

На правах рукописи

ДВОРЦЕВОЙ
Александр Игоревич

**ЭКСЕРГЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ
ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ РЕГУЛИРОВАНИЯ
ПЫЛЕУГОЛЬНЫХ ТЕПЛОФИКАЦИОННЫХ ЭНЕРГОБЛОКОВ
НА ПЕРЕРАСХОД ТОПЛИВА**

Специальность 05.14.14 – Тепловые электрические станции,
их энергетические системы и агрегаты

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Новосибирск – 2010

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении
высшего профессионального образования
«Новосибирский государственный технический университет»

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Щинников Павел Александрович

Официальные оппоненты: доктор технических наук, профессор
Китушин Викентий Георгиевич
доктор технических наук, с.н.с.
Огуречников Лев Александрович

Ведущая организация: ЗАО «ЗиО – КОТЭС», г. Новосибирск

Защита диссертации состоится «17» декабря 2010 года в 11 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 212.173.02 при Новосибирском государственном техническом университете по адресу: 630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Новосибирского государственного технического университета.

Автореферат разослан « » ноября 2010 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент

Чичиндаев А. В.

Актуальность проблемы. Одним из основных приоритетов в развитии топливно-энергетического комплекса на период до 2050г. является повышение доли угля в топливно-энергетическом балансе России. В первую очередь это связано с более широким использованием угольного потенциала Сибири.

С другой стороны около 70 % всех мощностей ТЭС сибирского и дальневосточного федеральных округов – это теплоэлектроцентрали, которые обеспечивают отпуск потребителю как теплоты, так и электроэнергии. Введение угля в топливно-энергетический баланс обеспечивает энергобезопасность страны и надежность энергоснабжения потребителей благодаря возможности создания складских запасов (на год и более), с одной стороны, и, с другой, за счет снижения себестоимости производимых комбинированным способом электро- и теплоэнергии из дешевого (по сравнению с природным газом) топлива.

Сегодня в ряде развитых стран (США, Германия и др.) вновь рассматриваются в рамках национальных программ угольные технологии в энергетике как одни из самых перспективных.

Однако угольные энергоблоки ТЭС и, в частности ТЭЦ, отличаются худшими, по сравнению с аналогичными энергоблоками на газе, характеристиками регулирования, как при отклонении параметров, так и на переходных режимах. Это делает угольные энергоблоки менее эффективными (при прочих равных условиях) по сравнению с газовыми. Вместе с тем разработанные на сегодняшний день способы и технологические схемы регулирования, аппаратное исполнение систем регулирования с учетом их динамических характеристик и характеристик объектов регулирования позволяет обеспечить снижение расхода топлива при эксплуатации угольных энергоблоков ТЭС. В настоящее время разработанные подходы внедряются в большей степени на основе интуитивного знания, чем на достоверном фактическом материале. В виду отсутствия объективного инструмента оценки качества работы систем регулирования актуально проведение исследований для ТЭЦ с системами регулирования термодинамических параметров.

Комплексные технико-экономические исследования ТЭЦ с системами регулирования термодинамических параметров на основе разработанных методического подхода, математической модели, алгоритмов и программы расчетов позволяют получать наиболее рациональные с технико-экономической точки зрения характеристики регулирования термодинамических показателей энергоблоков ТЭЦ за счет обеспечения снижения расходов топлива при их эксплуатации. Полученные в результате расчетов показатели и характеристики могут служить информационной базой для обоснования рациональных областей использования систем регулирования.

Целью работы является разработка методического подхода, математической модели, метода расчета перерасходов топлива и исследования связи величины отклонения регулируемых параметров с перерасходом топлива ТЭЦ.

Научная новизна работы состоит в том, что в ней впервые получены и выносятся на защиту следующие наиболее важные результаты:

1. Методика расчетов перерасходов топлива по отношению к работе энергоблока без отклонения параметров с применением эксергетического подхода и с разделением перерасхода топлива на виды производимой продукции (электроэнергии и теплоты).

2. Методика расчетов связывающая параметры регулирования с перерасходом топлива.

3. Результаты анализа эффективности применения средств (систем) автоматизации на ТЭЦ.

4. Рекомендации по выбору рациональных требований к качеству регулирования параметров на ТЭЦ.

Методы исследования: методология системных исследований в энергетике, математическое и компьютерное моделирование ТЭС, методы эксергетического анализа.

Практическая значимость работы. Разработанная методика, методический подход, математическая модель, алгоритмы и программа расчета позволяют определять качество работы системы регулирования параметров, сравнивать их между собой относительно расхода топлива, определять влияние отклонения параметров регулирования на перерасход топлива. Полученные результаты расчетов могут служить информационной базой для обоснования рациональных областей использования систем регулирования параметров ТЭС.

Личный вклад автора. Автором разработана методика расчета перерасходов топлива на ТЭЦ (с учетом деления топлива на виды генерируемой продукции (теплота, электроэнергия)) при отклонении параметров регулирования, разработана методика связи параметров регулирования энергоблоков с перерасходом топлива, проведены расчетные и натурные эксперименты, выполнен технико-экономический анализ эффективности применения средств автоматизации на ТЭЦ, разработаны рекомендации по выбору систем регулирования для ТЭЦ.

Апробация работы. Основные результаты исследований докладывались на: Всероссийской научной конференции молодых ученых «НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ» (НГТУ, Новосибирск, 2008, 2009); «Дни науки НГТУ» (НГТУ, Новосибирск, 2008, 2009); VII всероссийской конференции с международным участием «Горение твердого топлива» (Новосибирск, 2009); XV международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых

ученых (Томск, 2009); Международной научно-практической конференции «Энергоэффективность и Энергосбережение. Законодательная и нормативная база. Новые энергоресурсосберегающие технологии и оборудование» (Пермь, 2009); Первом международном научно-техническом конгрессе (Красноярск, 2010); в рамках научных сессий НГТУ и расширенного семинара кафедры ТЭС НГТУ.

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 7 печатных работ, из них: 1 статья в журнале, входящем в перечень изданий, рекомендованных ВАК РФ, 2 – в сборниках научных трудов, 4 – в сборниках трудов конференций.

Структура и объём работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложения. Основной текст изложен на 131 странице, содержит 32 рисунка, 16 таблиц.

Достоверность полученных результатов. В основе работы использованы фундаментальные законы термодинамики и апробированные методы эксергетического анализа. Сформулированные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации обоснованы методами расчетов, в основе которых лежат фундаментальные положения законов сохранения, термодинамики и теплопереноса, и подтверждены натурным экспериментом на Новосибирской ТЭЦ-2.

Основное содержание работы

Во **введении** обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель исследования, определены научная новизна и практическая ценность работы, аннотируются основные положения работы.

В **первой главе** рассмотрены существующие способы оценки перерасхода топлива на ТЭЦ, способы разделения затрат топлива по видам производимой продукции (на тепло и электроэнергию), обоснован выбор эксергетического подхода для оценки перерасхода топлива.

На основании проведенного анализа сформулированы **задачи исследования**:

1. Разработать методику расчета перерасходов топлива на ТЭЦ (с учетом разделения топлива на виды генерируемой продукции (теплота, электроэнергия)) при отклонении параметров регулирования.

2. Исследовать связь величины отклонения параметров регулирования с перерасходом топлива на ТЭЦ.

4. Провести расчетный и натурный эксперимент (на ТЭЦ).

5. Провести технико-экономический анализ эффективности применения средств автоматизации на ТЭЦ.

6. Разработать рекомендации по выбору систем регулирования параметров на энергоблоках ТЭЦ.

Во **второй** главе разработана и представлена методика оценки влияния параметров регулирования энергоблоков на перерасход топлива, которая заключается в определении удельных перерасходов топлива при отклонении термодинамических параметров от номинальных значений.

Для энергоблоков отклонение параметра от номинального значения означает работу с перерасходом топлива. Перерасход обусловлен выходом за границы оптимальных термодинамических параметров, с одной стороны, и периодом затухания колебаний параметров регулирования – с другой. Отклонение (изменение) термодинамического параметра приведет к изменению удельного расхода топлива.

При отклонении на Δx от нормативного значения параметра x (например, параметров пара, температуры промперегрева и т.п.) перерасход условного топлива при производстве теплоты и электроэнергии будет определяться как:

$$\Delta b_T \approx -b_T \left(\sum_{i=1}^5 \frac{1}{\eta_i} \frac{\partial \eta_i}{\partial x} + \frac{1}{\varepsilon_S} \frac{\partial \varepsilon_S}{\partial x} + \frac{1}{\varepsilon_N} \frac{\partial \varepsilon_N}{\partial x} \right) \Delta x; \quad (1)$$

$$\Delta b_N \approx -b_N \left(\sum_{i=1}^4 \frac{1}{\eta_i} \frac{\partial \eta_i}{\partial x} + \frac{1}{\varepsilon_S} \frac{\partial \varepsilon_S}{\partial x} + \frac{1}{\varepsilon_N} \frac{\partial \varepsilon_N}{\partial x} \right) \Delta x,$$

где $\frac{\partial \eta_i}{\partial x}$, $\frac{\partial \varepsilon_S}{\partial x}$, $\frac{\partial \varepsilon_N}{\partial x}$ – частные производные каждого влияющего фактора, а

$i=1..5$ – функциональные элементы энергоблока (рис. 1), $\varepsilon_S, \varepsilon_N$ – коэффициенты структуры технологических связей ($0 \leq \varepsilon_S \leq 1$) и внутрициклового возврата турбогенераторных потерь ($\varepsilon_N \geq 1$); $\eta_1, \eta_2, \eta_3, \eta_4, \eta_5$ – КПД котельной части (включающей парогенерирующее оборудование с котельными техническими системами), часть высокого давления турбины (ЧВД), часть среднего и низкого давления турбины (ЧСД), электрической части, системы отпуска теплоты, соответственно (рис. 1).

Суммарный перерасход топлива на отпуск тепло- и электроэнергии при совокупном отклонении параметров будет определяться следующим образом:

$$\sum \Delta b_T = \sum_n \left(\frac{\partial b_T}{\partial x_n} \right) \Delta x_n, \quad \sum \Delta b_N = \sum_n \left(\frac{\partial b_N}{\partial x_n} \right) \Delta x_n; \quad (2)$$

где n – количество учитываемых параметров (например, давления x_1 и температуры x_2 острого пара, температуры пара промежуточного перегрева x_3 , питательной воды x_4 и т.д.).

Относительный перерасход топлива при отклонении регулируемого параметра на отпуск электроэнергии и теплоты определяется следующим образом:

$$\delta b_N = \frac{\Delta b_N}{B}, \delta b_T = \frac{\Delta b_T}{B}, \quad (3)$$

где B – расход топлива при работе энергоблока без отклонения параметров, на установленной нагрузке.

Разработанный подход является сочетанием эксергетического метода анализа перерасхода топлива энергоблоков с методами регулирования параметров при их отклонении от номинальных значений.

При этом эксергетический метод позволяет определять удельные расходы топлива на производство продукции в любом сечении исследуемого энергоблока (например, «за котлом», «перед пароперегревателем», «за турбиной», «за любой ступенью турбины» и т.д.), сохраняя тождественность энергетических потоков. Следует отметить, что автор не противопоставляет эксергетический метод другим известным методам разнесения затрат на топливо при комбинированной выработке электрической и тепловой энергии, а использует его в качестве инструмента исследования.

Эффективность работы на отпуск теплоты и электроэнергии определяется по соответствующим КПД:

$$\eta_T = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \eta_5 \varepsilon_S \varepsilon_N, \quad \eta_N = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4 \varepsilon_S \varepsilon_N. \quad (4)$$

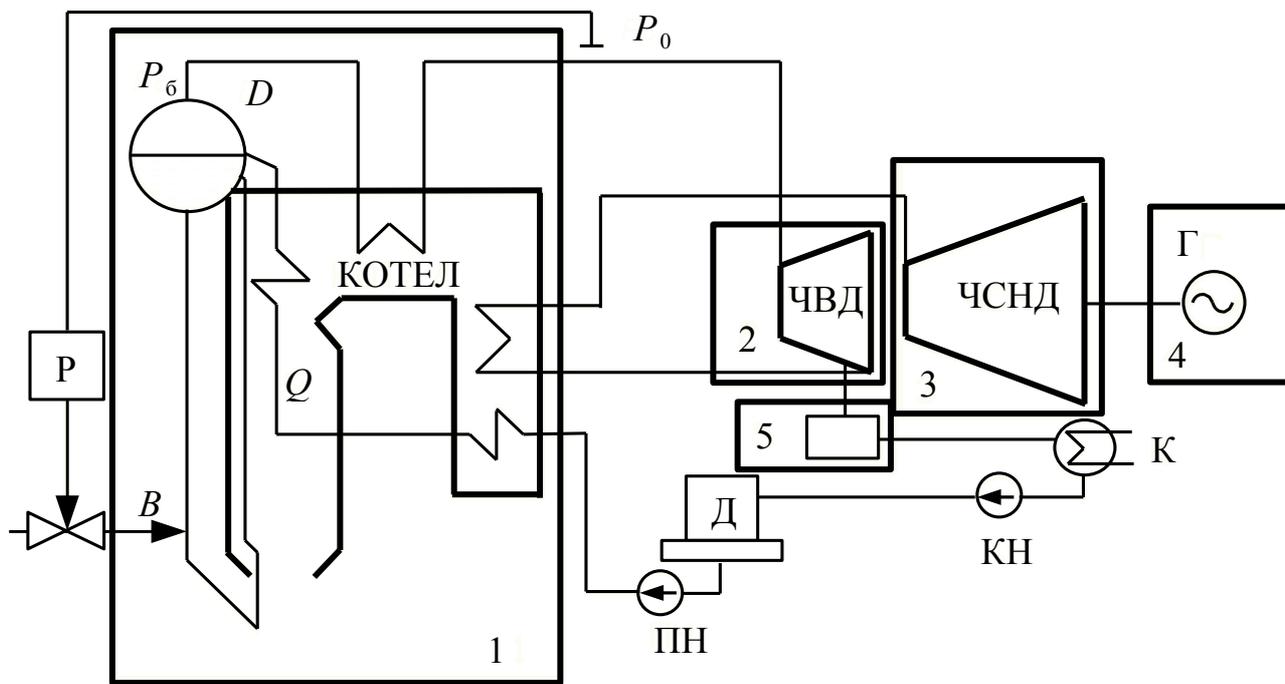
При таком подходе удельные расходы условного топлива (кг у.т./кВт.ч) на производство (отпуск) эксергии могут быть определены в каждом сечении технологической схемы теплофикационного энергоблока, например, после котельной части, ЧВД, ЧСНД как:

$$b_1 = \frac{0,123}{\eta_1 \varepsilon_S}, b_2 = \frac{0,123}{\eta_1 \eta_2 \varepsilon_S}, b_3 = \frac{0,123}{\eta_1 \eta_2 \eta_3 \varepsilon_S}. \quad (5)$$

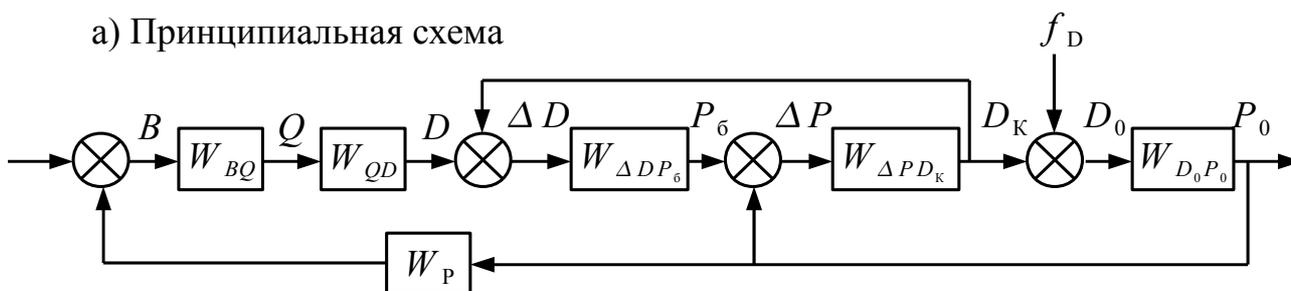
Таким образом, для энергоблока в целом расход топлива можно определить по следующим формулам:

$$b_T = \frac{0,123}{\eta_T}, b_N = \frac{0,123}{\eta_N}. \quad (6)$$

На рис. 1 представлена связь системы топливоподачи (расхода топлива) с параметром регулирования – давлением острого пара (P_0). Измеренное значение давления пара за котлом поступает на вход регулятора, которое сравнивается с заданным.



а) Принципиальная схема



б) Структурная схема

Рис. 1. Связь регулируемого параметра с перерасходом топлива: B – расход топлива, Q – тепловосприятие топочной камеры, D – количество генерируемого пара, D_K – количество потребляемого пара, ΔD – разница между сгенерированным паром и паром отданному потребителю, P_6 – давление в барабане, P_0 – давление пара за котлом, ΔP – разница давлений в барабане котла и в паровой магистрали, P – регулятор топлива, f_D – возмущение по расходу пара со стороны турбины (потребителя пара), 1 – котельная часть, 2 – часть высокого давления турбины, 3 – часть среднего и низкого давления турбины, 4 – электрогенерирующая часть, 5 – теплообменная часть.

Удержание значений параметров регулирования, например, в гостимуемом диапазоне, может быть обеспечено как без использования системы регулирования (ручное управление), так и при помощи средств автоматизации, для которых могут применяться разные законы регулирования.

На сегодняшний день наиболее распространенными законами регулирования теплоэнергетических процессов являются пропорционально-интегральный закон (ПИ-закон) и пропорционально-интегрально-дифференциальный закон (ПИД-закон), так как техническая реализация регуляторов, чувствительных к производным более высоких порядков, затруднена и в этой связи не рассматривается.

Для связи параметров регулирования с перерасходом топлива теплофикационных энергоблоков выбраны параметры свежего пара на выходе котла. Рассматриваются системы автоматического регулирования именно для этих параметров (по регулированию давления (P_0) и температуры (t_0)).

Интегральная оценка перерасхода топлива за время $t_{\text{пер}}$ для переходных процессов при одновременном отклонении регулируемых параметров определяется по выражению:

$$\Delta B_N \approx \int_0^{t_{\text{пер}}} \Delta b_N(t) dt; \quad \Delta B_T \approx \int_0^{t_{\text{пер}}} \Delta b_T(t) dt, \quad (7)$$

где $\Delta B_N, \Delta B_T$ – суммарный перерасход топлива при отпуске теплоты и электроэнергии за время ликвидации отклонения регулируемого параметра.

Сочетание эксергетического метода энергобалансов с методами регулирования параметров при определении эффективности работы ТЭС в условиях отклонения параметров от номинальных (оптимальных) значений позволяет вести количественную оценку перерасходов (экономии) топлива.

Такая оценка сегодня часто не ведется ввиду отсутствия надежного методического инструмента. Точные количественные оценки между регулированием отклонения параметров и расходом (экономией, перерасходом) топлива «в граммах» в энергетической практике сегодня отсутствуют. Это, в свою очередь, является сдерживающим фактором по внедрению автоматизированных систем.

В **третьей главе** по предложенной методике произведен анализ влияния величины отклонения параметров регулирования на перерасход топлива для энергоблоков стандартных типовых размеров.

Для турбины Т-110 был произведен расчетный эксперимент, в котором оценивался перерасход топлива при одновременном отклонении параметров (t_0 и P_0) и при индивидуальном отклонении P_0 от нормативного значения. Из эксперимента можно видеть (рис. 2), что перерасход топлива в обоих случаях различается несущественно, из этого следует, что требования к качеству регулиро-

вания давления острого пара должны быть выше, чем к регулированию температуры. При этом относительный перерасход топлива на отпуск теплоэнергии несколько выше, чем на отпуск электрической энергии при эксергетическом методе разнесения затрат на топливо в среднем на 20 %.

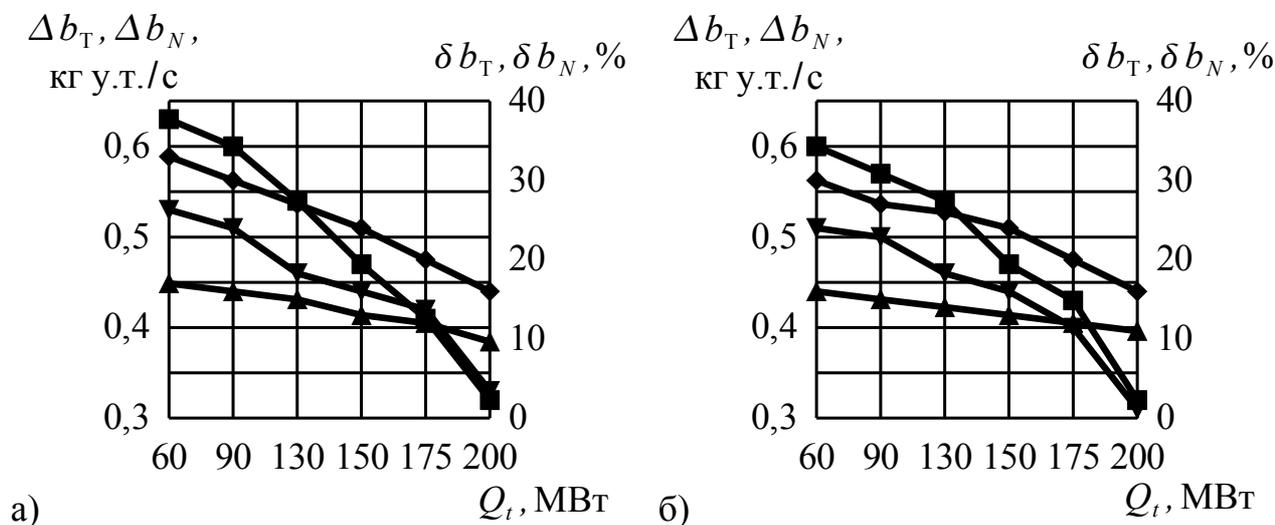


Рис. 2. Перерасход топлива при а) одновременном отклонении регулируемых параметров свежего пара (давления и температуры), б) отклонении давления свежего пара: ■, ▼ – перерасход условного топлива по отпуску теплоты (Δb_T), электроэнергии (Δb_N); ◆, ▲ – перерасход условного топлива, отнесенный к расходу топлива при отпуске теплоты ($\Delta b_T/b_T$), электроэнергии ($\Delta b_N/b_N$).

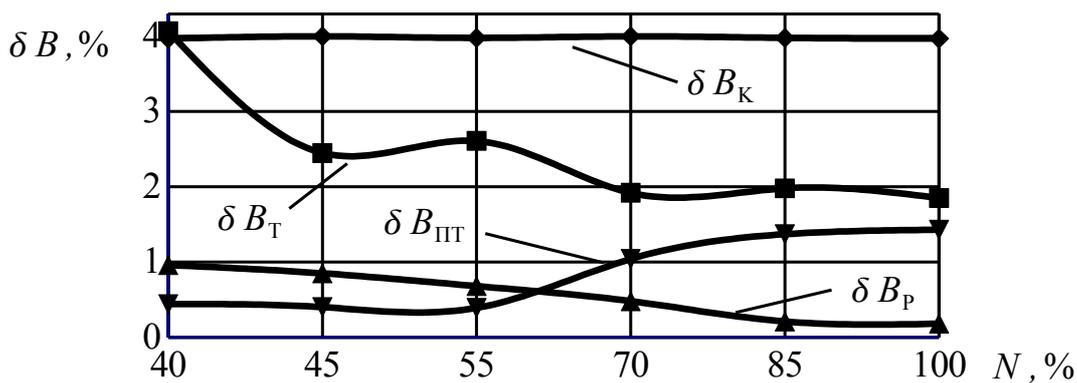
Работа турбины в режиме с пониженной нагрузкой не экономична и требования к регулированию параметров свежего пара должны возрастать рис. 2.

На рис. 3 приведены обобщенные результаты исследования разных турбин. (На рисунках: δB_i – относительный удельный перерасход топлива, i – тип турбины: Т – теплофикационная, К – конденсационная, Р – с противодавлением, ПТ – с производственным отбором).

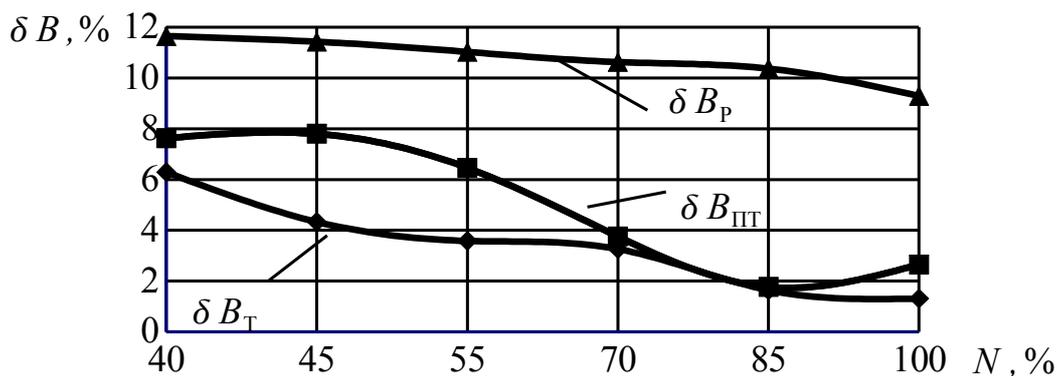
Для производства теплоты в условиях регулирования начальных параметров пара при их отклонении от номинальных значений наименьшие перерасходы топлива у турбин Т и ПТ при нагрузках 85-100 % от номинала, что означает:

Во-первых, для турбин типа Р требования к параметрам регулирования должны быть наиболее жесткими, так как отклонение регулируемых параметров приводит к существенному перерасходу топлива при производстве теплоэнергии на всем диапазоне нагрузок по сравнению с другими типами турбин;

Во-вторых, при разгрузке турбин типа ПТ и Т перерасход топлива увеличивается, а следовательно возрастает стоимость теплоэнергии.



а)



б)

Рис. 3. Относительный удельный перерасход топлива при отклонении t_0 на 5 % для различных типов турбин на различных нагрузках на производство а) электроэнергии, б) теплоэнергии.

Обобщив результаты, можно увидеть, что относительный перерасход топлива на блок в целом при снижении параметров составляет для конденсационных энергоблоков 3-4 %, а для теплофикационных 2-3 % (рис. 4). Меньшие значения перерасходов для энергоблоков меньших мощностей, что очевидно и вытекает из термодинамических особенностей рассматриваемого оборудования. Для мощных энергоблоков с высокими начальными параметрами 5 % снижение температуры ведет к большему снижению средней температуры подвода теплоты к циклу по сравнению с блоками меньших мощностей и меньших параметров. Это ведет к большему относительному перерасходу топлива.

В то же время работа теплофикационных турбин на тепловом потреблении обуславливает меньшие потери топлива по сравнению с конденсационными турбинами при снижении начальных параметров пара.

Для турбин типа К в достаточно большом диапазоне мощностей (300...800 МВт) перерасход топлива постоянен, а с ростом мощности теплофикационной турбины от 25 до 250-300 МВт требования к качеству ре-

гулирования должны возрастать. Это означает переход на более совершенные законы регулирования и более совершенную элементную базу систем автоматизации.

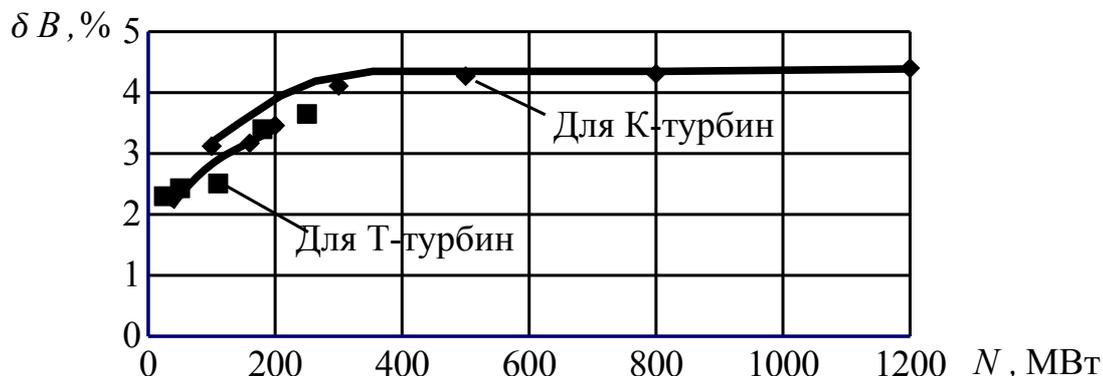
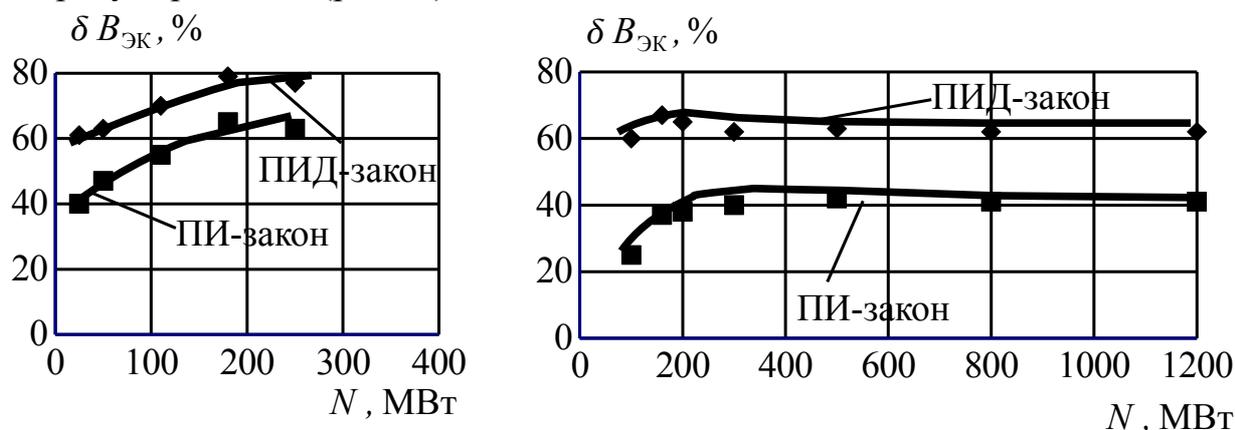


Рис. 4. Относительный перерасход топлива при отклонении t_0 на 5 % от стандартных значений для конденсационных и теплофикационных энергоблоков на номинальных режимах работы.

Приведены результаты исследования эффективности различных законов регулирования (рис. 5).



а) Т-энергоблоки

б) К-энергоблоки

Рис. 5. Относительная экономия топлива при использовании разных законов регулирования по сравнению с ручным управлением (отсутствием автоматического регулирования): а) для теплофикационных энергоблоков, б) для конденсационных энергоблоков.

Экономия топлива в случае применения автоматической системы регулирования показана на рис. 5. Можно видеть, что применение пропорционально-интегрально-дифференциального закона регулирования (ПИД-закон) обеспечивает (60-70 %) экономии, а пропорционально-интеграль-

ный (ПИ-закон) лишь 30-50 % (меньшие значения для блоков меньших мощностей) относительно ручного регулирования.

В четвертой главе приведены результаты натурального эксперимента на Новосибирской ТЭЦ-2. Суть эксперимента заключается в следующем: на котле ТП-87 (ст. № 8) сняты показания (t_0 , P_0 , N) при работе указанного котла в течении суток при ручном регулировании и при автоматическом регулировании на том же интервале времени. Автоматическое регулирование обеспечивается по температуре (t_0) и давлению (P_0) острого пара.

Нагрузка котла в эксперименте составила 70 % от номинала. При автоматическом регулировании реализован ПИ-закон на традиционных технических средствах АКЭСР (агрегативный комплекс электронных средств) в составе стандартного оборудования.

При ручном регулировании при отклонении регулируемого параметра от номинального значения в среднем перерасход составляет 90 г. у.т./с, а при автоматическом регулировании – 40 г. у.т./с. Достоверность полученных результатов составляет $\pm 5.. 10$ г. у.т./с., то есть автоматика позволяет экономить около 55 % относительно его перерасхода. Можно видеть, что перерасходы топлива, полученные в результате эксперимента, проведенного на Новосибирской ТЭЦ-2, полностью подтверждают результаты расчетов по разработанной методике (рис. 5 а).

Ниже представлена зависимость перерасхода топлива от величины отклонения параметра.

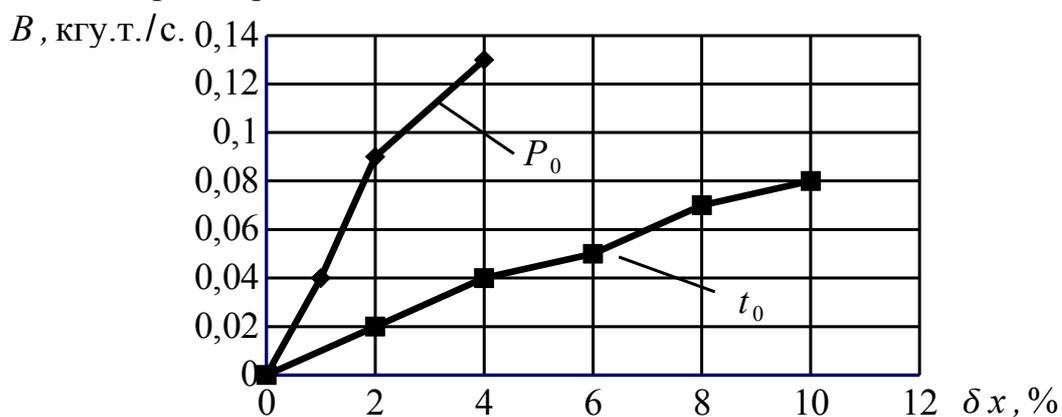


Рис. 6. Зависимость перерасхода топлива от величины отклонения параметра.

Из рис. 6 видно, что при отклонении давления на 4 % перерасход топлива составляет 0,13 кг у.т./с. При таком же отклонении температуры пара (4 %) перерасход топлива составляет 0,04 кг у.т./с., что подтверждает

ранее сделанный вывод о том, что влияние отклонения давления на перерасход более существенно, чем отклонение температуры.

По результатам натурального эксперимента была произведена оценка среднего квадратического отклонения (СКО) измеренных величин t_0 и P_0 (неопределенность по типу А):

$$\tilde{\sigma} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (8)$$

где x_i – измеренное значение, \bar{x} – среднее арифметическое измеренных значений, n – количество измерений.

Также была произведена оценка доверительной погрешности ΔD при ограниченном числе измерений n (укороченного ряда измерений) исходя из распределения Стьюдента:

$$\Delta_D = t_p S_{\bar{x}}, \quad (9)$$

где t_p – квантиль распределения Стьюдента, $S_{\bar{x}}$ – оценка среднего квадратического отклонения.

По данной методике определены СКО и доверительная погрешность для показаний острого пара (температуры и давления) при ручном и автоматическом регулировании. Результаты расчетов приведены в таблице 1.

Таблица 1

Оценка экспериментальных данных

Параметр	Ручное управление		Автоматическое управление	
	$t_0, \text{ }^\circ\text{C}$	$P_0, \text{ МПа}$	$t_0, \text{ }^\circ\text{C}$	$P_0, \text{ МПа}$
$\tilde{\sigma}$	14,98	0,21	4,52	0,1
$\tilde{\sigma}(\bar{x})$	2,28	0,03	0,68	0,02
$\tilde{\sigma}(\tilde{\sigma})$	1,63	0,02	0,49	0,01
Δ_D	4,48	0,06	1,35	0
$\frac{\tilde{\sigma}(\tilde{\sigma})}{\tilde{\sigma}}$	11 %	10 %	11 %	11 %

В пятой главе представлен технико-экономический анализ эффективности систем регулирования параметров для теплофикационных энергоблоков стандартных типоразмеров при различных нагрузках. Произведена оценка стоимости автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) для вновь строящегося энергоблока и при модернизации существующего блока.

При работе энергоблока в диапазоне нагрузок от 80 % до 100 % эффективность законов регулирования (ПИ и ПИД законов) практически одинаковая, но при дальнейшей разгрузке энергоблока эффективность более совершенного закона возрастает, таким образом, использование наиболее совершенных средств автоматизации и более сложных законов регулирования целесообразно при работе энергоблока на пониженных нагрузках (рис. 7).

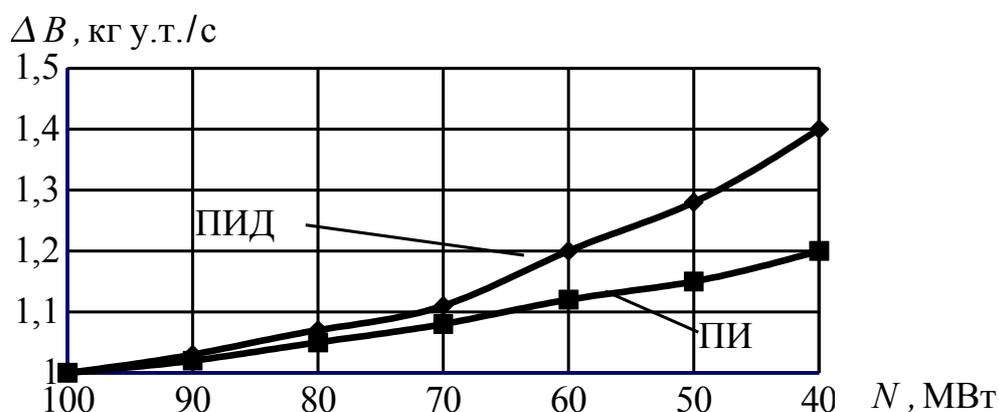


Рис. 7. Эффективность законов регулирования при различной нагрузке энергоблока.

При номинальной нагрузке энергоблока экономия топлива при работе на различных технических средствах различается не существенно, но при разгрузке энергоблока (более 70 %) современные технические средства дают экономию топлива в течении года более 30 % по сравнению с традиционными техническими средствами.

На рис. 8 представлен график платежей при строительстве нового теплофикационного энергоблока мощностью 180 МВт, из которого видно, что стоимость АСУ ТП составляет порядка 20 % стоимости блока, поэтому важно уделять особое внимание при выборе средств автоматизации для достижения максимального экономического эффекта при их использовании.

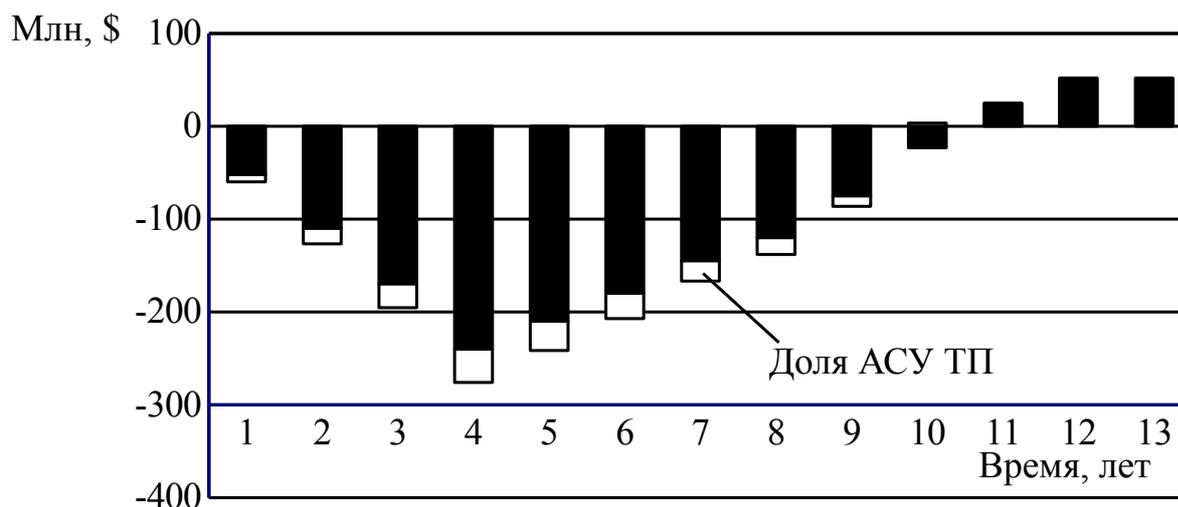


Рис. 8. График платежей при строительстве нового энергоблока.

Экономический эффект от внедрения АСУ ТП на современных технических средствах (как правило импортных) дает экономию в 32,64 млн. руб./год, а при создании АСУ ТП на более простой элементной базе (традиционных технических средствах) дает экономию в 27,27 млн. руб./год, разница в годовой экономии составляет 15 %. В то же время, при модернизации АСУ ТП на существующем блоке, который работает на нагрузке 70 % и менее, а так же в переходных режимах, покрывая пиковые нагрузки, экономический эффект от внедрения современной АСУ ТП возрастет более чем на 30 %, и с дальнейшей эксплуатацией существующего блока эффективность АСУ ТП будет возрастать.

Основные результаты работы

1. Разработана методика расчета перерасходов топлива на ТЭЦ, которая заключается в определении эксергетических КПД отпуска электроэнергии и теплоты при разделении энергоблоков на функционирующие части с учетом структурного коэффициента.

2. Разработана методика расчетов, связывающая величину отклонения регулируемых параметров с перерасходом топлива при работе энергоблока, которая заключается в установлении функциональной зависимости между временем регулирования, законом и объектом регулирования.

3. Выявлено, что теоретически влияние отклонения температуры острого пара t_0 на перерасход топлива несущественно по сравнению с отклонением давления P_0 , но на практике в связи с инерционностью регулирования температуры (t_0) перерасход топлива по данному параметру сопоставим с перерасходом топлива при отклонении давления.

4. При работе теплофикационного энергоблока с нагрузкой близкой к номиналу перерасход топлива составляет δB 2 %, при снижении нагрузки перерасход топлива возрастает δB до 4-6 %, что требует повышения качества регулирования.

5. С ростом установленной мощности всех типов турбин наблюдается увеличение перерасхода топлива (δB 2-4 %), что требует перехода на более совершенные законы регулирования и наиболее совершенную элементную базу средств автоматизации, такой переход экономически целесообразен.

6. Применение более совершенных средств автоматизации на вновь вводимых передовых энергоблоках, работающих в базовой части нагрузок, менее эффективно по сравнению с применением аналогичных систем на энергоблоках, выводимых в резерв в переменную часть графика нагрузок.

7. Результаты работы оборудования в условиях перерасхода топлива, полученные при моделировании подтверждены, натурным экспериментом при совпадении математических ожиданий исследуемых величин (перерасход топлива).

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

1. Щинников П. А., Новиков С. И., Дворцовой А. И. Эксергетический анализ влияния параметров регулирования пылеугольных теплофикационных энергоблоков на перерасход топлива // Научный вестник НГТУ.- 2009.- №4(37).- С. 163-169.- 0,44 п.л. (авт. 0,22 п.л.).

2. Дворцовой А. И. Эксергетический анализ влияния регулирующих систем на перерасход топлива пылеугольных теплофикационных энергоблоков // НАУКА. ТЕХНОЛОГИИ. ИННОВАЦИИ//Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 7 частях. 04-05 декабря 2009 Новосибирск - Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2009. Часть. 3 – С. 67-68.- 0,12 п.л.

3. Щинников П. А., Дворцовой А. И. Анализ влияния отклонения параметров на перерасход топлива при работе теплофикационных энергоблоков // Энергетика в глобальном мире: сборник докладов первого международного научно-технического конгресса. - Красноярск: ООО "Версо", 2010. - С. 97-98.- 0,12 п.л.

4. Дворцовой А. И. Анализ влияния регулирующих систем на перерасход топлива пылеугольных теплофикационных энергоблоков / А. И. Дворцовой // Материалы Международной научно-практической конференции «Энергоэффективность и Энергосбережение. Законодательная и нормативная база. Новые энергоресурсосберегающие технологии и оборудование» 19-20 ноя-

бря 2009 г. Пермь – Пермь: Изд-во ООО «Типография АСТЕР», 2009. – С. 80-81.- 0,12 п.л.

5. Щинников П. А., Новиков С. И., **Дворцовой А. И.** Влияние параметров регулирования пылеугольных теплофикационных энергоблоков на перерасход топлива // Энергетика и теплотехника: сб. науч. трудов / Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 2009. – С. 37-46.- 0,63 (авт. 0,3).

6. **Дворцовой А. И.** Методика разработки математических моделей для дистанционных курсов обучения оперативного персонала ТЭС // Современные техника и технологии//Сборник трудов XV Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. 4–8 мая 2009, Томск – Томск: Изд-во ТПУ, 2009. – С. 194-195.- 0,12 п.л.

7. Щинников П. А., Новиков С. И., **Дворцовой А. И.** Определение перерасходов топлива теплофикационных энергоблоков при регулировании параметров // Горение твердого топлива: Сб. докладов VII Всерос. конф. с междунар. участи-ем, Новосибирск, 10-13 ноября 2009 г. С. 89-93.- 0,3 (авт. 0,16).

Отпечатано в типографии

Новосибирского государственного технического университета

630092, г. Новосибирск, пр. К. Маркса, 20,

тел./факс (383) 346-08-57

формат 60 X 84 1\16, объем 1.25 п.л., тираж 100 экз.

заказ № 1620 подписано в печать 02.11.10 г.