rho g = HS\rho g \quad (3)$$

вследствие чего

$$H = P / S\rho g \quad (4)$$

Из (4) следует, что поплавок объективно контролирует уровень $H_{\text{щ}}$, если плотность ρ жидкости в емкости 1 остается постоянной, что в условиях химической промышленности достаточно часто не обеспечивается. Более того в технологических объектах химической промышленности плотность жидкости должна изменяться (в соответствии с технологическим регламентом) в заданных пределах. Изменение плотности жидкой среды при неизменном ее уровне в приемной емкости 1 приводит к перемещению поплавка 5 и смещению плунжера 6 с нейтрального положения в катушке 7, при котором выходной сигнал катушки равен 0. Вследствие этого включается регулирующий блок 8, приводит в действие исполнительный механизм 9, который перемещает регулирующий орган 10, изменяющий расход жидкости в приемную емкость до тех пор, пока плунжер 6 не возвратится в нейтральное положение. В данном случае регулятор расхода реагирует не на изменение уровня жидкости, а на изменение ее плотности при неизменном уровне, что может привести к нарушению режима технологического процесса.

Возникает проблема, причиной которой является зависимость результатов регулирования расхода жидкости от ее плотности?

Постановка проблемы. Возможны следующие варианты решения данной проблемы.

1. Создать поплавок, положение которого в жидкости не будет зависеть от ее плотности.

2. Создать чувствительный элемент (не поплавок), реагирующий только на изменение уровня H жидкой среды в приемной емкости.

3. Создать чувствительный элемент (не поплавок), который бы измерял расход не по уровню жидкой среды в приемной емкости, а по скорости ее истечения из щели.

Первый вариант (не отрицается), но в указанном случае необходимо создать плавающий поплавок, который, не нарушая закона Архимеда (на осно-

ве которого он функционирует), не будет реагировать на изменение плотности контролируемой жидкой среды.

Второй вариант предпочтительнее и не исключает возможность использования в качестве чувствительного элемента расходомера его щели, так как:

1) щель является неотъемлемым элементом регулятора расхода и служит средством для транспортировки жидкости из приемной емкости 1 в расходный бункер 4.

2) щель стационарна и не реагирует на изменение плотности жидкости, находящейся в приемной емкости;

3) через щель непрерывно протекает жидкость, которая одновременно препятствует закреплению на ее поверхности частиц твердой фазы.

В процессе выполнения исследований авторами решались (разрабатывались и обосновывались) все выше приведенные варианты.

При реализации первого варианта (разработки чувствительного элемента регулятора на основе плавающего поплавка, не реагирующего на изменение плотности контролируемой жидкости при обеспечении реакции на изменение уровня) разработана конструкция чувствительного элемента регулятора уровня, приведенная на рис 2.

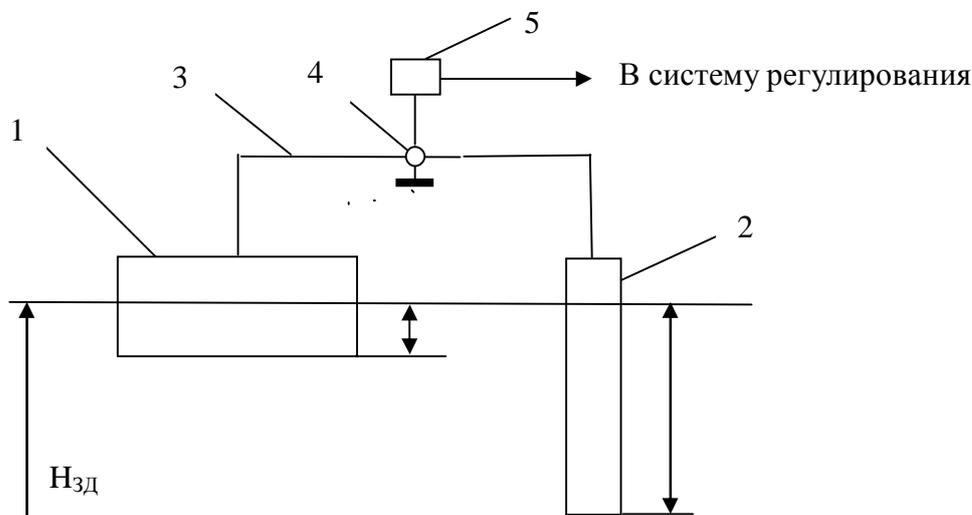


Рис. 2 – Чувствительный элемент регулятора на основе поплавка: $H_{зд}$ – заданный регулятору уровень жидкости в технологическом объекте; 1 – цилиндрический поплавок с большой площадью поперечного сечения; 2 – цилиндрический поплавок с меньшей площадью поперечного сечения; 3 – равноплечный рычаг; 4 – ось, на которой установлен рычаг; 5 – преобразователь угла поворота рычага в унифицированный выходной сигнал чувствительного элемента.

Очевидно, что если при

$$H_{зд} (P_1 = H_1 S_1 \rho g) = (P_2 = H_2 S_2 \rho g); H_1 S_1 = H_2 S_2 \quad (5)$$

то выходной сигнал преобразователя 5 равен 0 ($E = 0$).

Если в объекте изменится плотность жидкой среды, то уравнение (5) будет иметь вид

$$[P_1 = H_1 S_1 (\rho \pm \Delta\rho) g] = [P_2 = H_2 S_2 (\rho \pm \Delta\rho) g]; H_1 S_1 = H_2 S_2 \quad (6)$$

Из (6) следует, что изменение плотности жидкости в любых пределах не влияет на положение рычага 3 регулятора, так как при любой плотности на поплавки действуют равные выталкивающие силы $P_1 = P_2$, что доказывает независимость результатов функционирования регулятора уровня жидкости от ее плотности.

Если $H_{зд}$ возрастет на ΔH , то

$$(H_1 + \Delta H) S_1 > (H_2 + \Delta H) S_2 \quad (7)$$

т.к. $S_1 > S_2$ и рычаг 3 (коромысло) поворачивается на оси 4 по часовой стрелке. Это приводит к возникновению в измерительном преобразователе 5 выходного сигнала, обеспечивающего уменьшение системой регулирования расхода жидкости, поступающей в объект или отключение подачи жидкости в объект.

Если $H_{зд}$ уменьшится на ΔH , то

$$(H_1 - \Delta H) S_1 < (H_2 - \Delta H) S_2 \quad (8)$$

т.к. $S_1 > S_2$ и коромысло 3 поворачивается на оси 4 против часовой стрелки. Указанное приводит к возникновению в измерительном преобразователе 5 выходного сигнала, обеспечивающего увеличение системой регулирования расхода жидкости, поступающей в технологический объект. Следовательно, разработанный чувствительный элемент регулятора, состоящий из двух поплавков, закрепленных на концах равноплечного рычага, установленного на поворотной оси, обеспечивает независимость результатов регулирования от плотности жидкой среды.

Но это возможно, во-первых, при наличии двух поплавков «включенных» встречно и, во-вторых, при обязательном выполнении условия

$$H_1 S_1 = H_2 S_2 \text{ (при } S_1 > S_2 \text{ и } H_1 < H_2), P_1 = P_2 \quad (9)$$

На основе анализа (7) был сделан вывод, что создаваемые системы контроля уровня в щелевых регуляторах расхода должны реализовывать дифференциальный принцип, позволяющий отслеживать отклонение уровня жидкости над щелью от заданного (нейтрального) значения.

Реализация указанного принципа привела к разработке чувствительного элемента регулятора, содержащего две щели, расположенные относительно друг друга таким образом, что через них из приемной емкости регулятора расхода вытекают равные объемы Q_1 и Q_2 только в том случае, когда уровень H жидкой среды в емкости обеспечивает заданный расход $Q_3 = Q_1 + Q_2$.

Схема данного чувствительного элемента приведена на рис. 3.

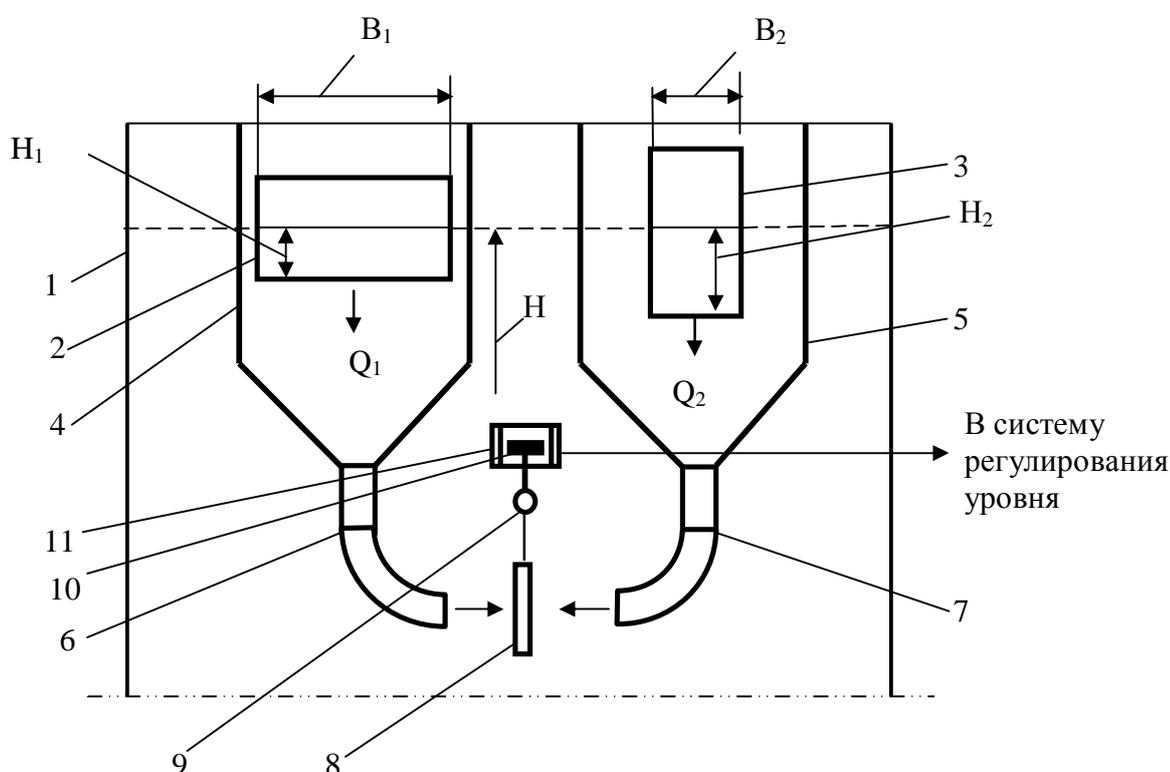


Рис. 3 – Чувствительный элемент, содержащий две щели.

При реализации данного принципа в стенке приемной емкости 1 щелевого регулятора расхода вырезаются две щели 2 и 3 с разной шириной соответственно B_1 и B_2 ($B_1 > B_2$). Щели расположены так, что при заданном уровне H жидкости в приемной емкости (на рис. 3 показан пунктиром) расходы Q_1 и Q_2 жидкости, через щели 2 и 3, равны. При этом их сумма равна заданному расходу $Q = Q_1 + Q_2$. В рассматриваемом случае скорости струйных потоков жидкости, вытекающих через гидравлически идентичные фигурные патрубки 4 и 5, также равны и оказывают на пластину 8 равные давления. Пластина 8 закреплена на оси 9, на которой также закреплен плунжер 10

дифференциально-трансформаторного преобразователя 11. При вертикальном положении пластины плунжер находится в нейтральном положении, что обеспечивает равенство 0 выходного сигнала преобразователя.

Увеличение уровня жидкости в приемной емкости 1 (относительно заданного значения H) приводит к неравенству $Q_1 > Q_2$, уменьшение уровня – к неравенству $Q_1 < Q_2$. В первом случае пластина 8 отклоняется по часовой стрелке, то во втором случае – против часовой стрелки. Отклонение пластины обеспечивает перемещение плунжера 10 в дифференциально-трансформаторном преобразователе 11, в котором возникает сигнал разбаланса разной фазы (в зависимости от направления отклонения пластины 8). Сигнал поступает в систему регулирования уровня жидкости в емкости 1, который изменяет расход жидкости, поступающей в емкость до предела, когда уровень жидкости в емкости 1 становится равным заданному значению H .

Предлагаемый способ модернизации щелевого регулятора уровня позволяет исключить влияние плотности жидкости на результаты регулирования, уменьшить порог чувствительности регулятора и погрешность регулирования расхода. Кроме того, исключаются погрешности, вызываемые наличием пены и волнообразования на поверхности жидкости, налипанием на чувствительный элемент регулятора твердой фазы пульп, суспензий. Возможен вариант сравнения расходов жидкостей при использовании одной щели (рис. 4).

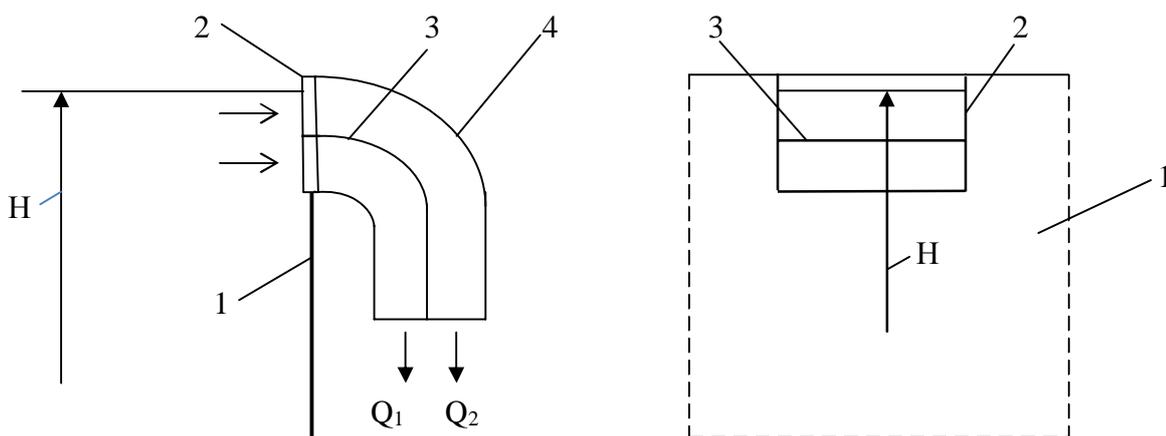


Рис. 4 – Вариант сравнения расходов при использовании одной щели: 1 – стенка приемной емкости, 2 – щель, 3 – делительное устройство, 4 – сливной бункер, H – уровень жидкости в приемной емкости.

В этом случае расходный бункер 4 снабжается делителем, разделяющим жидкую среду на два потока Q_1 и Q_2 , которые равны при заданном уровне H в

приемной емкости 1. При увеличении уровня жидкости H (если уровень H возрастает) $Q_1 > Q_2$, если уменьшается – $Q_1 < Q_2$.

Для непрерывного сравнения значений Q_1 и Q_2 может использоваться измерительное устройство, приведенное на рис. 5.

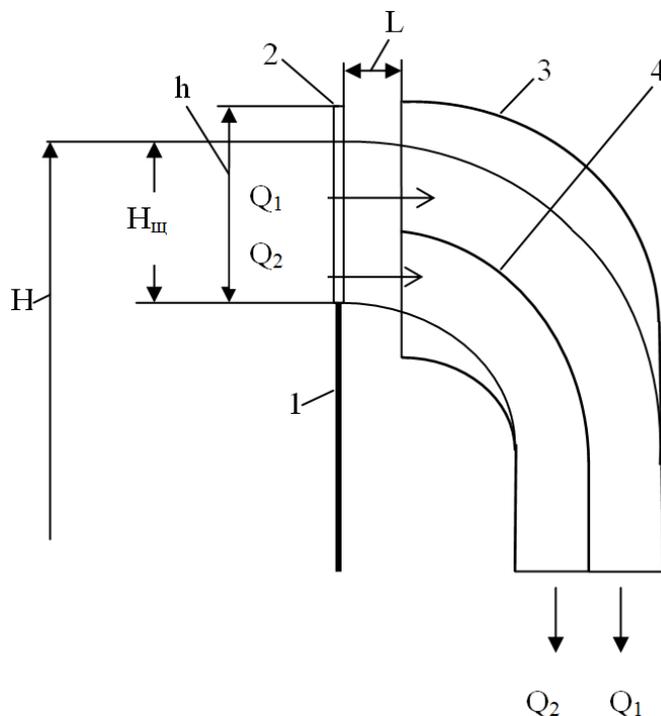


Рис. 5 – Измерительное устройство для непрерывного измерения расходов: 1 – передняя стенка приемной емкости щелевого регулятора расхода жидкости; 2 – щель; 3 – сливной бункер; 4 – разделитель; Q_1 , Q_2 – потоки жидкой среды, движущиеся соответственно над разделителем и под разделителем; L – расстояние от щели 2 до делителя 4.

Третий вариант с целью уменьшения порога чувствительности регулятора и его погрешности использует для определения равенства значений Q_1 и Q_2 при заданном уровне жидкой среды H в приемной емкости регулятора суммарный эффект влияния на Q_1 и Q_2 и уровня H и скорости движения потока жидкой среды, вытекающей из щели. Данный эффект очевиден, так как при любом изменении значения H (рис. 5) Q_1 изменяется в большей степени, чем Q_2 . Кроме того, при изменении H изменяется скорость истечения потока жидкой среды, вытекающей из щели 2 (при увеличении H скорость возрастает – поток летит дальше и наоборот). В результате в большей степени увеличивается разность между Q_1 и Q_2 при отклонении уровня жидкой среды в приемной емкости расходомера от заданного значения H .

При этом следует отметить что

$$\Delta Q = \pm(Q_1 - Q_2) = f(v) \quad (10)$$

где v - скорость движения потока жидкой среды, вытекающей из щели. Но в то же время $v = f(H)$, а $Q_1 = f(H, L)$, где L – расстояние от щели до разделителя, которое может изменяться в определенных пределах. Можно утверждать и это подтверждают эксперименты, что посредством увеличения L до предела $L = 0,7h$ порог чувствительности и погрешность измерения (регулирования) щелевого регулятора уровня жидкости уменьшается при незначительном увеличении размеров разгрузочного бункера 3.

Выводы.

1. Порог чувствительности и погрешность измерения щелевого регулятора жидкой среды могут быть уменьшены посредством использования чувствительных элементов, реализующих дифференциальный принцип, когда выходной сигнал чувствительного элемента равен 0 при заданном уровне жидкой среды в приемной емкости регулятора, но имеет противоположные по знаку приращения соответствующие увеличению и уменьшению уровня относительно заданного значения.

2. Поплавковый чувствительный элемент щелевого регулятора расхода жидкости целесообразно заменять чувствительным элементом, состоящим из двух щелей при выборе их параметров в соответствии с требованием: $B_1 > B_2$, $h_1 < h_2$, где B – ширина щели, h – высота щели. При этом щели установлены так, что при заданном уровне H жидкости в приемной емкости регулятора расходы Q_1 и Q_2 жидкости из щелей имеют равные значения.

3. Минимальный порог чувствительности щелевого регулятора обеспечивается при реализации принципа суммарного влияния на значения расходов Q_1 и Q_2 , первый из которых движется над делителем общего потока, второй под делителем, когда реализуется зависимость $Q_1 = f(H_{\text{щ}} L)$, где $H_{\text{щ}}$ – высота столба жидкости в щели, L – расстояние делителя от щели.

Список литературы: 1. А.с. 220548 СССР, МКИ³ G01F 24/34. Регулятор уровня жидких сред / А.Н. Дубовец, Т.Г. Карпенко, А.Я. Король (СССР). – № 1155534/26-10; заявл. 16.05.67; опубл. 28.06.68, Бюл. № 20. 2. А.с. 1430758 СССР, МКИ³ G01F 1/52. Расходомер переменного уровня / Ю.А. Уманцев, М.А. Дубовец, А.Н. Дубовец, Б.Г. Лях (СССР). – № 3993361/24-10; заявл. 23.12.85; опубл. 15.10.88, Бюл. № 38. 3. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств / М.В. Кулаков. – М.: Машиностроение, 1983. – 424 с.

References: 1. A.s. 220548 USSR, MКИ³ G01F 24/34. The level control of liquid media / A.N. Dubovets, T.G. Karpenko, A.J. Korol (USSR). – № 1155534/26-10; appl. 16.05.67; publ. 28.06.68, Bull. № 20. 2. A.s. 1430758 USSR, MКИ³ G01F 1/52. Flowmeter variable level / Y.A. Umantsev, M.A. Dubovets,

A.N. Dubovets, B.G. Lyah (USSR). – №. 3993361/24-10; appl. 23.12.85; publ. 15.10.88, Bull. № 38.
3. Kulakov M.V. Tekhnologicheskyye izmereniia i pribory dlia khimicheskikh proizvodstv (Technological measurements and devices for chemical production / M.V. Kulakov. – Moscow: Mashinostroenie, 1983. – 424 p. (in Russian).

Поступила (Received) 26.05.15

УДК 661.152.3: 66.022.5

А.В. ІВАНЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., ДДТУ, Дніпродзержинськ
О.Р. БЕЛЯНСЬКА, здобувач, провідний інженер, ДДТУ,
Дніпродзержинськ

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОДЕРЖАННЯ БІОГАЗУ ТА КОМПЛЕКСНИХ ДОБРИВ З ОСАДІВ МІСЬКИХ СТІЧНИХ ВОД

Зроблено аналіз перспектив впровадження технологій отримання біогазу і комплексних добрив з осадів міських стічних вод в Україні та за кордоном. Вперше встановлено вплив попереднього диспергування осадів стічних вод на тривалість процесу анаеробного зброджування. Показано, що диспергування прискорює швидкість виділення біогазу в 2,2 рази. Проведено хімічний аналіз збродженого комплексного добрива на основі відходів міських очисних споруд. Розроблено технологічну схему вузлу одержання біогазу та комплексного добрива з використанням диспергатора і установки анаеробного зброджування.

Ключові слова: активний мул, диспергування, анаеробне зброджування, біогаз, комплексні добрива, міські стічні води.

Вступ. Сьогодні для багатьох міст і населених пунктів дуже гострою є проблема обробки та утилізації осадів, які утворюються при очищенні води. Щорічний приріст біомаси активного мулу складає декілька мільйонів тонн. У зв'язку з цим виникає необхідність в розробці таких способів утилізації, які дозволяють розширити спектр його застосування [1].

Часто осади в необробленому вигляді протягом десятків років зливалися на переобтяжені мулові майданчики, що призводить до порушення екологічної безпеки й умов життя населення. Тільки на території України кількість накопичених осадів перевищує 5 млрд. т, до яких щороку додається ще 3 млн. т нових. Тому назріла нагальна потреба у модернізації наявних способів утилізації осадів стічних вод та пошуку і розробці нових технологій їх переробки, зокрема, на біогаз та комплексні добрива [2 – 4].

Аналіз останніх досліджень. Енергетична криза, яка на разі триває в

© А.В. Іванченко, О.Р. Белянська, 2015