

КОКИШЕВ Д.А. , бакалавр
Satbayev University, Республика Казахстан,
г. Алматы

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ПЕРЕРАБОТКИ НЕФТИ НА ОСНОВЕ SMART-ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В данной работе исследована система автоматического управления процессами переработки нефти на основе smart-технологий, введенных в производственный процесс на Павлодарском нефтехимическом заводе.

Нами рассмотрен технологический процесс переработки нефти на Павлодарском нефтехимическом заводе. В качестве объекта управления выбран трехфазный сепаратор, играющий важнейшую роль при очистке нефти от газа и воды. Кроме этого, рассматривается классификация сепараторов в зависимости от технологического процесса.

Построена математическая модель трехфазного сепаратора, получены графики переходного процесса, произведены анализ динамических свойств математической модели, проверка на устойчивость системы, высчитывание предельных параметров системы. Были получены прямые и косвенные оценки качеств переходного процесса системы. На основе данных результатов нами был построен ПИД-регулятор, имевший целью улучшение процесса в целом. Параметры ПИД-регулятора были получены путем использования искусственного интеллекта, который представлен в данной работе алгоритмом роя частиц, на сегодняшний день широко применяющимся во многих отраслях жизнедеятельности. Полученный регулятор на основе алгоритма роя частиц имеет ряд преимуществ.

Ключевые слова: Трёхфазный сепаратор, алгоритм роя частиц, ПИД-регулятор, параметр роя частиц.

Трёхфазные сепараторы используются для разделения скважинной сырой нефти на три части: воду, нефть и газ. Для обеспечения оптимальной работы трехфазного сепаратора должна быть создана соответствующая система управления. Текущая методика настройки ПИД не обеспечивает оптимальную реакцию системы сепаратора. Реакции на превышение скорости, смещение, установившуюся ошибку и нестабильность системы — вот некоторые из проблем, с которыми приходится сталкиваться при работе с ПИД. Кроме того, используемый в настоящее время метод основан исключительно на пробах и ошибках, которые сами по себе отнимают много времени.

Существует возможность для совершенствования существующей методики настройки ПИД. С целью улучшения отклика системы трехфазного сепаратора вводится метод ПИД-настройки искусственного интеллекта (AI), называемый оптимизацией роя частиц (PSO — Particle Swarm Optimization).

Алгоритм PSO имитирует поведение стай птиц или рыб, стремящихся к своему глобальному наилучшему положению [13]. В нашем случае глобальная наилучшая позиция заменяется оптимизированными параметрами настройки ПИД для сепаратора. Алгоритм PSO был использован в нескольких других приложениях; к примеру, это бесщеточный двигатель постоянного тока и система управления шариком и лучом. PSO оказался эффективным методом настройки;

наладка трехфазного сепаратора с его помощью может оказаться эффективным решением для нефтегазовой промышленности.

Итак, для настройки регулятора уровня трехфазного сепаратора был введен метод искусственного интеллекта (ИИ), известный как оптимизация роя частиц (PSO).

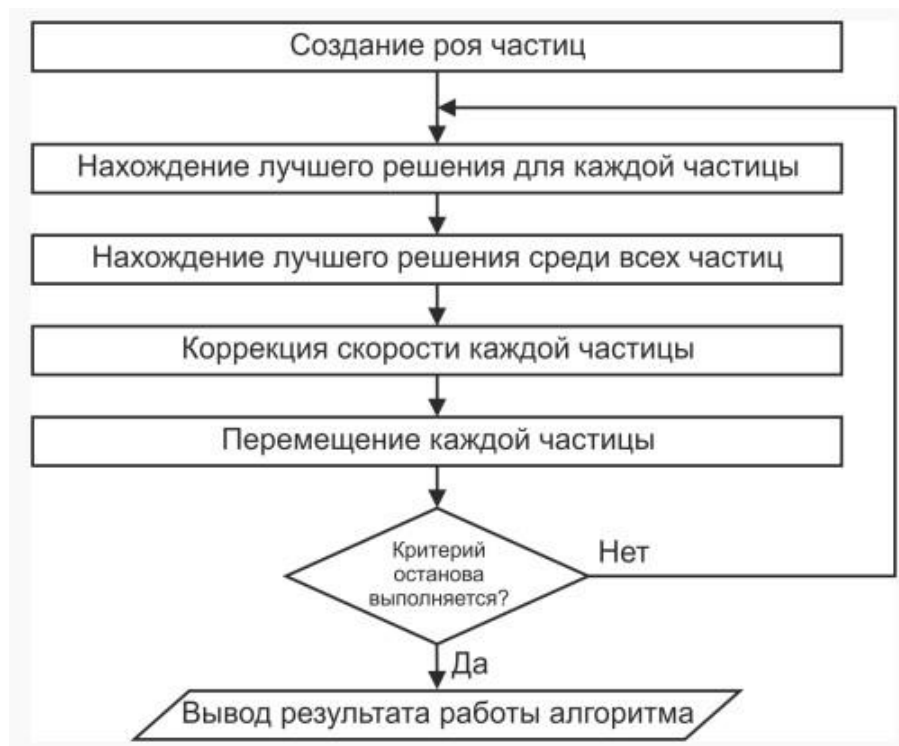


Рисунок 1. Логика роя частиц

Рассмотрим принципы инициации алгоритма. Прежде всего в некой плоскости (области поиска) случайно создается рой частиц; у каждой из них свой вектор скорости. В каждой точке координат, в которой находилась частица, вычисляется значение целевой функции. Каждая частица запоминает наилучшее значение и его координаты. После каждой итерации частицы корректируют свою скорость относительно лучшего значения целевой функции; это необходимо, чтобы быть как можно ближе к нему, уменьшая расстояние (то есть ошибку), а также быть ближе к глобальному лучшему значению. Через некоторое время частицы должны собраться в одном месте и найти наиболее подходящее значение с допустимой погрешностью ϵ .

Логика алгоритма для данной работы показана на рисунке 2.

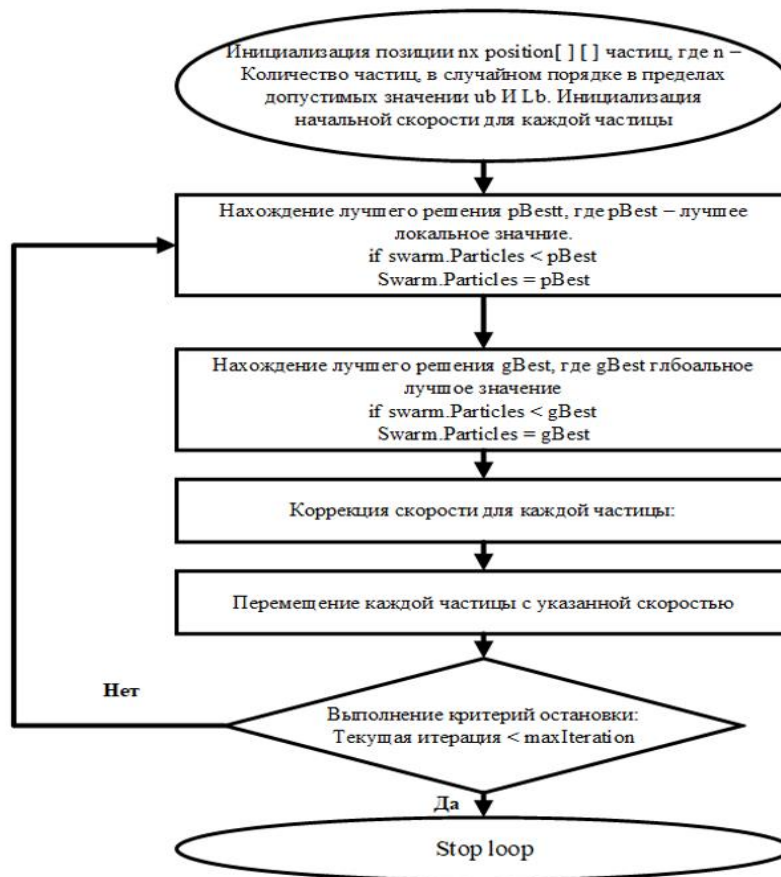


Рисунок 2. Алгоритм PSO для объекта управления

На основе нижеуказанной логики будет построен алгоритм для оптимизации ПИД-регулятора. В первую очередь необходимо объявить переменные начальной популяции роя, максимальное количество точек роя («птиц»), инерцию и скорость движения роя.

```

clear; clc; n = 40; cat_steps = 40
dim = 2; % Dimension of the problem
c2=1.2; %PSO #1 Parametr
c1=0.14; %PSO #2 Paramter
v=1.2;
fitness=0.4937*ones(n,cat_steps);
    
```

Рисунок 3. Функция по умолчанию объявления переменных

Рассмотрим результаты исследования. Для построения регулятора на основе PSO нами были взяты эксплуатационные данные по расходам воды и нефти, линеаризованная модель которых приводит к следующей форме:

$$34.31 \frac{d\Delta h(t)}{dt} = Q_{in}(t) - 1.34\Delta h(t) - 9.64\Delta u(t),$$

Ниже представлена структурная схема математической модели, выполненная в среде Simulink.

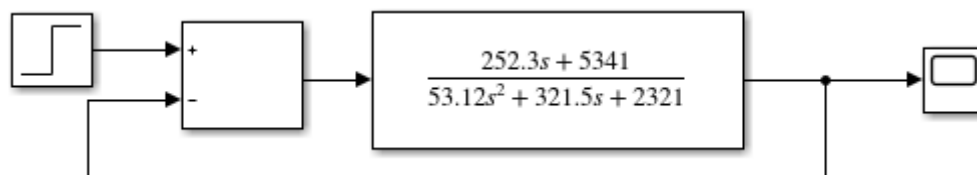


Рисунок 4. Структурная схема Matlab

В виде знака качества нами был выбран квадратично-интегральный критерий: он дает общую оценку времени регулирования, а также позволяет видеть степень отклонения заданной величины от желаемого значения в переходном процессе. Относительно абсолютного значения от ошибки он выглядит следующим образом:

```
err = 1-y;
error1=err*err';
ise=abs(sum(err))
o = ise;

end
```

Рисунок 5. Интегральный критерий качества

Вследствие успешного написания кода мы получили следующие параметры ПИД-регулятора:

```
Particle Swarm number: 40
Particle Swarm Cost: 212135.35
Particle Swarm Parameters: 1.231 5.233 2.122
Iteration: 40
-----
Best cost: 28121.321
Best Parameters: 0.4321 3.4351 0.4135
```

Рисунок 6. Результат выполнения алгоритма роя частиц (PSO)

В итоге нами были получены следующие параметры: $K_p = 0.4321$; $K_i = 3.4351$; $K_d = 0.4135$ для ПИД-регулятора. Впоследствии эти коэффициенты вводятся в настройки ПИД-регулятора и сравниваются с обычной системой без регулятора в среде MATLAB.

Ниже представлена схема, созданная в среде Simulink и базирующаяся на математических моделях с ПИД-регулятором PSO, ПИД-регулятором Autotune и без ПИД-регулятора.

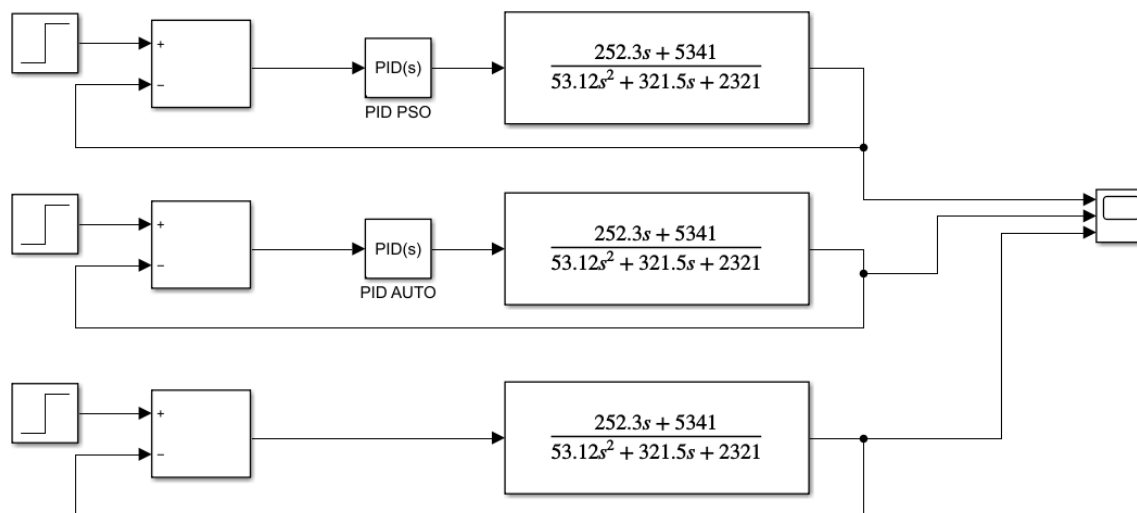


Рисунок 7. Структурная схема для сравнения переходных процессов с регулятором и без регулятора

На следующем рисунке показан график переходного процесса систем. Система с ПИД-регулятором PSO показана черным цветом, с ПИД-регулятором AutoTune — красным; системы без ПИД-регулятора показаны синим цветом.

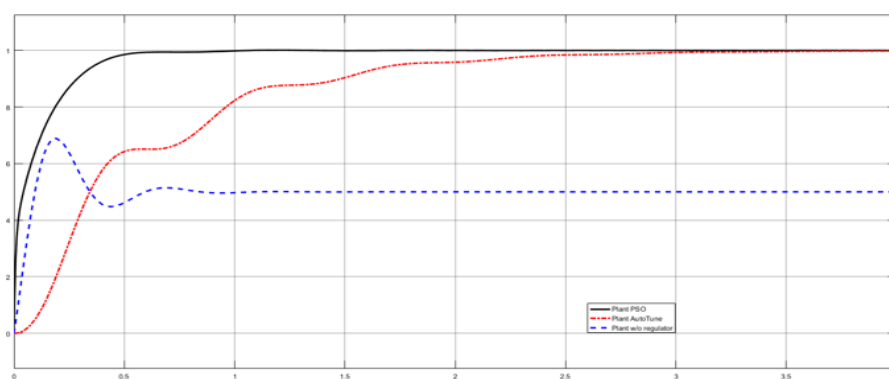


Рисунок 6. Результаты моделирования

Список литературы:

1. Wu K., Yu C, Cheng Y. A two degree of freedom level control. Journal of Process Control, 2001 – pp 311-319.
2. Zhenyu Y., Juhl M., Lohndorf B. On the innovation of level control of an offshore three-phase separator. Mechatronics and Automation (ICMA), 2010. pp. 1348-1353.
3. Воронов А.А. Теория автоматического управления. Часть 1. - Москва: Высшая школа, 1986. – 367 с
4. Воронов А. А. Теория автоматического управления. Часть 2. - Москва: Высшая школа, 1986. – 367 с