

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОДЕГИДРАТОРОМ НА БАЗЕ ПИД АЛГОРИТМА НА УПН СУЗУНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.А. Сидорова, А.В. Воробьева  
Томский политехнический университет  
E-mail: avv55@tpu.ru

В статье рассматривается необходимость применения обезвоживания и обессоливания нефти. Описывается технологический процесс обессоливания нефти с помощью обессоливающей установки – электродегидратора. Выявлены задачи, которые планируется решить в ходе автоматизации процесса. Разработаны схемы автоматических систем регулирования расхода и уровня обессоленной и обезвоженной нефти.

### Введение

Находясь в условиях жесткой конкуренции, связанной с рыночными ценами на сырье и условиями продажи, предприятия нефтехимической промышленности заинтересованы в автоматизации как можно большего количества технологических процессов. Автоматизированные системы управления позволят не только обезопасить персонал, работающий непосредственно на промысле, от влияния вредных факторов, но и улучшить качество получаемого продукта и наладить бесперебойную работу установок подготовки нефти [1].

### Объект автоматизации

Добываемая на промыслах нефть содержит много примесей: вода, газ, песок, частицы породы. Перед подачей такого сырья в системы магистральных нефтепроводов необходимо добиться нужного уровня качества [2,3].

Обессоливание – одна из важнейших стадий подготовки нефти на УПН к транспортировке, так как высокое содержание солей способствует коррозии технологического оборудования нефтепроводов и установок по переработке нефти, закупориванию теплообменной аппаратуры и впоследствии выводит оборудование из строя, влияя на качество продукта. Нефть подвергают обессоливанию на электродегидраторах (специальных обессоливающих установках). Для этого нефть, предварительно обезвоженную, тщательно перемешивают с небольшим количеством пресной воды (3-10% от объема нефти). Происходит слияние капель добавленной пресной воды с каплями пластовой воды. После чего осуществляется процесс деэмульсации (расслоение полученной водонефтяной эмульсии на нефть и воду)

Снижение содержания солей в нефти позволяет увеличивать ресурсы установок, уменьшить коррозию аппаратуры, сократить расход топлива, снизить расходы катализаторов.

Разработка системы управления технологическими процессами, протекающими в

электроде-гидраторе, будет производиться на базе ПИД алгоритма [4-7]. В качестве регулируемого параметра определим расход обезвоженной и обессоленной нефти на выходе электродегидратора в одном случае и уровень в другом.

1. Система автоматического регулирования расхода обессоленной и обезвоженной нефти.

Для управления выбран участок трубопровода между точкой измерения расхода и регулирующим органом. Длина участка определяется правилами установки датчика и регулирующих органов. Участок «расход вещества через клапан – расход вещества через расходомер» описывается аperiodическим звеном первого порядка с чистым запаздыванием, время которого составляет несколько секунд [8].

Приведем передаточную функцию объемного расхода жидкости:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(p)} = \frac{1}{Tp+1} e^{-\tau_0 p},$$

$$\text{где } T = \frac{2Lfc^2}{Q}, \tau_0 = \frac{Lf}{Q}, c = \frac{Q}{f} \sqrt{\frac{\gamma}{2\Delta p g}}, Q_k(p) -$$

объемный расход жидкости после клапана;  $Q(p)$  – измеряемый объемный расход жидкости (до клапана);  $\gamma$  – удельный вес жидкости (800 кгс/м<sup>3</sup> – для нефти);  $L$  – длина участка трубопровода между точкой измерения и точкой регулирования;  $d$  – диаметр трубы;  $f$  – площадь сечения трубы;  $\Delta p$  – перепад давления на трубопроводе;  $\tau_0$  – запаздывание;  $T$  – постоянная времени.

Исходные данные для заданной конструкции аппарата:

$$L = 10 \text{ м}; d = 0,1 \text{ м}; \Delta p = 1 \text{ МПа} = 101971 \text{ кгс/м}^3;$$

$$Q = 200 \text{ м}^3/\text{ч} = 0,0556 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$f = \frac{\pi r^2}{2} = 3,14 \cdot \frac{0,1^2}{8} = 0,003925 \text{ м}^2;$$

$$T = \frac{2Lfc^2}{Q} = \frac{LQ\gamma}{\Delta p f g} = \frac{10 \cdot 0,0556 \cdot 800}{101971 \cdot 0,00393 \cdot 9,8} = 0,113;$$

$$\tau_0 = \frac{Lf}{Q} = \frac{10 \cdot 0,003925}{0,0556} = 0,706.$$

Передаточная функция имеет вид:

$$W(p) = \frac{Q_k(p)}{Q(p)} = \frac{1}{0,113p+1} e^{-\tau_0 p}.$$

Система управления состоит из двух замкнутых контуров регулирования: контура регулирования электропривода и внешнего контура регулирования расхода.

На рис. 1 показана структурная схема системы автоматического регулирования расхода обессоленной и обезвоженной нефти на выходе из электродегидратора.

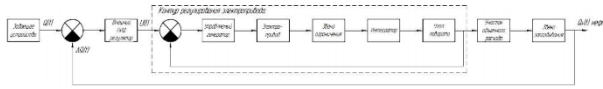


Рис. 1. Функциональная схема автоматической системы регулирования расхода нефти

Выполним моделирование системы регулирования расхода нефти на выходе электродегидратора при помощи пакета математического моделирования Matlab Simulink (рис. 2).

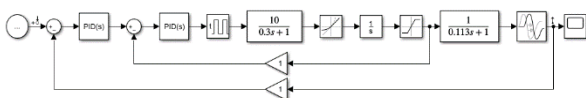


Рис. 2. Схема системы автоматического регулирования расхода нефти

Построим график переходного процесса САР расхода нефти с использованием ПИД-алгоритма [7].

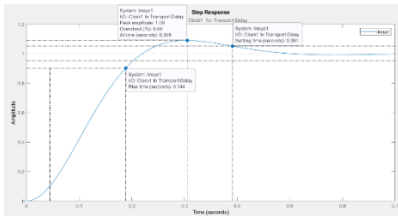


Рис.3. Переходный процесс, отражающий расход нефти

2. Система автоматического регулирования уровня обессоленной и обезвоженной нефти (рис. 4).

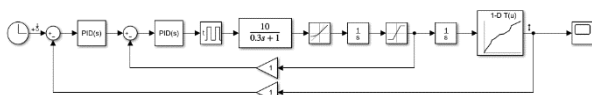


Рис. 4. Схема системы автоматического регулирования уровня обессоленной нефти на выходе электродегидратора

Построим график переходного процесса САР уровня нефти на рисунке 5.

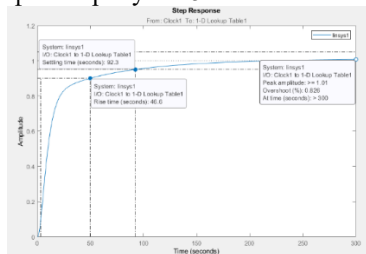


Рис. 5. Переходный процесс, отражающий изменение уровня нефти

Анализируя полученные результаты можно сделать вывод о том, что САР, настроенная на базе ПИД алгоритма, обладает оптимальными параметрами и отвечает заданным требованиям процесса обессоливания нефти.

#### Заключение

Обессоливание нефти является важным технологическим процессом, прежде всего из-за подверженности металлического оборудования коррозионному воздействию солей. Для минимизации потерь и увеличения времени бесперебойной работы всей УПН разработана схема САР автоматического регулирования расхода и уровня обезвоженной и обессоленной нефти. Внедрение полученной системы на УПН Сузунского месторождения позволит уменьшить расходы ПАО «НК «Роснефть» посредством снижения расхода дорогостоящих деэмульгаторов, увеличить ресурс установок и улучшить качество нефти.

#### Список использованных источников

1. Сидорова А.А. Разработка системы управления подготовкой нефти// Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVI Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных/ ТПУ. – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – С. 213-214.
2. Автоматизация технологических процессов добычи и подготовки нефти и газа: учеб. пособие для вузов / Е. Б. Андреев [и др.]. – М.: Недра-Бизнесцентр, 2008. – 399 с.
3. Голубятников В.А. Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. – М.: «Химия», 2005 г. – 170с.
4. Сидорова А.А. Выбор эффективного метода настройки ПИД-регулятора// Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Д-Принт, 2017. – С. 175–176.
5. Сидорова А.А., Михеева О.В. Исследование метода РЧХ для настройки ПИД-регулятора// Молодежь и современные информационные технологии: Труды XIV Всерос. научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – С. 295–296.
6. Сидорова А.А., Королева Е.Р. Исследование методов настройки промышленного ПИД-регулятора// Молодежь и современные информационные технологии: Сборник трудов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – С. 214–216.
7. Сидорова А.А., Малышенко А.М. Анализ эффективности алгоритмов автоматической настройки адаптивных промышленных ПИД-регуляторов Известия Томского политехнического университета. – 2011. – Т. 318. – № 5. – С. 110–115.
8. Тронов, В. П. Промысловая подготовка нефти / В. П. Тронов. – Казань: ФЭн, 2000. – 416 с.