

## СИСТЕМНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛОИНВЕСТИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОСТАВЕ ТЭЦ

Канд. техн. наук **ЩИННИКОВ П. А.**,  
кандидаты техн. наук, доценты **ОВЧИННИКОВ Ю. В.**, **ПУГАЧ Л. И.**

*Новосибирский государственный технический университет*

**Инженеры ТОМИЛОВ В. Г.**, **ПУГАЧ Ю. Л.**

*ОАО «Новосибирскэнерго»*

Под малоинвестиционными технологиями, применяемыми на пылеугольных ТЭЦ, понимают технологии, которые позволяют без значительных капитальных вложений совершенствовать функционирование станции, повышать ее экологические характеристики, решать вопросы использования низкосортных топлив и т. д. Оценка перспективности таких технологий чрезвычайно актуальна сегодня и требует проработки не только с точки зрения пригодности в рамках модернизации действующего оборудования ТЭЦ, но и с учетом всех видов системных ограничений [1].

В настоящей работе представлены результаты системных исследований технологий сжигания твердого топлива в вихревой топке [2], плазменной подсветки основного факела [3] и эмульгаторной золоочистки [4] по сравнению с традиционной технологией сжигания угля. Эти технологии позволяют снизить выбросы вредных веществ, являются малозатратными и пригодными к использованию на действующем оборудовании в рамках его реконструкции. Исследование проведено в соответствии с методическим подходом [5], когда функция цели определяется в результате оптимизационных расчетов с вычислением параметров термодинамического цикла и тепловой схемы, конструктивно-компонентных характеристик оборудования при минимальных затратах на сооружение и эксплуатацию. Более высокое значение функции цели  $\eta_c$  соответствует лучшей комплексной сбалансированности исследуемой технологии и, как следствие, более высокой технико-экономической эффективности.

Исследования показали, что определяющими системными ограничениями для рассмотренных технологий являются коэффициент готовности (от которого зависит коэффициент резерва в энергосистеме и связанные с этим затраты в резервное оборудование) и экологические ограничения района функционирования (от которых зависит удаление энергоблока от потребителей теплоты и затраты, связанные с удалением блока и восстановлением экологической инфраструктуры).

Из табл. 1 видно, что наивысшим коэффициентом готовности обладает традиционная технология сжигания пылевидного угля в факеле с применением ступенчатого сжигания. Именно этот параметр и определяет ее достаточно высокую эффективность по сравнению с другими (рис. 1). Снижение эффективности традиционной технологии при росте единичной мощности объясняется увеличением вредных выбросов и связанных с этим затрат в системы азото- и сероподавления, капиталовложений в дымовую трубу, затрат на удаление блока в зону с обеспе-

ченными предельно допустимыми концентрациями (ПДК) и на восстановление экологической инфраструктуры.

Таблица 1

Коэффициент готовности энергоблоков для различных технологий

Технология	Коэффициент готовности $R_B$
Традиционное сжигание угля	0,92—0,94
Сжигание угля в вихревой предтопке	0,81—0,85
Применение плазменной подсветки	0,89—0,92
Применение эмульгаторной золоочистки	0,81—0,85

В свою очередь низкая эффективность вихревой технологии объясняется невысоким коэффициентом готовности и связанным с этим увеличением коэффициента резерва в ЭС (например, для энергосистемы из 24-х эквивалентных блоков коэффициент резерва составляет 0,34—0,43). Тем не менее, технология с вихревой топкой на уровне мощности блока 250 МВт начинает конкурировать с традиционной (с учетом дисперсии). С уверенностью можно предположить, что при единичной мощности блока 300 МВт конкурентоспособность этих технологий выравнивается и при дальнейшем увеличении мощности эффективность вихревой технологии будет выше, чем у традиционной.

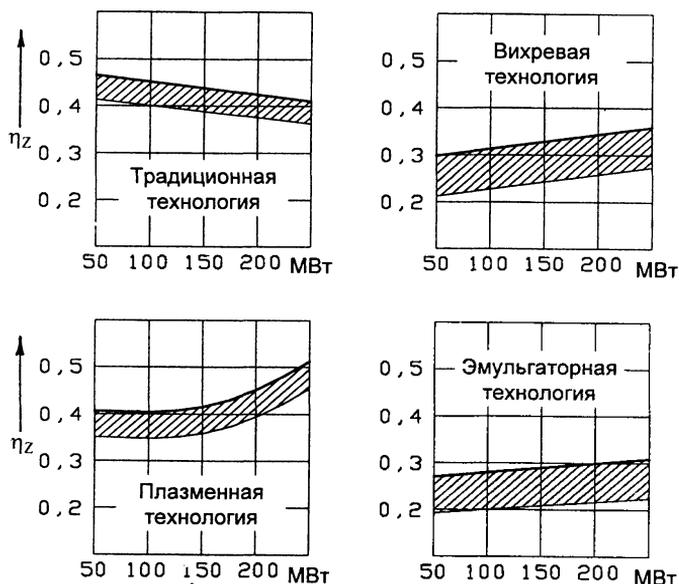


Рис. 1. Функция цели  $\eta_z$  в зависимости от единичной мощности энергоблоков

Одними из главных достоинств плазменной подсветки основного факела являются снижение окислов азота на 20 % по сравнению с традиционным сжиганием и снижение (и даже полный отказ) расхода мазута на розжиг и подсвет. При этом лучшая сбалансированность технологии по всем видам ограничений позволяет ей конкурировать с тради-

ционной и превосходить технологию вихревого сжигания во всем рассмотренном диапазоне мощностей (рис. 1). Это объясняется: во-первых, лучшими экологическими характеристиками плазменной технологии по сравнению с традиционной, в связи с чем затраты на удаление блока в зону с обеспеченными ПДК и затраты на восстановление инфраструктуры у плазменной технологии меньше на 16—33 % и 18—28 % соответственно (меньшие значения для блоков большей мощности); во-вторых, более высоким коэффициентом готовности (табл. 1) по сравнению с вихревой технологией и связанным с этим меньшим коэффициентом резерва (в 1,3—1,5 раза), который определяет затраты в резервные энергоблоки.

Наихудшей эффективностью обладает эмульгаторная технология (рис. 1), матожидание которой на 6—11 % ниже, чем у вихревой в зависимости от мощности блока. Это определяется снижением КПД котла на 3—4 %, которое вызвано увеличением температуры уходящих газов, так как в соответствии с технологической схемой эмульгаторной золоочистки дымовые газы после эмульгатора должны подогреться выше точки росы. Повышение температуры уходящих газов вызывает изменения теплонапряженности поверхностей нагрева котла, что уменьшает его коэффициент готовности по сравнению с традиционным сжиганием угля. Последнее обостряется малыми наработками на отказ собственно эмульгатора, что снижает коэффициент готовности блока в целом (табл. 1). Следует отметить и негативный экологический фактор, обусловленный интенсификацией туманообразования и выделения аэрозолей кислот в зоне распространения дымового шлейфа, что увеличивает затраты на восстановление экологической инфраструктуры (в порядке оценки на 3 %). Перечисленные выше факторы обуславливают рост оптимальных параметров термодинамического цикла (например, расчетная температура острого пара должна быть на уровне 590—600 °С), что позволяет повысить КПД цикла и за счет этого снизить переменную составляющую приведенных затрат. Однако такое повышение параметров острого пара ведет к применению дорогостоящих материалов, что увеличивает капиталовложения в технологию и заметного влияния на конкурентоспособность технологии не оказывает.

На рис. 2 показаны удельные дисконтированные капиталовложения в энергоблоки с учетом строительства и освоения, которые определены в результате оптимизационных расчетов с вычислением параметров термодинамического цикла и вида тепловой схемы. Из рисунка видно, что в целом капиталовложения в рассматриваемые технологии можно считать сопоставимыми (особенно для зависимостей 1, 2 и 3, так как их расхождение составляет 5—6 %). В

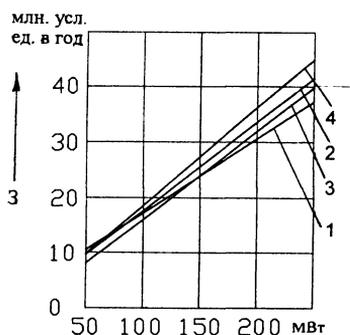


Рис. 2. 1 — традиционный; 2 — с вихревой топкой; 3 — с плазменным розжигом и подсветкой; 4 — с эмульгаторной золоочисткой

этом случае при выборе перспективного профиля теплофикационного энергоблока определяющими становятся факторы, связанные с его влиянием на окружающую среду, и устойчивость оптимальных решений в условиях изменяющейся экологической обстановки. Такой подход обусловлен в первую очередь тем, что район функционирования ТЭЦ — это крупные мегаполисы с развитой социальной инфраструктурой и повышенными (как правило) фоновыми концентрациями вредных веществ в атмосфере.

Устойчивость оптимальных решений была проверена путем серии расчетных экспериментов при моделировании изменения фоновой загрязненности атмосферы от 0 до 0,8 ПДК для теплофикационных блоков мощностью 80 МВт (рис. 3). В этом случае сопоставимость сравниваемых вариантов обусловлена учетом необходимых затрат на обеспечение предельно допустимых выбросов (ПДВ), определяемых как разность между предельно допустимой концентрацией вредного вещества по санитарным нормам и фоновой концентрацией в районе функционирования. Из рис. 3 видно, что устойчивыми оптимальными решениями (по параметрам и виду технологической схемы) во всем диапазоне расчетов обладает технология плазменного розжига и подсвета основного факела. В то же время устойчивость оптимальных решений для других технологий ограничена фоновыми концентрациями вредных веществ в атмосфере на уровне 0,6 ПДК.

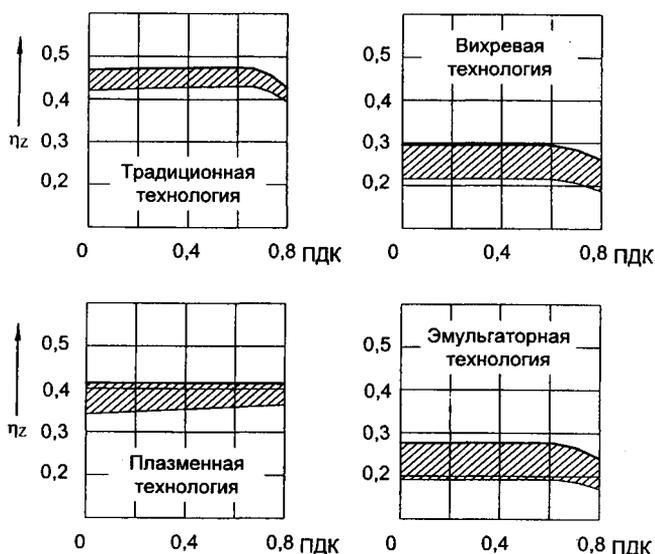


Рис. 3. Функция цели  $\eta_z$  для блока 80 МВт (турбина ПТ-80) в зависимости от превышения фоновых загрязнений в долях от ПДК

## ВЫВОДЫ

1. Для эффективного использования технологии сжигания твердого топлива в вихревом предтопке единичная мощность энергоблока должна быть на уровне 250—300 МВт и выше.
2. Технология с плазменным розжигом и подсветом пылеугольного факела конкурентоспособна с традиционным сжиганием и превосходит

сжигание топлива в вихревом предтопке во всем рассмотренном диапазоне мощности теплофикационных энергоблоков стандартных типоразмеров (50—250 МВт). В условиях изменений экологических факторов эффективность работы блоков практически не изменяется, что говорит об устойчивости и комплексной сбалансированности оптимальных решений.

3. В связи с низким коэффициентом готовности и наихудшей (среди рассмотренных технологий) комплексной сбалансированностью оптимальных решений матожидание функции цели для технологии эмульгаторной золоочистки на 6—11 % ниже, чем у вихревой (при технико-экономической сопоставимости этих технологий с учетом дисперсии). Поэтому целесообразность использования эмульгаторной технологии следует рассматривать с одновременным применением дополнительных систем очистки от выбросов окислов азота и серы.

4. Изменение экологических факторов ограничивает возможности применения технологии сжигания топлива в вихревом предтопке и технологии эмульгаторной золоочистки. Фоновые концентрации вредных веществ в районе функционирования не должны превышать 0,6 ПДК.

#### Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В е р о я т н о с т н а я оценка эффективности при оптимизации сложных систем / Г. В. Ноздренко, В. В. Зыков, П. А. Щинников, В. Н. Чурашев // Теплоэнергетика: Сб. науч. тр. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998. — С. 99—110.

2. Р е з у л ь т а т ы освоения и исследований опытно-промышленной котельной установки с котлом ТПЕ-427 / А. А. Попов, Н. В. Голованов, Л. И. Пугач, В. Г. Томилов и др. // Сибирский физико-технический журнал. — 1991. — Вып. 5. — С. 15—20.

3. И с с л е д о в а н и е плазменного розжига и стабилизации горения пылеугольного факела / В. А. Утович, В. С. Перегулов, Л. И. Пугач, В. Г. Томилов и др. // Теплоэнергетика. — 1990. — № 4. — С. 20—23.

4. С а л а м о в А. А. Удельные капитальные затраты в сооружение ТЭС за рубежом // Теплоэнергетика. — 1997. — № 2. — С. 76—79.

5. Щ и н н и к о в П. А. Выбор экологически перспективного направления развития ТЭС на канско-ачинских углях в современных экономических условиях: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998. — 20 с.

Представлена кафедрой  
ТЭС

Поступила 28.04.1999