

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 Π_N , Π_T – получаемая плата за электроэнергию и теплоту в данном τ -м году, руб/(кВт·ч);

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

Влияние некоторых системных факторов на энерготехнологический блок ТЭЦ с термopодготовкой топлива показано в [2]. В настоящей статье предложены результаты исследования эффективности (в соответствии с изложенными выше положениями) термopодготовки 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-

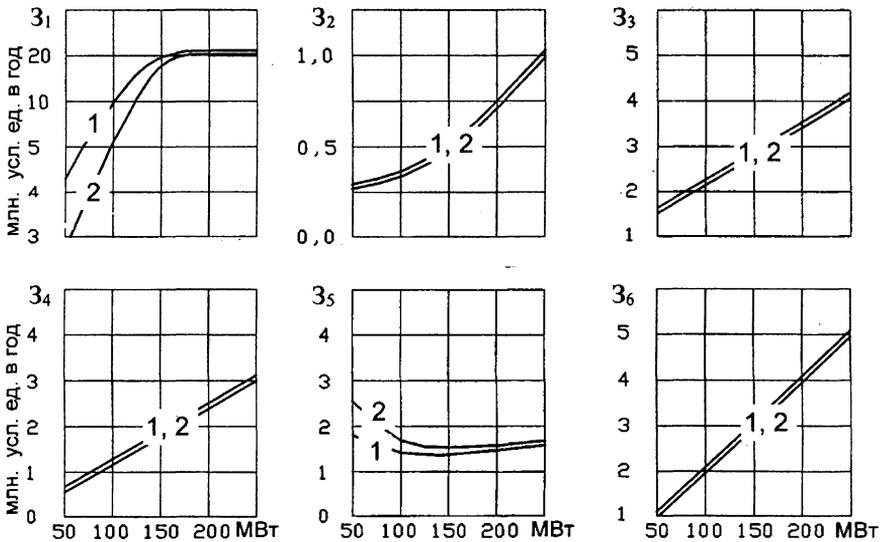


Рис. 1. Приведенные к одному году эксплуатации затраты в агрегаты энергоблока: 1 – с традиционной технологией сжигания угля; 2 – с термopодготовкой топлива

вующих технологических систем (топливоподачу и топливopодготовку, систему термopодготовки 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-

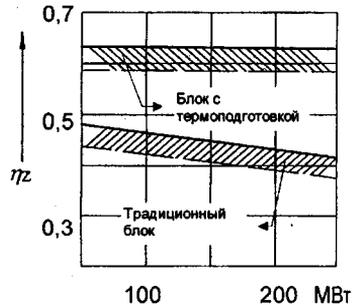


Рис. 2. Функция цели с учетом дисперсии для блока с термоподготовкой топлива и традиционного блока с системами серо- и азотоочистки

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 η_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-

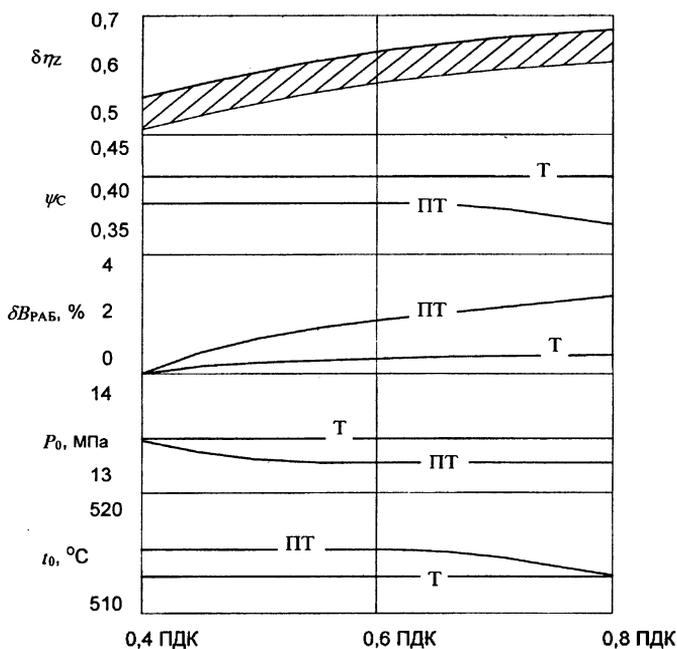


Рис. 3. Влияние загазованности атмосферы на эффективность и параметры блоков с термоподготовкой для Т- и ПТ-турбин

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.