

Рис. 2. Принципиальная схема часов

УДК 004

## СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СЕПАРАЦИЕЙ С ПОВЫШЕНИЕМ КОНТРОЛЯ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ НЕФТЕГАЗОВОЙ СМЕСИ

Дуткевич И.П.

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет,  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: igord\_91@mail.ru

### Введение

В процессе добычи из нефтяных скважин извлекается смесь, состоящая из нефти, сопутного нефтяного газа, воды и механических примесей. Для транспортировки продукции по магистральным нефтепроводам нефть должна быть освобождена от воды, газа и очищена от посторонних примесей. Эту задачу выполняет устройство, называемое нефтегазосепаратором (НГС) [1,2].

### Математическое описание данного решения

Для постановки задачи повышения эффективности сепарации формализуем происходящие процессы на основе их математического описания. Средний размер пузырьков газа в

турбулентном потоке нефти на входе НГС определяется в зависимости от плотности и вязкости нефти, поверхностного натяжения на границе раздела фаз, диаметра трубопровода и скорости течения смеси по формуле:

$$d_r = \begin{cases} 1,4DW_e^{0,6}, & \text{при } W_e^{0,6}R_e^{0,56}F_r^{-0,5} \leq 1,36; \\ 1,9DF_r^{0,5}R_e^{-0,56}, & \text{при } W_e^{0,6}R_e^{0,56}F_r^{-0,5} > 1,36, \end{cases} \quad (1)$$

где  $W_e$  – число Вебера, которое отражает соотношение между силой поверхностного натяжения и силой инерции и определяется по формуле:

$$W_e = \frac{\sigma_{сг}}{\rho_c D \omega^2}, \quad (2)$$

где  $\sigma_{сг}$  – поверхностное натяжение на границе газ – дисперсионная среда;  $\rho_c$  – плотность дисперсионной среды  $D$  – внутренний диаметр трубопровода;  $R_e$  – число Рейнольдса;  $w$  – средняя скорость течения;  $F_r$  – число Фруда, которое характеризует отношение силы инерции и силы тяжести:

$$F_r = \frac{\omega^2}{gD}, \quad (3)$$

Математическая модель сепарации должна учитывать зависимость пропускной способности сепаратора (производительности) от размеров его камер и требований к характеристикам товарной нефти. Необходимый объем, заполняемый жидкостью, определяется из соотношения:

$$V_c = 0,25Q_{ж}, \quad (4)$$

Рекомендуемый объем, заполняемый жидкостью, составляет треть объема технологической емкости. Необходимое условие эффективного выделения газа из нефти –  $\{v_{ж} < \omega_r, t_{ж} > t_r\}$ , где  $v_{ж}$  – скорость стока жидкости из сепаратора;  $\omega_r$  – скорость всплывания пузырьков газа в жидкости;  $t_{ж}$  – время всплывания жидкости в сепараторе;  $t_r$  – время всплывания пузырьков газа из жидкости.

Математическая модель сепарации должна учитывать зависимость пропускной способности сепаратора (производительности) от размеров его камер и требований к характеристикам товарной нефти. Тогда пропускная способность сепаратора по жидкости определяется в соответствии с формулой:

$$v_{ж} = \frac{Q_{ж}}{86400S}, \quad (5)$$

Необходимо учитывать также явления, связанные с пенообразованием и наличием в первой камере сепаратора так называемого промслоя, представляющего собой эмульсию нефти и воды. Учесть перечисленные явления в рамках детерминированной математической модели не представляется возможным, поэтому для количественной оценки эффективности предлагается использовать метод имитационного моделирования [2, 3].

Увеличение числа ступеней сепарации более двух незначительно изменяет характеристики нефти, однако приводит к существенному удорожанию нефтегазосборной системы. Поэтому в данной работе поставлена задача модернизации обычного трехфазного горизонтального нефте-газосепаратора с целью повышения его эффективности.

Для этого в известную схему автоматизированного управления НГС, содержащую вентиль 1, датчик давления 2, аварийный датчик жидкости 3, мультифазный датчик жидкости 4, датчик жидкости 6, датчик расхода газа 7, датчики расхода нефти 8 и воды 13, насосные установки для нефти 9 и воды 12, вводятся датчики давления первой камеры 11 и второй камеры 10, а также датчик температуры 5 (рис. 1).

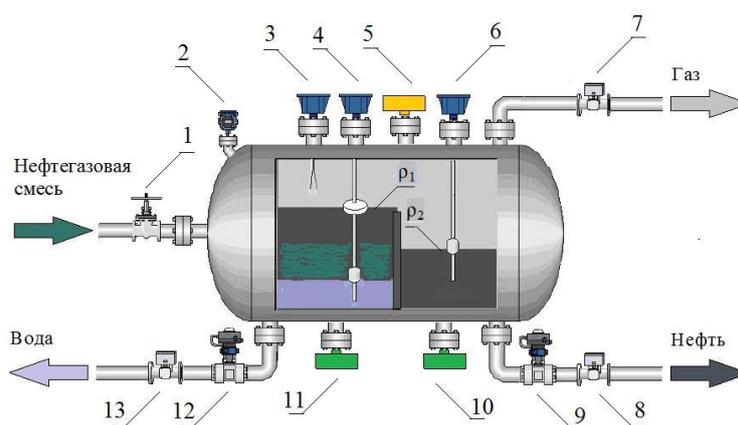


Рис. 1. Горизонтальный трехфазный нефтегазосепаратор с дополнительно установленными датчи-ками давления жидкости и температуры

Эффективность сепарации определяется степенью очистки газа от капельной жидкости и жидкости от газа, предельной средней скоростью газа

в свободном сечении сепаратора и времени задержки жидкости в сепараторе. Последний фактор зависит, в том числе от времени разделения нефтесодержащей смеси в первой камере сепаратора. Рис. 2 наиболее соответствует реальной ситуации, поскольку сама эмульсия по составу и плотности (градиентная эмульсия) неоднородна, что затрудняет управление процессом сепарации только с помощью датчиков уровня.

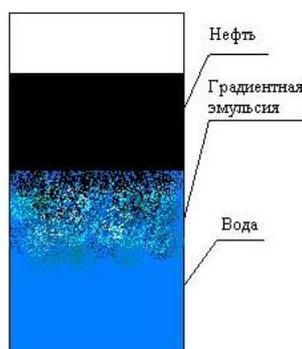


Рис. 2. Соотношение нефти, эмульсии и воды в первой камере сепаратора

Независимо от формы резервуара сила давления на дно зависит только от площади поверхности, испытывающей давление, глубины заполнения  $h_{ж}$  и плотности жидкости  $\rho_{ж}$ , т. е. не зависит от количества жидкости в НГС [2]. Тогда плотность жидкости в камерах определяется как:

$$\rho = \frac{\rho_{д} - \rho_{н}}{gh_{ж}}, \quad (3)$$

Основным контролируемым параметром при этом будет разность плотностей жидкости в камерах (дифференциальная плотность), определяемая формулой:

$$\Delta\rho = \rho_1 - \rho_2, \quad (4)$$

где  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  – плотности жидкости в первой и второй камерах соответственно.

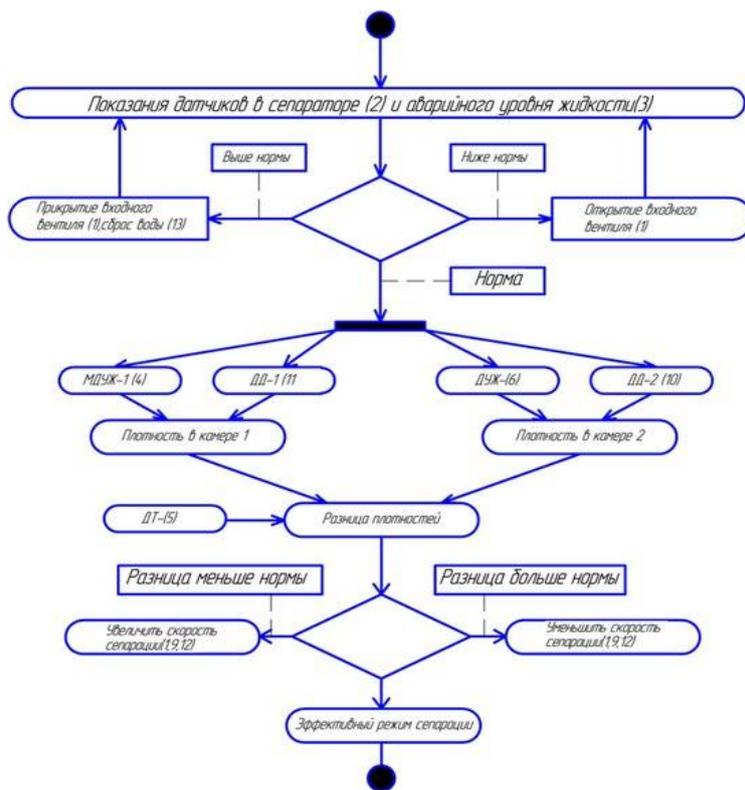


Рис. 3. Алгоритм повышения эффективности режима сепарации

Алгоритм автоматического поддержания эффективного режима сепарации, учитывающий фактор неоднородности эмульсии, представлен на рис. 3. В первую очередь проверяются показания аварийных датчиков давления и уровня жидкости в НГС. При соответствии норме измеряются показания мультифазного датчика уровня 4 и датчика давления 1 для определения плотности жидкости  $\rho_1$  в первой камере НГС. Аналогично измеряются показания датчика уровня 6 и датчика давления 2 для определения плотности жидкости  $\rho_2$  во второй камере НГС. На основании этих данных определяется дифференциальная плотность. В случае отклонения показаний от заданного значения на исполнительные устройства 1, 9, 12 подаются управляющие сигналы. Плотность воды при температуре 20 °С составляет 0,998 г/см<sup>3</sup>, плотность нефти порядка 0,850 г/см<sup>3</sup> [5]. Плотности воды и нефти по-разному изменяются с изменением температуры [4], с целью коррекции этой разницы введен датчик температуры 5. Данный алгоритм работы НГС является упрощенным. Его цель – реализовать повышение эффективности сепарации с помощью контроля дифференциальной плотности нефтегазовой смеси.

### Заключение

Таким образом, по результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- Эффективность рассматривается как максимальная производительность нефтегазо-сепаратора, при которой качество получаемой нефти соответствует принятым нормам.
- Введение в схему сепаратора датчиков давления жидкости первой и второй камер НГС, а также датчика температурной коррекции позволяет повысить эффективность сепарации.

### Список литературы

1. Нефтегазовая микроэнциклопедия. – М.: Российский университет нефти и газа им. И.М. Губкина, 2005. – 345 с.
2. Автономный автоматизированный комплекс управления нефтегазосепаратором [Электронный ресурс]: <http://neftegaz.ru/anali>
3. Жданов О.П., Шаталов В.И. Система измерения уровня и межфазных границ многокомпонентных продуктов УМФ300 в решении актуальных технологических задач подготовки нефти // Сфера. Нефть и Газ. – 2011. – № 1. – С. 34–40.
4. Заргарьян К.Р. Специализированные датчики давления для нефтяной, химической и газовой промышленности [Электронный ресурс]: <http://www.bdsensors.ru/pdf/articles/special.pdf>
5. ГОСТ 3900-85. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности [Электронный ресурс]: [http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/558493/neft\\_i\\_nefteprodukty\\_metody\\_opredeleniya\\_plotnosti.pdf](http://www.complexdoc.ru/ntdpdf/558493/neft_i_nefteprodukty_metody_opredeleniya_plotnosti.pdf)

УДК 004

## СТАБИЛИЗАЦИЯ АПЕРИОДИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДНОГО ПРОЦЕССА ИНТЕРВАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ АДАПТИВНО-РОБАСТНОГО РАЗМЕЩЕНИЯ ПОЛЮСОВ

Хожаев И.В., Езангина Т.А.

Научный руководитель: Гайворонский С.А.

Национальный Исследовательский Томский политехнический университет,  
634050, Россия, г. Томск, пр. Ленина, 30  
E-mail: [khozhaev.i@gmail.com](mailto:khozhaev.i@gmail.com), [eza-tanya@yandex.ru](mailto:eza-tanya@yandex.ru)

*The paper is dedicated to a development of a method of an adaptive control system synthesis. The main aim of considered research is to develop a method of synthesizing a control system, capable to keep stable desired control quality despite uncertain parameters. The research resulted into the method based on a previously developed robust control system synthesis method and system poles allocation according to a domination principle. The method allows to synthesize a system with an aperiodic transient process, having constant setting time and zero overshoot despite uncertain parameters.*

**Key words:** control system, adaptive control, robust control, interval parameter, system pole, domination principle, aperiodic transient process.

**Ключевые слова:** система управления, адаптивное управление, робастное управление, интервальные параметры, полюсы системы, принцип доминирования, аperiodический переходный процесс.

### Введение

Адаптивно-робастный подход к размещению полюсов систем с интервальными параметрами позволяет одновременно учесть неопределенность параметров системы и точно задать желаемое качество регулирования. Разработаем методику синтеза адаптивно-робастного регулятора, обеспечивающего в интервальной системе аperiodический переходный процесс с постоянными значениями показателей качества.

### Разработка методики синтеза адаптивно-робастного регулятора