

# ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ С ЭКСПОНЕНЦИАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТЬЮ

Карки А.<sup>1</sup>, Леонов С.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Томский политехнический университет, ОИС ИШИТР, гр. 6ВМЗ1ПИШ, e-mail: aleksandr11@tpu.ru

<sup>2</sup> Томский политехнический университет, ОИС ИШИТР, доцент, e-mail: leonov@tpu.ru

## Введение

Процессы с экспоненциальной зависимостью одной величины от другой встречаются как в природе, так и в технике. Многие процессы в химии также развиваются по экспоненциальному закону. Поэтому важно уметь управлять этими процессами с приемлемым качеством управления. Целью работы было повышение качества регулирования процессов с экспоненциальной зависимостью. Задачи: изучить модель системы и найти способ улучшить качество регулирования.

## Описание системы

В качестве процесса с экспоненциальной зависимостью использована модель управления шаровым краном. Регулируемой величиной является расход жидкости, изменение расхода происходит через перемещение затвора регулирующей арматуры.

Зависимость расхода от угла поворота затвора шарового крана возможно найти опытным путём. Конструкция шаровых кранов любого диаметра одинаковая, поэтому зависимость в относительных единицах для всех кранов одна. На рис. 1 показана пропускная характеристика крана диаметром 150 мм [1] и результат аппроксимации.

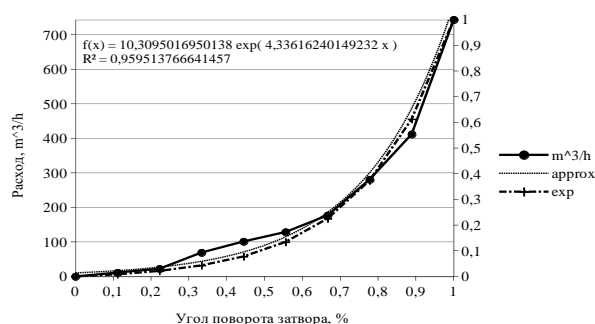


Рис. 1. Пропускная характеристика для крана DN150

Нормализованная аппроксимация пропускной характеристики шарового крана на модели представлена блоком «angle\_to\_flow» и выражается формулой

$$Kv(x) = \frac{e^{4,336x} - 1}{e^{4,336} - 1}, \quad (1)$$

где  $x$  – нормализованный угол поворота затвора шарового крана.

Для компенсации нелинейности при регулировании выразим  $x$  из (1) – на модели функция представлена блоком «flow\_to\_angle»:

$$\alpha(y) = \frac{\ln((e^{4,336} - 1) \cdot y + 1)}{4,336}, \quad (2)$$

где  $y$  – нормализованный расход.

## Моделирование

Для демонстрации эффективности подхода были составлены две модели в пакете Simulink. Одна модель с И-регулятором и компенсирующим нелинейность блоком «flow\_to\_angle» – представлена на рис. 2 (параметр регулятора: И – 0,05112652115087). Другая модель без блока «flow\_to\_angle» использует ИД-регулятор (параметры: Д – 0,025560084022912, И – 0,050438160534976). На рис. 3 представлена модель управления шаровым краном по положению – блок «motor\_and\_valve» (значения регулятора: П – 37,100595712666625, Д – 0,00558276796328). Графики переходных процессов представлены

на рис. 4, из них видно, что обе модели выходят на уставку и справляются с возмущением, модель без блока «flow\_to\_angle» выходит на уставку быстрее.

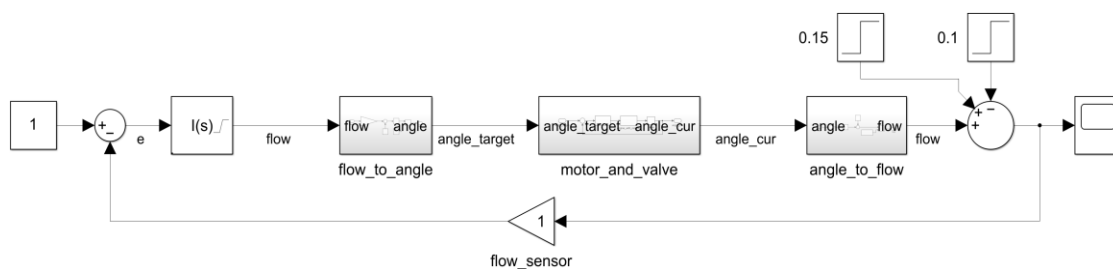


Рис. 2. Модель системы в Simulink

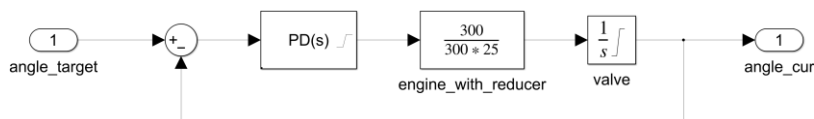
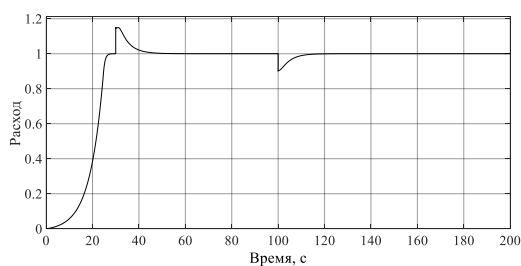
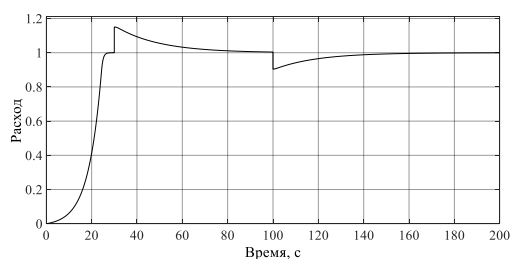


Рис. 3. Модель блока «motor and valve»

Отличия более значительные при выходе на уставку в диапазоне от 0,1 до 0,5. На рис. 5 представлены графики переходных процессов для уставки 0,1. Так как регуляторы настроены на уставку 1,0, при которой максимальная скорость изменения расхода от поворота затвора, для выхода на уставку 0,1 воздействие слишком слабое и система без компенсации не успевает достиг уставки за 200 секунд.

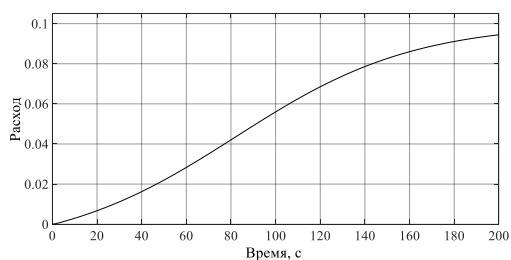


а – для модели без блока «flow\_to\_angle»

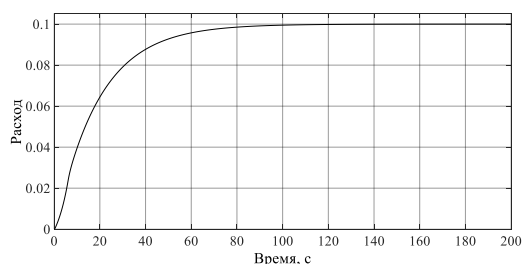


б – для модели с блоком «flow\_to\_angle»

Рис. 4. Результаты моделирования



а – для модели без блока «flow\_to\_angle»



б – для модели с блоком «flow\_to\_angle»

Рис. 5. Графики переходных процессов при уставке 0,1

## Заключение

Скорость переходного процесса для малых уставок была улучшена добавлением в модель одного блока с формулой. Дальнейшие исследования могут быть направлены на ускорение переходного процесса при уменьшении уставки и на учёт степени открытости клапана.

## Список использованных источников

1. Краны шаровые запорно-регулирующие. — Текст : электронный // Каталог ПТПА : [сайт]. — URL: [https://ptpa.nt-rt.ru/images/manuals/Краны\\_шаровые\\_запорно-регулирующие\\_техническая\\_информация.pdf](https://ptpa.nt-rt.ru/images/manuals/Краны_шаровые_запорно-регулирующие_техническая_информация.pdf) (дата обращения: 24.09.2023).