

## ЛИТЕРАТУРА

1. Расчетный метод сравнения конструкций проточной части турбомашин / В. К. Балабанович, Н. Б. Карницкий, В. М. Неуймин, И. П. Усачев // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 1995. – № 5–6. – С. 77–82.

Представлена  
кафедрой ТЭС

Поступила 20.09.1999

УДК 621. 311

### **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕРМОПОДГОТОВКИ ТОПЛИВА ДЛЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ ТЭС**

**Канд. техн. наук ЩИННИКОВ П. А.**

*Новосибирский государственный технический университет*

Работа современного энергообъекта (энергоблока) не может рассматриваться без учета большого числа системных факторов, которые условно можно разделить на две группы. К первой относятся инфраструктурные факторы (создание и поддержание в эксплуатационно-пригодном состоянии производственной инфраструктуры, обеспечивающей работу энергоблока; обеспечение социальной инфраструктуры; обеспечение экологической инфраструктуры, удовлетворяющей санитарным нормам, и при необходимости – ее восстановление и др.). Вторую группу составляют факторы, учитывающие включение энергоблока в единую энергосистему (готовность к несению нагрузки; резервирование установленной мощности; заполнение графика нагрузки и соответственно вытеснение базовых или пиковых мощностей; возможности работы на переменных режимах и др.). Следует учитывать также и то, что изменение условий сжигания топлива для снижения вредных выбросов и получения лучших экологических показателей может не только изменить конструкцию котлоагрегата, но и повлиять на оптимальные с технико-экономической точки зрения параметры термодинамического цикла. В последнем случае может измениться оптимальный профиль энергоблока. При таком системном исследовании энергоблоков с новыми технологиями их перспективность будет определяться не только и не столько экологическими требованиями, сколько комплексным влиянием большого количества факторов и всеми видами системных ограничений.

В то же время вне зависимости от вида экономики и формы собственности анализ экономической эффективности хозяйственных решений осуществляется путем сопоставления расходов и доходов, связанных с их реализацией. Поэтому для оценки эффективности новой технологии используется механизм коммерческой оценки, в основе которого лежит оптимизационная балансовая модель функционирования энергоблока с применением имитационной модели финансирования капиталовложений [1].

В общем случае критерием эффективности (функцией цели) функционирования энергоблока ТЭС является отношение полученных от продаж за отпущенную энергопродукцию сумм к полным затратам за тот же период

$$\eta_Z = \frac{\sum (\Pi_N N + \Pi_T E_T)}{\sum Z}$$

где  $\Pi_N$ ,  $\Pi_T$  – получаемая плата за электроэнергию и теплоту в данном  $\tau$ -м году, руб/(кВт·ч);

$N$ ,  $E_T$  – отпущенные в  $\tau$ -м году потребителю электроэнергия и теплота, кВт·ч/год.

Влияние некоторых системных факторов на энерготехнологический блок ТЭЦ с термоподготовкой топлива показано в [2]. В настоящей статье предложены результаты исследования эффективности (в соответствии с изложенными выше положениями) термоподготовки в составе блока ТЭЦ по сравнению с традиционной технологией сжигания угля. При этом все сравниваемые варианты приведены к сопоставимому виду по энергетическому эффекту в соответствии с [3], а все стоимостные составляющие функции цели оценены в долларах США в соответствии с [4].

На рис. 1 показано математическое ожидание дисконтированных (приведенных к одному году эксплуатации) затрат ( $Z_1 \dots Z_6$ ) в агрегаты энергоблока в зависимости от единичной мощности блока. Агрегатирование энергоблока проведено следующим образом [1, 3]: энергоблок условно разбит на шесть функционирующих частей или агрегатов, где первая часть включает в себя парогенератор и оборудование сопутст-

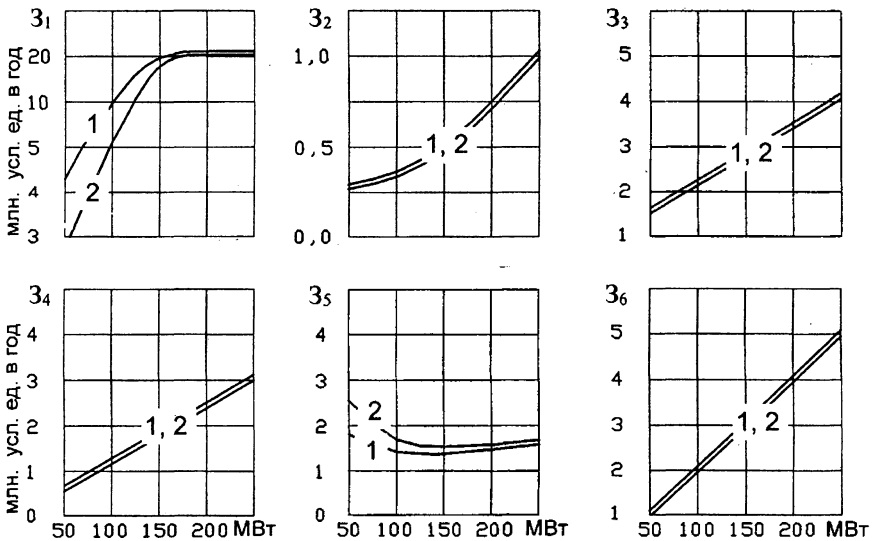


Рис. 1. Приведенные к одному году эксплуатации затраты в агрегаты энергоблока: 1 – с традиционной технологией сжигания угля; 2 – с термоподготовкой топлива

вующих технологических систем (топливоподачу и топливоподготовку, систему термоподготовки топлива, тягодутьевую установку, системы золоочистки, серо- и азотоподавления, золошлакоудаления и отвода дымовых газов). Вторая включает часть высокого давления турбины с промежуточным перегревом пара. Третья является частью среднего и низкого давления турбины. Четвертая часть объединяет электрооборудование. Пятая функционирующая часть рассматривается как система технического водоснабжения и регенеративного подогрева питательной

воды. Шестая в общем случае включает в себя оборудование системы отпуска теплоэнергии. Капиталовложения в здания и сооружения, а также затраты, связанные с освоением капиталовложений (подготовка территории, всех видов коммуникаций, строительство, наладка до выхода на проектную мощность и пр.), пропорционально разнесены по агрегатам энергоблока.

Распределение затрат по агрегатам энергоблока с термоподготовкой топлива показано в сравнении с традиционными блоками (рис. 1). При этом в качестве системы сероподавления для традиционного блока принята сухая сероочистка, производимая путем добавления к сжигаемому топливу известняка, а в качестве системы азотоподавления — применение ступенчатого сжигания. Из рисунка видно, что затраты непосредственно в энергетическое оборудование для исследуемых блоков практически одинаковы, за исключением затрат в первый и пятый агрегаты (котлоагрегат, системы топливоподготовки, подавления вредных веществ, удаления золы и дымовых газов и системы регенерации соответственно) для блоков малых и средних мощностей (до 110 МВт). Это говорит о том, что стоимостные показатели оборудования не имеют решающего значения при выборе оптимального технологического профиля энергоблока, особенно для блоков мощностью свыше 100...110 МВт. Другими словами, затраты в систему топливоподготовки для блоков с термоподготовкой сопоставимы с затратами в системы серо- и азотоочистки для традиционных блоков. И хотя для блоков малых мощностей они несколько ниже, увеличение затрат в систему регенерации (вызванное снижением начальных параметров пара [2], которое оказывает заметное влияние на термодинамический КПД цикла именно для блоков малых мощностей) выравнивает суммарные затраты в энергооборудование.

В условиях приблизительного равенства капиталовложений определяющими при выборе оптимального профиля становятся факторы, связанные с его влиянием на окружающую среду, и показатели себестоимости отпускаемой продукции. Результаты расчетов показывают, что у блока с термоподготовкой выбросы оксидов азота ниже в 3...4 раза, что обуславливает меньшее удаление блока от потребителей и соответственно меньшие затраты на удаление [2]. Одновременно в 1,8 раза снижаются затраты на восстановление экологической инфраструктуры. При этом у блоков с термоподготовкой себестоимость электроэнергии ниже на 30...40 %, а теплоты — на 15...30 %. По этой причине функция цели, характеризующая уровень доходности технологии, для энергоблоков с предварительной термической подготовкой топлива на 15...20 % выше, чем у традиционных (рис. 2). В расчетах в качестве цены за электро- и теплоэнергию приняты осредненные значения тарифов для всех групп потребителей без учета платы за установленную мощность [5]. Значение показателя эффективности меньше единицы говорит о том, что при ценообразовании не проводилось должного учета экологических факторов от действия ТЭС и формирова-

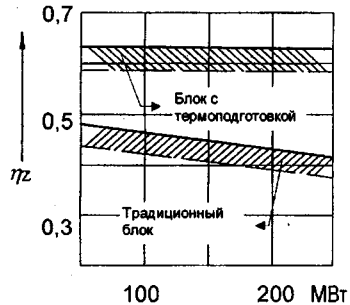


Рис. 2. Функция цели с учетом дисперсии для блока с термоподготовкой топлива и традиционного блока с системами серо- и азотоочистки

ние штрафных санкций и отчислений в восстановление экоструктуры в соответствии с действующими методиками не покрывает ущерба, причиняемого окружающей среде. Однако в силу того, что функция цели  $\eta_z$  – безразмерная величина, ее изменение (равно как и абсолютное значение) позволяет провести сравнение различных вариантов. Из рис. 2 видно, что увеличение единичной мощности ТЭУ практически не меняет эффективность энергоблока с термоподготовкой и заметно снижает эффективность традиционного блока.

Оценка экономической и энергетической устойчивости оптимальных решений для теплофикационных блоков с термоподготовкой была проведена путем серии расчетных экспериментов в условиях изменения фоновой загазованности атмосферы от 0,4 до 0,8 ПДК.

На рис. 3 показаны параметры энерготехнологического блока с термоподготовкой при увеличении фоновых концентраций в атмосфере. Можно видеть, что оптимальные начальные параметры пара для энергоблоков практически не изменяются. Незначительно изменяется и степень частичной газификации топлива при его термоподготовке. Это го-

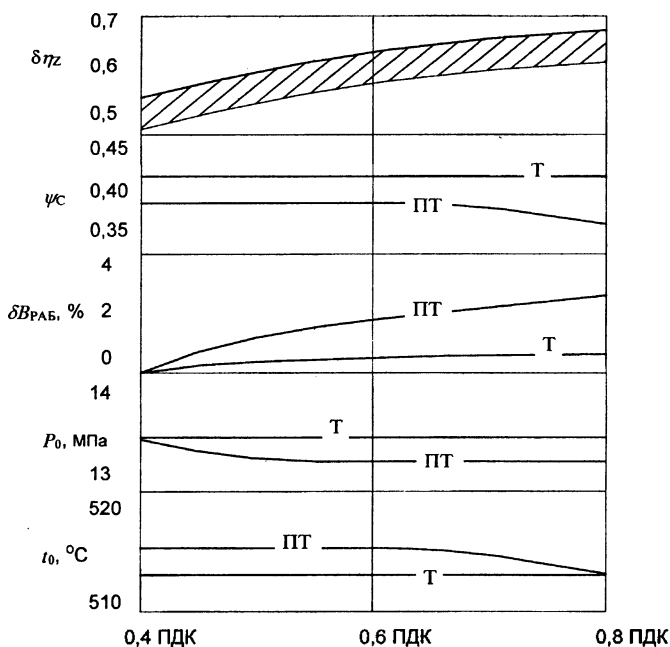


Рис. 3. Влияние загазованности атмосферы на эффективность и параметры блоков с термоподготовкой для Т- и ПТ-турбин

ворит об устойчивости оптимальных значений параметров как термодинамического цикла, так и процесса термоподготовки. В то же время при увеличении фоновых концентраций заметно увеличивается расход рабочего топлива  $\delta V_{\text{раб}}$  (до 2...3 %), особенно для ПТ-турбин. Это объясняется удалением энергоблока в зону с обеспеченными ПДК, что ведет к увеличению протяженности магистральных трубопроводов и, как следствие, к возрастанию параметров отборов пара для обеспечения производственной тепловой нагрузки. При этом увеличивается тепловая выработка энергоблоком, что обуславливает рост коэффициента теплофикации. В свою очередь, при уменьшении фоновых концентраций ТЭЦ

приближается к потребителям и сокращается протяженность магистральных трубопроводов. Тогда экономически становится выгодно уменьшение расхода сетевой воды за счет увеличения параметров пара в регулируемом отборе и уменьшение мощности на сетевые насосы.

Следует отметить, что относительно слабое влияние фактора загрязнения атмосферы на оптимальные параметры как термодинамического цикла, так и технологического процесса в целом, в первую очередь, обусловлено лучшими экологическими характеристиками термической подготовки угля по сравнению с прямым сжиганием.

Увеличение загазованности окружающей среды приводит к росту затрат на удаление блока в зону с обеспеченными ПДК и к увеличению затрат на восстановление экологической инфраструктуры ареала функционирования энергоблока. Это обуславливает снижение экономической эффективности энергоблоков  $\delta\eta_Z$  (рис. 3). Однако даже при двукратном увеличении индекса загрязнений атмосферы снижение эффективности не превышает 6 %, что говорит об устойчивости оптимальных решений для принятой технологической схемы энерготехнологического блока с термоподготовкой угля.

## ВЫВОДЫ

1. Капиталовложения в системы высокотемпературной термоподготовки угля сопоставимы с капиталовложениями в традиционные системы серо- и азотоочистки.

2. Экономическая эффективность теплофикационных энергоблоков стандартных типоразмеров с системами термоподготовки угля выше на 15...20 %, чем у аналогичных блоков с традиционными способами сжигания.

3. В условиях изменения экологических факторов параметры процесса термоподготовки и термодинамического цикла изменяются незначительно, что говорит об устойчивости оптимальных решений для принятой технологической схемы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Ш и н н и к о в П. А. Выбор экологически перспективного направления развития ТЭЦ на канско-ачинских углях в современных экономических условиях / Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 1998. – 20 с.

2. Ш и н н и к о в П. А., Н о з д р е н к о Г. В. Влияние некоторых системных факторов на энерготехнологический блок ТЭЦ с термоподготовкой топлива // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 1998. – № 1. – С. 49–53.

3. Н о з д р е н к о Г. В. Эффективность применения в энергетике КАТЭКа экологически перспективных энерготехнологических блоков электростанций с новыми технологиями использования угля: Учеб. пособие. – Новосибирск: НЭТИ, 1992. – 249 с.

4. М е т о д и ч е с к и е рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования / А. Г. Шахназаров и др. – М., 1994. – 80 с.

5. Т а р и ф ы на тепловую и электрическую энергию: Прейскурант № 09-01. – М.: Прейскурантиздат, 1990. – 46 с.