

[Текст] / Мамедов Б. Ш. – № U201107779; заяв. 20.06.2011; опубл. 10.01.2012; Бюл. № 1. – 12 с.

8. Пат. 66620. МПК F02C 7/04, F04D 27/02, F02K 1/00, F02K 3/00. Турбореактивный двоконтурный двигатель [Текст] / Мамедов Б. Ш. – № U201107780; заяв. 20.06.2011; опубл. 10.01.2012; Бюл. № 1. – 12 с.

9. Пат. 66621. МПК F02C 7/04, F04D 27/02, F02K 1/00, F02K 3/00. Турбореактивный двоконтурный двигатель [Текст] / Мамедов Б. Ш. – № 201107781; заяв. 20.06.2011; опубл. 10.01.2012; Бюл. № 1. – 10 с.

10. Пат. 66622. МПК F02C 7/04, F04D 27/02, F02K 1/00, F02K 3/00. Турбореактивный двоконтурный двигатель [Текст] / Мамедов Б. Ш. – № 201107782; заяв. 20.06.2011; опубл. 10.01.2012; Бюл. № 1. – 10 с.

References

1. Shljahtenko, S. M. (Ed.) (1987). Teorija i raschet vozdušno-reaktivnyh dvigatelej. Moscow: Mashinostroenie, 568.

2. Mamedov, B. Sh. (2013). Edinaja teorija dvizhitelej na nepreryvnyh potokah. Khar'kov: Tehnologicheskij centr, 296.

3. Mamedov, B. Sh. (2014). Edinaja teorija dvizhitelej. Prichiny generirovanija neustojchivoj raboty turboreaktivnyh dvigatelej pri vzlete v uslovijah zharkogo klimata. Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija, 9, 56–62.

4. Mamedov, B. Sh. (2014). Edinaja teorija dvizhitelej. Novoe naznachenie i princip raboty "nulevoj" stupeni kompres-

sora nizkogo davlenija. Aviacionno-kosmicheskaja tehnika i tehnologija, 8, 55–60.

5. Mamedov, B. Sh. (2009). Pat. 86788. МПК F02K 1/00, F02K 3/00, F02C 7/00. Turboreaktivnij dvokonturnij dvigun. № U200607941; заяв. 14.07.2006; опубл. 25.05.2009; Bjul. № 10, 24.

6. Mamedov, B. Sh. (2009). Pat. 46407. МПК F04D 27/00, F02K 1/00, F02K 3/00, F02C 7/00. Sposib pidvyshennja gazodynamichnoi' stijkosti roboty povitnja-reaktyvnyh dvyguniv. № U200905152; zajavl. 25.05.2009; опубл. 25.12.2009; Bjul. № 24, 26.

7. Mamedov, B. Sh. (2012). Pat. 66619. МПК F02K 1/00, F02K 3/08, F02K 7/00, F02K 3/11 Turboreaktivnyj dvokonturnyj dvygun. № U201107779; заяв. 20.06.2011; опубл. 10.01.2012; Bjul. № 1, 12.

8. Mamedov, B. Sh. (2012). Pat. 66620. МПК F02S 7/04, F04D 27/02, F02K 1/00, F02K 3/00. Turboreaktivnyj dvokonturnyj dvygun. № U201107780; заяв. 20.06.2011; опубл. 10.01.2012; Bjul. № 1, 12.

9. Mamedov, B. Sh. (2012). Pat. 66621. МПК F02S 7/04, F04D 27/02, F02K 1/00, F02K 3/00. Turboreaktivnyj dvokonturnyj dvygun. № 201107781; заяв. 20.06.2011; опубл. 10.01.2012; Bjul. № 1, 10.

10. Mamedov, B. Sh. (2012). Pat. 66622. МПК F02S 7/04, F04D 27/02, F02K 1/00, F02K 3/00. Turboreaktivnyj dvokonturnyj dvygun. № 201107782; заяв. 20.06.2011; опубл. 10.01.2012; Bjul. № 1, 10.

*Рекомендовано до публікації д-р фіз.-мат. наук, професор Пожугев В. І.
Дата надходження рукопису 18.02.2016*

Мамедов Борис Шамшадович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Начертательная геометрия, инженерная и компьютерная графика», Запорожский национальный технический университет, ул. Жуковского, 64, г. Запорожье, Украина, 69063

Штанько Петр Константинович, кандидат технических наук, доцент, кафедра «Механика», Запорожский национальный технический университет, ул. Жуковского, 64, г. Запорожье, Украина, 69063

УДК 66.023.23

DOI: 10.15587/2313-8416.2016.64111

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНОГО ГАЗСОДЕРЖАНИЯ ГАЗОЖИДКОСТНОГО СЛОЯ КОНДУКТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

© Г. В. Тараненко

Была предложена методика измерения локальных значений газосодержания кондуктометрическим способом. Предложена конструкция датчика измерения локальных значений газосодержания и электрическая схема его подсоединения. Предложены параметры элементов электрической схемы и методика расчета сопротивления датчика локальных значений газосодержания. Проведена тарировка датчика, на основании которой предложен расчет локальных значений газосодержания

Ключевые слова: датчик, газосодержание, сопротивление, локальный, конструкция, измерение, схема, способ, параметры, расчет

It is proposed a method for measuring local gas content values by conductometric method. The design of the sensor for measurement of local values of gas content is proposed. Electric scheme of its connection is proposed. Parameters of circuitry elements are proposed. Method of calculating the resistance of the sensor is proposed. It was done calibration of the sensor, on the basis of which it is proposed calculation of the local values of gas content

Keywords: sensor, gas content, resistance, local, construction, measuring, chart, method, parameters, calculation

1. Введение

Газосодержание является важным параметром газожидкостного слоя, который образуется на массообменных тарелках. В работе [1] отмечается, что газосодержание в значительной мере определяет эффективность работы колонны, снабженной массообменными тарелками. В работе [2] авторы связывают изменение газосодержания на массообменных тарелках с изменением разделяющей способности массообменных тарелок и коэффициентом массопередачи в газожидкостном слое на тарелке. Поэтому, исследование локальных значений газосодержания газожидкостного слоя $\varphi_{л}$, является актуальной задачей.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Существует несколько различных методов определения локальных значений газосодержания. Это методы просвечивания газожидкостного слоя гамма-лучами [3–5], электроконтактные [6–9] и кондуктометрические методы [10]. Методы просвечивания газожидкостного слоя гамма-лучами громоздки и не удобны в работе. Электроконтактные методы используются при относительно небольших величинах газосодержания, как правило, в высокослойных реакторных аппаратах.

Одним из известных способов определения локальных значений газосодержания является кондуктометрический метод, основанный на измерении электропроводности воды в измерительной ячейке [10]. Однако в этой работе, измерения производились не на массообменных тарелках, поэтому в данной работе был избран иной путь определения локального газосодержания.

3. Цель и задачи исследования

Целью исследований было создание удобного датчика измерения локальных значений газосодержания в газожидкостном слое, который образуется на массообменных тарелках. Датчиком удобно измерять локальное газосодержание как по высоте газожидкостного слоя, так и по диаметру массообменной колонны. Полученные локальные значения газосодержания можно использовать для определения интегральных значений газосодержания газожидкостного слоя. Для определения высоты газожидкостного слоя на массообменной тарелке. Многие авторы используют зависимость локальных значений газосодержания для анализа эффективности массообменных устройств.

Необходимо создать удобную электрическую схему для измерения сопротивления газожидкостного объема, который находится между пластинами датчика.

Необходимо выбрать модельную газожидкостную систему и провести тарировку датчика.

После этого, подобрать уравнения для расчета локальных значений газосодержания.

4. Оборудование и методы исследований

4.1. Создание схемы измерения локального газосодержания

Датчик (рис. 1) для измерения локальных значений газосодержания представлял собой две закруг-

ленные пластины 1, высотой 0,23 м и толщиной 0,0015 м, изготовленные из нержавеющей стали. Они укреплялись на планке 2, изготовленной из пластика на некотором расстоянии друг от друга. Планка крепилась к штанге 3, представляющей собой нержавеющую трубку, при помощи резиновой муфты 4. Провода протягивались внутри трубки и подсоединялись к пластинам датчика, который подключался в электрическую цепь (рис. 2).

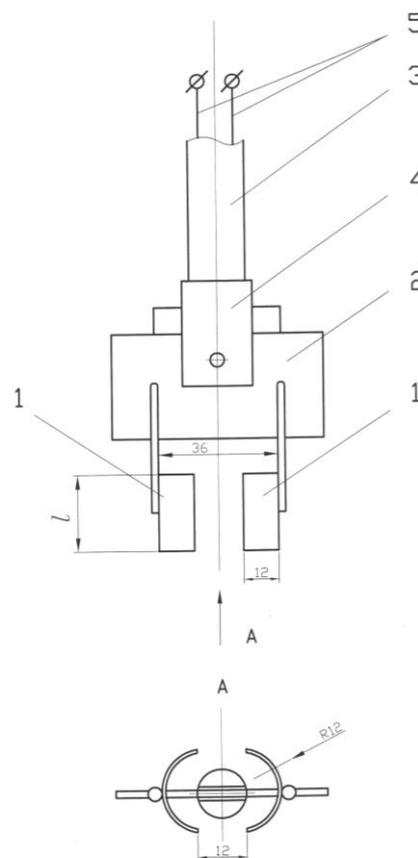


Рис. 1. Датчик измерения локальных значений газосодержания: 1 – пластины; 2 – планка; 3 – штанга; 4 – муфта; 5 – электропровод

Цифровым вольтметром 2 (В7–18) фиксировались значения выходного напряжения Γ (с частотой 1000 Гц) на генераторе сигналов 1 (ГЗ–33) и падение напряжения V на нагрузочном сопротивлении, значение которого равнялось $R=635$ Ом.

Значение электрического сопротивления r на датчике 4 рассчитывалось по формуле (1)

$$r = \frac{(\Gamma - V)}{V} \cdot P. \quad (1)$$

При измерении локального значения газосодержания наибольшим колебаниям подвержена величина падения напряжения V на нагрузочном сопротивлении, потому что газосодержание газожидкостного слоя в данной точке значительно колеблется во времени относительно своей средней величины. Поэтому, в каждом опыте фиксировали не менее 10 значений V .

Для вычисления величины r_0 (сопротивление на датчике в чистой жидкости) датчик после каждой

серии опытов погружали в емкость с рабочей жидкостью, которую подавали в колонну. Фиксировались значения Γ_0 и V_0 . Величину r_0 рассчитывали по формуле (1), где вместо значений Γ и V подставляли значения Γ_0 и V_0 .

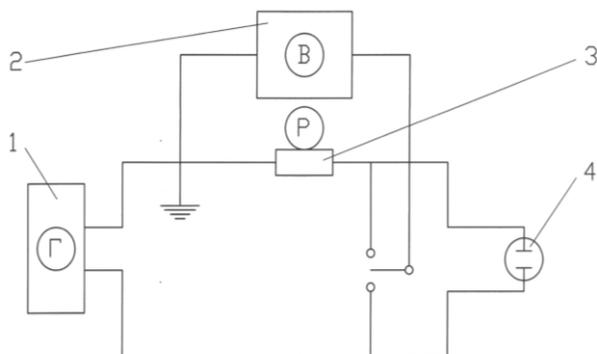


Рис. 2. Электрическая схема подключения датчика измерения локальных значений газосодержания:
1 – генератор сигналов; 2 – цифровой вольтметр;
3 – нагрузочное сопротивление; 4 – датчик; 5 – тумблер

Далее устанавливалась зависимость вида

$$\varphi_i = f(K). \quad (2)$$

Коэффициент K определяли по уравнению (3)

$$K = \frac{r_{cp} \cdot 635}{r_0}. \quad (3)$$

4. 2. Тарировка датчика

Определение вида зависимости (3) осуществлялось следующим образом. Датчик помещали в стеклянный стакан с внутренним диаметром $D=0,85$ м с рабочей жидкостью, уровень которой контролировали по объему подаваемой в стакан жидкости. Величину газосодержания между пластинами датчика устанавливали, фиксировано изменяя объем жидкости в стакане и вычисляя высоту жидкости между пластинами датчика. Газосодержание между пластинами датчика φ_i вычисляли по формуле (4):

$$\varphi_i = \frac{l_i}{l}, \quad (4)$$

где l_i – текущая высота жидкости в стакане, измеряемая от нижней кромки датчика, м; l – высота жидкости, измеряемая от нижней до верхней кромок датчика, м.

Высоты l_i и l отсчитывались от поверхности жидкости в стакане, которая касалась нижней кромки датчика.

Для ряда значений φ_i по уравнению (3) вычисляли коэффициенты K и строили график по зависимости (2). Пример графика приведен на рис. 3.

Графиком удобнее пользоваться, если взять зависимость локального газосодержания от величины обратной коэффициенту K , т. е.:

$$\varphi_i = 1/K. \quad (5)$$

Пример такого графика показан на рис. 4.

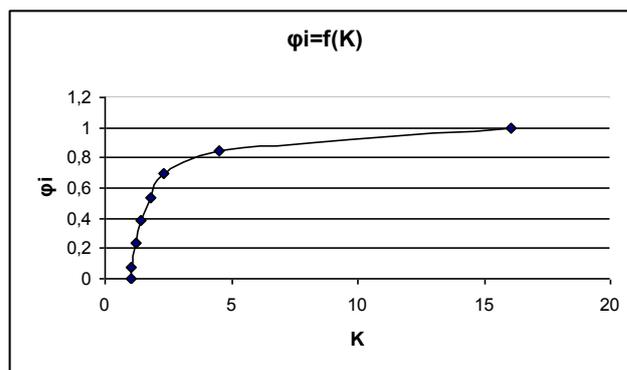


Рис. 3. График зависимости $\varphi_i=f(K)$

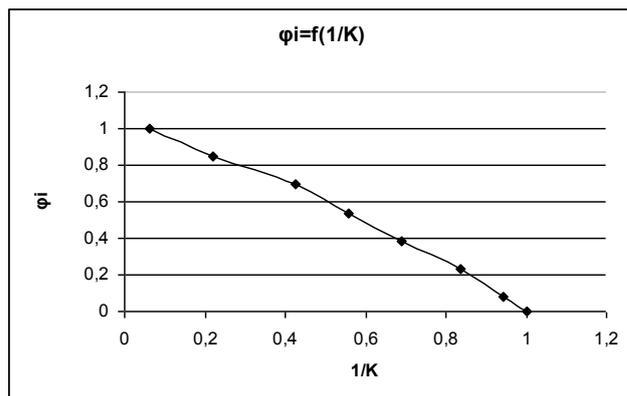


Рис. 4. График зависимости $\varphi_i = f(1/K)$

4. 3. Измерение локального газосодержания

Для измерения локальных значений газосодержания датчик помещали в колонну на определенной высоте газожидкостного слоя и подсоединяли к электрической цепи.

Вначале записывали показания напряжения на генераторе сигналов (5–10 значений). Потом переключали тумблер 5 на измерение напряжения на нагрузочном сопротивлении и записывали не меньше 10 значений. Далее, после определения среднего значения выходного напряжения на генераторе – Γ_{cp} и среднего значения напряжения на нагрузочном сопротивлении – V_{cp} , вычисляли значения r_{cp} по уравнению (1), где вместо величин Γ и V подставляли величины Γ_{cp} и V_{cp} .

После нескольких измерений датчик вынимали из колонны и помещали в емкость с рабочей жидкостью, которую использовали для орошения колонны. Уровень жидкости в емкости устанавливали по верхней кромке пластин датчика. Измеряли значения Γ_0 и V_0 и по формуле (1) рассчитывали величину r_0 , подставляя вместо величин Γ и V значения Γ_0 и V_0 .

Коэффициент K рассчитывали по уравнению (3), а локальное значение газосодержания по уравнению (5).

5. Результаты исследования

В результате проведенной тарировки датчика, получены зависимости функции (2). Пример зависимости приведен на графике (рис. 3). Данным графиком пользоваться неудобно, так как зависимость криволинейная.

Более удобно пользоваться предложенной зависимостью (5), график которой приведен на рис. 4. Видно, что эта зависимость практически прямолинейна. Это позволяет проводить измерения локального газосодержания с одинаковой точностью во всем диапазоне измеряемых значений.

6. Выводы

1. Предложена конструкция удобного в работе датчика для измерения локальных значений газосодержания газожидкостного слоя на массообменных тарелках. Датчик позволяет измерять локальное газосодержание как по высоте газожидкостного слоя, так и по диаметру массообменной тарелки.

2. Предложены оборудование и электрическая схема его подключения.

3. Проведена тарировка датчика и предложены уравнения для расчета величины локального газосодержания.

4. Разработана методика измерения локальных значений газосодержания газожидкостного слоя на массообменных тарелках кондуктометрическим способом.

Литература

1. Зелинский, Ю. Г. Удельный вес газожидкостной эмульсии на решетчатых тарелках [Текст] / Ю. Г. Зелинский, В. В. Кафаров // Журн. приклад. химии. – 1962. – Т. 35, № 9. – С. 1989–1995.

2. Кафаров, В. В. Сравнительная оценка работы насадочных и ситчатых колонн и их моделирование [Текст] / В. В. Кафаров // Журн. приклад. химии. – 1955. – Т. 28, № 12. – С. 1255–1265.

3. Винокур, Я. Г. Исследование барботажного слоя методом просвечивания гамма-лучами [Текст] / Я. Г. Винокур, В. В. Дильман // Хим. пром. – 1959. – № 7. – С. 619–621.

4. Свергуненко, Л. А. Измерение газосодержания в газожидкостных системах [Текст] / Л. А. Свергуненко, В. В. Рогозний, Г. И. Шкурупий // Изв. вузов. Химия и хим. технолог. – 1974. – Т. 17, № 12. – С. 1884–1886.

5. Свергуненко, Л. А. Определение газосодержания в дисперсных системах типа газ-жидкость [Текст] / Л. А. Свергуненко, В. В. Рогозний, Г. И. Шкурупий // Теор. основы хим. технол. – 1974. – Т. 8, № 5. – С. 739–743.

6. Шендеров, Л. З. О локальном измерении газосодержания [Текст] / Л. З. Шендеров, А. Г. Квашин, В. В. Дильман // Инж.-физ. ж. – 1980. – Т. 38, № 6. – С. 1005–1010.

7. Абишев, А. А. Влияние секционирования на структуру барботажного слоя в аппаратах с высоким слоем жидкости [Текст] / А. А. Абишев, В. Л. Долганов, С. Х. Загидуллин // Вестник Пермского государственного технического университета: химическая технология и биотехнология. – 2011. – № 12. – С. 103–112.

8. Абишев, А. А. Локальные характеристики газожидкостного слоя в секционированном барботажном реакторе [Текст] / А. А. Абишев, В. Л. Долганов, С. Х. Загидуллин // Химия и технология топлив и масел. – 2013. – № 3. – С. 17–23.

9. Абишев, А. А. Современные методы определения газосодержания и поверхности контакта фаз в двухфазных

газожидкостных системах [Текст] / А. А. Абишев, В. Л. Долганов, С. Х. Загидуллин, В. В. Красоткин // Вестник ПГТУ. Химическая технология и биотехнология. – Пермь, 2009. – № 9. – С. 243–253.

10. Феклистов, В. Н. Кондуктометрическое измерение локальных кратностей пен [Текст] / В. Н. Феклистов, К. Б. Канн, С. А. Дружинин // Изв. Сибирского отд-ния АН СССР. Серия техн. наук. – 1975. – Т. 1, № 3. – С. 89–93.

References

1. Zelinskii, Ju. G., Kafarov, V. V. (1962). Udelnyi ves gazojidkostnoi emulsii na reshetchatih tarelkakh [Specific gravity of gazojidkostnoy emulsion on the tray]. Journal of the applied chemistry, 35 (9), 1989–1995.

2. Kafarov, V. V. (1955). Sravnitel'naya ozenka raboty nasadochnyh i sitchatyh kolon i ih modelirovanie [Comparative estimation of work of nasadochnih and sitchatih columns and their design]. Journal of the applied chemistry, 28 (12), 1255–1265.

3. Vinokur, Ya. G., Dilman, V. V. (1959). Issledovanie barbotajnoy sloya metodom prosvechivaniya gamma-luchami [sloya research of barbotajnoy by the method of x-raying by gamma-rays]. Chemical industry, 7, 619–621.

4. Svergunenko, L. A., Rogoznii, V. V., Shkurupii, G. I. (1974). Izmerenie gazosoderjaniya v gazojidkostnyh sistemah [Measuring of gazosoderjaniya in the gazojidkostnih systems]. News of institutes of higher. Chemistry and chemical technology, 17 (12), 1884–1886.

5. Svergunenko, L. A., Rogoznii, V. V., Shkurupii, G. I. (1974). Opredelenie gazosoderjaniya v dispersnyh sistemah tipa gaz-jidkost [The determination of gazosoderjaniya in the dispersion systems of type is gas-liquid]. Theoretical bases of chemical technology, 8 (5), 739–743.

6. Shenderov, L. Z., Kvashin, A. G., Dilman, V. V. (1980). O lokalnom izmerenii gazosoderjaniya [About the local measuring of gazosoderjaniya]. Engineer – physical Journal, 38 (6), 1005–1010.

7. Abishev, A. A., Dolganjv, V. L., Zagidullin, S. H. (2011). Vliyanie sektionirovaniya na strukturu barbotajnoy sloya v apparatah s vysokim sloem jydкости [Sloya influence of sektionirovaniya on the structure of barbotajnoy in vehicles with the high layer of liquid]. Announcer of the Permskogo state technical university: chemical technology and biotechnology, 12, 103–112.

8. Abishev, A. A., Dolganjv, V. L., Zagidullin, S. H. (2013). Lokalnye harakteristiki gazo-jydkostnoy sloya v sektionirovannom barbotajnom reaktore [Sloya local descriptions of gazo-jidkostnoy in a sektionirovannom barbotajnom reactor]. Chemistry and technology of fuels and oils, 3, 17–23.

9. Abishev, A. A., Dolganjv, V. L., Zagidullin, S. H., Krasotkin, V. V. (2009). Sovremennyye metody opredeleniya gazosoderjaniya I poverhnosti kontakta faz v dvuhfaznyh gazojidkostnyh sistemah [Modern methods of decision of gazosoderjaniya and surface of contact of phases in the diphasic gazojidkostnih systems]. Announcer PGTU. Chemical technology and biotechnology. Perm, 9, 243–253.

10. Feklistov, V. N., Kann, K. B., Drujinin, S. A. (1975). Konduktometricheskoe izmerenie lokalnyh kratnostey pen [Konduktometricheskoe measuring of local kratnostey pen]. News of the Siberian department AN USSR. Series of engineering sciences, 1 (3), 89–93.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Архипов О. Г.
Дата надходження рукопису 17.02.2016.*

Тараненко Геннадий Владимирович, кандидат технических наук, доцент, кафедра машиноведения и оборудования промышленных предприятий, Восточноукраинский национальный университет имени Владимира Даля, пр. Центральный, 59-а, г. Северодонецк, Украина, 93400
E-mail: gtaranenko@ukr.net