

ЛИТЕРАТУРА

1. Некоторые теоретические предпосылки совершенствования энергетических установок / В. К. Балабанович [и др.] // Наука – образованию, производству, экономике: Реф. докл. 56-й Междунар. науч.-техн. конф. – Минск: УП «Технопринт», 2003.
2. Пантелей, Н. В. Комбинированная энерготехнологическая установка ЭТУ-1 и ее основные характеристики / Н. В. Пантелей // Тез. докл. науч.-техн. конф. студ. и асп. БНТУ. – Минск: БНТУ, 2003. – С. 67–68.
3. Пантелей, Н. В. Комбинированное производство технологических продуктов энерготехнологической установкой ЭТУ-3 / Н. В. Пантелей, Е. А. Пантелей, Е. В. Кулак // Тез. докл. науч.-техн. конф. студ. и асп. БНТУ. – Минск: БНТУ, 2003. – С. 70–73.
4. Пантелей, Н. В. Некоторые вопросы технико-экономической эффективности применения энергосберегающих технологий в энергетике / Н. В. Пантелей, Е. А. Пантелей // Материалы 54-й Междунар. науч.-техн. конф. проф., преп., науч. работников, асп. и студ. БГПА. – Минск: БГПА, 2000.

Представлена кафедрой ТЭС

Поступила 20.10.2006

УДК 621.1

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ ВКЛЮЧЕНИЯ ПАРОТУРБИННОГО ГЕНЕРАТОРА В ТЕПЛОВУЮ СХЕМУ МАЛЫХ И СРЕДНИХ КОТЕЛЬНЫХ

Докт. техн. наук, проф. ЕСЪМАН Р. И., канд. техн. наук, доц. ЯРМОЛЬЧИК Ю. П.

Белорусский национальный технический университет

РЫМАШЕВСКИЙ Ю. В.

РУП «Энергетическая стратегия»

МОРОЗ Г. В.

РУП «БелНИПИэнергопром»

В предшествующие 20–25 лет в условиях технического прогресса крупных тепловых электростанций, развития ядерной энергетики и низкой стоимости топлива мелкие ТЭЦ потеряли свою конкурентоспособность, и их строительство было прекращено, хотя попытки обосновать их энергосберегающую эффективность предпринимались в начале 1980-х гг. В настоящее время, когда строительство крупных тепловых электростанций сталкивается с серьезными социальными, экологическими и инвестиционными трудностями, когда прежняя идеология развития крупной теплофикации оказывается технически и экономически проблематичной, а стоимость органического топлива приблизилась к мировым ценам, рентабельными во многих случаях становятся малые ТЭЦ, о чем свидетельствуют обоснования их эффективности в условиях рыночной экономики. К тому же малые ТЭЦ претерпевают существенное техническое изменение в части повышения экономичности и качества основного оборудования, снижения его материалоемкости, автоматизации управления технологическими процессами, применения блочного монтажа оборудования и др. Их

достоинствами являются быстрота сооружения, небольшие единовременные капиталовложения и возможность строительства за счет средств отраслевых министерств и ведомств.

Естественно, малые ТЭЦ не противопоставляются средним и крупным электростанциям (ТЭЦ, ГРЭС, АЭС), а дополняют их в электроэнергетическом балансе энергосистемы и рассматриваются в качестве источника экономики энергоресурсов.

Даже при ведомственной принадлежности быстрое развитие малой энергетики может заметно пополнить баланс мощности в энергосистеме и облегчить техническое перевооружение (обновление) существующих и строительство новых крупных электростанций.

В ряде случаев небольшие теплофикационные установки могут устанавливаться на действующих и новых промышленных и промышленно-отопительных котельных.

Как показало изучение вопроса возможной турбинизации производственных и отопительных котельных с промышленными паровыми котлами (рабочее давление пара – 1,3–1,4 МПа при температуре насыщения либо перегреве до 250 °С), как правило, применяется дросселирование свежего пара с целью получения пара требуемых параметров. Либо прямо на котлах держат необходимое понижение давления пара. В обоих случаях не используется возможная потенциальная энергия пара, полученная от сжигаемого топлива.

При установке в таких котельных паровых противоаварийных турбоагрегатов малой мощности пропускаемый через них пар сбрасывается от начальных параметров на котлах до давления, нужного потребителю, и в результате бесполезно теряемый до этого потенциал пара будет использоваться для выработки малозатратной электрической энергии. Увеличение абсолютного расхода топлива котельной, связанное с производством электроэнергии, составляет в зависимости от мощности турбоустановки 3–7 % к расходу топлива, затрачиваемому на производство тепловой энергии.

Вырабатываемая турбогенератором электроэнергия идет на покрытие собственных нужд котельной и предприятия, а ее избыток может продаваться в энергосистему на выгодных условиях, что предусмотрено правительственным нормативным актом развития и стимулирования малой энергетики.

Развитие малой теплофикации на базе турбинизации котельных началось в Беларуси (впервые в СНГ) в 1994 г., когда по инициативе белорусских энергетиков на ОАО «Калужский турбинный завод» (Россия) начали создаваться первые блочные паровые теплофикационные турбогенераторные установки мощностью 600 и 3500 кВт с производственным и отопительным противоаварийным давлением для конкретных объектов.

Турбогенераторная блочная установка состоит из смонтированных на общей раме со встроенным маслобаком турбины, редуктора (не у всех турбоустановок), генератора, пускового масляного электронасоса. Клапан предохранительный, эжектор пароструйный, пульт управления и щит генераторный, поставляемые с установкой, устанавливаются рядом.

Удельная заводская стоимость турбогенераторов типа ТГ в зависимости от мощности составляет 240–500 тыс. бел. руб за 1 кВт.

За счет комбинированного производства теплоты и электроэнергии на базе существующих промышленных и отопительных котельных затраты на установку турбогенератора окупаются за три–пять лет. При этом повышается автономность энергоснабжения котельной, позволяя оставаться ей в рабочем режиме при отключении от энергосистемы, т. е. сохранить технологический процесс предприятий, связанных с котельной по пару и теплоте.

В основном паровые котлы существующих котельных вырабатывают пар давлением 1,0–1,4 МПа, тогда как потребителям требуется пар давлением 0,12–0,5 МПа. В большинстве случаев перепад давления сбрасывается на РОУ и потенциальная энергия давления безвозвратно теряется. Турбоагрегаты могут быть включены в тепловую схему котельной, и тем самым удастся получить независимый энергоисточник, превратив котельную в мини-ТЭЦ.

Рассмотрим установку турбоагрегата ТГ 3,5/6,3-Р12/1,2 на районной котельной «Северная» (г. Гродно), являющуюся одним из наиболее крупных источников централизованного теплоснабжения города.

Основное оборудование котельной:

- четыре паровых котла с единичной мощностью по 50 т/ч;
- шесть водогрейных котлов с единичной мощностью по 50 Гкал/ч.

Характеристика устанавливаемой турбины:

- мощность электрическая номинальная при $N_0 = 0,8$ МВт.

Номинальные параметры сухого насыщенного пара перед турбиной:

- давление абс., МПа (кг·с/см²), – 1,18 (12);
- температура – 230 °С;
- степень сухости (не менее) – 0,999;
- расход пара на номинальной мощности, т/ч (не более), – 48,0.

Давление пара за турбиной (противодавление) абс., МПа (кг·с/см²):

- номинальное – 0,118 (1,2);
- максимальное – 0,4 (4,0);
- минимальное – 0,06 (0,6).

Габаритные размеры ПТГ, смонтированного на общей раме, м:

- длина – 6,827;
- ширина – 2,700;
- высота – 3,353.

Зависимость электрической мощности от производительности и величины противодавления представлена на рис. 1.

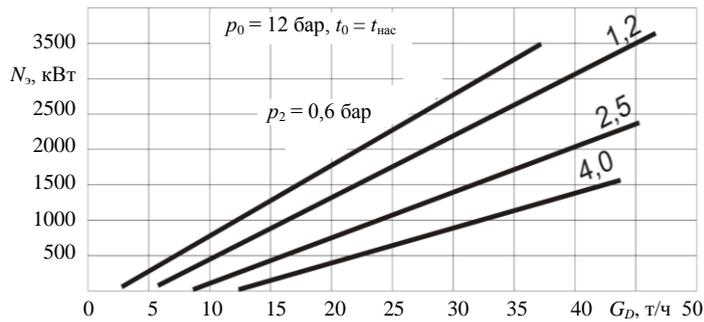


Рис. 1. Энергетическая характеристика турбогенераторной установки ТГ 3,5/10,5-Р12/1 ОАО КТЗ: p_0 , t_0 – давление и температура пара перед турбиной; G_D – расход пара на турбину; p_2 – давление пара за турбиной; N_s – электрическая мощность

Принципиальная тепловая схема котельной после реконструкции приобретает следующий вид (рис. 2).

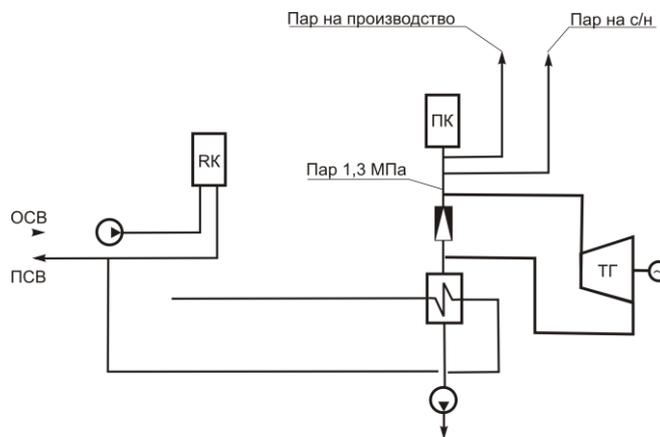


Рис. 2. Принципиальная тепловая схема котельной

Для оценки эффективности использования инвестиционных ресурсов рассчитываются показатели функционирования рассматриваемого объекта без намечаемой реконструкции и с учетом ее проведения. Эффективность определяется по изменению показателей.

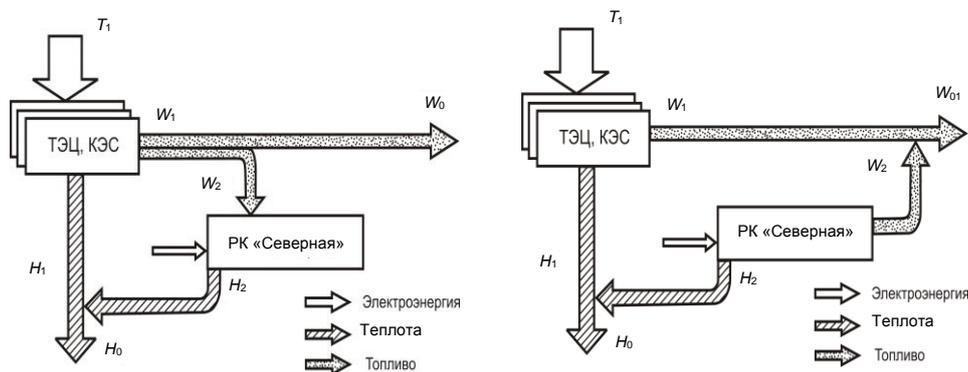


Рис. 3. Укрупненный баланс выработки электрической и тепловой энергии

Укрупненный баланс выработки электрической и тепловой энергии по ПОЭиЭ «Гродноэнерго» до реконструкции районной котельной «Северная» в г. Гродно с установкой турбин и после (W_1 – выработка электроэнергии генерирующими мощностями; W_2 – потребление электроэнергии РК на обеспечение собственных нужд; W_0 и W_{01} – отпуск электроэнергии потребителям до и после реконструкции; T_1 и T_2 – расходы топлива до и после реконструкции; H_0 , H_1 и H_2 – отпуск теплоты потребителям от объектов энергосистемы и РК до и после реконструкции).

Рассматриваемый энергоисточник является структурной единицей энергосистемы «Гродноэнерго», и результаты его реконструкции повлияют на работу всей системы. Для определения эффекта от установки турбины на котельной составлена упрощенная схема энергобаланса системы (рис. 3) с технико-экономическими показателями (табл. 1).

Таблица 1

Технико-экономические показатели

Показатель*	Без проекта	По проекту
Установленная мощность:		
электрическая, МВт	–	3,5
тепловая, Гкал/ч	412,0	415,0
Годовой отпуск производимой продукции:		
электроэнергия, млн кВт·ч	–	25,2
млрд руб	–	259,13
тепловая энергия, тыс. Гкал	409,1	409,1
млрд руб	1559,59	1559,59
Всего – отпуск производимой продукции, млрд руб/год	1559,59	1818,72
Удельный расход условного топлива:		
отпуск электроэнергии, г/(кВт·ч)	–	165,3
отпуск теплоты, кг/Гкал	166,4	167,2
Себестоимость отпускаемой продукции, млрд руб/год	1608,71	1699,56
Себестоимость отпускаемой продукции:		
электроэнергия, руб/(кВт·ч),	–	3966,8
в том числе топливная составляющая руб/(кВт·ч)	–	2982,0
тепловая энергия, тыс. руб/Гкал,	3932,3	4012,4
в том числе топливная составляющая, тыс. руб/Гкал	3001,7	3016,1
Балансовая прибыль, млрд руб/год		130,84
Чистая прибыль, млрд руб/год		95,9
Срок окупаемости капиталовложений (по чистой прибыли), лет		3,3
Срок возврата капитала, лет		4,8

* На 01.04.2003.

Не только приведенный выше, но и многие другие примеры (включая реализованные проекты) показывают, что в новых экономических условиях энергосбережение на базе небольших теплофикационных установок оказывается вполне конкурентоспособным и рентабельным. Для этого суммарные удельные капитальные вложения в них должны находиться в пределах 500–700 тыс. руб/кВт, удельный расход топлива на выработку электроэнергии – на уровне 170 г у. т./(кВт·ч), а число часов использо-

вания установленной электрической и соответственно тепловой мощности должно составлять 7000–8000.

В этой части РУП «БелНИПИэнергопром» совместно с учеными из БНТУ проводятся исследования и технические проработки ряда районных отопительных котельных, которые уже получают практическую реализацию.

ВЫВОД

Оснащение паровых турбин средних и малых котельных экономически оправдано и может быть рекомендовано к реализации при реконструкции и строительстве новых котельных.

Представлена кафедрой промышленной теплоэнергетики и теплотехники

Поступила 28.12.2006

РЕФЕРАТЫ

УДК 621.315

Вычислительный эксперимент и полевые наблюдения пляски расщепленных фаз при наличии гасителей колебаний / И. И. Сергей, П. И. Климкович, А. А. Виноградов, Ж.-Л. Лильен // Энергетика – Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2007. – № 1. – С. 5–15.

Излагается метод численного расчета пляски расщепленных фаз воздушных ЛЭП, основанный на модели эквивалентного провода. Приводится математическая модель динамики комбинированного гасителя пляски. Выполнено сравнение расчетных и опытных параметров одно- и двухполуволновой плясок опытного пролета КазНИИЭ для различных начальных углов оледенения. Дана оценка эффективности гашения одно- и двухполуволновой плясок комбинированными гасителями, достоверность которой подтверждена опытными данными.

Ил. 7. Табл. 3. Библиогр.: 7 назв.

УДК 621.311.019.3(075.8)

Надежность резервированных релейно-контактных систем при множественных отказах / В. А. Анищенко, А. В. Машко // Энергетика – Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2007. – № 1. – С. 16–22.

Рассматривается методика расчета надежности резервированных релейно-контактных систем, состоящих из элементов с двумя видами отказов. Показано влияние статистически зависимых отказов на надежность релейно-контактных систем.

Ил. 8. Библиогр.: 2 назв.

УДК 537.527.2

Влияние диэлектрического покрытия поверхности электродов на разрядное напряжение газов при больших давлениях / Т. И. Шахтинский // Энергетика – Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 2007. – № 1. – С. 23–26.

Показывается, что причиной отклонения от закона подобия разрядов в газах в области больших давлений является наличие на поверхности электродов микроскопических выступов. Нанесение на поверхность электродов диэлектрического покрытия не устраняет влияния микровыступов на разрядное напряжение газов в области больших давлений.

Ил. 4. Библиогр.: 9 назв.