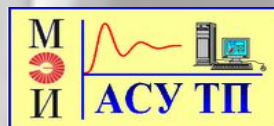


**Национальный Исследовательский Университет  
«Московский Энергетический Институт»  
ИТАЭ  
Кафедра АСУ ТП**



**Магистерская диссертация**

**Тема: «Исследование различных типов  
автоматических систем регулирования  
экономичности горения в топке котла»**

**Группа: ТФ-07м-17**

**Студент: Великов А.Ю.**

**Научный руководитель: Лесничук А.Н.**

# Аннотация

В работе рассмотрены следующие вопросы:

- Обоснование актуальности выбранной темы
- Общая информация об экстремальных системах регулирования (ЭСР)
- Обоснование применения сигнала по тепловосприятию топочных экранов для оценки тепловыделения в топке барабанного парового котла
- Разработка ЭСР экономичности процесса горения
- Классификация существующих ЭСР и описание алгоритмов их функционирования
- Анализ шаговой ЭСР, реагирующей на знак приращений выхода  $u$ , а также исследование ее функционирования при 3-х вариантах выхода на экстремум и дрейфе статической характеристики
- Сравнительный анализ двух видов ЭСР экономичности процесса горения (в качестве системы шагового типа, взят ее частный улучшенный вариант ЭСР по «второй разности» и система шагового типа «по приращению»).



# Обоснование актуальности выбранной темы

Целью энергетической политики России до 2030 является максимально эффективное использование природных энергетических ресурсов и потенциала энергетического сектора для устойчивого роста экономики, повышения качества жизни населения страны и содействия укреплению ее внешнеэкономических позиций.

К числу основных составляющих государственной энергетической политики относятся:

- недропользование и управление государственным фондом недр;
- развитие внутренних энергетических рынков;
- формирование рационального топливно-энергетического баланса;
- региональная энергетическая политика;
- инновационная и научно-техническая политика в энергетике;
- социальная политика в энергетике;
- внешняя энергетическая политика.



# Комплексный подход к экономному расходованию энергетических ресурсов

Потери энергетического топлива зависят от совершенства его сжигания, на которое влияют:

- конструкция топочного устройства;
- режим работы котла;
- качество систем регулирования подачи топлива и воздуха в топку парового котла;

В связи с этим исключительную актуальность приобретает проблема экономичности процесса горения топлива в паровых котлах

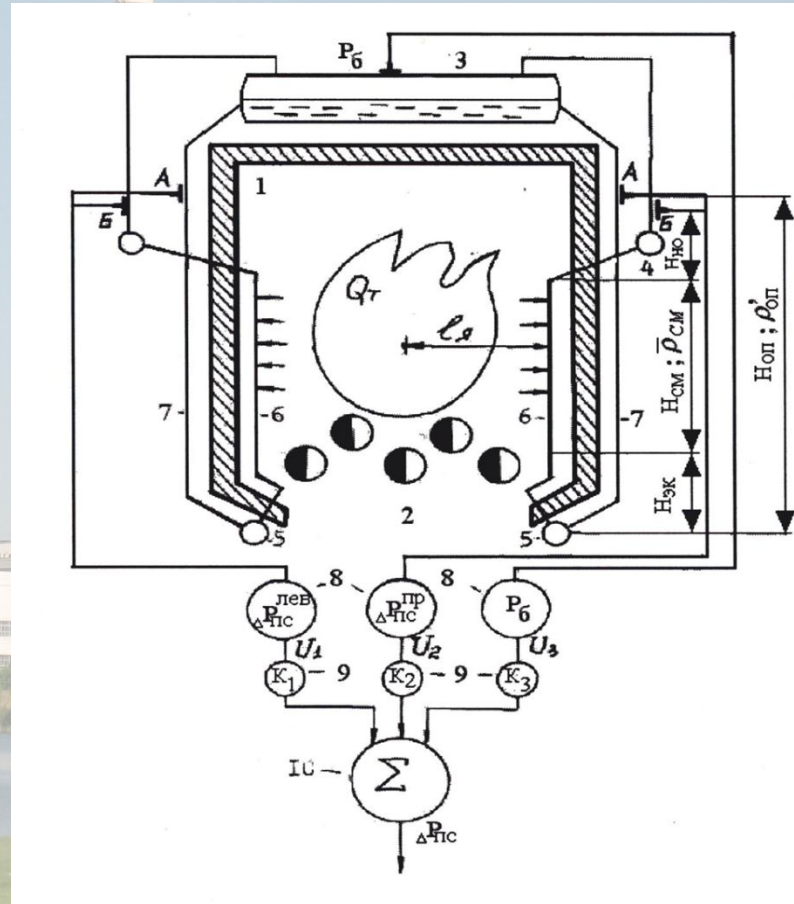


# Общая информация об экстремальных системах регулирования (ЭСР)

Существуют два основных направления экстремизации технико-экономических показателей (ТЭП):

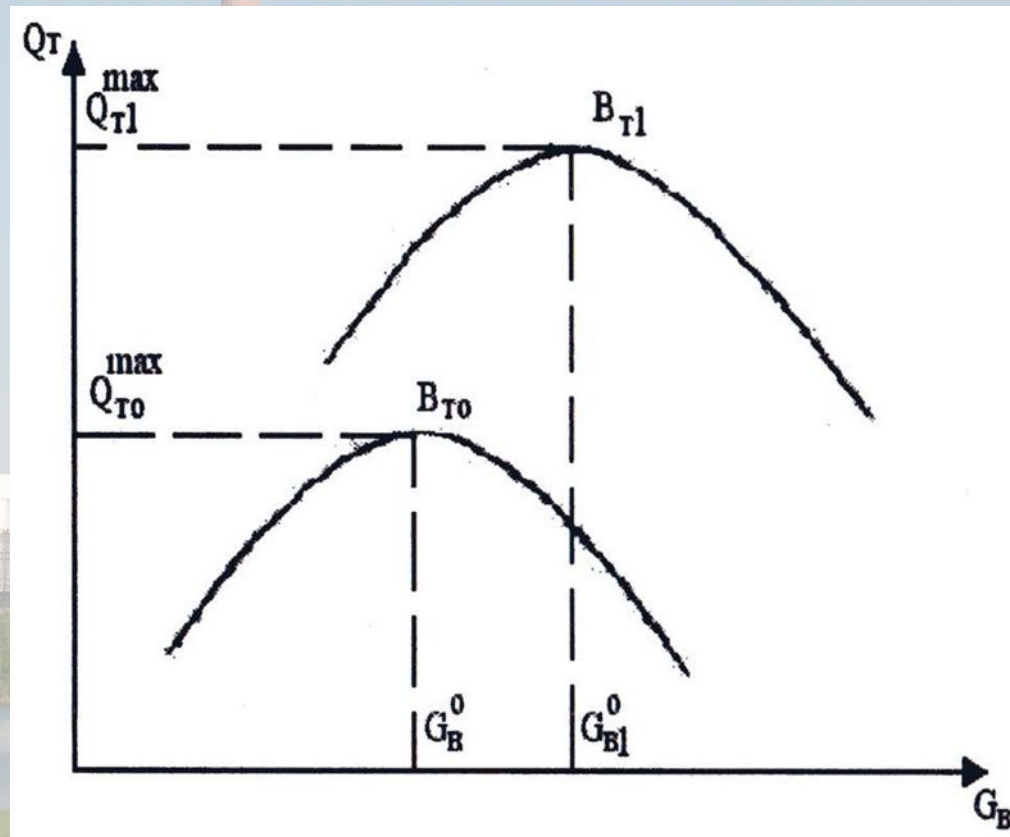
- разомкнутое экстремальное управление;
- замкнутое экстремальное управление;

# Схема формирования сигнала по тепловосприятию топочных экранов



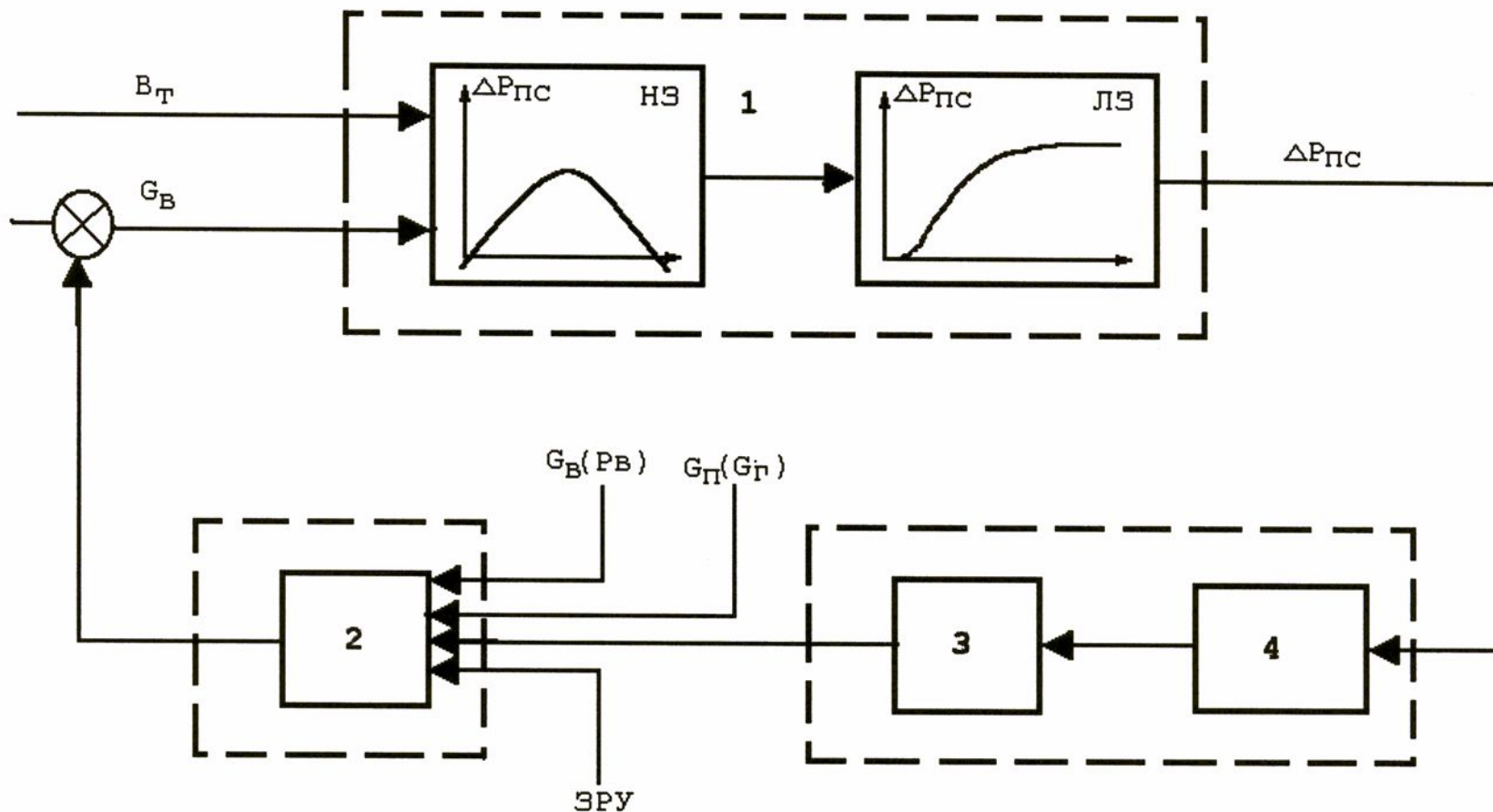


# Обоснование применения сигнала по тепловосприятию топочных экранов для оценки тепловыделения в топке барабанного парового котла



*Качественные зависимости полезного тепловыделения  $Q_T$  от соотношения расходов воздуха  $G_B$  и топлива  $B_T$*

# Разработка ЭСР экономичности процесса горения



Структурная схема экстремального регулирования процесса горения



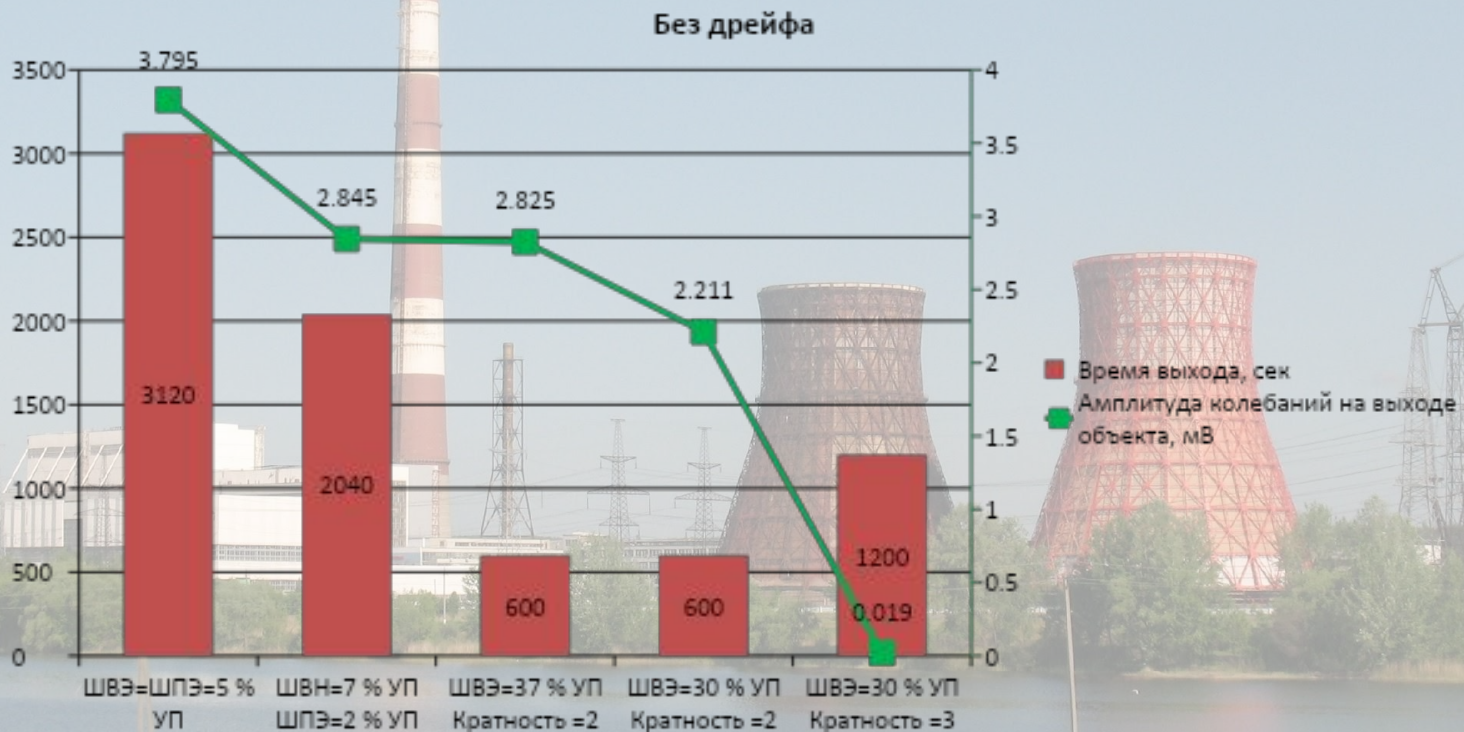
# Классификация существующих ЭСР

- системы с запоминанием экстремума;
- системы шагового типа;
- системы, реагирующие на знак или величину, производной;
- системы со вспомогательной модуляцией;



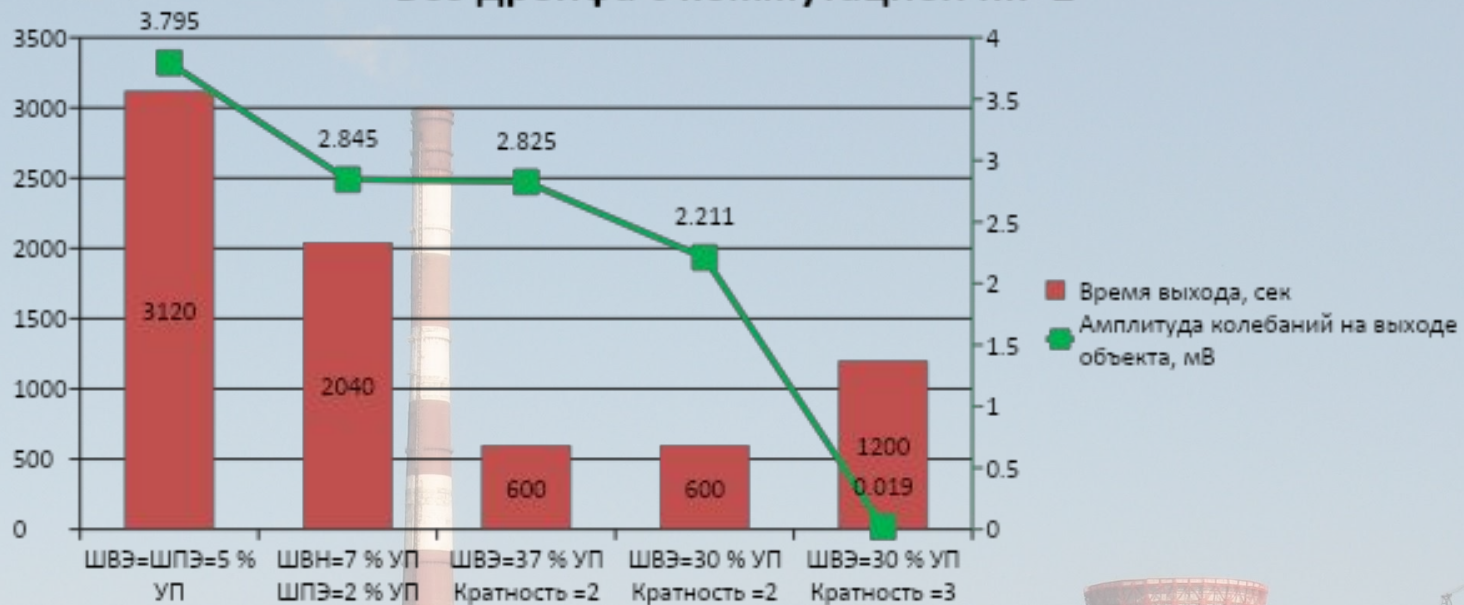


# Анализ шаговой ЭСР, реагирующие на знак приращений выхода у, а также исследование ее функционирования при 3-х вариантах выхода на экстремум и дрейфе статической характеристики

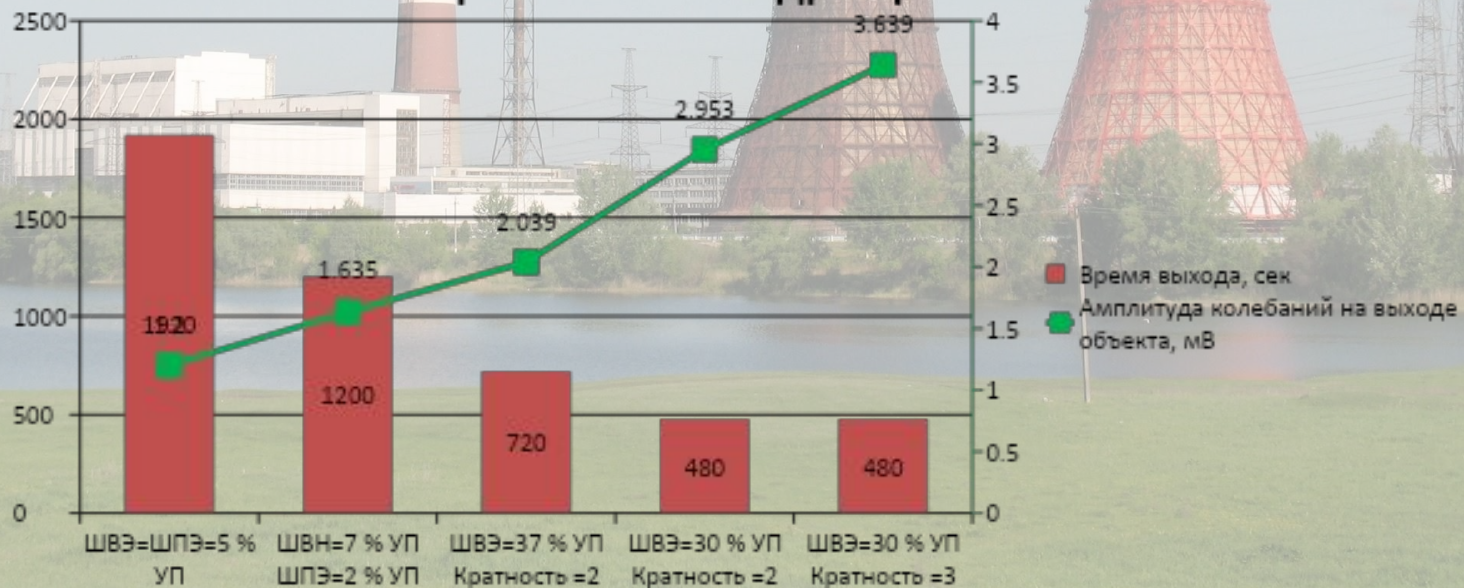




## Без дрейфа с коммутацией пк=2

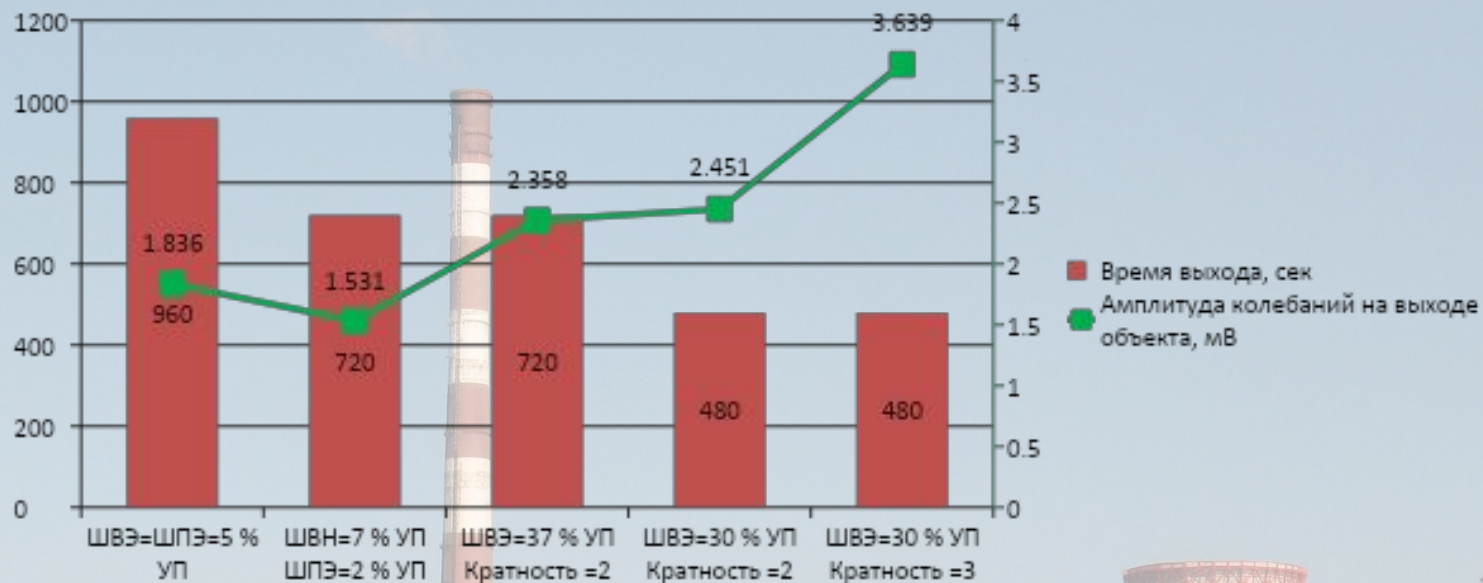


## С горизонтальным дрейфом пк=2

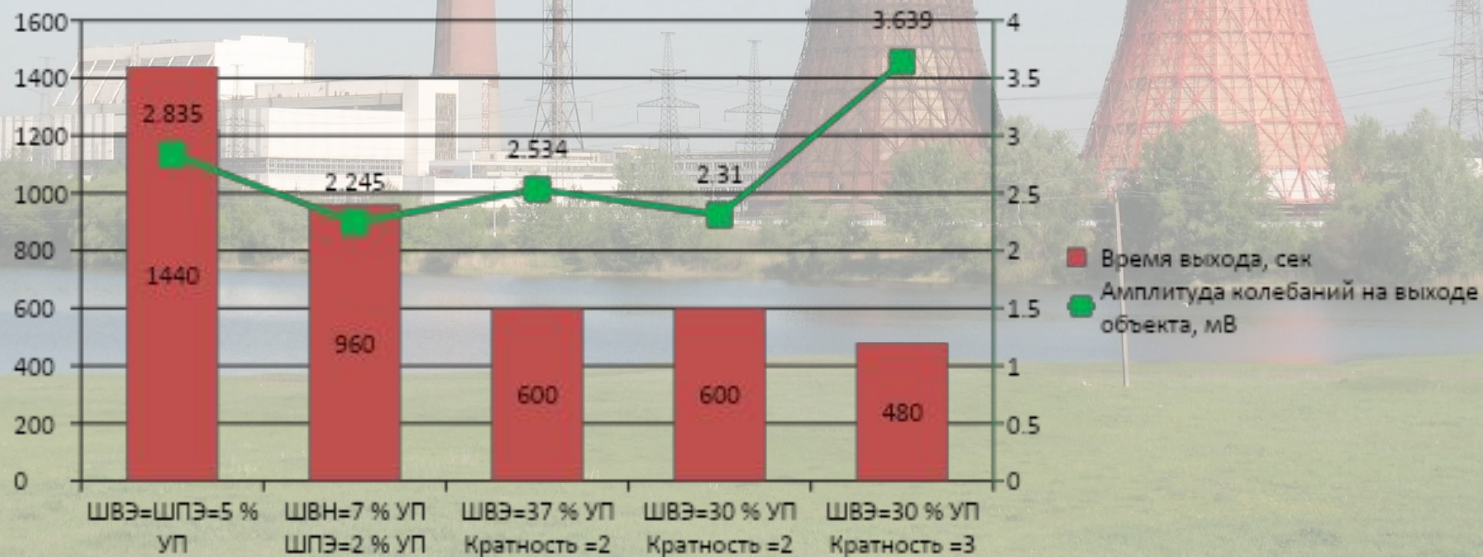




## С вертикальным дрейфом пк=2



## С вертикальным и горизонтальным дрейфом пк=2





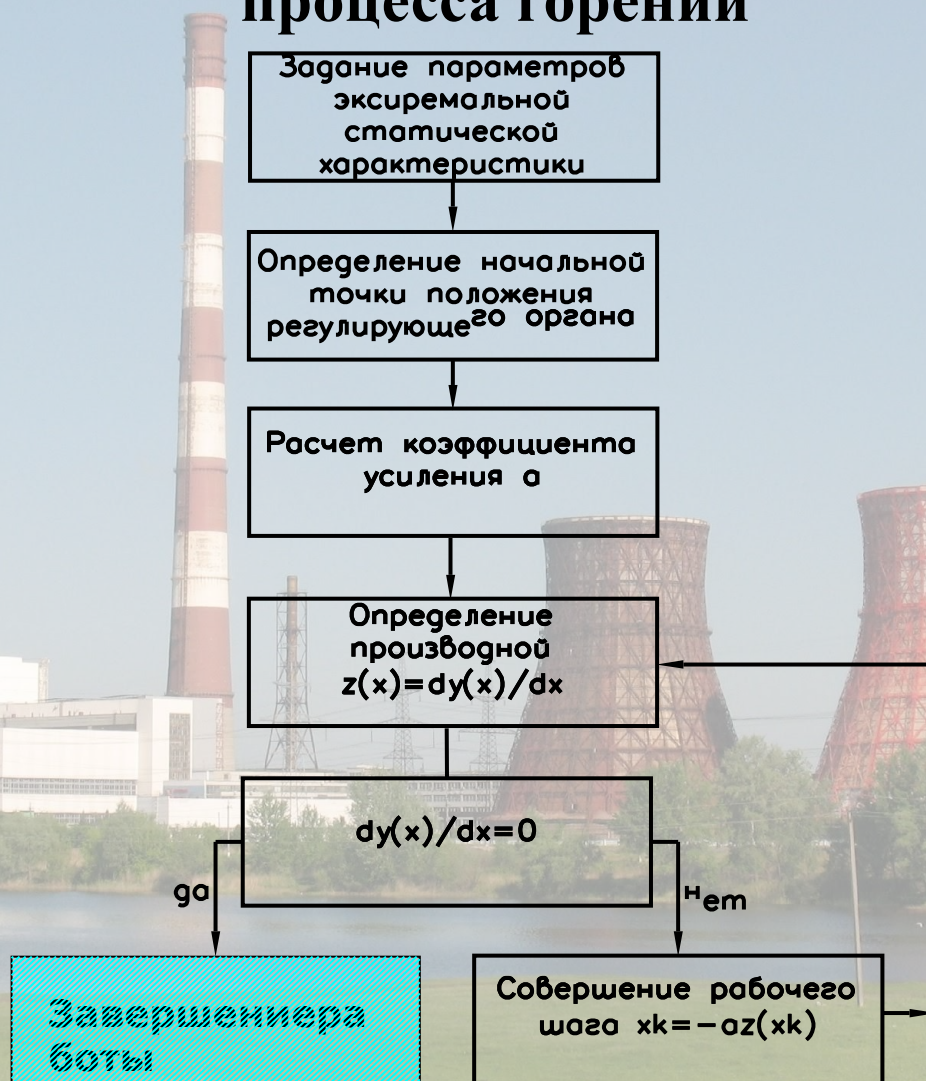
# Сравнительный анализ полученных результатов

Анализ полученных результатов доказывает, что:

- ЭСР с переменным шагом имеют преимущество по сравнению с экстремальными системами, у которых ШВЭ=ШПЭ;
- Уменьшение ШВЭ в системах с равным шагом при работе ЭСР в режиме поиска максимума СХО влечет за собой увеличение потерь, связанных с увеличением времени выхода на экстремум, однако при достижении экстремума амплитуда колебаний вокруг него минимальна;
- Увеличение ШВЭ приводит к обратному эффекту;
- ЭСР с кратным шагом имеет ряд преимуществ по сравнению с экстремальными системами, у которых происходит смена шага: уменьшается время выхода на экстремум, амплитуда колебаний вокруг максимума минимальна



# Сравнительный анализ двух видов ЭСР экономичности процесса горения



*Алгоритм работы ЭСР по приращению*



# Способ отыскания экстремума по второй разности выходного сигнала объекта:

Приращение выходного сигнала объекта в первом шаге:

$$z_1 = z_0 + (f(x_1) - z_0) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

$$\Delta z_{1t} = z_1 - z_0 = (f(x_1) - f(x_0)) \cdot (1 - e^{-\frac{t}{T}})$$

Для определения значения  $\Delta z_{1t}$  для момента времени  $\tau$ , можно определить значение  $d_1$ :

$$d_1 = \Delta z_{1\tau} / (1 - e^{-\frac{\tau}{T}})$$

Если величина  $\tau$  фиксирована и  $T = \text{const}$  то величина

$$D = (1 - e^{-\frac{\tau}{T}}) = \text{const}$$

Входной сигнал изменяется на  $\Delta x$ , т.е.  $x_2 = x_1 + \Delta x$ . переходной процесс по кривой, описываемой уравнением:

$$\Delta z_{1\tau} = (f(x_2) - z_1) \cdot (1 - e^{-\frac{\tau}{T}})$$

При 2-ом шаге:

$$z_2 = z_1 + (f(x_2) - z_1) \cdot (1 - e^{-\frac{\tau}{T}})$$

После этого на устройство определения знака подается сигнал разности:

$$\Delta z_1 = d_2 - d_1$$

## Сводная таблица результатов:

Шаг выхода	Система	Время выхода, шаг	Время выхода, сек	Амплитуда колебаний на выходе объекта, мВ	Среднее значение, мВ
<b><math>\Delta z = 2</math></b> Время опроса - 20	«по второй разности»	53	530	1,017	298,983
	«по приращению»	74	740	2,675	297,325
<b><math>\Delta z = 2</math></b> Время опроса - 120	«по второй разности»	65	7800	1,577	296,423
	«по приращению»	27	3240	1,835	299,165
<b><math>\Delta z = 3</math></b> Время опроса - 50	«по второй разности»	42	2100	2,081	297,919
	«по приращению»	35	1750	2,269	298,731
<b><math>\Delta z = 5</math></b> Время опроса - 5	«по второй разности»	17	85	3,88	298,12
	«по приращению»	63	315	1,72	294,28



# Сравнительный анализ двух видов ЭСР экономичности процесса горения

Критерий	ЭСР «по второй производной»	ЭСР «по приращению»
Эффективность в достижении максимума	+	-
Время достижения области нахождения $x_{\text{опт}}$	+	-
Колебание относительно значения $x_{\text{опт}}$	+	+



# Общие выводы по сравнению ЭСР

В результате большого количества экспериментов, проведенных на математической модели котла для сравнения результатов функционирования ЭСР экономичности процесса горения «по второй разности» и «по приращению», можно сделать вывод о том, что, как при наличии дрейфа статической характеристики, так и при его прекращении (при отсутствии) более эффективным представляется функционирование ЭСР «по второй разности».

Также следует отметить, что различия принципов функционирования систем заключается в разных условиях осуществления реверса. С точки зрения составления алгоритма функционирования данное отличие является не значительным. Однако оно оказывает значительное воздействие на конечный результат функционирования. Таким образом, переход от одного вида ЭСР к другому достаточно прост (незначительное изменение программного алгоритма регулирования), и он может привести к существенному улучшению функционирования ЭСР.



# Заключение

Требования устойчивости автоколебаний для ЭСР является столь же необходимым, как условие устойчивости для обычных систем регулирования. Обеспечение устойчивости экстремальных систем представляет значительно большие трудности, чем у обычных систем регулирования.

Если автоколебания в ЭСР неустойчивы, то система будет удаляться от экстремума и может прийти к аварийному состоянию, определяемому крайним положениями регулирующего органа. Экстремум будет «потерян».

Чтобы этого избежать, необходимо более детально исследовать различные алгоритмы выхода на максимум статической характеристик объекта, в условиях наиболее приближенных к реальным условиям протекания процесса горения в топке парового котла, и находить различные способы улучшения этих алгоритмов.





**Спасибо за внимание**