

УДК 621.182.246

**МОДЕРНИЗАЦИЯ АСР РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ  
ПЕРВИЧНОГО ПАРА КОТЛОАГРЕГАТА  
MODERNIZATION OF THE ASR FOR REGULATING THE  
TEMPERATURE OF THE PRIMARY STEAM OF THE BOILER PLANT**

Д.А. Волчкевич

Научный руководитель – С.И. Ракевич, старший преподаватель  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь  
rakevich95@tut.by

D. Valchkevich

Supervisor – S. Rakevich, Senior Lecturer  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

**Аннотация:** в данной статье рассматривается модернизация системы автоматического регулирования температуры первичного пара котлоагрегата.

**Abstract:** this article discusses the modernization of the system of automatic control of the primary steam temperature of the boiler unit.

**Ключевые слова:** пар, модернизация, регулирование, автоматизация, котлоагрегат.

**Keywords:** steam, modernization, regulation, automation, boiler unit.

### **Введение**

Объектом автоматизации является температура первичного пара за пароперегревателем. Регулирование температуры осуществляется впрыском собственного конденсата котла. Для того чтобы не допустить высоких температур первичного пара, ставятся две термопары. На станциях осуществляется много процессов, необходимо контролировать большое количество параметров. Физически человек не может все держать под контролем, быстро заметить какое-то изменение параметра. Для этого внедряют автоматизацию различных процессов, чтобы не только упростить труд человека, а также вовремя обнаружить отклонения и избежать аварийных ситуаций.

Одной из основных задач систем регулирования является поддержание регулируемой величины допуская лишь небольшие отклонения от заданного значения. Для достижения требуемой точности работы можно повысить чувствительность регулятора к отклонениям регулируемого параметра. Главной задачей при автоматизации системы регулирования температуры первичного пара является поддержание необходимых параметров среды.

Принцип работы заключается в том, что есть два впрыска, которые работают независимо друг от друга. Один из них работает постоянно. Подача конденсата на впрыск регулируется задвижкой, где стоят датчики положения. Как только задвижка полностью открывается, то включается датчик «Люфт», который подает сигнал на подачу конденсата на второй впрыск, тем самым

увеличивается расход воды. И совместными усилиями понижается температура первичного пара [1].

### Основная часть

Первоначально мы рассчитаем и замоделируем САР с дифференциатором. Схема САР с дифференциатором представлена на рисунке 1.

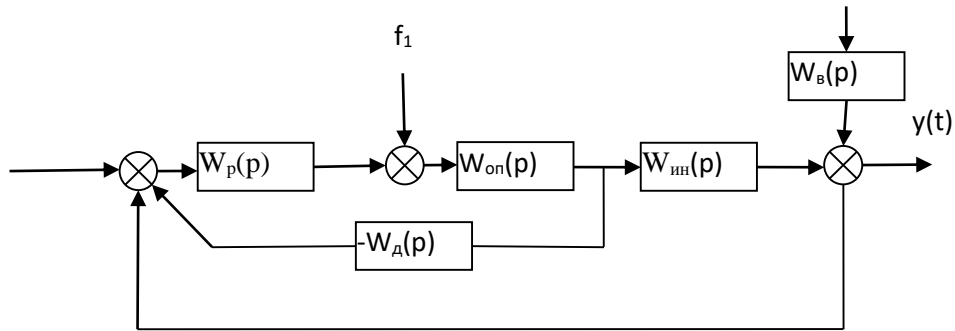


Рисунок 1 – Схема САР с дифференциатором [Источник: собственная разработка автора]

Для моделирования САР с Д нам необходимы следующие передаточные функции:

$$W_{ин}(p) = \frac{K_{ин} e^{-\tau_y p}}{(T_{ин} p + 1)(\sigma_{ин} p + 1)};$$

$$W_{оп}(p) = \frac{K_{оп}}{(T_{оп} p + 1)(\sigma_{оп} p + 1)};$$

$$W_p(p) = \frac{K_p (T_k p + 1)}{T_k p};$$

$$K_p = \frac{T_k}{4 \varepsilon^2 K_{ин} \tau_y};$$

$$T_i^* = T_d = T_k = T_{ин} + \sigma_{ин};$$

$$W_d(p) = \frac{K_d T_d p}{T_d p + 1};$$

$$K_d = \frac{4 \cdot K_{ин} \cdot \tau_y}{T_d};$$

$$W_v(p) = \frac{K_v}{T_v p + 1}.$$

Для модернизации используем инвариантную САР при плановом изменении нагрузки на базе САР с дифференциатором. Только вместо дифференциатора рассчитаем модифицированный линейный упредитель Смита, который представляет собой разницу полной и неполной модели инерционного участка. Структурная схема которой на рисунке 2.

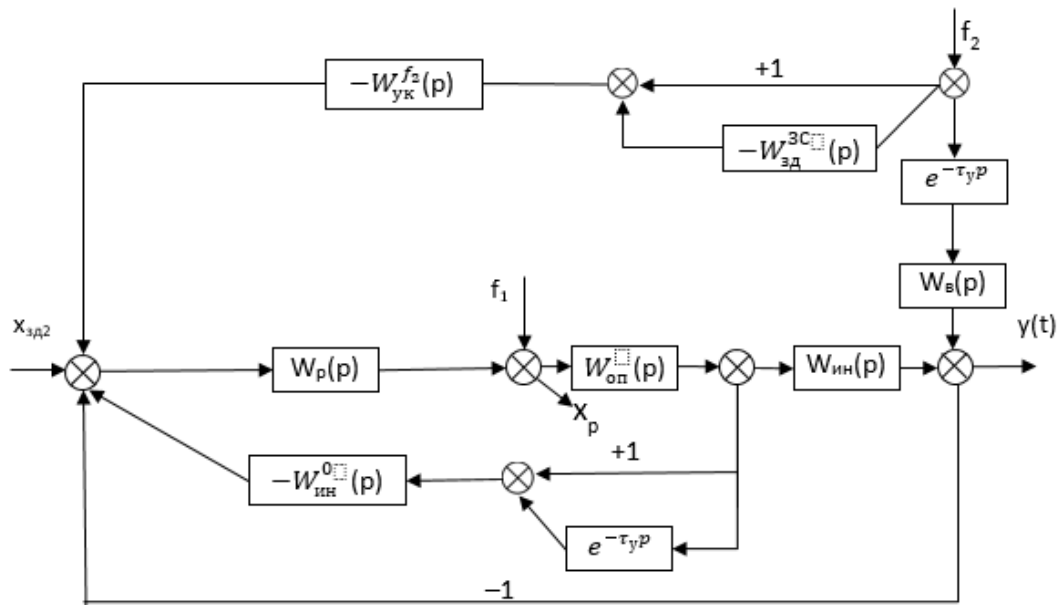


Рисунок 2 – ИСАР при ПИН [Источник: собственная разработка автора]

Для моделирования ИСАР при ПИН необходимо рассчитать следующие функции:

$$W_{оп}^*(p) = \frac{K_{оп}}{T_{оп}^* p + 1},$$

где  $T_{оп}^* = T_{оп} + \sigma_{оп}$ ;

$$W_p^{opt}(p) = \frac{(T_k p + 1)(T_{оп}^* p + 1)}{K_{ин} K_{оп} \cdot 2T_{зд2} p \left( \frac{T_{зд2} p}{2} + 1 \right)};$$

$$T_{зд2} = 0,382\tau_y;$$

$$W_{зд}^{3с}(p) = \frac{1}{2\tau_y p + 1}.$$

Для улучшения качества обработки  $f_2$ , используем устройство компенсации:

$$W_{ук}^{f2}(p) = \left[ 1 - W_{зд}^{3с}(p) \right] \frac{K_в(2\tau_y p + 1)}{T_в p + 1}.$$

Для того, чтобы добиться лучшей обработки внутреннего возмущения установим стабилизирующее устройство:

$$W_{cy}^{f1}(p) = [W_p^{opt}]^{-1} = \frac{K_{ин} K_{оп} \cdot 2T_{зд2} p \left( \frac{T_{зд2} p}{2} + 1 \right)}{(T_k p + 1)(T_{оп}^* p + 1)}.$$

Сравнение результатов моделирования:

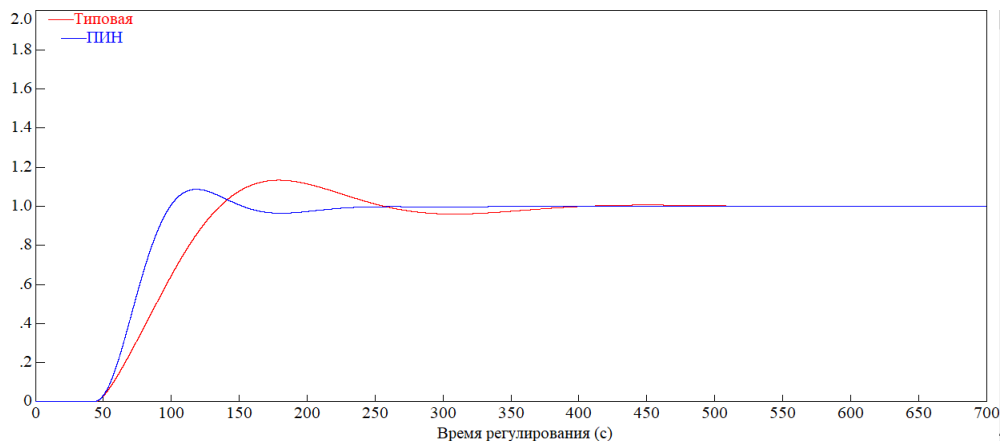


Рисунок 3 – Обработка скачка задания  $x_{зд}$  [Источник: собственная разработка автора]

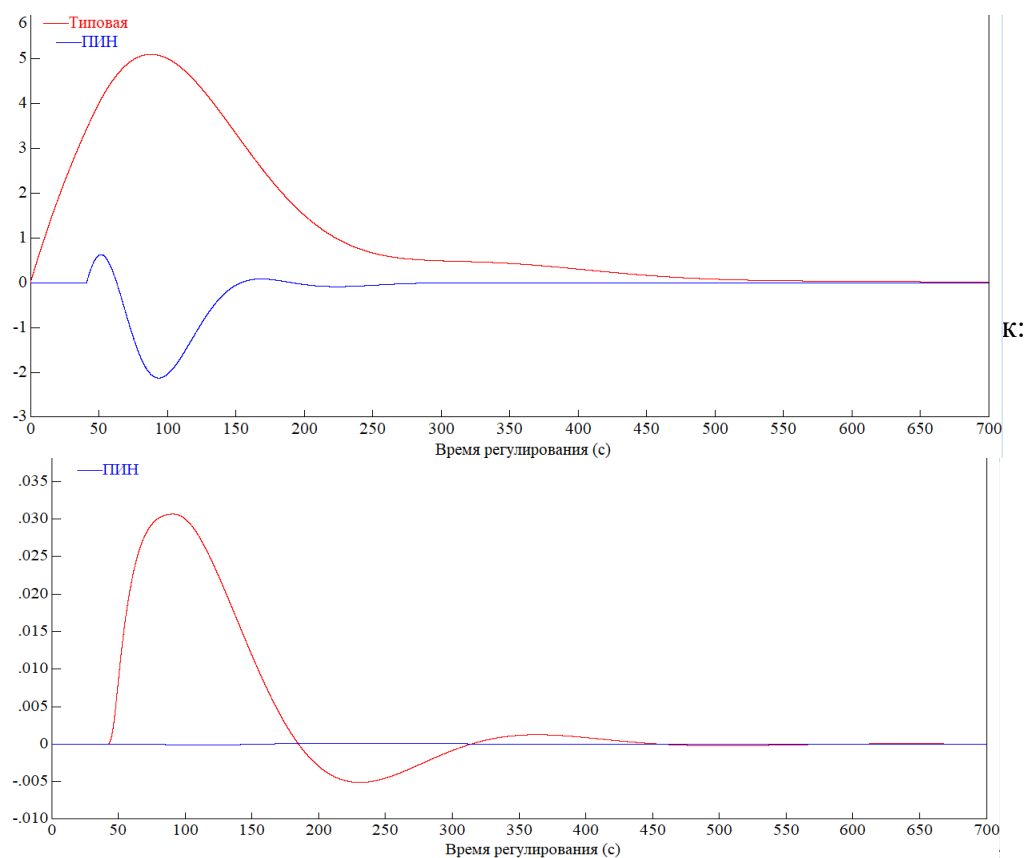


Рисунок 5 – Обработка крайнего внешнего возмущения  $f_2$  [Источник: собственная разработка автора]

### Заключение

Исходя из графиков мы можем увидеть, как при обработке скачка задания  $x_{зд}$  наилучшей является ИСАР при ПИН, т.к. перерегулирование на 36% меньше и время регулирования меньше в 2 раза, в сравнении САР с дифференциатором.

При отработке внутреннего возмущения  $f_1$ , время регулирования на 85% меньше, чем у типовой САР с дифференциатором. А амплитуды у инвариантной САР не наблюдаются.

При отработке крайнего внешнего возмущения  $f_2$ , аналогично с другими возмущениями, оказалась лучшей инвариантная САР. Динамическая ошибка регулирования  $A_1^+$  на 87% меньше, а время регулирования в 2 раза меньше, относительно САР с дифференциатором.

По итогам проведенного анализа, можно сделать вывод, что ИСАР при ПИН оказалась лучше по всем показателям, по сравнению с типовой САР с дифференциатором.

### Литература

1. Автоматизированные технологических процессов и производств в теплоэнергетике. Учебное пособие для вузов / П.Г. Плетнев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2007. – 352 с.
2. Инженерные экспресс-методы расчёта промышленных систем регулирования / Г.Т. Кулаков. – М.: Высшая школа, 1984. – 82 с.
3. Теория автоматического управления: учеб.-метод. пособие / Г.Т. Кулаков [и др.]; под общ. ред. Г.Т. Кулакова. – Минск: БНТУ, 2017. – 133 с.
4. Теория автоматического управления теплоэнергетическими процессами: учебник для вузов / В.Я. Ротач. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 296 с.