

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕСТА ОБРАЗОВАНИЯ ПРОБКИ В ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЕ

УДК 622.692.4.

AUTOMATIC TUBE SITES OF EDUCATION IN THE PIPING SYSTEM

Султанов Р.Г., Яруллин Ч.А.,
Хуснутдинов Д.З.,

ФГБОУ ВПО «Уфимский
государственный авиационный
технический университет», филиал,
г. Ишимбай, Российская Федерация

R.G.Sultanov, Ch.A. Yarullin,
D.Z. Khusnutdinov,

FSBEI HPE “Ufa State Aviation
Technical University“, Branch,
Ishimbay, the Russian Federation

В практике транспортировки углеводородных газов и продукции нефтяных скважин нередки случаи образования гидратных пробок, а также пробок, образованных монтажной водой, строительным мусором и пр., местоположение которых определяют с помощью устройств с использованием датчиков подачи (реле потока) с недопустимо низкой точностью. В то же время на сегодняшний день нет других достаточно точных и надежных способов и устройств, для решения этой весьма актуальной задачи.

Использование устройств с датчиками подачи, работа которых основана на принципе отслеживания скорости движения газа или жидкости, не позволяет с достаточной точностью и надежностью определять место закупорки по следующим причинам.

Это, во-первых, низкая надежность самих датчиков подачи, которые в процессе эксплуатации приходится часто менять. Так как они выпускаются с высокой погрешностью срабатывания, то после замены датчика необходимо устройство обязательно «отстраивать», поскольку незначительная погрешность датчика приводит к большой неточности определения места пробки.

Во-вторых, в процессе эксплуатации из-за естественного износа, возникающих люфтов, старения пружин, смазки, в движущихся частях датчиков подачи происходит изменение порога срабатывания датчика.

В-третьих, датчики подачи необходимо устанавливать в определенное место по длине и по сечению трубы, так как установка его в другое место невозможна без предварительной настройки (изменяется скорость потока, как по длине, так и по сечению потока).

Кроме того, датчик подачи устанавливается таким образом, что занимает часть полезного рабочего сечения трубы, что делает невозможным проведение определенных операций (прочистка полости трубопровода, пропуск диагностических снарядов и т. п.) при смонтированном датчике в трубопроводной системе, т. е. для каждого случая определения места образования пробки необходимо монтировать датчик, а потом - демонтировать.

Таким образом, недостатками данных устройств являются низкая точность определения места образования пробки и большие эксплуатационные затраты. Цель разработки предлагаемого устройства - повышение точности с одновременным снижением затрат на определение места закупорки.

In transporting of hydrocarbon gas and oil well production there are cases of hydrate plugs and plugs formed by construction water and debris etc, the location of which is determined by the devices with feed sensors (flow switch) with unacceptable low accuracy. At the same time, today there are no other sufficiently precise and reliable methods and devices to solve this problem.

The use of devices with feed sensors based on the principle of gas or liquid velocity tracking does not allow to determine the blockage with sufficient accuracy and reliability due to the following reasons.

Firstly, it is the low reliability of the sensors which have to be frequently changed during operation. Since they are produced with high accuracy of response, after replacing the sensor the device must be “detuned”, as a minor error of the sensor leads to bigger inaccuracy in locating the plug.

Secondly, during the operation due to natural wear, the resulting backlash, aging springs, lubricants, there is a change of sensor action threshold in the moving parts of sensors.

Thirdly, feed sensors must be installed in a certain place along the length of pipeline and in the cross section, since its installation elsewhere is impossible without pre-setting (the flow rate is changed both along the length and in the cross section).

In addition, the feed sensor is installed with the result that it occupies a part of the useful working section of the pipe making it impossible to perform certain operations (the cleaning of pipeline cavity, intelligent pigging, etc.) when the sensor is mounted in the piping system, i.e. for each case of locating it is necessary to mount the sensor, and then - to demount.

Thus, the disadvantages of these devices are the low accuracy of locating the plug and large maintenance costs. The objective of the suggested device is to increase accuracy while reducing the costs associated with locating the blockage.

Ключевые слова: пробка; датчик подачи; погрешность измерения; изменение давления; манометр, генератор импульсов; схема совпадения; формирователь импульсов; счетчик импульсов; цифровой индикатор.

Key words: plug, feed sensor, measurement error, the change in pressure, pressure gauge, a pulse generator; coincidence circuit, the pulse shaper, the pulse counter, digital display.

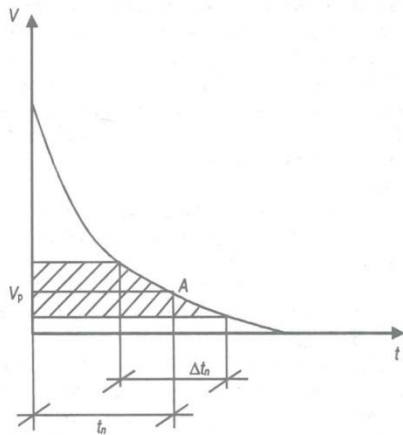


Рисунок 1. График изменения скорости движения газа во времени в устройстве с датчиком подачи

Даже применение весьма точных датчиков потока не дает достаточной точности без предварительной настройки всего устройства из-за падающей формы характеристики «скорость движения газа – время» $\{V = \varphi(t)\}$ (рисунок 1), в процессе эксплуатации происходит изменение основной характеристики датчика, в результате чего рабочая точка A смещается по кривой изменения скорости, что приводит к значительному изменению времени Δt_n и возрастанию систематической погрешности измерения [5, 8].

Вышесказанное предъявляет высокие требования к датчикам потока в части повышения стабильности характеристики во времени или уменьшения для них межповерочного интервала [2, 7].

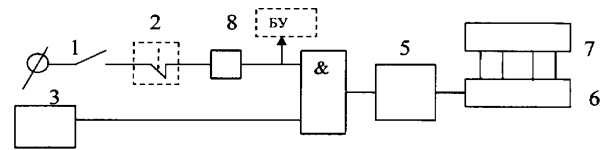
Задачу определения места закупорки на участке трубопроводной системы можно свести к решению задачи определения объема негерметичных емкостей [3]. В общем случае, под пробкой понимается закупорка неполного сечения исследуемого трубопровода вышеуказанными предметами, в результате чего до места расположения пробки образуется негерметичная емкость, которая ограничена стенками трубопровода, закрытой задвижкой с одной стороны и серединой протяженности пробки при ее равномерном распределении в зоне трубы с другой стороны, в противном случае – самой узкой частью между стенкой трубопровода и пробкой [1, 6].

Объем негерметичной емкости определяется ростом во времени давления в ограниченном пространстве при закачке в него, например, воздуха [4]. Причем, изменение давления измеряется широко распространенными приборами измерения давления, например, манометрами.

Предлагаемое устройство содержит источник питания и накопитель импульсов, снабжено датчиком давления, генератором импульсов, схемой совпадения, делителем частоты с переменным коэффициентом деления, цифровым индикатором, причем ключ соединен через нормально замкнутый контакт датчика давления с первым входом схемы

совпадения. Генератор импульсов подключен ко второму входу схемы совпадения, выход которой подсоединен к делителю частоты с переменным коэффициентом деления. Сигнал с выхода делителя частоты поступает на вход накопителя импульсов, к выходам которого подключен цифровой индикатор.

Для дальнейшего повышения точности в устройство дополнительно введен формирователь импульсов (рисунок 2), имеющий задержку сигнала, равную времени запуска источника давления вход формирователя соединен с нормально замкнутым контактом датчика давления, а выход – с первым входом схемы совпадения.



Фиг. 4
Рисунок 2. Устройство для определения места гидратной пробки

Устройство содержит ключ 1, датчик давления 2 в виде, например, манометра, генератор импульсов высокой частоты 3, схему совпадения 4, делитель частоты с переменным коэффициентом деления 5, накопитель (счетчик) импульсов 6, цифровой индикатор 7, формирователь импульсов 8.

Принцип работы устройства следующий.

До и после предполагаемого места образования пробки трубопровод перекрывается имеющимися кранами, задвижками. Полость соединяется с компрессором, вентилятором или другим источником давления монтируется датчик давления на этой полости. После этого замыкают ключ 1, который через нормально замкнутый контакт датчика давления подает разрешающий сигнал на схему совпадения 4 и на запуск компрессора, равномерно закачивающего газ в исследуемую полость.

Импульсы с высокочастотного генератора 3 поступают через схему совпадения 4 на делитель частоты с переменным коэффициентом деления 5, который делит поступающее число импульсов на коэффициент, подбираемый при настройке так, что в счетчик импульсов 6 поступает число импульсов, равное расстоянию от места образования пробки до запорного устройства (крана, задвижки) в удобных единицах измерения (см, м, км).

При достижении заданного давления датчик 2 размыкает свой контакт, и схема совпадения 4 закрывается, одновременно подается сигнал в блок управления БУ на остановку компрессора.

В накопителе импульсов 6 и на цифровом индикаторе 7 отобразится число, равное расстоянию от запорного устройства до места образования пробки.

Поскольку давление в трубопроводе растет по положительной экспоненте, это позволяет добиться

существенного повышения точности определения времени изменения давления в трубопроводе (расстояние до места образования пробки), даже имея датчик давления невысокой точности [5].

На рисунках 1 и 3 обозначены:

V_p – уставка рабочей скорости, при которой происходит срабатывание датчика перемещений в имеющемся устройстве;

P_p – уставка рабочего давления при которой происходит срабатывание датчика давления в предлагаемом устройстве.

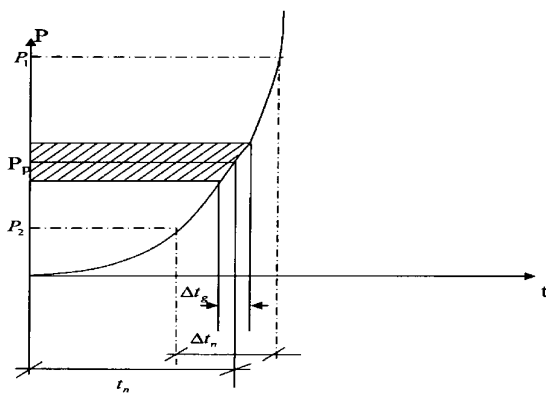


Рисунок 3. Рост давления в трубопроводе при определении места закупорки

P_p – уставка рабочей величины давления, при которой происходит срабатывание датчика давления в предлагаемом устройстве, МПа;

Δt_n – абсолютная погрешность определения места образования пробки, завала существующим устройством; Δt_c – абсолютная погрешность определения места образования пробки, завала предлагаемым устройством

Затрихованная область, внутри которой находится уставка – это значение погрешности датчиков, широко выпускаемых промышленностью.

Как видно из рисунков 1 и 3, при одной и той же погрешности датчиков, погрешность определения места образования пробки предлагаемым устройством значительно ниже, нежели существующим устройством.

Другими словами, для получения одного и того же значения погрешности определения места образования пробки в предлагаемом устройстве можно использовать менее точный, а значит и менее дорогой датчик – датчик давления [5].

На рисунке 3 штрих-пунктирной линией показано, с какой погрешностью можно иметь датчик давления для достижения одинаковой с устройством-прототипом погрешности определения места образования пробки.

Как видно из рисунка 3, датчики давления могут иметь значительный допустимый разброс по погрешности измерения, значительный допустимый износ в процессе эксплуатации, что существенно увеличивает допустимый межповерочный интервал, в результате чего отпадает необходимость в индиви-

дуальной настройке (тарировке) каждого заменяемого датчика давления совместно с устройством.

Кроме того, датчик давления монтируется снаружи, а не внутри трубопровода и, таким образом, не мешает эксплуатировать трубопроводную систему и исключает необходимость демонтажа датчика давления перед началом очистки или исследования трубопроводной системы.

Для исключения влияния дребезга ключа 1 (рисунок 2) и контакта датчика давления 2 в схеме применен высокочастотный генератор импульсов, в результате чего из-за дребезга «выбивается» относительно небольшое число импульсов, которое не регистрируется накопителем импульсов, и все же создает определенную погрешность измерения. С целью исключения и этой составляющей погрешности между нормально замкнутым контактом датчика давления и схемой совпадения включен формирователь импульсов 8, который формирует прямоугольный импульс и не пропускает ложные импульсы, возникающие в результате дребезга контактов. Кроме того, формирователь импульсов формирует задержку разрешающего сигнала на схему совпадения, численно равную времени запуска компрессора или другого источника давления.

Применение импульсного генератора позволяет уменьшить температурную составляющую погрешности измерения.

Пример использования устройства определения места образования пробки в трубопроводной системе показан на рисунке 4.

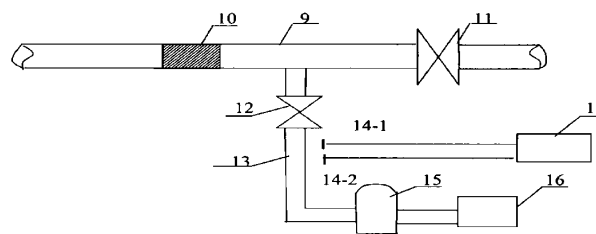


Рисунок 4. Технологическая схема определения места закупорки: 9 – трубопровод; 10 – пробка; 11, 12 – задвижка; 13 – подсоединительная линия; 14-1 – манометр (датчик давления); 14-2 – расходомер; 15 – ресивер; 16 – компрессор (источник давления); 17 – блок управления

Участок трубопровода 9 с пробкой 10 перекрывается с одной стороны задвижкой 11, к любому возможному месту трубопровода между задвижкой и пробкой через задвижку 12 подключается подсоединительная линия 13 с датчиком давления 14-1.

Обнуляется счетчик импульсов 6, в результате чего на индикаторе 7 высвечиваются нули. После этого замыкается ключ 1 устройства и разрешающий сигнал через нормально замкнутый контакт 2 (рисунок 2) датчика давления 14 (рисунок 4) подает раз-

решающий сигнал на схему совпадения 4 и в блок управления компрессора.

Одновременно с запуском компрессора, что соответствует началу отрезка времени t_g на рисунке 3, со схемы совпадения 4 на делитель частоты 5 поступает разрешающий сигнал генератора 3.

Коэффициент деления частоты импульсов подбирается делителем 5 с таким расчетом, чтобы в счетчике импульсов и индикаторе 7 отобразилось число импульсов, соответствующее расстоянию от места образования пробки до задвижки 11.

Подобрать коэффициент деления делителя частоты 5 можно следующим образом. Общий объем $V_{общ}$ будет равен сумме объема полости трубопровода между пробкой и задвижкой $V_{тр}$ и объема подсоединительной линии $V_{л}$:

$$V_{общ} = V_{тр} + V_{л} \quad (1)$$

При производительности компрессора Q выражение (1) можно представить следующим образом:

$$QT_{общ} = QT_{тр} + QT_{л} \quad (2)$$

так как $V_{общ} = QT_{общ}$; $V_{тр} = QT_{тр}$; $V_{л} = QT_{л}$, где $T_{общ}$, $T_{тр}$, $T_{л}$ – время роста давления на одну и ту же величину при работе компрессора соответственно на всю систему, только на трубопровод, только на подсоединительную линию.

При стабильной частоте генератора $T = N$, где N – число временных импульсов, и тогда формулу (2) можно переписать следующим образом:

$$QN_{общ} = QN_{тр} + QN_{л}$$

или

$$QN_{тр} = QN_{общ} - QN_{л}$$

$$\text{А так как } L_{тр} = \frac{V_{тр}}{S_{тр}} = \frac{QN_{тр}}{S_{тр}},$$

где $L_{тр}$ и $S_{тр}$ – соответственно длина (м) трубопровода между пробкой и задвижкой и площадь сечения (m^2) трубопровода на этом участке:

$$\text{то } L_{тр} = \frac{Q}{S_{тр}} (N_{общ} - N_{л}) \quad (3)$$

Поскольку $K_1 = \frac{Q}{S_{тр}} = const$, а при постоянной величине подсоединительной линии $N_{л} = K_2 = const$, то формулу (3) можно переписать в виде:

$$L_{тр} = K_1 (N_{общ} - K_2) \quad (4)$$

В зависимости от производительности компрессора и диаметра трубопровода делителем частоты 5 выставляется коэффициент деления частоты K , равный:

$$K = \frac{1}{K_1} = \frac{S}{Q}$$

Таким образом, окончательное выражение:

$$L_{тр} = \frac{1}{K} (N_{общ} - K_2) \quad (5)$$

Освоение скважин (с помощью сваба, компрессора или струйного насоса) осуществляют для кратковременного вызова притока из пласта, а также последующая эксплуатация скважин могут быть различной, а значит, и длина подсоединительной линии 13 может быть разной, что влечет за собой изменение величины K_2 .

Поправку на длину подсоединительной линии K_2 можно вводить вручную, можно это делать и автоматически путем задания задержки времени t_3 на формирователе импульсов 8, численно равной K_2 , т.е. $t_3 = K_2$.

После схемы совпадения 4 на вход делителя частоты 5 схемы, изображенной на рисунке 2, поступит число импульсов, равное $(N_{общ} - K_2)$, которое затем поделится делителем частоты 5 на коэффициент K , и в результате на счетчике 6 и индикаторе 7 отобразится длина участка трубопровода от задвижки до пробки, т.е. в полном соответствии с формулой (5). Диаграммы работы схемы, изображенной на рисунке 2, приведены на рисунке 5.

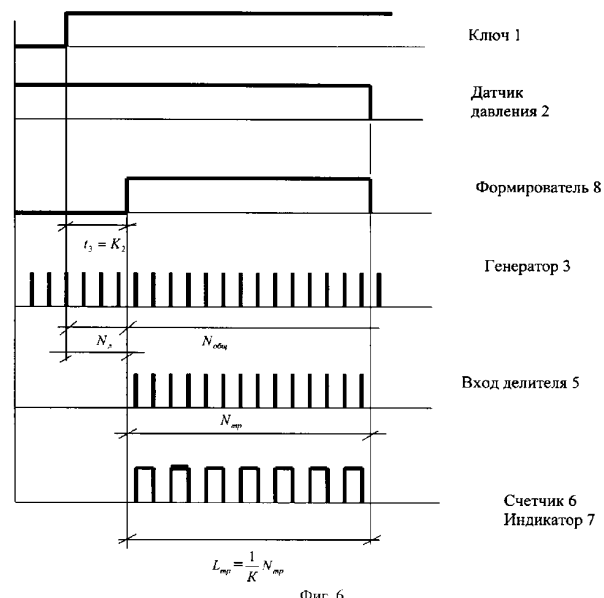


Рисунок 5. Диаграмма работы схемы определения места образования закупорки

Выводы

Таким образом, предложенное автоматическое устройство определения места закупорки, основанное на измерении изменения давления в негерметичной емкости, образованной собственно пробкой, задвижкой и стенками трубопровода, значительно проще и позволяет более точно определять местонахождение пробки в трубопроводной системе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1 Движение газожидкостных смесей в трубопроводах /Корнилов Г.Г. и др. Уфа: УГАТУ, 1999. 412 с.
- 2 Кремлевский П.П. Методы и приборы для измерения расхода и количества жидкости, газа и пара. М.: «Наука», 1979. 140 с.
- 3 Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. М.: «Наука», 1973. 247 с.
- 4 Лазовский Л.И., Смотрицкий Ш.М. Автоматизация измерения продукции нефтяных скважин. М.: «Недра», 1975. 168 с.
- 5 Мазур Л.А., Рейх Н.Н. Основы метрологии. М.: «Наука», 1974. - Ч.3. 75 с.
- 6 Макогон Ю.Ф. Газовые гидраты, предупреждение их образования и использование. М.: «Недра», 1985. – 232 с.
- 7 Автоматизированный учет нефти и нефтепродуктов при добыче, транспорте и переработке /Фатхутдинов А.Ш. и др. М.: «Недра», 2002. 417 с.
- 8 Черников П.П., Шарипов Б.У., Кишуров В.М. Метрологическое обеспечение точности механических и электрических измерений: учебное пособие/ УГАТУ. Уфа, 2004. 81 с.

REFERENCES

- 1 Dvizhenie gazozhidkostnyh smesei v truboprovodah /Kornilov G.G. [i dr.]. Ufa: UGATU, 1999. 412 s. [in Russian].
- 2 Kremlevskii P.P. Metody i pribory dlya izmereniya rashoda i kolichestva zhidkosti, gaza i para. M.: «Nauka», 1979. 140 s. [in Russian].
- 3 Lavrent'ev M.A., Shabat B.V. Problemy gidrodinamiki i ih matematicheskie modeli. M.: «Nauka», 1973. 247 s. [in Russian].
- 4 Lazovskii L.I., Smotrickii Sh.M. Avtomatizaciya izmereniya produkcii neftnyanyh skvazhin.M.: «Nedra», 1975. 168 s. [in Russian].
- 5 Mazur L.A., Reih N.N. Osnovy metrologii. M.: «Nauka», 1974. - Ch.3. 75 s. [in Russian].
- 6 Makogon Yu.F. Gazovye gidraty, preduprezhdenie ih obrazovaniya i ispolzovanie. M.: «Nedra», 1985. 232 s. [in Russian].
- 7 Avtomatizirovannyi uchet nefti i nefteproduktov pri dobyche, transporte i pererabotke /Fathutdinov A.Sh. [i dr.]. M.: «Nedra», 2002. 417 s. [in Russian].
- 8 Chernikov P.P., Sharipov B.U., Kishurov V.M. Metrologicheskoe obespechenie tochnosti mehanicheskikh i

elektricheskikh izmerenii: ucheb. posobie/ UGATU. Ufa, 2004. 81 s. [in Russian].

Султанов Р.Г., канд. техн. наук, доцент, зав. кафедрой «Автоматизация производственных процессов», филиал ФГБОУ ВПО УГАТУ, г. Ишимбай, Российская Федерация
R.G. Sultanov, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Chair «Automation of Production Processes», FSBEI HPE USATU, Ishimbay Branch, Ishimbay, the Russian Federation
sergey.graf.76@mail.ru

Яруллин Ч. А., канд. техн. наук, профессор, директор филиала ФГБОУ ВПО УГАТУ, г. Ишимбай, Российская Федерация
Ch.A. Yarullin, Candidate of Engineering Sciences, Professor, Head of Ishimbay Branch FSBEI HPE USATU, Ishimbay, the Russian Federation

Хуснутдинов Д.З., старший преподаватель кафедры «Автоматизация производственных процессов», филиал ФГБОУ ВПО УГАТУ, г. Ишимбай, Российская Федерация
D.Z., Khusnutdinov, Senior Teacher of the Chair «Automation of Production Processes» FSBEI HPE USATU, Ishimbay Branch, Ishimbay, the Russian Federation