

УДК 621.165

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОЙ СХЕМЫ ПГУ-450
С УВЕЛИЧЕНИЕМ ТЕПЛОВОЙ МОЩНОСТИ ОТОПИТЕЛЬНЫХ
ОТБОРОВ И СОХРАНЕНИЯ СУММАРНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
МОЩНОСТИ С ПОМОЩЬЮ БЛОЧНОГО ДОЖИГАЮЩЕГО
УСТРОЙСТВА**

Л. О. Зверев, В. Г. Злобин

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
университет промышленных технологий и дизайна, Высшая школа
технологии и энергетики», Российская Федерация*

Д. В. Липатов, Э. Р. Зверева

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Казанский государственный энергетический
университет», Российская Федерация*

*Показаны решения модернизации котлов-утилизаторов теплофикационных ПГУ с целью
повышения тепловой мощности ПГУ и с сохранением конструктивной, заявленной на ОРЭМ,
электрической мощности.*

Ключевые слова: блочное дожигающее устройство, парогазовая установка, котел-утилизатор, мощность.

**MODERNIZATION OF THE CLIMATIC CIRCUIT OF PGU-450
WITH CHANGING THE TEMPERATURE OF HEATING
EXTRACTIONS AND STORING THERMAL ENERGY USING
A BLOCK AFTERBURNING DEVICE**

L. O. Zverev, V. G. Zlobin

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“1St. Petersburg State Industrial University of Technology and Design,
Higher School of Technology and Energy”, St. Petersburg,
the Russian Federation*

D. V. Lipatov, E. R. Zvereva

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education
“Kazan State Energy University”, Kazan, the Russian Federation*

*The work shows solutions for modernizing waste heat boilers of combined heat and power
plants in order to increase the thermal power of the CCGT and while maintaining the design
electrical power declared on the Wholesale Electric Power Supply Market.*

Keywords: block afterburning device, combined cycle plant, waste heat boiler, power.

Рациональное использование потенциала энергетической отрасли, установление приоритетов и параметров ее развития создают необходимые предпосылки для развития экономики и повышения качества жизни населения страны [1].

С учетом увеличивающейся потребности в энергетической продукции актуальными становятся вопросы обеспечения надежности и экономичности оборудования всех субъектов энергосистемы: генерации, сетей и потребителей. Согласно ФЗ РФ от 26.03.2003 г. № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» и ФЗ РФ от 27.07.2010 г. № 190-ФЗ «О теплоснабжении» определены основные задачи электроэнергетики, правовые

нормы и принципы государственной политики в сфере теплоснабжения для всех субъектов энергосистемы в части надежного и бесперебойного обеспечения электрической и тепловой энергией.

Технологическое единство и синхронность процессов генерации, передачи, распределения и потребления энергии влекут за собой жесткую взаимосвязь режимов и объектов производства и потребления энергии, а также обеспечение конкурентных преимуществ по энергетической эффективности, работающих в электроэнергетике ТЭЦ и энергетических систем и сетей.

В современных условиях, когда ресурс оборудования превышает нормативный срок эксплуатации, актуальными являются вопросы повышения эффективности текущих и перспективных режимов работы, определения доли вложения в ремонтно-эксплуатационную составляющую расходов, определения новых научно-технических решений и обоснований проведения модернизации энергетического оборудования. Основным целевым ориентиром развития генерирующих мощностей электроэнергетики является создание рациональной, всесторонне обоснованной структуры мощностей в целях надежного обеспечения потребителей страны электрической и тепловой энергией [1, 2].

Энергетические компании, осуществляющие взаимодействие на оптовом рынке электрической энергии и мощности (ОРЭМ), заинтересованы в осуществлении оптимальной и эффективной загрузки действующего оборудования. Повышение тепловой мощности ПГУ без снижения его электрической мощности является актуальной с точки зрения повышения эффективности работы ТЭЦ.

Проблема дожигания топлива в котлах-утилизаторах (КУ) является актуальной для энергетики при реконструкции существующих мощностей с использованием надстроек на базе ГТУ. Применение БДУ позволяет повысить основные характеристики пара до максимального значения, благодаря чему увеличится установленная тепловая мощность без включения в работу дополнительного теплофикационного оборудования. Существует несколько вариантов установки БДУ в КУ: на входе в котел-утилизатор, перед пароперегревателем высокого давления (ППВД); после ППВД перед испарителем высокого давления (ИВД).

Применение дожигающего устройства (ДУ) в современных ПГУ позволяет маневренным образом обеспечивать необходимые мощности и дополнительное тепловое снабжение в периоды наибольших потреблений.

Проблема дожигания топлива в котлах-утилизаторах (КУ) является актуальной для энергетики при реконструкции существующих мощностей с использованием надстроек на базе ПГУ. Применение дополнительного сжигания топлива в тепловой схеме ПГУ с одноконтурными КУ может осуществляться при следующих условиях начальных параметров пара (температура, давление) паротурбинной части: при неизменных начальных параметрах и при переходе на новые начальные параметры пара. В котлах-утилизаторах ПГУ-ТЭЦ дожигание топлива осуществляется для стабилизации параметров газа перед КУ, увеличения мощности установки и повышения отпуска тепла внешним потребителям [3].

В ряде случаев в ПГУ целесообразно дожигание некоторого количества топлива в среде выходных газов ГТУ, что позволит повысить их температуру, мощность ПГУ и стабилизировать параметры генерируемого в котле-утилизаторе пара. Организация такого дожигания связана с жесткими требованиями к горелочным устройствам камеры дожигания, которые должны обеспечить полное сгорание топлива, устойчивое горение, надежное воспламенение дожигаемого топлива, создание равномерного темпе-

ратурного поля после горелок, их малое гидравлическое сопротивление. Этим требованиям отвечают микрофакельные горелки, выгорание топлива в которых осуществляется в зоне рециркуляции за плохо обтекаемыми телами (уголки и т. п.). В тепловых схемах ПГУ с котлами-утилизаторами эксплуатация горелочных устройств камер дожигания возможно при концентрации кислорода более 12–14 % и коэффициенте избытка воздуха более 2. Такие горелки устанавливаются в переходном газоходе, соединяющем диффузор ГТУ с теплообменником (котлом-утилизатором) [4].

Горение топлива при диффузионно-стабилизаторном способе сжигания природного газа осуществляется в камерах дожигания в турбулентном следе за стабилизатором. Природный газ вводится в зону рециркуляции через специальный трубчатый коллектор или через отверстия в тыльной стороне стабилизатора. Выходные газы ГТУ поступают в зону горения из обтекающего стабилизатор потока. В эту зону также рециркуляционным противотоком подается некоторое количество продуктов сгорания, способствующих стабилизации процесса горения. Такой способ дожигания топлива отличается высокой интенсивностью процесса смесеобразования при малой длине факела по потоку (несмотря на отдельную подачу выхлопных газов и топлива). Режим горения рассматриваемого диффузионного факела близок к режиму турбулентного горения гомогенных смесей.

Дожигание в котле-утилизаторе позволит обеспечить высокую экономичность при частичных нагрузках ГТУ и при различных температурах наружного воздуха. Еще одним преимуществом блочного дожигающего устройства является возможность плавного регулирования тепловой мощности.

Отрицательным фактором от внедрения БДУ является увеличенный на 15 % расход газа и как следствие увеличение УРУТ ЭЭ и КПД ПГУ (ПГУ-450). Однако увеличение УРУТ ЭЭ на 3,5 % до величины 190 г/кВт·ч не является критичным для рынка электроэнергии и ее продажа будет по-прежнему прибыльной, так как порог рентабельности продаж электроэнергии находится в диапазоне 280–300 г/кВт·ч [4, 5].

Таким образом, технические решения по модернизации котлов-утилизаторов теплофикационных ПГУ свидетельствуют о практической целесообразности применения БДУ в КУ ПГУ для покрытия дополнительной тепловой мощности без снижения электрической мощности ПГУ: возможна длительная работа БДУ в течение всего периода работы блока ПГУ; за счет увеличения электрической мощности на 6 % (в теплофикационном режиме) увеличивается оплата мощности в рынке КОМ; несмотря на увеличение УРУТЭЭ на 4,5 % до 190 г/кВт·ч производимая электрическая энергия остается конкурентноспособной на ОРЭМ; применение БДУ эффективно решает проблему покрытия пиковых тепловых нагрузок в переходных периодах ОЗП (весна – лето; осень – зима).

Л и т е р а т у р а

1. Об утверждении порядка определения нормативов удельного расхода топлива при производстве электрической и тепловой энергии : приказ М-ва энергетики Рос. Федерации от 30 дек. 2008 г. № 323 (с изм. и доп.). – Режим доступа: <https://base.garant.ru/195158/>. – Дата доступа: 08.09.2023.
2. Злобин, В. Г. Повышение эффективности котельных установок на жидком топливе / В. Г. Злобин, Л. О. Зверев // Изв. высш. учеб. заведений. Проблемы энергетики. – 2020. – Т. 22, № 4. – С. 24–32.
3. Цанев, С. В. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций : учеб. пособие / С. В. Цанев, В. Д. Буров, А. Н. Ремезов. – М. : МЭИ, 2009. – 584 с.
4. Зверев, Л. О. Модернизация оборудования тепловых электростанций / Л. О. Зверев, В. Г. Злобин // Journal of Advanced Research in Natural Science. – 2022. – iss. 17. – P. 28–31.
5. Совершенствование паросиловой части теплофикационных ПГУ с котлами-утилизаторами для ТЭЦ крупных городов РФ / М. А. Верткин [и др.] // Теплоэнергетика. – 2021. – № 3. – С. 34–40.