

Турбины и Дизели

СЕНТЯБРЬ-ОКТАБРЬ 2005

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

ГТЭС-24:

ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ ДЛЯ НЕФТЕГАЗОВОГО
МЕСТОРОЖДЕНИЯ

НОВАЯ ЖИЗНЬ

ДВИГАТЕЛЯ СТИРЛИНГА





ПЕРМСКИЙ МОТОРОСТРОИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС



ПЕРМСКИЕ МОТОРЫ

- ПОДНИМАЮТ В НЕБО САМОЛЕТЫ
- ТРАНСПОРТИРУЮТ ПО МАГИСТРАЛЯМ ГАЗ
- ВРАЩАЮТ ГЕНЕРАТОРЫ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Энергетические ГТУ

ГТУ-2,5П
Мощность -
2,55 МВт
КПД - 21,1%



ГТУ-4П
Мощность -
4,13 МВт
КПД - 24,0%



ГТУ-6П
Мощность -
6,14 МВт
КПД - 26,1%



ГТУ-4ПГ
Мощность -
4,0 МВт
КПД - 24%

ГТУ-12ПГ-2
Мощность -
12,3 МВт
КПД - 32,6%



ГТУ-10П
Мощность -
10,3 МВт
КПД - 33,1%



ГТУ-16ПЭР
Мощность -
16,4 МВт
КПД - 34,8%



ГТУ-16ПА
Мощность -
16,3 МВт
КПД - 35,5%



ГТУ-25ПЭР
Мощность -
24,8 МВт
КПД - 37,8%



ГТУ-65П
Мощность -
64,9 МВт
КПД - 35,7%



ГТЭ-180
Мощность -
180 МВт
КПД - 36,5%



Механические приводы

Мощность и КПД (в условиях ISO)
- на клеммах генератора (для энергетических ГТУ)
- на валу двигателя (для транспортировки газа)

ГТУ-
ГТУ-

серийные

ГТУ-
ГТУ-

в стадии разработки

СЕМЕЙСТВО
ПЕРМСКИХ
ГАЗОТУРБИННЫХ
УСТАНОВОК

Редакционный совет

Бродов Ю. М.
Бузов В. Д.
Гарибов Г. С.
Макаревич В. С.
Ревзин Б. С.
Шайхутдинов А. З.
Шварц Г. Р.

Главный редактор

Капралов Д. А.

Выпускающий редактор

Белошицкий М. В.

Литературный редактор

Зинченко Г. М.

Корректор

Журавлева А. В.

Дизайн и верстка

Соколова С. Г.
Кириченко Н. В.

Учредитель ООО «Турбомашины»

Директор

Капралов Д. А.

Коммерческий директор

Троицкий А. А.

Технический директор

Белошицкий М. В.

Менеджер по работе

с клиентами

Глибина Е. В.

Информационный партнер –

консалтинговая компания
«Локальные энергетические решения»
Тел. (095) 545-35-00

Журнал зарегистрирован
Федеральной службой по надзору
за соблюдением законодательства
в сфере массовых коммуникаций
и охране культурного наследия

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС77-21590 от 28 июля 2005 г.

Адрес для писем

Россия, 152900, Ярославская обл.,
г. Рыбинск, а/я 18
Тел./факс: (0855) 28-59-97
E-mail: info@turbine-diesel.ru

Адрес в сети Интернет

www.turbine-diesel.ru

Подписные индексы

в объединенном каталоге
«Пресса России»:
– журнал «Турбины и дизели» – 87906
– каталог оборудования
«Турбины и дизели» – 87907

Журнал отпечатан в типографии
«РИДО» г. Нижний Новгород

Редакция не несет ответственности
за содержание рекламных материалов

От издателя

- 2 **Распределенное производство энергии
должно гармонично дополнять
существующие энергосистемы**

Эксплуатация, ремонт

- 4 **Электростанция собственных нужд
Делового центра ООО «Мострансгаз»**

Представление компании

- 10 **Промышленные газотурбинные установки
Siemens**

Научные исследования

- 16 **Улучшение эксплуатационных
характеристик дисков из гранул сплава
ЗП741НП**

Представление компании

- 20 **Малая энергетика и решение
жилищно-коммунальных проблем**

Реализованные проекты

- 24 **ГТЭС-24: электроэнергия
для нефтегазового месторождения**

Новые разработки

- 30 **Новая жизнь двигателя Стирлинга**

Реализованные проекты

- 32 **Электричество и тепло
для алмазного рудника в Якутии**

Представление компании

- 36 **Источник энергии, максимально
приближенный к потребителю**

Технологии

- 38 **Высокоэффективные турборедукторы
для газовых турбин**

Эксплуатация, ремонт

- 42 **Гидродинамическая очистка и промывка
маслосистем турбин и двигателей**

Выставки

- 46 **МАКС'2005 – не только авиация**



Полное или частичное воспроизведение или размножение каким бы то ни было способом материалов, опубликованных в настоящем издании, допускается только с письменного разрешения издательства ООО «Турбомашины»



Д. А. Капралов

Распределенное производство энергии

должно гармонично дополнять существующие энергосистемы

Когда электроэнергетика только зарождалась и Томас Эдисон установил небольшую ТЭЦ близ Уолл-Стрит в 1882 году, он представлял, что множество электростанций будут располагаться вблизи домов и контор и снабжать их теплом и электроэнергией. Прошое столетие, казалось, опровергло предвидение великого изобретателя, отдав предпочтение крупным электростанциям, но на рубеже XXI века мировое сообщество повернулось лицом к малой энергетике.

Российская энергетика вступила в полосу перемен, и от того, насколько успешно они будут проходить, будет зависеть и развитие экономики в целом. Тот огромный дефицит электроэнергии, о котором пишут, пока не наступил, но перебои в обеспечении потребителей становятся всё более частыми. Всем памятли энергетические кризисы в Краснодарском крае и на Дальнем Востоке. Даже космодром «Плесецк» и комплекс управления МКС бывают ограничены в подаче электроэнергии.

Программа реформирования РАО «ЕЭС России» вызывает серьезные опасения у потребителей электроэнергии, так как при этом появляется несколько функциональных монополистов: администратор торговой системы, системные операторы, федеральная и региональные сетевые компании, оптовые генерирующие компании, а также сбытовые фирмы.

Энергетический кризис в Москве в мае этого года показал отсутствие взаимодействия между генерирующей

и сетевой компанией «Мосэнерго». До половины возникшего дефицита электроэнергии можно было оперативно перебросить с недогруженных атомных электростанций в центре России, но этого не было сделано.

В результате реформирования в 1990-х годах РАО ЕЭС потеряло рынок тепловой энергии: выросли мелкие котельные, значительно снизился отпуск тепла большими электростанциями. Совместная выработка электрической и тепловой энергии на ТЭЦ составляет теперь менее 50%, а структура постоянных затрат на ее производство не изменилась. Учитывая перекрестное субсидирование, доля затрат на электрическую энергию в продукции предприятий превышает нормативы, делая эту продукцию неконкурентоспособной.

Рост цен на рынке может прекратиться лишь при появлении реальной конкуренции в энергетике, т. е. при массовом развитии IPPs (Independent Power Producers). Необходимо широкое внедрение технологий, позволяющих увеличивать производство электроэнергии при существующем тепловом потреблении. Это возможно за счет применения энергоисточников малой и средней мощности. В этом случае промышленные и отопительные котельные будут утилизировать выхлопные газы двигателей.

Сокращение сроков ввода энергетических объектов с использованием передовых технологий, а также небольшие сроки окупаемости капитальных вложений

2003 г. В Северной Америке остались без света 50 млн человек, были парализованы мегаполисы Нью-Йорк, Детройт, Кливленд и др. Из-за сбоя в работе трех ЛЭП потоки энергии были переброшены на соседние линии, которые из-за перегрузок вышли из строя.

2004 г. В августе в вечерний час пик без света остались Лондон и часть южной Англии, около четверти миллиона человек были блокированы в пригородных поездах и метро. Отключение произошло из-за сбоев на двух линиях региональной сети. В сентябре в Дании и южной Швеции без электричества остались 5 млн человек: шторм повредил ЛЭП между двумя странами. В этом же месяце в темноту погрузилась почти вся Италия из-за сбоев на высоковольтных линиях между Швейцарией и Италией.

2005 г. Каскадные отключения электроэнергии в Москве привели к тому, что треть столицы и 24 города Московской области остались без электричества. Причиной отключений был выход из строя подстанции «Чагино».

(3...4 года) позволяют использовать средства внешних инвесторов — прямое кредитование, выпуск долговых обязательств, использование лизинговых схем.

Во многих странах поддерживается развитие распределенных систем генерации в дополнение к существующим централизованным системам на законодательном уровне. В США приняты законы, освобождающие владельцев автономных источников энергии от налогов, а также обязывающие энергетические компании покупать у них излишки электроэнергии по выгодным ценам. В Великобритании владельцам малых электростанций возвращается часть налогов. Определены компенсации и льготы владельцам малых установок в Германии. В Индонезии и Сингапуре действуют программы поддержки независимых энергопроизводителей.

На Украине в принятом законе об электроэнергетике определен статус «независимого» производителя электроэнергии, в соответствии с которым владелец энергоустановки мощностью до 5 МВт беспрепятственно допускается к сети, и у него покупаются все излишки электроэнергии. Вырабатываемую энергию мощностью до 20 МВт можно продавать по прямым договорам с потребителями, оплатив при этом только сетевую составляющую тарифа, а мощность свыше 20 МВт должна продаваться на оптовом рынке.

Предприятия, выстроившие и отладившие технологические цепочки, понимают, что эффективность производства можно повышать, лишь установив собственные энергоисточники — вступление в ВТО не за горами. Многие предприятия уже имеют собственные паросиловые, газопоршневые и газотурбинные электростанции. Их автономные электростанции вырабатывают от десятков кВт до нескольких десятков МВт электроэнергии и эксплуатируются в базовом режиме, но существуют серьезные проблемы во взаимоотношениях IPPs и энергосистемы по вопросу определения стоимости принимаемой в сеть электроэнергии. Рост производства автономных источников электроэнергии позволяет удовлетворять возросшие требования к качеству и надежности энергоснабжения.

Самостоятельные энергоисточники не являются альтернативой энергосистеме, а лишь дополняют ее, повышая надежность обеспечения потребителей.

Развитие малой энергетики для России — это жизненно важный фактор, так как более 50% территории страны не имеют связи с энергосистемой, и надежное энергоснабжение может быть обеспечено только малыми ТЭЦ.

На Западе трудно найти предприятие без резервного электроисточника, так как всеобщая компьютеризация делает труд зависимым от стабильного энергоснабжения. В Израиле ими обеспечиваются все жилые дома, имеющие более четырех этажей. Эту практику вводят и европейские страны.

Западные специалисты высказывают предположение, что автономные электростанции и локальные энергетические сети будут объединены в единую мировую систему (по типу Интернета), что не исключает их автономной работы в своем регионе.

Анализ информации по проблемам энергетики выявил пробел в представлении конкретных проектов и оборудования с инженерной точки зрения. В связи с этим мы организовали издание, которое будет представлять газовые и паровые турбины, дизельные и газопоршневые машины, используемые для выработки электрической и тепловой энергии, а также в качестве механического привода. Это информационное поле нового журнала.

Передовой российский и зарубежный опыт применения энергоисточников на базе различных приводов, вопросы когенерационного и тригенерационного производства энергии, практика взаимодействия независимых производителей энергии и энергосистем, новое оборудование и технологии — основные темы нового издания.

Мы будем представлять результаты научных исследований по комбинированному производству энергии, сложным циклам. В центре внимания — технологии, позволяющие применять оборудование с низким и ультранизким уровнем выбросов вредных веществ.

Рубрика «Экономика проектов» будет посвящена окупаемости инвестиций при создании собственных энергоисточников с применением различного оборудования (в сравнении с приобретением энергии у системы).

«Эксплуатация и ремонт» — раздел, безусловно, полезный для эксплуатирующих организаций. В России работают несколько тысяч дизельных и газопоршневых энергоустановок мощностью свыше 100 кВт. Более двух тысяч газовых турбин вырабатывают электрическую и тепловую энергию. Сегодня разработаны технологии, позволяющие значительно повысить их эффективность и улучшить экологические характеристики. Эти темы, наряду с вопросами обслуживания оборудования, будут регулярно обсуждаться на страницах журнала.

Новые разработки, конструкция двигателей и технологии, применяемые при их изготовлении, надеемся, также будут интересны разработчикам и производителям двигателей и турбин.

Ежегодный каталог оборудования представит различные приводы для производства энергии — газовые и паровые турбины, турбодетандеры, дизельные и газопоршневые двигатели, а также агрегаты, созданные на базе приводов для выработки электрической и механической энергии. Будет приведена статистика по рынку — объекты, введенные в эксплуатацию за 2005 год и заключенные контракты. Ценовой раздел позволит сориентироваться в ценах на представляемое оборудование. Адресный блок компаний поможет быстро найти необходимые контакты.

Мы уверены, что глубокие знания и широта кругозора членов Редакционного совета и наших информационных партнеров позволят издавать профессиональный и компетентный журнал на уровне лучших мировых изданий.

Приглашаем к сотрудничеству специалистов компаний, заинтересованных в создании собственных энергоисточников, а также авторов — для обсуждения на страницах журнала вопросов, актуальных для энергетического машиностроения России.

Мы благодарим всех авторов и компании, принявших участие в подготовке настоящего номера журнала. ■

Электростанция собственных нужд

Делового центра ООО «Мострансгаз»

Е. Н. Елисеев – Консалтинговая компания «Локальные энергетические решения»

В последнее время появляется все больше объектов, подключение которых к централизованной системе энергоснабжения неэффективно и экономически невыгодно. Необходимо искать альтернативные пути в решении вопросов энергоснабжения, которые позволят избежать проблем традиционной энергетики, таких как низкое качество электроэнергии, неразвитость коммуникаций, перебои в электроснабжении и т. д.

В мировой энергетике накоплен большой опыт эксплуатации автономных источников тепловой и электрической энергии, которые обеспечивают прочную технологическую связь между производством электрической, тепловой и охлаждающей энергии.

Переход на локальные газовые электростанции – это прогрессивное решение проблемы энергоснабжения, сокращение сроков ввода новых мощностей и расходов на строительство ЛЭП, уход от неэффективного инвестирования крупных долгосрочных проектов. Выбор природного газа в качестве энергоносителя

для двигателей оправдывается его приемлемой ценой на внутреннем рынке, к тому же он обладает существенным экологическим преимуществом по отношению к твердым и жидким топливам.

Описание энергообъекта

Автономный энергетический блок, используя природный газ, обеспечивает электрической, тепловой и охлаждающей энергией в течение всего года Деловой центр ООО «Мострансгаз» площадью 105 000 м² (далее Комплекс), состоит из нескольких объектов различного назначения, строительство которых велось по-

этапно: первая очередь 46 000 м²; вторая – 36 000 м²; третья – 23 000 м².

На основании предварительного анализа максимальной электрической нагрузки и максимального суточного потребления тепловой и охлаждающей энергии Комплекса (рис.1) и при условии обеспечения надежного резерва у источника энергии ~30% в энергоблоке смонтировано следующее оборудование:

- 4 газопоршневые установки электрической мощностью по 1,4 МВт, тепловой – 1,7 МВт;
- 3 газовых котла фирмы DanStoker (Дания) тепловой мощностью по 9 МВт;

- 3 абсорбционные охладительные машины фирмы Carrier (США) мощностью по 0,67 МВт.

Энергетические модули общей электрической мощностью 5,6 МВт находятся в рабочем режиме в зависимости от нужд потребителей Комплекса.

В состав каждого модуля входит:

- газопоршневой двигатель JMS 616 GS-N.L (фирма Jenbacher);
- генератор переменного тока (фирма AVK, Германия);
- теплообменник для охлаждающей воды;
- охладитель смазочного масла;
- водогрейный теплообменник выхлопных газов;
- распределительные, командные и энергетические шкафы с автоматикой для синхронизации и параллельной работы с внешней распределительной сетью.

Во время работы двигатель охлаждается через теплообменники водой, нагревая тепло (от водяной рубашки) сетевую воду от 70 °С до 90 °С. Выхлопные газы выходят из двигателя с температурой 450 °С. Далее сетевая вода нагревается в теплообменнике от 90 °С до 110 °С.

Предусмотрена возможность выброса выхлопных газов в атмосферу, минуя теплообменник, через боковой газоход. Таким образом, кроме электрической энергии, модуль производит и тепловую энергию. Общая степень использования энергии выхлопных газов превышает 86% (рис. 2), то есть из 1 м³ природного газа получается 3,67 кВт (38,7%) электрической энергии и 4,49 кВт (47,2%) тепловой.

Одновременное производство электрической и тепловой энергии повышает общую эффективность энергетического цикла.

Эксплуатация системы

Энергоблок работает по технологии тригенерации – производство электрической, тепловой, а также охлаждающей энергии для кондиционирования Комплекса – путем введения абсорбционной охладительной машины в общую технологическую систему и использования рекуперированной тепловой энергии

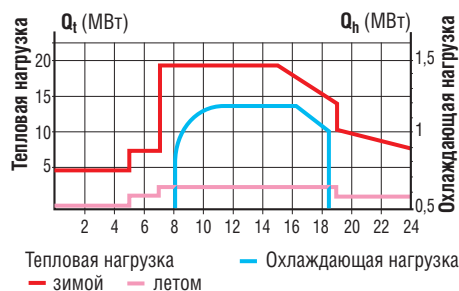


Рис. 1. Суточная тепловая и охлаждающая нагрузка

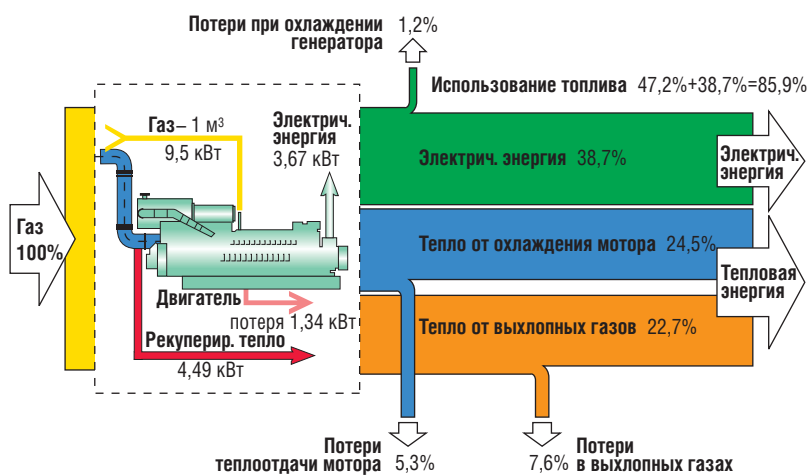


Рис. 2. Баланс когенерации – производство электрической и тепловой энергии

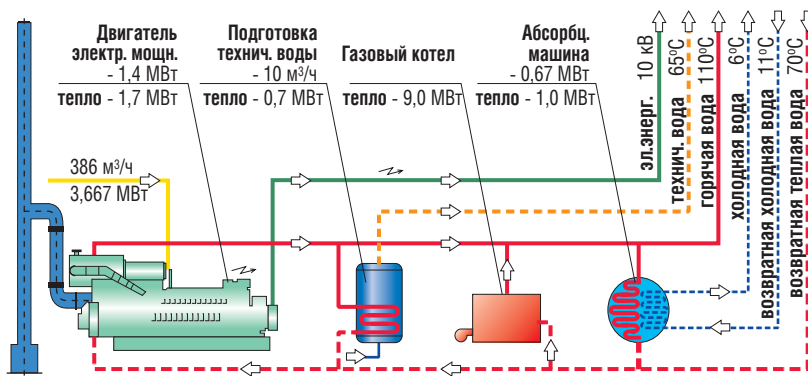


Рис. 3. Схема работы энергетического модуля по технологии тригенерации

энергетических модулей (рис. 3). Энергоблок обеспечивает:

- подготовку горячей санитарной воды с циркуляцией;
- гигиеническую обработку питьевой воды;
- подачу питьевой воды и поддержание давления в сети;
- подачу пожарной воды и поддержание давления в сети;

- химическую подготовку воды для теплокондиционных систем комплекса.

Модули, в зависимости от нужд потребителя, могут работать в трех разных режимах:

- работа от внешнего источника (генераторы выключены);
- автономная работа в присутствии городской сети (генераторы



Фото 1. Газопоршневой двигатель JMS 616 GS-NL с генератором фирмы AVK

ночной работы установки тепловой энергии достаточно (при условии повышения аккумуляции) для подготовки санитарной воды, время подключения первого котла при наружной температуре 10 °С можно сместить.

При температуре ниже минус 9 °С в рабочий режим включается и второй котел, обеспечивая тепловую мощность для максимального потребления всего Комплекса. Третий котел является аварийным резервом.

Эксплуатация в теплое время года

Потребление газа одним модулем при максимальной часовой нагрузке составляет 386 м³. При этом происходит трансформация механической энергии газового двигателя через генератор в 1 417 кВт·ч электроэнергии. Одновременно рекуперированная тепловая энергия, полученная при охлаждении двигателя и выхлопных газов (1 732 кВт·ч), используется для подготовки 10 м³/ч санитарной воды температурой 65 °С и для работы абсорбционной машины охлаждающей мощностью 679 кВт.

Косвенно охлаждающая машина, используя рекуперированное тепло двигателя, обеспечивает экономию 220 кВт·ч электроэнергии (количество, необходимое для работы соответствующего охлаждающего компрессора).

Таким образом, 1000 кВт·ч рекуперированной тепловой энергии газового двигателя, которая превращается в 670 кВт охлаждающей энергии, условно снижает потребление электроэнергии на 220 кВт.

Энергетический баланс

Комплекс эксплуатируется с полностью автономным производством необходимой тепловой, охлаждающей и электрической энергии. Для определения энергетического баланса приведены данные о произ-



Фото 2. Общий вид технического комплекса Делового центра ООО «Мострансгаз»

синхронизированы с городской сетью);

- параллельная работа с городской сетью — из сети берется минимальное (заданное) количество электроэнергии.

Эксплуатация в холодное время года

Как уже было отмечено, модули находятся в рабочем режиме в зависимости от нужд потребителей и одновременно обеспечивают соразмерную рекуперированную тепловую

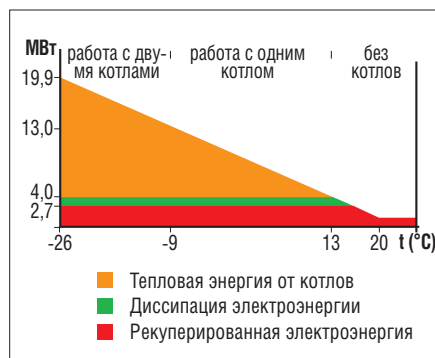


Рис. 4. Изменение тепловой нагрузки в зависимости от внешней температуры

мощность для отопления, вентиляции и подготовки горячей санитарной воды. Максимальное потребление тепла при этом (наружная температура минус 26 °С и коэффициент одновременной работы 0,85) составляет 19,9 МВт (рис. 4).

Из диаграммы видно, что при наружной температуре 10...13 °С котельная находится в нерабочем режиме, так как рекуперированная тепловая энергия газовых двигателей обеспечивает достаточно тепла для потребителей. Если во время

Табл. 1. Суточное потребление электроэнергии Комплексом

Месяц	янв.	февр.	март	апр.	май	июнь	июль	авг.	сент.	окт.	нояб.	дек.
Потребление, МВт·ч	35,6	35,1	36,6	32,9	35,3	34,2	36,1	34,4	35,0	35,6	39,5	37,3

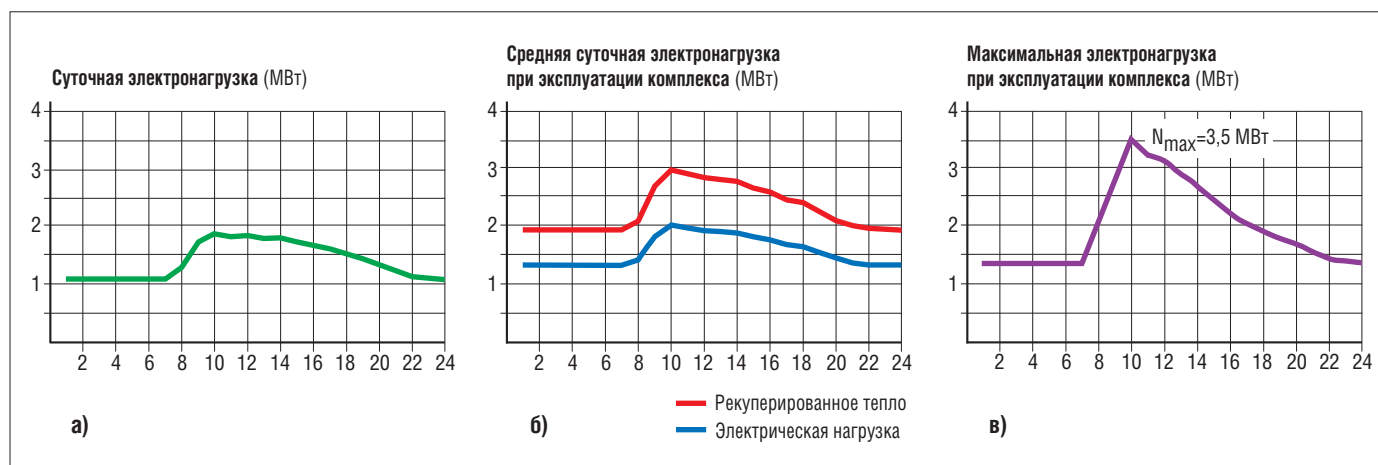


Рис. 6. Суточные электронагрузки

водстве электроэнергии по месяцам в течение года (табл. 1) и диаграмма суточной электрической нагрузки (рис. 6а). Определено потребление электроэнергии:

- общегодовое – 11 757,9 МВт·ч;
- среднесуточное – 32,2 МВт·ч;
- среднесуточное в рабочий день – 36,6 МВт·ч;
- максимальное в рабочий день – 44,8 МВт·ч.

На основании показателей суточной электрической нагрузки среднего рабочего дня при эксплуатации Комплекса (с соответствующей диаграммой производства электрической и сопутствующей тепловой энергией) определены исходные

данные для достижения энергетического баланса (рис. 6б). На рис. 6в представлена диаграмма максимальной суточной нагрузки Комплекса.

Пик потребления электроэнергии приходится на 10 часов и составляет 3,5 МВт, что на 18% меньше предполагаемой величины. Интенсивная работа установок в пиковом режиме (с 9.30 до 12 часов) демонстрирует необходимую проектную надежность автономной работы энергоблока – при постоянной рабочей готовности трех модулей.

Потребление тепловой энергии во всем Комплексе рассчитано на базе среднесуточных температур атмосферного воздуха и суточного

цикла работы теплотехнических установок, за вычетом потерь тепла, определенных из соотношения рабочих и нерабочих дней в течение года и составляет 70% средней электрической нагрузки.

Потребление тепла в летний период определяется исходя из потребности санитарной воды и подготовки холодной воды для установок кондиционирования.

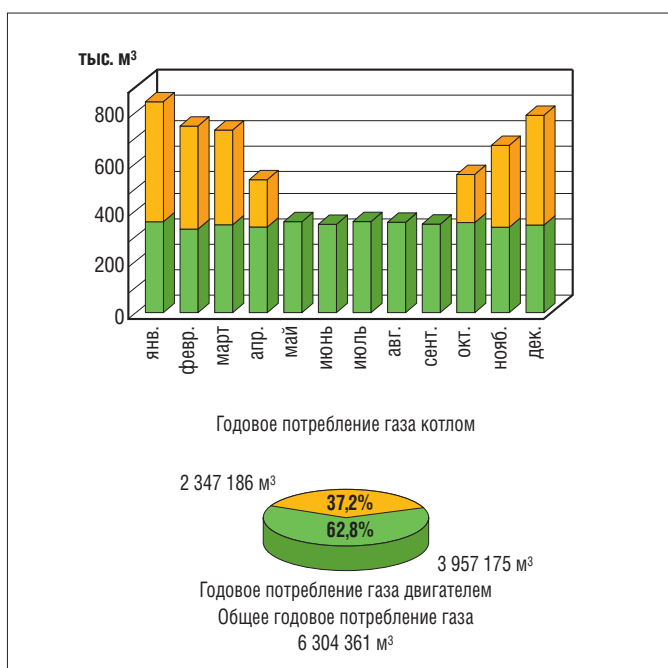
Из рис. 7 видно, что половину необходимого тепла обеспечивает котельная и половину – энергия рекуперации тепла от газопоршневых двигателей.

Одновременно отмечается высокая степень использования энергии

Рис. 7. Годовое потребление тепловой энергии по месяцам



Рис. 8. Потребление топливного газа по месяцам



рекуперации на годовом уровне – при 6% неиспользованной тепловой энергии.

В летний период увеличить мощность охлаждения можно за счет аккумулирования ночного тепла в виде горячей санитарной воды. Для этого можно построить дополнительные первичные резервуары – аккумуляторы теплой воды от охлаждения газопоршневых двигателей и выхлопных газов.

Годовое потребление газа показано в диаграмме (рис. 8), где отражено соотношение потребляемого газа в двигателях (62,8%) и водогрейных котлах (37,2%).

Исходными данными для оценки экономичности работы модулей являются стоимость природного газа и стоимость электроэнергии из распределительной сети пользователей.

Заключение

На основании анализа результатов эксплуатации мини-ТЭЦ можно сказать, что она отвечает самым жестким требованиям к современным теплоэнергетическим коммуникациям и устройствам.

Высокий уровень коэффициента полезного действия при обеспечении тепловой, охлаждающей и электрической энергией, которая составляет 85% потенциальной энергии природного газа, обеспечивает высокий процент использования рекуперированной тепловой энергии.

В зимний период эксплуатации 38% тепла, используемого Комплексом, обеспечивается рекуперированной энергией газопоршневых двигателей, годовое количество которой составляет 50%.

Строгую технологическую последовательность в производстве электрической, тепловой и охлаждающей энергии обеспечивает абсорбционная охладительная машина, которая трансформирует рекуперированную энергию газопоршневого двигателя в охлаждающую энергию, не повышая потребления электроэнергии.

Экономия капиталовложений в производство электрической энергии с применением газопоршневых

двигателей соразмерна разнице в цене электроэнергии из энергосистемы и энергетических модулей, а также в количестве использованной тепловой энергии рекуперации и количестве рабочих часов в течение года.

Затраты, необходимые для строительства собственного энергоблока, значительно ниже, чем затраты на подключение к городским сетям тепло- и электроснабжения. При этом обеспечивается полная автономия его работы и высокий КПД использования энергии.

Проект по использованию когенерационных установок на базе газопоршневых двигателей для энергоснабжения Делового центра

ООО «Мострансгаз» можно признать успешным.

Таким образом, при строительстве объектов в районах с неразвитой сетевой структурой в случае необходимости увеличения энергоснабжения существующих промышленных и социальных объектов и т. д. рекомендуется проводить сравнительный анализ вариантов подключения к централизованным сетям и вариантов строительства собственных автономных источников энергии. ■

Автор благодарит директора энергоблока Делового центра ООО «Мострансгаз» И. А. Лысенко за помощь в подготовке статьи.

Уважаемые читатели!

ПОДПИСКА
на журнал и каталог
Турбины и Дизели

оформляется в любом отделении связи

Подписные индексы в Объединенном каталоге
«Пресса России» 2006/1:
Журнал «Турбины и дизели»: **87906**
Каталог оборудования «Турбины и дизели»: **87907**

Подписка через редакцию
по тел./факсу: (0855) 28-59-97
info@turbine-diesel.ru
www.turbine-diesel.ru





POWER-GEN[®]
EUROPE

CONFERENCE & EXHIBITION

future

Owned and produced by:



Flagship Media Sponsor



POWER-GEN Europe 2006; встреча с будущим

На выставке POWER-GEN Europe Вы сможете увидеть технологии будущего, будущие идеи и концепции, а также людей, с которыми Вы будете работать в будущем. На конференции Вы сможете обсудить будущее рынка, стратегии будущего, встретить тех, кто принимает решения, даже сможете определить Ваше будущее и будущее Вашей отрасли.

30 мая - 01 июня 2006 г.
Koelnmesse, г. Кёльн, Германия

www.powergeneurope.com



Промышленные газотурбинные установки Siemens

В. Е. Торжков, А. В. Гущин, А. П. Дудко – компания «Сименс», Россия

После приобретения концерном Siemens сектора промышленного энергетического оборудования у компании Alstom диапазон предлагаемых газотурбинных установок значительно расширился. Сегодня Siemens является единственной компанией в мире, которая предлагает полный ряд стационарных ГТУ мощностью от 4 до 278 МВт.

Концерн Siemens известен широкому кругу потребителей в России и странах СНГ прежде всего как изготовитель оборудования связи, компьютеров, бытовой и медицинской техники. В то же время товары широкого потребления можно условно назвать «надводной частью айсберга» в производственной программе компании, основой которой является производство оборудования и поставка комплексных решений для промышленности и инфраструктурных проектов.

В настоящее время концерн представлен более чем в 190 странах мира и объединяет около 430 тыс. сотрудников. Объем продаж в 2004 финансовом году составил

75,2 млрд евро, а чистая прибыль – 3,405 млрд евро. В том же году на научные исследования и опытно-конструкторские разработки (НИОКР) было направлено 5,1 млрд евро. В результате только за один 2004 год было получено 8 258 патентов на изобретения и оформлено 4 994 заявок на патенты, что является подтверждением актуальности девиза компании – Глобальная Сеть Инноваций.

Компания работает в России уже более полутора столетий. С Siemens связана история электроэнергетики России: так, днем основания первой российской энергосистемы (ныне ОАО «Ленэнерго») принято считать 16 июля 1886 года.

В этот день император Александр III утвердил Устав «Общества электрического освещения 1886 года», учрежденного Карлом Сименсом. Следует также отметить, что первая электростанция в Москве (центральная электростанция в Пассаже Постникова, 1888 г.) также построена фирмой Siemens.

В России концерн представлен сегодня компанией ООО «Сименс» с годовым объемом заказов более 1,2 млрд евро и количеством сотрудников свыше 3 500 человек. ООО «Сименс» является головным подразделением Siemens в Российской Федерации со штаб-квартирой в Москве. Компания имеет также региональные представительства в

г.г. С.-Петербурге, Екатеринбурге, Самаре, Хабаровске, Новосибирске, Ростове-на-Дону и Калининграде. Из 15 российских предприятий с участием Siemens более половины связаны с энергетикой («Интертурбо», концерн «Силовые Машины», «Калужский турбинный завод», «Невский завод», «Компрессорный комплекс», «Демаг Делавал Пауэр Невский», «Нуклеарконтроль», компании «Интеравтоматика» и НПФ «Система-Сервис»).

Энергетика традиционно является одним из ключевых направлений деятельности концерна. В России это направление представляет департамент «Производство, передача и распределение энергии» (PGTD). Предоставляемые им услуги охватывают весь спектр энерготехнических решений — от производства электроэнергии до ее транспортирования потребителю.

Промышленное газотурбинное направление представлено двумя крупными научно-производственными центрами (НПЦ), специализирующимися на разработке и изготовлении газотурбинных установок малой (4...13 МВт) и средней (17...45 МВт) мощности и базирующимися соответственно в г.г. Линкольн (Великобритания) и Финспонг (Швеция).

НПЦ «Линкольн»

Научно-производственный центр в Линкольне, специализирующийся на производстве газотурбинных установок малой мощности, был основан в 1857 году Джозефом Растоном (Joseph Ruston). Сегодня это предприятие с оборотом более 250 млн евро в год и численностью персонала свыше 2 300 человек.

Первый прототип промышленной газотурбинной установки был спроектирован и изготовлен НПЦ «Линкольн» в 1946 году при непосредственном участии Фрэнка Виттла (Frank Whittle), изобретателя первого реактивного двигателя. Первый же серийный образец ГТУ был изготовлен в 1952 году для Кувейта. С того времени 3 378 установок производства НПЦ «Линкольн» эксплуатируются в 88 странах мира — их

общая наработка составляет более 200 млн часов.

Первые газотурбинные установки НПЦ «Линкольн» для России были изготовлены в 1970–80 гг. для газопровода Уренгой–Ужгород (около 70 энергетических установок). С середины 90-х гг. по настоящее время были заключены контракты на поставку в Россию 43 ГТУ производства НПЦ «Линкольн» (табл. 1).

НПЦ «Финспонг»

Научно-производственный центр в Финспонге (Швеция) разрабатывает и производит энергетическое оборудование уже более ста лет. Предприятие ведет свою историю с 1893 года, когда в г. Накка (Швеция) была основана компания DeLaval. В середине 1950-х годов DeLaval объединилась с компанией STAL, и производство было поэтапно переведено в Финспонг (фото 1).

Интересна история создания первой газотурбинной установки НПЦ



Фото 1. Научно-производственный центр «Финспонг»

«Финспонг». К концу второй мировой войны Великобритания и Германия располагали реактивными истребителями. На вооружении шведских ВВС в то время таких машин не было, и поэтому фирме SAAB было поручено начать разработку реактивного истребителя J 29 Tunnan. Примерно в то же время STAL получила задание разработать ГТД для шведского истребителя нового поколения. Были последовательно

Табл. 1. Референции ГТУ промышленного типа компании Siemens в России и СНГ

Год заказа	Проект	Количество x Тип ГТУ	Применение
1982	Газопровод «Уренгой–Ужгород»	67xTB5000	PG
1995	Краснодарская ТЭЦ	2xTyphoon	CHP
1994	ТЭЦ Электросталь	1xGT35	CHP
1996	Сахалин-2 (платформа МОЛИКПАК)	2xTornado	MD
1996	Сахалин-2 (платформа МОЛИКПАК)	1xTyphoon	PG
1999	Каспийский трубопроводный консорциум	10xTyphoon	PG
1999	Каспийский трубопроводный консорциум	7xTyphoon	MD
1999	Сургутнефтегаз (Тяньское местор.)	3xTornado	PG
2000	Сахалин-2	2xTyphoon	MD
2000	Охинская ТЭЦ (Сахалин)	1xGT35	CHP
2001	Сахалин-2	1xTyphoon	PG
2001	TOTAL Fina Elf (Харьяга)	4xTornado	PG
2001	ММДЦ «Москва Сити»	2xGT100	CCPP
2002	ОАО «Тольятти Азот»	1xTornado	MD
2002	Пивоваренный завод «Bravo» (С.-Петербург)	1xTyphoon	CHP
2003	НК «Северная нефть» (Хасырейское местор.)	2xTyphoon	PG
2003	НК «Лукойл» (Коробковский ГПЗ)	2xTyphoon	MD
2003	ОАО «Сочинская ТЭС»	2xGT10C	CCPP
2004	Ухтинская КС, ОАО «Газпром»	3xGT10B	MD
2004	ОАО «Чепецкий Механический Завод»	1xGT10B	CCPP
2004	Вуктыльская КС, ОАО «Газпром»	3xGT10B	MD
2004	НК «Северная нефть» (Хасырейское местор.)	1xTempest	PG
2005	ОАО «Уралкалий»	4xCyclone	CHP

PG — производство электроэнергии; MD — механический привод; CHP — когенерационная установка; CCPP — парогазовая установка.



Фото 2. Блочная электростанция на базе SGT-100



Фото 3. Электростанция цехового исполнения на базе SGT-200



Фото 4. Газотурбинный двигатель SGT-300

разработаны три модели авиадвигателей: Skuten, Dovern и Glan. Несмотря на впечатляющие характеристики, ни один из них не производился серийно. Но авиадвигателю Glan компания нашла другое применение: решено было его модифицировать для использования в качестве стационарной ГТУ. Первая установка, получившая название GT35, была поставлена в 1957 году. Прекрасно зарекомендовавшая себя GT35 многократно модифицирова-

Табл. 2. Названия ГТУ промышленного типа и ПГУ на их базе

Старое название	Новое название
Газотурбинные установки (SGT)	
Turphoon	SGT-100
Turphoon (одновальн.)	SGT-100-1S
Turphoon (двухвальн.)	SGT-100-2S
Tornado	SGT-200
Tornado (одновальн.)	SGT-200-1S
Tornado (двухвальн.)	SGT-200-2S
Tempest	SGT-300
Cyclone	SGT-400
GT35	SGT-500
GT10B	SGT-600
GT10C	SGT-700
GTX100	SGT-800
Комплектные ПГУ (SCC)	
CC 10B	SCC-600 Single Shaft или 1x1 или 2x1 или 3x1
CC 10C	SCC-700 Single Shaft или 1x1 или 2x1 или 3x1
CC GTX100	SCC-800 Single Shaft или 1x1 или 2x1 или 3x1

Примечание: Single Shaft – ПГУ с одновальной технологической схемой

лась и производится до сих пор. Недавно для нее было найдено еще одно применение – в качестве энергетической установки быстроходных паровых турбин.

НПЦ «Финспонг» сегодня – это современное предприятие, занимающееся разработкой, производством и поставкой компонентов и комплектного оборудования для выработки электроэнергии и тепла. С начала его основания было изготовлено и поставлено более 380 ГТУ (их общая наработка составляет более 11,3 млн часов) и около 4 000 паровых турбин.

Первый российский заказ – на GT35C для ГТУ ТЭЦ в г. Электросталь (Московская обл.) – был получен в 1994 году. Установка введена в эксплуатацию в 1999 г. и успешно эксплуатируется заказчиком. Всего к настоящему времени заключены контракты на поставку в Россию 13 установок производства НПЦ «Финспонг» (табл. 1).

Модельный ряд ГТУ промышленного типа концерна Siemens

В ноябре 2004 г. в Дуйсбурге (Германия) в штаб-квартире отделения Промышленного энергетического оборудования (PGI) компании Siemens было официально объявлено об изменении названий всей продукции этого сектора.

Переименование стало результатом исследований, направленных на улучшение взаимодействия с заказчиками и партнерами посредством создания согласованной и в то же время достаточно простой системы

наименований представляемой продукции. Изменения затронули только названия агрегатов и никак не отразились на их конструкции и характеристиках.

Основные принципы формирования новых названий газотурбинных установок и комплектных ПГУ на их базе заключаются в следующем:

- буквенная составляющая маркировки – «SGT» и «SCC» – содержит в себе наименование производителя (S – Siemens), а также идентифицирует тип установки (GT – газовая турбина (Gas Turbine), CC – установка комбинированного цикла (Combined Cycle);
- цифровая составляющая характеризует производительность установки (начиная от «100» для самой малой ГТУ и т. д.).

Таблица 2 позволяет сопоставить старые и новые названия газотурбинных установок промышленного типа и ПГУ на их базе.

Таким образом, переименование решило задачу стандартизации и согласования названий установок различных заводов-изготовителей, входящих в структуру Siemens, в том числе в результате приобретения сектора промышленного энергетического оборудования компании Alstom.

ГТУ производства НПЦ «Линкольн»

SGT-100 (Typhoon) поставляется для привода электрогенератора в четырех вариантах исполнения – мощностью 4,35; 4,7; 5,05 и 5,25 МВт –

и для механического привода — мощностью 4,92 МВт на валу (фото 2). Агрегат очень компактный и отличается высоким соотношением мощности к массе.

В варианте использования турбины в качестве привода генератора установка представляет собой одновальную машину на базе 10-ступенчатого осевого компрессора, шести трубчатых камер сгорания и 2-ступенчатой турбины с воздушным охлаждением 1-й ступени.

Привод генератора осуществляется со стороны компрессора через планетарный понижающий редуктор, при этом возможна организация как радиального, так и осевого выхлопа.

При использовании в качестве механического привода агрегат имеет двухвальное исполнение — с одноступенчатой консольной турбиной компрессора и 2-ступенчатой силовой турбиной. SGT-100 (Turphoon) выпускается с 1989 года, к настоящему времени в эксплуатации находятся 353 машины.

SGT-200 (Tornado) является наиболее апробированным агрегатом среди установок НПЦ «Линкольн» (фото 3). С начала серийного производства (1981 г.) продано 365 машин. Одновальная модификация используется для привода генератора (6,75 МВт), двухвальная — в качестве механического привода с мощностью 7,68 МВт.

В сочетании с простотой конструкции SGT-200 имеет один из самых высоких КПД для данного уровня мощности — при производстве электроэнергии он составляет 31,5% (ISO).

Как и все промышленные турбины Siemens, SGT-200 может работать на различных видах топлива (в том числе на попутном нефтяном газе с высоким содержанием сероводорода) и может оснащаться двухтопливной камерой сгорания с автоматическим переходом с первичного на вторичное топливо при любой нагрузке.

SGT-300 (Tempest), мощностью 7,9 МВт, производится с 1995 года и предназначена для привода электрогенератора (фото 4). Она является

привлекательным агрегатом для производства энергии: одновальная конструкция обеспечивает своевременный прием и сброс нагрузки, а пар или горячая вода, получаемые при использовании тепла выхлопных газов, могут использоваться для технологических процессов или для коммунальных сетей.

Благодаря высокой температуре газов на выходе газовой турбины (537 °C) генерируемый в котле-утилизаторе пар может также использоваться в паровой турбине в составе небольших установок комбинированного цикла. Использование системы сухого подавления вредных выбросов DLE (Dry Low Emission), стандартно устанавливаемой на промышленные ГТУ компании Siemens, позволяет достичь уровня эмиссии, удовлетворяющего самым жестким нормативам. На данный момент установлено 70 агрегатов такого типа.

SGT-400 (Cyclone) — последняя разработка НПЦ «Линкольн», которая сочетает в себе проверенные технические решения, использованные в газотурбинных установках SGT-100 и SGT-300, и новейшие разработки в газотурбостроении (фото 5). В результате SGT-400 обеспечивает экономичную выработку энергии для самых различных областей применения. Турбина предлагается как для выработки электрической мощности (12,9 МВт), так и для механического привода различных агрегатов мощностью 13,4 МВт.

Высокая степень повышения давления в компрессоре (16,7) в сочетании с температурой газов перед турбиной (1 256 °C) позволяют вырабатывать электроэнергию с КПД 34,8%. При использовании ее в качестве механического привода эффективность ГТУ превышает 36%.

Установка представляет собой двухвальную машину, в состав которой входят: 11-ступенчатый осевой компрессор трансзвуковой конструкции, шесть трубчатых камер сгорания с сухим подавлением вредных выбросов, 2-ступенчатая турбина компрессора с воздушным охлаждением обеих ступеней и 2-ступенчатая силовая турбина.



Фото 5. Газотурбинная электростанция простого цикла на базе SGT-400



Фото 6. Газотурбинные установки SGT-500 с котлами-утилизаторами

С начала серийного производства (1997 г.) поставлен 51 агрегат.

ГТУ производства НПЦ «Финспонг»

SGT-500 (GT35C) мощностью 17 МВт применяется на различных объектах, где наиболее важными параметрами являются: базовая нагрузка, способность работать на различных видах топлива, простота технического обслуживания (фото 6). К настоящему времени установлены 164 машины такого типа. Наряду с производством электроэнергии, SGT-500 широко используется как механический привод мощностью 23 290 л.с. Может работать на различных видах тяжелого топлива. Относительно невысокая температура газов перед турбиной способствует снижению деградации характеристик и увеличению межремонтного ресурса ГТУ, а модульный принцип конструкции позволяет быстро производить замену узлов.

SGT-600 (GT10B) номинальной мощностью 25 МВт была разработана с целью удовлетворения потребностей рынка в надежной и экономичной ГТУ средней мощности как для механического привода, так и для выработки электроэнергии. С начала производства поставлено 176 установок данного типа.

ГТУ представляет собой двухвальный агрегат с 10-ступенчатым компрессором, две первых ступени которого имеют изменяемую геометрию, 2-ступенчатую турбину компрессора и 2-ступенчатую силовую турбину.

Кольцевая камера сгорания оснащена 18 экологически безопасными горелками (EV – environment burner) с сухим подавлением эмиссий вредных веществ. Процесс горения основан на сжигании обедненной топливовоздушной смеси предварительного смешения, что обеспечивает уровень выбросов оксидов азота менее 25 ppm (15% O₂). Он практически не изменяется в диапазоне нагрузок от 65 до 100%. Система регулируемой подачи воздуха обеспечивает подавление угарного газа (CO) на режимах частичной нагрузки.

SGT-700 (GT10C) является усовершенствованной версией хорошо зарекомендовавшей себя турбины типа SGT-600 (фото 7). Основное внимание было уделено модернизации непосредственно двигателя (совершенствованию рабочих характеристик и снижению эмиссии вредных веществ), в то время как конструкция вспомогательных систем в основном сохранена прежней.

Как и ее предшественница, SGT-700 может использоваться не только для выработки электроэнергии, но и в качестве привода механического оборудования.

Наряду с увеличением мощности и КПД значительно улучшились экологические характеристики ГТУ. С применением технологии сжигания с сухим подавлением вредных выбросов (DLE) 3-го поколения на базе усовершенствованных AEV-горелок эмиссия NO_x составляет менее 15 ppm (15% O₂) при работе на природном газе и менее 42 ppm для жидкого топлива.

Табл. 3. Турбогенераторные установки на базе промышленных газовых турбин Siemens

Модель	Год начала серийного производства	Номинальная электрическая мощность, МВт	Электрический КПД, %	Расход газов на выходе ГТУ, кг/с	Температура газов на выходе ГТУ, °C
SGT-100	1989	4,35	30,1	17,6	531
SGT-100	1989	4,70	30,2	19,1	526
SGT-100	1989	5,05	30,2	19,6	550
SGT-100	1989	5,25	30,5	20,8	530
SGT-200	1981	6,75	31,5	29,3	466
SGT-300	1995	7,90	31,2	29,8	537
SGT-400	1997	12,90	34,8	39,4	555
SGT-500	1968	17,00	32,1	92,3	375
SGT-600	1981	24,77	34,2	80,4	543
SGT-700	2002	29,06	36,0	91,0	518
SGT-800	1998	45,00	37,0	130,0	538

Табл. 4. Промышленные газовые турбины Siemens для механического привода

Модель	Номинальная мощность на валу турбины, МВт	Расход топлива на номинальном режиме*, кг/ч	КПД привода, %	Частота вращения силового вала, об/мин
SGT-100	4,92	1116	31,7	13000
SGT-200	7,68	1674	33,0	10950
SGT-400	13,40	2662	36,2	9500
SGT-500	17,40	3808	32,8	3450
SGT-600	25,40	5212	35,1	7700
SGT-700	30,10	5804	37,3	6500
SGT-800	46,40	8759	38,1	6608

Характеристики представлены для условий ISO (эл. и мех. привод).

* Для природного газа с низшей теплотой сгорания 50 056 кДж / кг.

Табл. 5. Парогазовые установки на базе промышленных газовых турбин Siemens

Модель	Базовая модель ГТ	Электрическая мощность ПГУ (нетто), МВт	Электрический КПД ПГУ (нетто), %	Номинальная мощность ГТ/ПТ, МВт	Схема ПГУ	Эмиссия NO _x , ppm (15% O ₂)
SCC-600 1x1	SGT-600	36,10	50,1	24,0/12,55	1ГТ+1ПТ	25
SCC-700 1x1	SGT-700	41,28	51,1	28,4/12,88	1ГТ+1ПТ	15
SCC-800 1x1	SGT-800	63,9	53,0	44,1/20,5	1ГТ+1ПТ	15
SCC-600 2x1	SGT-600	73,15	50,7	48,0/26,0	2ГТ+1ПТ	25
SCC-700 2x1	SGT-700	83,63	51,8	56,8/26,83	2ГТ+1ПТ	15
SCC-800 2x1	SGT-800	129,1	53,8	88,2/42,2	2ГТ+1ПТ	15

Характеристики для ПГУ на базе котлов-утилизаторов двух давлений.

Турбина производится серийно с 2002 года, и к настоящему моменту поставлено 8 агрегатов SGT-700.

SGT-800 (GTX100) – современная одновальная ГТУ мощностью 45 МВт и КПД 37% (фото 8). В концепции ГТУ воплощены все самые передовые технологии и разработки компании. Компрессор трансзвукового типа имеет 15 ступеней, для достижения высокой эффективности

используется фирменная технология управляемой диффузорности межлопаточных каналов. Первые три ступени – с изменяемой геометрией.

В кольцевой камере сгорания расположено 30 горелок с сухим подавлением эмиссии вредных выбросов (3-го поколения). Трехступенчатая турбина с воздушным охлаждением первых двух ступеней выполнена

в виде единого модуля — для облегчения технического обслуживания.

Лопатки первой ступени — монокристаллические, что обеспечивает высокую прочность и длительный срок службы. Для уменьшения зазоров предусмотрено воздушное охлаждение фланцев статора турбины. Принципы регулирования турбины позволяют сохранять высокие показатели тепловой экономичности при работе на частичных нагрузках.

SGT-800 является оптимальным вариантом для работы в составе установок комбинированного цикла. Различная конфигурация парогазовых установок (моно-блоки, дубль-блоки и т. д.) позволяет покрывать большой диапазон требуемых нагрузок с КПД нетто 53...53,5%.

С начала серийного производства (1998 г.) получены заказы на 32 машины SGT-800.

На базе ряда газовых турбин Siemens разработаны парогазовые установки различной конфигурации, которые могут использоваться как на теплофикационных, так и на конденсационных электростанциях. Некоторые типы ПГУ и их краткие характеристики приведены в табл. 5.

Стандартный объем и сроки поставки

В стандартный объем поставки ГТУ для производства электроэнергии входят:

- блок газотурбинной установки, включая газовую турбину на несущей раме и генератор, редуктор, систему пуска и вспомогательные системы;
- комплексное воздухоочистительное устройство (КВОУ);
- выхлопной диффузор с температурным компенсатором;
- шумотеплоизолирующий кожух (контейнер) с системами вентиляции, газообнаружения и пожаротушения;
- модуль (блок-бокс) электрооборудования и САУ ГТУ;
- охладители смазочного минерального масла для единой системы смазки газовой турбины и приводимого агрегата (на всех

газотурбинных установках предусмотрено использование минерального масла).

В зависимости от условий площадки станции (температура окружающего воздуха, наличие источника охлаждающей воды и т. д.) ГТУ может комплектоваться дополнительным оборудованием. В комплекте с газотурбинной установкой по требованию заказчика могут быть поставлены дожимные компрессоры, компрессоры воздуха КИП, пункт подготовки и коммерческого учета топлива и т. д.

Срок поставки ГТУ на условиях франко-завод (Ex Work) с момента оформления заказа составляет для ГТУ производства НПП «Линкольн» 8...11 месяцев, НПП «Финспонг» — порядка 12 месяцев. Газовые турбины поступают на площадку смонтированными на раме со всем основным и вспомогательным оборудованием заводской сборки. Это позволяет минимизировать количество персонала и время работ на месте монтажа.

Техническое обслуживание

Особое внимание специалисты компании уделяют технической поддержке персонала заказчика в послегарантийный период эксплуатации турбин. Учитывая, что эффективная работа всей электростанции определяется не только высокими показателями экономичности, но и показателями надежности и готовности всех составляющих компонентов станции, специалисты компании заранее прорабатывают концепцию технического обслуживания ГТУ, чтобы предоставить заказчику максимально возможный и эффективный сервис для поставленного оборудования.

Концепция основывается на долгосрочных сервисных соглашениях, позволяющих заказчику заранее планировать бюджет на длительный период времени. Соглашения включают объем регламентных работ и поставку необходимых для этого запасных частей и материалов.

Выпускаемые компанией промышленные ГТУ имеют длительный интервал между техническими ин-

спекциями, что способствует повышению коэффициента готовности станции, и большой межремонтный ресурс. Заложенный в основу конструкции принцип надежности и простоты обеспечивает высокую ремонтопригодность и позволяет осуществлять ремонт непосредственно на станции. С целью снижения затрат при проведении ремонтных работ привлекается технический персонал заказчика. Возможно также обучение обслуживающего персонала непосредственно на площадке.

В качестве информационной поддержки научно-производственный центр в Швеции регулярно проводит конференции пользователей ГТУ концерна, что также является частью поддержки заказчиков. Как показывает практика, конференции очень полезны с точки зрения обмена опытом эксплуатации и обслуживания, консультаций специалистов. Содержание конференций заранее прорабатывается с учетом пожеланий участников. ■

Фото 7. SGT-700 установлена в шумотеплоизолирующем контейнере

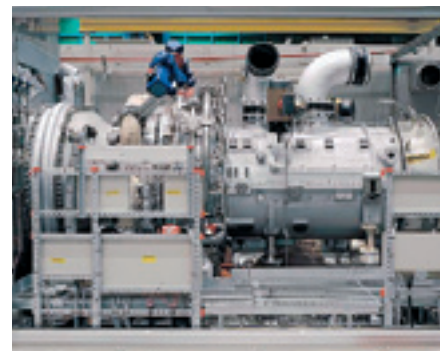


Фото 8. SGT-800 в сборочном цехе НПП «Финспонг»



Г. С. Гарибов – ОАО «Всероссийский институт легких сплавов» (ВИЛС)

Хорошо известный в мире гранулированный жаропрочный сплав на никелевой основе ЭП741НП является основным для изготовления критических деталей авиационных ГТД. В последнее время он также широко используется и в стационарных ГТД для систем транспорта газа и нефти. В статье представлена эволюция эксплуатационных характеристик дисков и валов, изготовленных из этого сплава методом «as-NIP», в результате непрерывного совершенствования технологии его производства.

Улучшение эксплуатационных характеристик дисков

из гранул сплава ЭП741НП

В России диски и валы из порошков суперсплавов для ГТД получают исключительно по технологии «as-NIP» – процесс называется «металлургия гранул».

Этот процесс основан на принципиально новых методах обработки металла, отличительной особенностью которых являются более высокие скорости кристаллизации расплавов (рис. 1). Такие скорости кристаллизации достигаются при быстром отводе тепла от жидкого металла (когда объем металла небольшой) в виде мельчайших капель, затвердевающих в гранулы размером 200...100 мкм и менее [1, 2]. Готовые детали из гранул получают путем компактирования: большое число гранул (в 1 кг содержится около 1,5 млрд частиц крупностью 100 мкм) в результате диффузионных процессов, протекающих в ваку-

уме при высоких значениях давления и температуры, в условиях горячего изостатического прессования, срачивают в монолит, обладающий теоретической плотностью [2, 3].

Разработка технологии производства на основе высокоскоростной кристаллизации металлов и горячего изостатического прессования открыла возможность и для получения новых высококачественных металлических материалов из различных сплавов, обладающих свойствами, которые ранее достигнуть было невозможно. Это повышенные значения прочности и вязкости разрушения, малоциклового и многоциклового усталости, однородность структуры, а также меньшая металлоемкость готовых деталей и снижение трудоемкости при их изготовлении. Кроме того, новая технология обеспечивает производство полуматриц сложной формы, которые

нельзя было изготовить традиционными способами [4, 5].

К настоящему времени осуществлена промышленная схема производства дисков и валов из гранул, пущены первые линии по их производству. На них можно изготавливать диски и валы диаметром до 900 мм для различных двигателей (более 10 000 штук в год).

Первые крупные диски из гранул сплавов ЭП741НП и ЖС6У были получены в СССР в конце 1974 года. Газостатов в то время не существовало, и диски получали в расплавах неорганических материалов. Все первые диски для стендовых испытаний и испытаний в составе двигателей были получены горячим гидростатическим прессованием в расплаве стекла. С 1981 года этот метод стал применяться в производстве промышленных партий дисков (фото 1а). Их изготавливали из гранул крупностью менее 315 мкм, с неограниченным количеством неметаллических включений в пробе, с содержанием кислорода до 0,01% мас. и со следующими механическими характеристиками [6]:

$\sigma_B \geq 1250$ МПа; $\sigma_{0.2} \geq 800$ МПа;
 $\delta \geq 13\%$; $\psi \geq 15\%$;
 $KCU \geq 40$ кДж/м²;
 $\sigma_{100\text{ ч}}^{750^\circ\text{C}} = 600$ МПа (табл. 1).

Фото 1. Диски первой ступени турбины (а) и крупногабаритные тонкостенные полые турбокомпрессорные валы (б) из гранул сплава ЭП741НП для двигателя РД33



В конце 1982 года технология была значительно улучшена: крупность гранул уменьшена до 200 мкм, содержание кислорода в гранулах – до 0,007% мас., количество неметаллических включений в пробе 1 кг составило 100 штук. Механические характеристики оставались без изменений (табл. 1).

В середине 1980-х гг. в Пермском КБ (генеральный конструктор П. А. Соловьев) создавался мощный авиадвигатель для магистральных широкофюзеляжных самолетов – ПС90А. Предприятие уже имело большой опыт эксплуатации дисков из гранул в составе двигателей Д-30Ф6, поэтому диски нового двигателя были заложены также из гранул сплава ЭП741НП. Это возлагало на ВИЛС серьезную ответственность за их качество и надежность. В свою очередь, металлурги серийного завода в Перми потребовали повышения механических характеристик дисков.

К 1986 году технология производства и качество дисков были снова существенно улучшены. Крупность гранул была уменьшена до 140 мкм, причем более 90% частиц имели размер менее 100 мкм. Количество неметаллических включений в пробе 1 кг было уменьшено в два раза – до 50 штук, содержание кислорода – до 0,005% мас. Впервые в технические условия были введены нормы по усталостным характеристикам дискового материала:

$$N_{650}^{1000 \text{ МПа}} = 3500 \text{ циклов [7].}$$

Механические характеристики были также повышены:

$$\begin{aligned} \sigma_B &\geq 1300 \text{ МПа; } \sigma_{0.2} \geq 900 \text{ МПа;} \\ \delta &> 15\%; \psi > 17\%; \\ KCU &> 40 \text{ кДж/м}^2; \\ \sigma_{100}^{650 \text{ }^\circ\text{C}} &= 1000 \text{ МПа (табл. 1).} \end{aligned}$$

К этому же времени относится начало работ по повышению надежности контроля материала дисков неразрушающими методами – охвату 100%-ного объема детали диска автоматизированным ультразвуковым контролем с плоскодонным отражателем диаметром 0,4 мм [8].

Была разработана сквозная технологическая инструкция, созданная специально под диски двигателя ПС90А. Она вобрала в себя все лучшие достижения ВИЛС в области технологии металлургии гранул к этому периоду. С 1986 года по сквозной инструкции было изготовлено и поставлено в Пермь около 3 000 крупногабаритных дисков для двигателей пассажирских и транспортных самолетов Ил-96-300, Ил-76, Ил-78, Ту-204, Ту-214. Это был первый в мире опыт использования дисков «as-NIP» (без дополнительной пластической деформации компактного материала) в дисках двигателя пассажирского самолета [6, 7, 9].

В новых двигателях Д-30Ф11 и ПС-30В-12, созданных Пермским МКБ в конце 80-х гг. для экспериментальных самолетов С-37 и «Геофизика», все диски, дефлекторы, ла-

биринты и др. были выполнены также из гранул сплава ЭП741НП [9]. В этот же период дисками из гранул повышенного качества был обеспечен двигатель ТВ7-117С для пассажирского самолета Ил-114. Статистика механических характеристик дисков для серийного двигателя РД33 показала, что материал дисков имеет значительные резервы по свойствам. Поэтому на первом этапе диски для ТВ7-117 отбирали из полученных по действующей технологии, что составляло 50...55% от общего количества запущенных в производство дисков. Затем была введена специальная термическая обработка, которая гарантировала поставку дисков по пересмотренным техническим условиям [7]. Это был третий этап существенного повышения характеристик материала дисков за счет совершенствования технологии их производства по вновь паспортизованному режиму термообработки (режим № 2).

Новые технические условия предусматривали гарантированные свойства на уровне:

$$\begin{aligned} \sigma_B &\geq 1450 \text{ МПа; } \sigma_{0.2} \geq 1000 \text{ МПа;} \\ \delta &> 13\%; \psi > 15\%; \\ KCU &> 40 \text{ кДж/м}^2; \\ \sigma_{100}^{650 \text{ }^\circ\text{C}} &= 980 \text{ МПа;} \\ N_{650}^{1000 \text{ МПа}} &= 5000 \text{ циклов (табл.1).} \end{aligned}$$

К 1985 году относятся работы по созданию перспективного двигателя 5-го поколения. Конструкцию машины создавал московский завод

Табл. 1. Динамика улучшения характеристик дисков и валов из гранул сплава ЭП741НП

П/п	Характеристика	1981 год	1982 год	1986 год	1987 год	1998 год	2003 год
1	Крупность гранул, мкм	-315+70	-200+70	-140+50	-200+50	-140+50	-100+50
2	Содержание кислорода, % масс	≤0,01	≤0,007	≤0,005	≤0,005	≤0,005	≤0,004
3	Содержание неметаллических частиц, шт	не ограничено	до 100 в пробе 1кг	до 50 в пробе 1кг	до 20 в пробе 1кг	до 10 в пробе 1кг	до 5 в пробе 1кг
4	УЗК диаметр П.О., мм объем контроля, %	ручной контроль 1,2÷1,5 до 50	ручной контроль 1,2÷1,5 до 50	автомат. контроль 0,8÷1,2 до 95	автомат. контроль 0,8÷1,2 до 80	автомат. контроль 0,8÷1,2 до 100	автомат. контроль 0,4÷0,8 до 100
5	Гарантируемые характеристики дисков и валов:						
	σ_B , МПа	≥1250	≥1250	≥1300	≥1450	≥1450	≥1450
	$\sigma_{0.2}$, МПа	≥800	≥800	≥900	≥1000	≥1000	≥1020
	δ , %	≥13	≥13	≥15	≥13	≥18	≥18
	ψ , %	≥15	≥15	≥17	≥15	≥18	≥18
	KCU, кДж/м ²	≥40	≥40	≥40	≥40	≥40	≥40
	$\sigma_{100}^{750 \text{ }^\circ\text{C}}$, МПа	600	600	1000	980	1000	1020
	$N_{650}^{1000 \text{ МПа}}$, цикл	–	–	3500	5000	5000	5000



С Фото 2, табл. 2. Комплект заготовок дисков из гранул сплава ЭИ698П и их гарантируемый уровень механических характеристик для промышленных и судовых ГТД

σ_B , МПа	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ , %	ψ , %	КСУ, кДж/м ²	$\sigma_{650^\circ\text{C}}^{50\text{ ч}}$, МПа
1250	800	14	17	34	720

«Сатурн» в тесном сотрудничестве с ЦИАМ, ВИС и ВИАМ. В двигателе были максимально использованы достижения металлургии гранул того периода [10,11]. Высокую прочность (более 1 650 МПа) и предел текучести (больше 1 150 МПа) сплавов обеспечивали за счет применения из гранул нового сплава ЭП962П. Их 100-часовая длительная прочность была на уровне $\sigma_{100\text{ ч}}^{750^\circ\text{C}} = 1050...1100$ МПа. Все критические детали двигателя изготавливали из гранул сплавов ЭП962П и ЭП741НП. В настоящее время технология производства сплава ЭП962П, значительно усовершенствованная, применяется для другого нового двигателя.

Всего с 1981 по 2004 г. силами ВИС и освоившего производство дисков из гранул Ступинского металлургического комбината (1986 год) было изготовлено и поставлено заказчикам более 50 000 дисков и валов [11–14], в том числе более 22 000 турбокомпрессорных валов (фото 16).

В 1995 году ВИС совместно с ОАО «Авиадвигатель» и Пермским моторным заводом начал разработку технологии производства дисков из среднелегированного сплава ЭИ698П для серии газотурбинных приводов систем транспортировки газа, создаваемых на базе авиадвигателя ПС90А. Были созданы ГТУ на 10, 12, 16 и 25 МВт с унифици-

рованным газогенератором с дисками из гранул сплава ЭИ698П [12, 15] (фото 2). Их механические свойства (табл. 2) значительно превышают характеристики материала дисков того же сплава, полученных методом традиционной объемной штамповки. ■

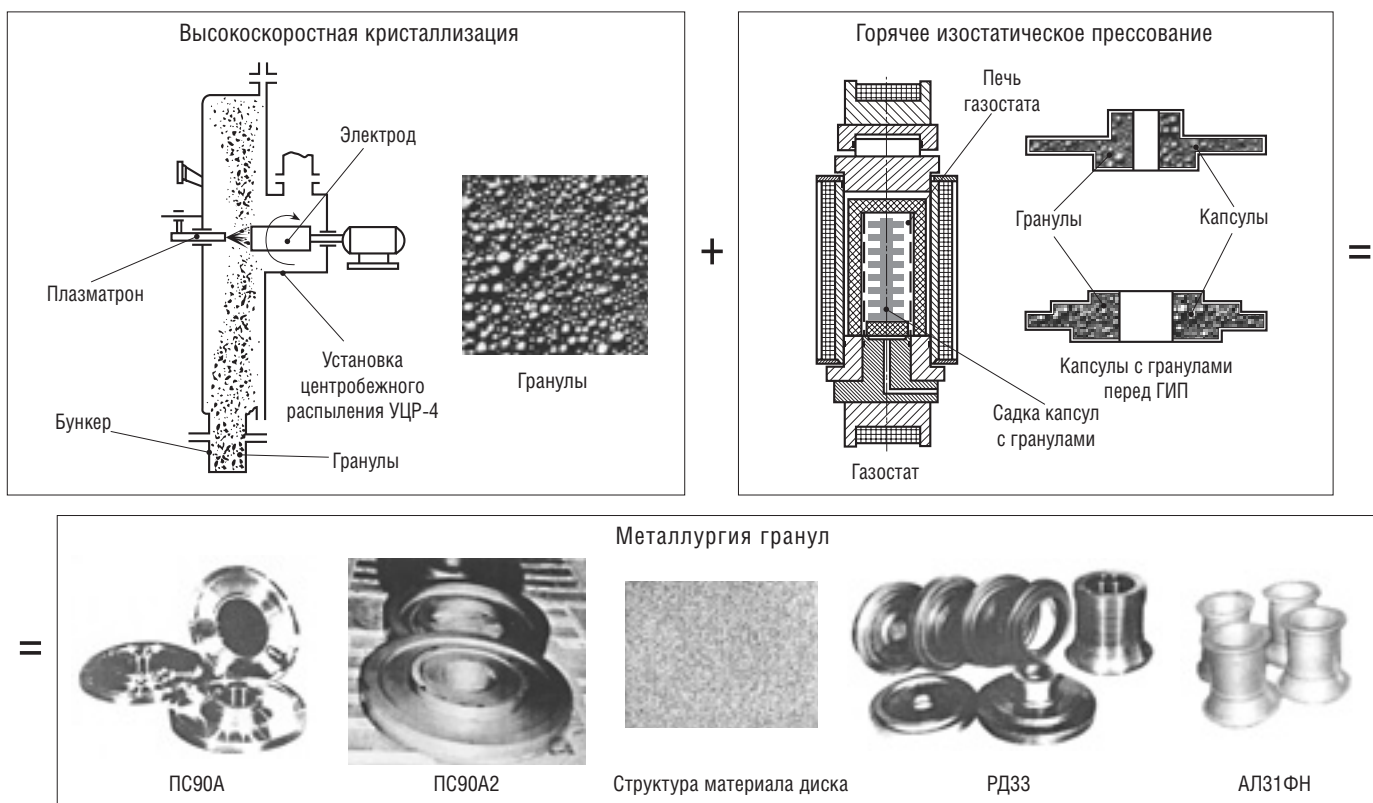
Продолжение статьи читайте в номере 1/2006.

Автор выражает искреннюю благодарность инженеру Романову А. И. за большую помощь по подготовке рукописи к опубликованию.

Список литературы

1. Белов А.Ф. Металлургия гранул - новый путь повышения качества конструкционных материалов. — Вестник АН СССР, 1975, № 5. С. 74–84.
2. Белов А.Ф. Новые металлургические процессы — путь к повышению качества и эффективности использо-

Рис. 1. Формула металлургии гранул



вания металлов. – Известия АН СССР. Металлы, 1981, № 3. С. 4–9.

3. Белов А.Ф., Аношкин Н.Ф., Ходкин В.И. и др. Металлургия гранул – новый прогрессивный технологический процесс производства материалов. – В кн.: Обработка легких и жаропрочных сплавов. – М.: Наука, 1976. С. 217–236.

4. Randolph Gold. Forging Technologies of the Twenty-First Century. – Precision Metal, November, 1978, Vol.36, № 11, p.p. 40–43.

5. Белов А.Ф., Аношкин Н.Ф., Гарибов Г.С. и др. Технология горячего гидростатического прессования турбинных дисков из порошков – гранул жаропрочных никелевых сплавов. – Авиационная промышленность, 1980, № 1. С. 53–56.

6. Гарибов Г.С. Технология производства материалов газовых турбин XXI века. – Технология легких сплавов, 1998, № 5-6. С. 107–122.

7. Гарибов Г.С., Буславский Л.С., Сизова Р.Н. Развитие технологии производства методом металлургии

гранул критических деталей газотурбинных двигателей. – В кн.: Двигатели XXI века. – М.: ЦИАМ, 2001. С. 187–221.

8. Павлов С.В., Поляков В.М., Русанов Н.В., Чугунков С.Н. Неразрушающий ультразвуковой контроль металлургических полуфабрикатов из алюминиевых, титановых и жаропрочных сплавов для изделий авиакосмической техники. – В кн.: Технология обработки легких и специальных сплавов. – М.: Металлургия, 1994. С. 445–455.

9. Гарибов Г.С. Крупногабаритные диски и валы из новых российских гранулированных суперсплавов для двигателей военных и гражданских самолетов. – Технология легких сплавов, 1997, № 2. С. 54–60.

10. Гарибов Г.С. Елисеев Ю.С., Гольдинский Э.И. Потенциал металлургии гранул. – Национальная металлургия, 2001, № 1. С. 20–23.

11. Garibov G. S., Chepkin V. M. PM Ni-Base Superalloy Encreases Service Life of AL31FP Engines for Sukhoi

Fighters. – In Book: ASM Internationals 13th Advanced Aerospace Materials and Processes Conference and Exposition. – 10–13 June 2002, The Rosen Plaza, Orlando, Florida, p. p. 47–53.

12. Гарибов Г.С. Горячее изостатическое прессование жаропрочных высокопрочных сплавов. – Технология легких сплавов, 1999, № 4. С. 45–48.

13. Гарибов Г.С. Современный уровень развития порошковой металлургии жаропрочных никелевых сплавов. – Технология легких сплавов, 2000, № 6. С. 58–69.

14. Гарибов Г.С., Сизова Р.Н., Ножницкий Ю.А. и др. Перспективы производства авиационно-космических материалов и процессы их обработки в начале XXI века. – Технология легких сплавов, 2002, № 4. С. 106–117.

15. Гарибов Г.С. Промышленное производство дисков и валов двигателей пассажирских самолетов горячим изостатическим прессованием порошков. – Авиационная промышленность, 1995, № 9–10. С. 15–20.



энергия:
от проекта
до мегаватта

- Производство газотурбинных энергоблоков мощностью 2,5; 4; 6; 12; 16; 25 МВт.
- Консалтинговые услуги.
- Строительство ГТЭС под ключ.
- Сервис.
- Поставка магнитных подшипников S2M.
- Финансирование строительства ГТЭС.

Россия, 614038, г. Пермь, ул. Ак.Веденеева, 28
Тел.: 8 342 262 6000, факс: 8 342 262 6262
E-mail: info@iskra-energy.ru
http: //www.iskra-energy.ru

 **ИСКРА-ЭНЕРГЕТИКА**



Малая энергетика

и решение жилищно-коммунальных проблем

Н. Р. Джапаридзе – ЗАО «МР-ЭНЕРГО-СТРОЙ»

Необходимость решения давно назревших проблем в системе ЖКХ в России сегодня очевидна для всех. До настоящего времени этот сектор еще оставался в силу социальных причин единственной дотационной отраслью экономики, но начавшиеся преобразования в энергетике страны стали отправной точкой структурных изменений во всех отраслях экономики, в том числе и в жилищно-коммунальном хозяйстве.

В современных экономических условиях альтернативы скорейшего решения задач ЖКХ, кроме использования малой энергетики, не существует. Возможность ее широкого применения в России обусловлена климатическими условиями и большими территориями — с размещением основных топливно-энергетических ресурсов в малонаселенных регионах.

К настоящему времени разработаны и предлагаются к применению различные технологии для решения проблем тепло- и электроснабжения. Основными из них являются газотурбинные и газопоршневые уста-

новки; дизельные, паротурбинные и ветроэнергетические установки; паровые и водогрейные котельные.

Они должны выбираться в зависимости от конкретных условий как наиболее оптимальный вариант с точки зрения затрат и сроков реализации проекта. Необходимо учитывать следующие аспекты развития малой энергетики:

- сегодня в топливно-энергетическом комплексе России две трети топлива затрачиваются на производство тепла. Сжигать органическое топливо для производства только одного вида полезной продукции крайне неэффективно.

Не используется высокотемпературный потенциал газового топлива. Его необходимо сжигать только в установках комбинированного производства тепла и электроэнергии, при этом важно приблизить источник к потребителю;

- при разработке приоритетов объектов малой энергетики необходим объективный сравнительный анализ (предпроектные исследования) различных технологий, типов энергоустановок в зависимости от требований к энергообъекту (применение ГТУ или газопоршневых установок), сезонных и суточных графиков нагрузки,

- важнейшим условием успешного строительства объектов малой энергетики является объем и форма финансирования. Разработка четкой схемы реализации проектов — от исследовательских работ до строительства и ввода в эксплуатацию, в том числе обучение персонала;

- На начальном этапе разработки проектов необходимо провести исследовательские предпроектные работы. Они не требуют больших затрат, а экономический эффект – ощутимый.

Снабжение топливом энергетических объектов, особенно в отдаленных регионах, является одним из основных вопросов. Следовательно,

В любом случае необходимо подробное обследование и анализ энергетического состояния территории потребителя (энергоаудит).

**Отопительные котельные (тепло-
централи) на местных видах топлива**

- ### Паросиловые ТЭЦ малой мощности

отечественное паротурбинное обо-
рудование:

- ### **Когенерационные электростанции с поршневыми двигателями**

В этом случае применяются:

- Газодизель работает при воспламенении газозвушной смеси от самовоспламенения запальной дозы жидкого топлива (5...12% от подачи жидкого топлива при дизельном



Фото. Газотурбинная электростанция на производственном объединении «Нафтан» позволила снизить себестоимость продукции на 20%

цикле в зависимости от состава газа) — цикл «Дизеля». Газ замещает основное жидкое топливо.

В газовых двигателях газозо-воздушная смесь воспламеняется от искры в свечах зажигания — цикл «Отто». На базе таких установок могут создаваться двухагрегатные электростанции (минимальное количество энергоустановок по надежности энергоснабжения) электрической мощностью 500...4 000 кВт и тепловой — 600...4 200 кВт.

На российском рынке представлено большое количество зарубежных компаний, предлагающих оборудование подобного типа. Оно отличается надежностью, хорошими экологическими показателями, эргономичностью, но имеет высокую стоимость обслуживания. Отечественных производителей газопоршневого оборудования немного: газодизельные установки производит ОАО «Коломенский завод» и ОАО «РУМО» электрической мощностью соответственно до 1 500 кВт и 800...1 000 кВт; тепловой — 1650 кВт и 660...960 кВт. ОАО «Звезда-Энергетика» производит

газопоршневые энергоустановки электрической мощностью 500 кВт, тепловой — 550 кВт.

Относительно недорогим зарубежным оборудованием являются агрегаты производства компании CKD ENERGOTRANS электрической мощностью 0,5...2,3 МВт, тепловой — 2,4 МВт.

Газотурбинные ТЭЦ (ГТУ-ТЭЦ)

Как и газопоршневые агрегаты, они могут использовать в качестве основного топлива природный и попутный нефтяной газ. ГТУ имеют более низкий электрический КПД по сравнению с поршневыми агрегатами, но суммарный КПД (коэффициент использования топлива) в когенерационном цикле достигает 90%. Отдача тепловой энергии от них практически в 1,5 раза выше, чем от поршневых источников равной электрической мощности.

На базе таких энергоустановок могут создаваться отопительные ГТУ-ТЭЦ электрической мощностью от 5 МВт, тепловой — от 10 МВт, а также более крупные электростанции.

Среди преимуществ автономных энергоисточников, работающих на местных видах топлива, можно выделить следующие:

- надежность энергоснабжения и повышение качества электроэнергии;
- снижение потерь в тепловых сетях — до 2...3% (ранее 15...20%);
- экономия топлива — до 50%;
- уменьшение в 2...2,5 раза топливной составляющей в себестоимости продукции;
- снижение в 1,5...2 раза стоимости единицы отпускаемой от энергоисточника продукции;
- уменьшение валовых выбросов вредных веществ (при использовании современного оборудования) в 1,5...3 раза.

«МР-ЭНЕРГО-СТРОЙ» объединяет весь технологический процесс строительства энергообъектов и внеплощадочных сетей — от разработки ТЭО проекта, поставки оборудования, строительства до запуска объекта в эксплуатацию. Оборудование предлагается с учетом про-

блем энергоснабжения конкретных потребителей. Из нескольких вариантов комплектации выбираются наиболее надежные, эффективные и экологически безопасные агрегаты.

Детальная экономическая оценка проекта проводится на стадии его разработки, где при расчетах учитывается стоимость технического обслуживания оборудования, особенности налогообложения, отдача по кредитам, система лизинга, банковские гарантии, риски и т. д.

За время работы компания разработала и реализовала следующие проекты:

- когенерационная ГТЭС для ПО «Нафтан» (Белоруссия) установленной электрической мощностью 40 МВт и паропроизводительностью до 90 т/ч (фото);
- Ингушская электростанция мощностью 64 МВт, тепловой — 48 Гкал/ч. К настоящему времени объект готов на 80% (но финансирование приостановлено);
- ГТУ-ТЭЦ на Западно-Полуденном месторождении (Томск-нефть) электрической мощностью 7,5 МВт, тепловой — 10 Гкал/ч. ТЭЦ утилизирует до 27,8 млн м³/год попутного нефтяного газа;
- строительство и реконструкция объектов теплоэлектроснабжения Эвенкийского автономного округа. Выведено из эксплуатации 66 устаревших котлов маломощных котельных.

Достигнут значительный экономический и экологический эффект. На 30% снижен объем сжигаемого топлива (за счет увеличения КПД котлов до 90...92%); более чем в два раза снижены выбросы загрязняющих веществ; сократилось количество складов топлива, не соответствовавших требованиям; до 20 лет продлен срок службы котлов, работающих на химически очищенной воде.

Накопленный опыт позволяет компании гибко решать поставленные потребителем задачи, обеспечивая своевременный ввод энергообъектов в эксплуатацию независимо от назначения энергоустановки, мощности, режимов работы и вида топлива. ■

51-й
технический
конгресс в области
газовых турбин наземного
применения и авиадвигателей,
выставка и симпозиум
пользователей газовых
турбин

ASME TURBO EXPO LAND, SEA & AIR 2006



8-11 мая 2006 года
Барселона, Испания
Barcelona Convention Center

Международный технический конгресс ASME TURBO EXPO ежегодно собирает ведущих специалистов в области создания, производства и эксплуатации газотурбинного оборудования. Участие в этом мероприятии – это исключительная возможность получить исчерпывающую информацию о передовых разработках в области производства, эффективной эксплуатации, технического обслуживания, модернизации и ремонта газовых турбин.



Для регистрации участия специалистов в конгрессе и выставке обращайтесь:
Phone: +1-404-847-0072 Fax: +1-404-847-0151 E-mail: igtiexpo@asme.org www.turboexpo.org

● Фото 1. ГТЭС-24 на компрессорно-насосной станции Лянторского месторождения



ГТЭС-24: электроэнергия для нефтегазового месторождения

Д. А. Капралов – ООО «Турбомашины»

Электростанция, работающая на попутном нефтяном газе, решает у заказчика две задачи – обеспечивает дешевой энергией и утилизирует попутный газ, сжигавшийся ранее в факелах из-за дороговизны транспортировки к месту переработки. Газотурбинные электростанции, использующие попутный газ в качестве топлива, размещаются в непосредственной близости от участков нефтедобычи. В связи с этим исключается строительство объектов газосбора, трубопроводов, компрессорных станций. Технология сжигания топлива в камерах сгорания ГТУ обеспечивает низкий уровень эмиссии, что делает ГТЭС экологически чистыми.

Сургутнефтегаз является лидером в использовании ГТЭС различной мощности, эксплуатирующихся на попутном нефтяном газе. Компания поставила перед собой задачу сократить к 2007 году на 25% закупку электроэнергии у сторонних производителей за счет ввода в эксплуатацию собственных электростанций.

В настоящее время эксплуатируются семь ГТЭС, в том числе на Конитлорском месторождении, на Бит-

темском м/р, на Лянторском м/р (КНС-11, КНС-17), Лукъявинском м/р, Русскинском м/р, Тянском месторождении. Их мощности обеспечивают до 20% общей потребности компании в электроэнергии. В 2005 г. компания приступила к реализации второго этапа крупномасштабного проекта по выработке собственной электроэнергии: начато строительство еще шести газотурбинных электростанций. Ведется также строительство двух газопор-

шневых электростанций (на Восточно-Еловом и Талаканском месторождениях). В перспективе в 2007–2012 гг. планируется строительство еще четырех газотурбинных электростанций.

Согласно программе развития собственных генерирующих мощностей, в 2002 году ОАО «Сургутнефтегаз» провело конкурс на поставку энергетического оборудования для многоагрегатных электростанций общей мощностью 156 МВт.

Обязанности генподрядчика компания взяла на себя, опираясь на опыт строительства газотурбинной электростанции «Конитлорская».

Генеральным проектировщиком объекта был выбран институт СургутНИПИнефть, который координировал работу с субподрядными проектными организациями и осуществлял контроль за выполнением сроков, разрабатывал ПСД на блоки подготовки топливного газа, выполнял проектирование объектов инженерного обеспечения и т. д.

Проектировщиком энергоцеха стал УралВНИПИэнергопром. Компания разрабатывала электрическую и технологическую схему главного корпуса, схему автоматизации, компоновку оборудования.

Поставщиком основного оборудования и систем станций была определена инженеринговая компания «Искра-Энергетика» – совместное предприятие НПО «Искра» и R&W. Этот проект не был принципиально новым для компании: газотурбинные установки ГТУ-12ПГ уже были установлены на КС 42 и 44 для привода нагнетателя.

Ввод пяти станций в эксплуатацию осуществлялся поэтапно в течение 2004 года.

В данной статье на примере ГТЭС-24 (КНС-11 Лянторского месторождения) рассмотрено устройство основных составляющих энергоблока ЭГЭС-12С и других стационарных систем.

Энергоблоки находятся в легкоборных зданиях, собранных из сэндвич-панелей. Такая технология позволяет обеспечить нормативный уровень шума и теплоизоляции, а также организовать максимально удобную эксплуатацию оборудования в условиях северного климата, где зимние температуры опускаются ниже -50°C . Так, в данном проекте предполагалось, что температура внутри зала не должна опускаться менее $+5^{\circ}\text{C}$ и должна поддерживаться даже при возникновении аварийных ситуаций. С этой целью станция оснащена миникотельной.

Одной из важнейших задач, поставленных заказчиком, была высо-

кая степень взрывобезопасности – в соответствии с ГОСТ. Оборудование станции имеет все разрешительные документы для эксплуатации на опасных объектах:

- получены разрешения Гостехнадзора на применение ЭГЭС-12С на опасных производственных объектах;
- все оборудование сертифицировано на соответствие требованиям промышленной безопасности в Государственных органах РФ;
- используется оборудование во взрывозащищенном исполнении (например, для ЭГЭС-12С – блок силовой с видом взрывозащиты 1ExрхIIТ1);
- применяется система газообнаружения (при концентрации метана более 0,5% выдается предупредительный сигнал, при концентрации более 1% происходит автоматический останов агрегата).

Энергоцех (главный корпус) состоит из четырех основных помещений – машинный зал, пультовая, помещение для электрооборудования (реакторов, КРУ и РУ-0,4) помещения системы гидрозапуска.

Дожимная компрессорная станция (ДКС) и станция подготовки топливного газа находятся в отдельных зданиях. Здание подготовки топливного газа пристроено к энергоцеху. Блок газового оборудования унифицированный. В нем осуществляются две степени сепарации газа,

фильтрация в полнопоточном фильтре с чистой не менее 5 мкм.

Дожимная КС поднимает давление газа до 30 кг/см^2 . При этом топливный газ нагревается до 100°C , что на 30°C превышает точку росы попутного нефтяного газа. В связи с этим осушка газа не осуществляется. ДКС выполнена на базе компрессоров фирмы «Торомонт» (Канада).

Базовыми конструктивными единицами энергоблока ЭГЭС-12С (фото 2) являются:

- силовой блок ЭГЭС-12С (БС), созданный на базе ГТУ-12ПГ-2, (производство НПО «Искра»);
- редуктор (производство компании Renk);
- синхронный турбогенератор ТС-12-2РУХЛЗ (ОАО «Привод»).

Энергоблок установлен на общий монолитный фундамент, система выхлопа и всасывания – на самостоятельном фундаменте за пределами энергоцеха.

Силовой блок (БС)

ЭГЭС-12С (фото 2) используется в качестве привода турбогенератора. В его состав входят:

- газотурбинная установка ГТУ-12ПГ-2 в комплекте с входным и выходным устройствами, элементами САУ ГТУ, системами запуска и трансмиссиями «ГТУ-редуктор» и «редуктор-турбогенератор»;
- шумотеплоизолирующий кожух (контейнер), который оснащен

Фото 2. Энергоблок ЭГЭС-12С в цехе



средствами контроля за состоянием БС, а также освещения и обогрева, элементами системы наддува и охлаждения ГТД и др.;

- воздухозаборная камера с сетчатым коком, защищающим проточный канал двигателя от попадания посторонних предметов.

В составе БС и в составе ГТУ применяется взрывобезопасное электрооборудование (обогреватели, освещение, датчики и сигнализаторы, извещатели, соединительные коробки и пр.). В корпусе силовой турбины ГТУ предусмотрена внутренняя продувка.

Дополнительным мероприятием по взрывобезопасности является применение газонепроницаемых панелей кожуха БС. Обеспечена блокировка дверей, чтобы исключить охлаждение ГТУ. Отсутствуют застойные и неvented зоны внутри оболочки блока. Установлены датчики контроля избыточного давления, расхода и температуры охлаждающего и наддувочного воздуха. Герметичность соединений исключает попадание выхлопных газов внутрь кожуха БС.

Газотурбинная установка ГТУ-12ПГ-2

Двухвальная установка простого открытого цикла создана на базе газотурбинного двигателя ПС-90ГП-1 (производство Пермского моторостроительного комплекса). Температура корпусов в ГТУ снижена за счет подачи дополнительного

Табл. 1. Основные параметры ГТУ

№ п/п	Наименование параметра	Значение
1	Мощность на клеммах генератора при температуре воздуха на входе не более +15 °С, кВт	12400
2	КПД на клеммах турбогенератора, %, не менее	32,9
3	Частота вращения силовой турбины об/мин	6500
4	Частота вращения выходного вала редуктора ГТУ и вала турбогенератора, об/мин (с ⁻¹)	3000(50)
5	Среднегодовой удельный расход масла двигателя, г/кВт·ч	0,02
6	Температура выхлопных газов за силовой турбиной, °С	502
7	Расход выхлопных газов за силовой турбиной, кг/с	45,4
8	Расход топливного газа на номинальном режиме, нм³/ч – при теплотворной способности газа 47,58 МДж/нм³ – при теплотворной способности газа 41,57 МДж/нм³	2846,0 3257,5

атмосферного воздуха под кожу установки. Расход воздуха – 10...12 м³/с.

Запуск ГТУ производится автоматически по заданному алгоритму. В комплексе работ по обеспечению взрывобезопасности электромеханический привод ВНА компрессора заменен гидравлическим. В качестве рабочего тела для запуска используется гидрожидкость.

Впервые в истории отечественного машиностроения для запуска газотурбинной установки использован гидропривод. Запуск осуществляется гидромотором, который устанавливается на нижней коробке приводов двигателя.

Двигатель имеет модульную конструкцию. Модули газогенератора (ГГ) и силовой турбины (СТ) соединяются друг с другом по наружным фланцам на силовых корпусах.

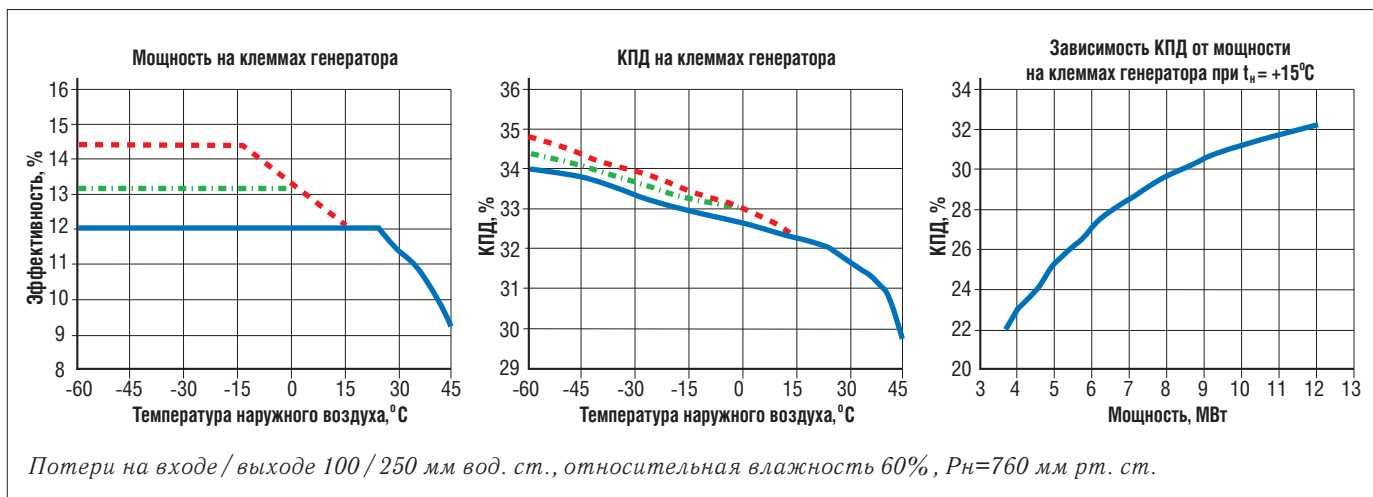
Собранный двигатель на подмоторной раме монтируется на силовой раме энергоблока.

На корпусе компрессора, турбины газогенератора и СТ предусмотрены специальные смотровые лючки для визуально-оптического контроля газовоздушного тракта двигателя. Жаровые трубы камеры сгорания также доступны для осмотра.

Из проточной части за воздушным компрессором ГТД предусмотрены отборы подогретого сжатого воздуха в противообледенительную систему двигателя и в систему подогрева циклового воздуха ВОУ.

В системе регулирования подачи топлива к ГТУ последовательно установлены два отсекающих быстродействующих газовых клапана типа GSOV25 фирмы Woodward. Стопорный клапан открывается при достижении условий зажигания и закры-

Рис. 1. Климатические характеристики ГТУ



вается при всех видах останова. При исчезновении электропитания ГТУ и/или потере управляющего сигнала оба отсечных клапана прекращают подачу топливного газа.

САУ ГТУ (ОАО «Стар») обеспечивает контроль и управление двигателем на всех режимах работы.

В газотурбинном двигателе применен осевой 13-ступенчатый компрессор. В его составе – регулируемый входной направляющий аппарат (НА) и поворотные НА 1-й и 2-й ступеней, а также клапаны перепуска воздуха из-за промежуточных ступеней и последней ступени компрессора. Детали проточной части компрессора имеют эрозионно-стойкое покрытие.

Камера сгорания – трубчатокольцевая, с двенадцатью жаровыми трубами и общим газосборником. Осевая двухступенчатая турбина газогенератора имеет усиленный корпус. При ее изготовлении использованы коррозионно-стойкие и жаропрочные материалы.

В двигателе предусмотрен корпус

промывки с коллекторами и форсунками системы промывки газоздушного тракта. Дополнительно он оснащен датчиками измерения параметров воздуха на входе в компрессор и датчиком противообледенительной системы.

Силовая турбина – осевая, двухступенчатая, имеющая с ротором газогенератора только газодинамическую связь. Охлаждение корпусов турбины осуществляется путем продувки внутренних каналов воздухом, отбираемым от промежуточной ступени компрессора.

Корпус свободной турбины стыкуется с выходным устройством с помощью двух поясов упругих пластин, которые перекрывают щели между кожухами опоры свободной турбины и выходным устройством ГТУ.

На рис. 1, 2, 3 представлены климатические характеристики ГТУ. Так, двигатель сохраняет свои параметры до температуры входящего воздуха 15 °С, что актуально для летних температур Сибири.

Кожух силового блока

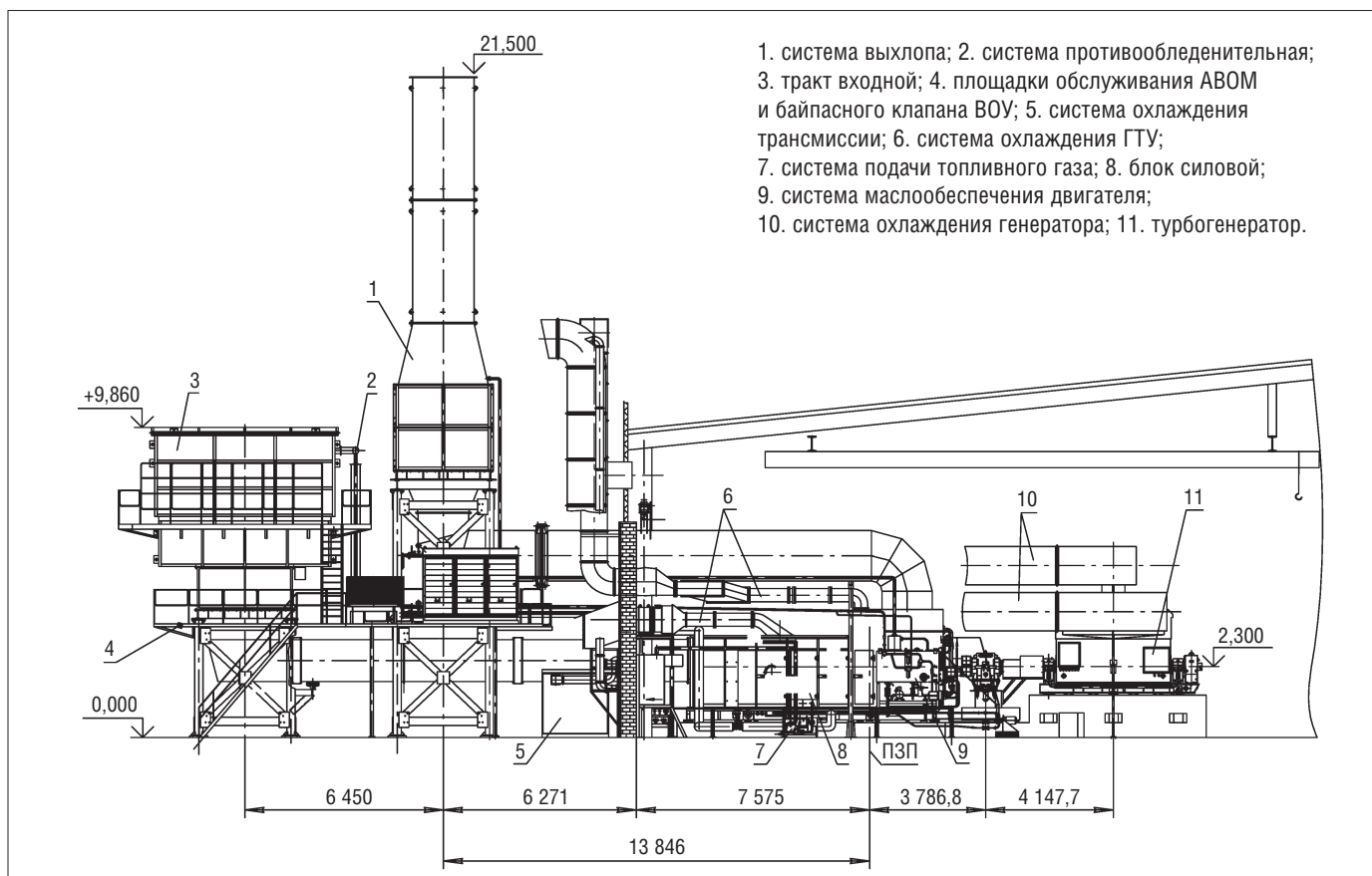
Кожух ГТУ представляет собой каркасно-панельную конструкцию, устанавливаемую на единую раму силового блока. В качестве шумотеплоизолирующего наполнителя панелей используются маты из стеклоткани с негорючим наполнителем.

Конструкция кожуха обеспечивает доступ обслуживающего персонала к двигателю и боковую выкатку двигателя наружу. Крыша двигательной части кожуха – съёмная.

Турбогенератор

В составе энергоблока применен синхронный двухполюсный турбогенератор ТС-12-2РУХЛЗ с бесщеточной диодной цифровой системой возбуждения, со встроенными трансформаторами тока и напряжения. В процессе реализации проекта генератор был несколько доработан: улучшена работа лабиринтных уплотнений, отрегулирована работа масляного клина в подшипниках скольжения. Система смазки – циркуляционная, под давлением.

Рис. 2. Газотурбинный энергоблок ЗГЭС-12С «Урал» (вид сбоку)



Турбогенератор имеет воздушную систему охлаждения по разомкнутому циклу с возможностью рециркуляции. Режим рециркуляции обеспечивается электроприводными регулирующими клапанами. Вентиляторы охлаждающего воздуха установлены на валу ротора. В качестве охлаждающего тела подается атмосферный воздух, подготовленный в блоке воздухоочистки на базе циклонных элементов.

Редуктор

В составе энергоблока применен одноступенчатый редуктор на 6 500...3 000 об/мин. Он служит для снижения частоты вращения ротора силовой турбины до частоты вращения ротора турбогенератора.

Зубчатые колеса шевронного типа выполнены из легированной стали, рабочая поверхность зуба закалена и зацементирована. Корпус — сварной, маслoneпроницаемый, с подшипниками скольжения. Система смазки зубчатых колёс и подшипников — принудительная, циркуляционная.

Контроль за вибрационным состоянием двигателя, редуктора и генератора осуществляет система виброконтроля на базе технических средств серии 3500 фирмы Bently Nevada. Датчики вибрации поставляются в составе ГТУ, редуктора и генератора. Один электронный блок системы контроля вибрации поставляется на два или три энергоблока и размещается в одном из шкафов САУ.

Системы маслообеспечения

В составе ЭГЭС-12С применены две гидравлически не связанные между собой системы маслообеспечения: газотурбинного двигателя и объединенная система редуктора и турбогенератора.

Обе маслосистемы — принудительные, циркуляционные, используют масло МС-8П и ТП-22 соответственно. Все элементы, за исключением АВОМ, расположены рядом с энергоблоком. При работе ГТД подача и откачка масла от опорно-уплотнительных узлов осуществляется маслососами, имею-

щими привод от коробки приводов двигателя.

Система маслообеспечения редуктора и генератора включает в себя блок маслоснабжения (БМС); аппарат воздушного охлаждения масла, установленный на линии подачи масла к опорам редуктора и генератора и др. Рабочий объем БМС — 3 700 литров, он обеспечивает работу оборудования в течение 3 200 часов без дозаправки.

Заправка маслобаков производится от стационарной системы. Тонкость фильтрации составляет 10 мкм. Для визуального контроля уровня масла на маслобаке установлен указатель уровня с градуированной шкалой. Маслобак разделен на два отсека — для грязного и очищенного масла. Маслобак по требованию заказчика выполнен плоским, так как находится выше нулевой отметки, но ниже опор, а также двустенным для обеспечения требований пожаробезопасности.

Воздухоочистительное устройство (ВОУ)

Очистка воздуха в ВОУ имеет две ступени: в блочных мультициклонных фильтрах и тонкая очистка в тканевых фильтрах.

Воздухоочистительное устройство оснащено байпасными клапанами, которые открываются при предельном значении перепада давления в ступенях очистки. Необходимость в техобслуживании определяется по перепаду давления циклонной ступени очистки. ВОУ рассчитано на совместную работу с системой подогрева циклового воздуха, которая предотвращает обледенение элементов воздухоочистительного устройства.

Горячий воздух для системы подогрева подается от 13-й ступени компрессора ГТУ. Система включается и выключается автоматически, по сигналу САУ энергоблока или дистанционно — с пульта управления энергоблоком.

Внутри корпуса воздухоочистительного устройства со стороны всасывания размещен шумоглушитель. Для работы ВОУ не требуется затрат электроэнергии.

Система выхлопа

Выхлоп ГТУ — вертикальный, осевой. В состав системы входят: выхлопная труба высотой 20 метров, шумоглушитель выхлопа, компенсаторы тепловых деформаций, выхлопной газоход. Шумоглушение осуществляется с помощью кассет, установленных в шахматном порядке.

Газоход, соединяющий выхлопное устройство силового блока с шумоглушителем и выхлопной трубой, выполнен трехслойным (сталь—звукотеплоизоляционные маты—сталь). В качестве изоляционного материала используется базальтовое стекловолокно.

Для осмотра внутренних поверхностей выхлопного тракта и проведения монтажных и ремонтных работ системы выхлопа предусмотрен люк, а для периодических замеров содержания вредных выбросов в выхлопных газах — штуцеры для ввода зонда.

Система охлаждения и вентиляции ГТУ

Система поддерживает требуемый температурный режим под кожухом силового блока и осуществляет его вентиляцию.

Регулирование расхода воздуха на охлаждение и вентиляцию ГТУ обеспечивается частотным регулированием скорости вращения электродвигателей вентиляторов по командам САУ.

Применение звукотеплоизоляции снижает уровень шума и предотвращает образование конденсата на воздуховодах. Система работает по командам САУ энергоблока. Электротехническое оборудование в составе имеет взрывозащищенное исполнение.

Гидравлический запуск

Предназначен для запуска и/или проведения холодных прокруток газотурбинных установок (фото 3). Холодная прокрутка и запуск газотурбинной установки осуществляется непосредственно гидравлическим мотором. Он размещается горизонтально на коробке приводов двигателя в отсеке ГТУ.

Табл. 2. Технические характеристики гидравлического мотора

№ п/п	Наименование параметра	Значение
1	Номинальный рабочий объем, см ³	180
2	Максимальная частота вращения, об/мин: продолжительная/кратковременная	3600/4000
3	Максимальный расход рабочей жидкости, л/мин	648
4	Крутящий момент при перепаде давления, Н·м: $\Delta P=350/\Delta P=400$ атм	1001/1144
5	Номинальное давление, бар	400
6	Момент инерции вращающихся масс, кг·м	0,0220
7	Габаритные размеры LxВxН, м, не более	0,29x0,19x0,28
8	Масса (без рабочей жидкости), кг	45

Управление системой производится автоматически по управляющим сигналам от системы автоматического управления ГТУ и/или АСУ ТП объекта.

При запуске ГТУ первоначально выполняется разгон турбины – холодная прокрутка; затем – продувка перед запуском. Давление в гидромоторе изменяется ступенчато. Когда двигатель набирает 2 200...2 600 об/мин, происходит розжиг топлива в камере сгорания. Максимальный расход жидкости составляет 648 л/мин при частоте вращения ротора 3 000 об/мин. После этого давление гидрожидкости снижается. Максимальное время запуска двигателя – 120 с.

Управление подачей гидравлической жидкости на мотор осуществляется клапанами перепуска по управляющим сигналам от САУ ГТУ и/или АСУ ТП объекта.

Низковольтное комплектное устройство (НКУ)

НКУ обеспечивает коммутацию и защиту всего электрооборудования от перегрузок, коротких замыканий, минимального напряжения, а также блокировку включения неисправного электрооборудования после срабатывания одной из защит. Кроме того, НКУ обеспечивает местную сигнализацию состояния электрооборудования.

Система автоматического управления энергоблоком

САУ ЭГЭС-12С построена на базе современных средств цифровой микропроцессорной техники фирмы

Siemens. Она представляет собой интегрированную систему, осуществляющую комплексное автоматическое управление и защиту основного и вспомогательного оборудования энергоблока.

Разработчик и изготовитель САУ – ЗАО «Искра-Энергетика».

В составе САУ энергоблока предусмотрен местный пульт управления. Он расположен на одном из шкафов и представляет собой сенсорный экран. Дистанционный контроль и управление работой энергоблока осуществляет оператор автоматизированного рабочего места в составе главного щита управления АСУ ТП ГТЭС.

САУ ГТУ является подсистемой САУ энергоблока и обеспечивает запуск газотурбинным двигателем, управление на всех режимах его

работы и вынужденный останов. Блоки управления и защиты реализованы на базе технических средств фирм Siemens или Octagon Systems, разработчик и изготовитель агрегатов – ОАО «Стар».

АСУ ГТЭС-24 изготовлена компанией Metco Automation. Это САУ верхнего уровня, которая управляет системами энергоблока, дожимной компрессорной станцией, системами пожаротушения энергоцеха и др. Управление ГТЭС осуществляется с пультовой, находящейся над реакторным отделением.

ГТЭС-24 на КНС-11 – одна из пяти станций, ввод в эксплуатацию которых состоялся в 2004 году.

Это был самый масштабный из реализованных на сегодня энергетических проектов в нефтегазовом секторе России последнего десятилетия.

Опыт монтажных и пусконаладочных работ во время создания станции выявил достаточно много сложных технических вопросов, которые находятся на стыке ответственности поставщиков различного оборудования и систем. Это еще раз подтвердило правильность подхода при реализации проектов «под ключ», когда перед заказчиком за все отвечает только одна компания – начиная от строительства и заканчивая вопросами эксплуатации и ремонта оборудования. ■

Фото 3. Станция гидрозапуска ГТУ



Марк Емке – STM

Компания STM Power – ведущий мировой разработчик технологии двигателя «внешнего» сгорания. В течение 25 лет компания занималась исследованием открытия Роберта Стирлинга и уже более 10 лет работает над внедрением своей технологии – превращение различных видов газообразного и жидкого топлива в электрическую и тепловую энергию – в серийное производство.

Новая жизнь двигателя Стирлинга

В 1816 году английский изобретатель Роберт Стирлинг запатентовал «экономайзер тепла» – первый двигатель Стирлинга (рис. 1). Принцип действия силовой установки компании STM (STM PowerUnit™) такой же, как и у этого двигателя – использование тепла для расширения рабочего газа в закрытом цилиндре. Расширяющийся газ давит на поршень и приводит его в движение.

Изобретение Роберта Стирлинга не получило широкого распространения: отчасти это произошло из-за получившего признание двигателя внутреннего сгорания.

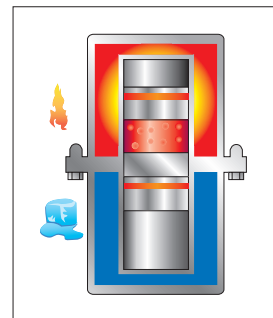
Таким образом, двигатель Стирлинга более 100 лет оставался лишь предметом лабораторных исследований и имел ограниченное применение: некоторые компании использовали его в военной и космической промышленности, а также в установках, использующих солнечную энергию. Причиной, мешавшей широкому использованию двигателя, стали недостатки его конструкции.

В упрощенном виде двигатель Стирлинга представлен на рис. 1. Он состоит из двух цилиндров: один из них нагревается от внешнего источника тепла (например, от огня), а другой – охлаждается внешним источником холода (например, льдом). Газовые камеры обоих цилиндров соединены. Поршни также соединены

друг с другом рычажным механизмом, который определяет их движение по отношению друг к другу.

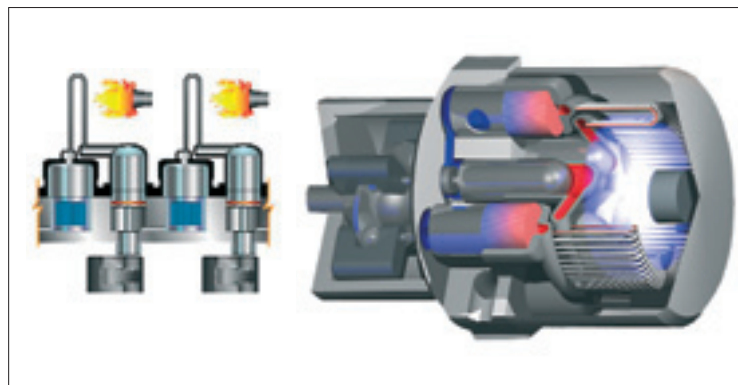
В начале деятельности корпорации STM Power решено было упростить двигатель и повысить его мощность. Конструкция с одним поршнем на цилиндр позволила увеличить его мощность, по сравнению с двигателем Стирлинга, в два раза. Это стало началом производства двигателей внешнего сгорания, которое существует по настоящее время.

Двигатель корпорации STM – это 4-цилиндровый тепловой двигатель внешнего сгорания (рис. 2). Внутри каждого цилиндра, не сообщаясь с внешней средой, содержится определенное количество газообразного рабочего тела (в данном случае – водорода под большим давлением). Часть двигателя находится в зоне постоянно высокой температуры



С
Рис. 1.
Упрощенный
вариант
двигателя
Стирлинга

при сжигании различных видов топлива в камере сгорания (в результате передачи тепла водороду по трубам нагревателя). Другая часть двигателя эксплуатируется при постоянно низкой температуре – в результате циркуляции водорода через охладители. Рабочий газ циркулирует между горячей и холодной частями двигателя, расширяясь и сжимаясь при движении поршней. Преобразование возвратно-поступательного движения во вращательное осуще-



С
Рис. 2.
Четырех-
цилиндровый
тепловой
двигатель
внешнего
сгорания
фирмы STM

ствляется при помощи аксиально-поршневого привода, который приводит в действие генератор.

В каждом цилиндре водород, проходя по трубам нагревателя, поглощает тепло, выделяемое при сгорании, и расширяется, толкая поршень вниз и осуществляя таким образом работу на аксиальном поршне. Поднимаясь обратно вверх, поршень выталкивает водород из цилиндра через регенератор, который поглощает тепло из водорода и временно его удерживает. Затем водород проходит по трубам охладителя и отдает тепло хладагентам, проходящим через него. Охлажденный водород поступает в камеру сжатия под примыкающим поршнем и, как только поршень опускается, сжимается и выталкивается обратно вверх через регенератор. Там он снова нагревается, проходит по трубам нагревателя, и цикл начинается заново.

По сравнению с поршневым двигателем внутреннего сгорания, подвижных частей у STM меньше половины. В связи с тем, что сгорание происходит снаружи цилиндров, топливо и побочные продукты сгорания не взаимодействуют с системой смазки или поршнями. Двигатель использует синтетическое масло, поэтому замены масла, как, например, в двигателях внутреннего сгорания, не требуется. Это сокращает затраты на обслуживание и ремонт.

Успешные разработки привели к следующей ступени развития компании. Было определено, что лучше всего двигатель применять в составе стационарной электрогенераторной установки.

В 2002 году было собрано пятьдесят опытных моделей мощностью 25 кВт. Более 44 тыс. часов велись наблюдения за работой испытательных образцов в различных точках земного шара с использованием разных видов топлива. В результате конструкция двигателя была утверждена.

Это и стало началом организации серийного производства энергоустановок STM PowerUnit™ (на базе двигателя F0260 055F), обладающих следующими преимуществами:

- энергоблоки мощностью 55 кВт могут работать в составе многоагрегатной станции и оснащаться котлами-утилизаторами для выработки тепловой энергии;
- электрический КПД в простом цикле составляет 30%, общий КПД установки при работе с котлом-утилизатором – 80%. Водяной котел-утилизатор вырабатывает 97 кВт тепловой энергии;
- в двигателях можно использовать различные виды газообразного и жидкого топлива, включая синтетический газ и биогаз;
- не требуется дожимных компрессоров для повышения давления топлива, поскольку блоки разработаны для эксплуатации с давлением 12,4...15,2 кПа. Следовательно, отсутствуют дополнительные потери мощности и расходы на обслуживание вспомогательного оборудования;
- энергоблок может работать параллельно с энергосистемой;
- имеет низкий уровень шума (64 дБ на расстоянии 7 м от энергоблока) и вибраций, что позволяет устанавливать блоки без специальных фундаментов и укрытий, значительно снижая при этом капитальные затраты.

Расход рабочего тела через двигатель – 6,9 м³/мин, температура выхлопных газов 220 °С.

Установка способна работать в диапазоне температур окружающего воздуха –30...+50 °С. Ее габаритные размеры 1,8х2,6х0,8 м, вес – 1 796 кг.

Среди последних проектов компании – создание и поставка пяти энергоустановок PowerUnits™ мощ-



Фото. Двигатель модели F0260 055F

ностью 48 кВт на завод по переработке отходов в Шанхае (Laogang Waste Disposal Center) в начале 2005 года. В настоящий момент они вырабатывают электроэнергию из биогаза крупнейшей мусорной свалки в Китае. Электрическая энергия используется для нужд мусороперерабатывающего завода. Установки работают в когенерационном цикле – горячая вода применяется в технологии процесса переработки отходов.

Компания работает с Climate Technologies, DTE Energy и Ford Motor Company по использованию в двигателе внешнего сгорания паров от краски (растворителей) в качестве топлива. Проведены успешные испытания данного проекта. Заказ на первую установку будет выполнен в сентябре 2005 года.

Потенциальные объекты применения двигателей – это водоочистные станции, сельскохозяйственные автоклавы и свалки. Установке, работающей на газовом топливе, необходимо содержание метана более 35% (как на вышеупомянутых объектах применения), включая также природный газ или пропан.

В настоящее время ведется работа над проектом макета двигателя, в котором в качестве жидкого топлива будет использоваться дистиллят пальмового масла. Разработка жидкотопливной горелки будет вестись еще несколько лет, но продолжающийся рост цен на нефть будет повышать актуальность этих работ. Изделие может использоваться в установках мощностью 48 кВт (50 Гц) и 55 кВт (60 Гц). ■



Фото. Блочная энергоустановка STM PowerUnit™ мощностью 48/55 кВт



Электричество и тепло

для алмазного рудника в Якутии

Гарри Линдрус – корпорация «Вяртсиля», Финляндия

Крупнейший российский поставщик алмазов – компания «АЛРОСА» – в июле 2003 года начал промышленную эксплуатацию нового алмазного месторождения в отдаленном районе Республики Саха. Расположенная в 340 км к северу от сибирского города Мирный в Якутии кимберлитовая трубка «Нюрбинская» и все обслуживающие её подразделения не были подключены к системе электроснабжения.

После решения технических вопросов, связанных с добычей и обработкой алмазов, был определен тип установки для производства электроэнергии на новом месторождении. При выборе силовой установки учитывались следующие факторы: электрический КПД, влияние температуры наружного воздуха, условия эксплуатации, ресурсные показатели, уровень капиталовложений.

Энергоцентр должен был стать центральным объектом месторождения, и требовалось предусмотреть безотказное производство электро- и теплоэнергии в самом начале проектирования. В условиях холодной зимы это жизненно важно.

По результатам проведенного тендера поставщиком энергетического оборудования была выбрана компания «Вяртсиля», окончательный договор с которой был подписан в январе 2002 года.

Энергоцентр для нового алмазного месторождения состоит из двух взаимосвязанных объектов – дизельной теплоэлектростанции (ДТЭС) и котельной, предназначенной для производства горячей воды. Поставку обоих объектов на условиях под ключ осуществляла компания «Вяртсиля». Поставка под ключ включала в себя разработку, изготовление, комплектацию, доставку и ввод в эксплуатацию всего оборудования станции.

Электростанция состоит из двух основных комплектных систем – механической и электрической. Узлы механической системы обеспечивают работу двигателя и включают в себя:

- топливную систему, состоящую из следующих блоков: разгрузки и хранения топлива, топливоперекачки, топливоподготовки, топливоподдачи и блока сбора возвратного топлива;
- систему смазочного масла;
- систему сжатого воздуха;
- систему охлаждения, которая делится на два контура: низкотемпературный (НТ) и высокотемпературный (ВТ). НТ-контур охлаждает наддувочный воздух и

смазочное масло, ВТ-контур – блок двигателя, наддувочный воздух и крышки цилиндров;

- систему подготовки наддувочного воздуха. Перед подачей в турбо-нагнетатель цикловой воздух очищается, проходя через фильтр сухого типа. В холодное время года воздух подогревается низкопотенциальным теплом системы охлаждения двигателя. Для снижения акустического воздействия на окружающую среду между турбоагнетателем и воздушным фильтром установлен глушитель;
- систему выхлопных газов.

Электрическая система ответственна за выработку электроэнергии, подачу питания, запуск различных вспомогательных блоков механической системы, управление технологическим процессом и распределение вырабатываемой электроэнергии. Она содержит следующие основные элементы:

- генераторы, которые поставляются в виде единых с двигателями модулей;
- распределительное устройство выходного напряжения;
- станционные вспомогательные системы – трансформаторы собственных нужд и низковольтное распределительное устройство для запитки станционных потребителей, таких как насосы, вентиляторы, подогреватели и т. д.
- систему постоянного тока и систему бесперебойного питания;
- систему заземления;
- систему автоматизации и управления, которая выполнена на базе систем с программируемой логикой и распределенным управлением. Она осуществляет мониторинг параметров технологического процесса, регистрацию данных, составление отчетов и т. д. В состав АСУ входит рабочая станция оператора, модули управления генераторными установками и общестанционным вспомогательным оборудованием.

Электростанция состоит из шести дизель-генераторных установок 9R32LN компании «Вяртсиля» с системой утилизации тепла для централизованного теплоснабже-

ния. Станция предназначена для работы в базовом режиме: пять энергоблоков работают постоянно, шестой – резервный.

Двигатель 9R32LN имеет мощность 3240 кВт и КПД 43,9% (ISO). Общая электрическая мощность станции составляет 19,44 МВт, тепловая мощность ДТЭС – 15,64 МВт.

Энергоустановка спроектирована для надежной эксплуатации при температурах от –55 °С до +34 °С. В качестве топлива используется дизтопливо, что отвечает условиям экстремальной сибирской зимы.

Котельная состоит из пяти водогрейных котлов S3V мощностью по 5 МВт каждый. Один из котлов производства «Вяртсиля» спроектирован так, что отработанное масло электростанции используется в качестве топлива котельной установки. Для условий нового месторождения это является очень важным фактором.

Возможность сжигать использованное масло на месте экологически безопасным способом способствует значительной экономии средств, так как в противном случае это масло пришлось бы вывозить самолетом до города Мирный, а затем на установку его переработки (3 000 км).

Российские специалисты оценили «общий экологический баланс» переработки использованного масла и рекомендуют использовать эту технологию на промышленных объектах, расположенных в отдаленных районах.

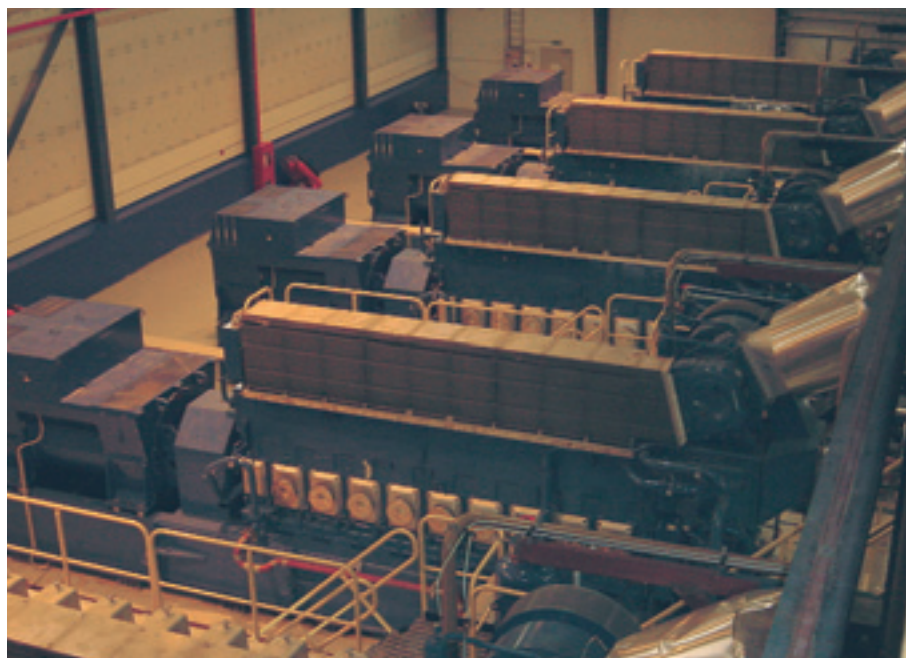
Начиная с 1980 года «Вяртсиля» поставила в СССР и Россию более 450 котельных установок общей мощностью более 2500 МВт.

Электростанция в Нюрбе имеет цеховое исполнение. Здание состоит из двух блоков – машинного зала (в нем размещены дизель-генераторные установки и технологическое оборудование) и вспомогательного блока, где расположены помещения для электрооборудования, диспетчерская и другие службы электростанции.

Каркас здания – легкосборный, составлен из стальных конструкций заводской готовности с болтовыми соединениями. Внешние стены выполнены из сборных облегченных многослойных элементов (сэндвич-панелей). Крыша состоит из несущих гофрированных трапециевидных стальных листов, между которыми проложены маты из теплозвукоизоляционного материала.

Фундамент станции, в связи с расположением месторождения в районе вечной мерзлоты, состоит

Фото. Дизель-генераторные установки 9R32LN



из свайного поля и плиты-фундамента, расположенной на высоте двух метров от поверхности земли. Плита находится на фундаменте и усилена вмонтированными балками, которые расположены вдоль линий опорных столбов. Таким образом, тепло от энергоустановки и котла изолировано от промерзшей земли. Фундаментные подушки дизель-генераторных установок отделены от других конструкций упругим соединением.

Кроме обеспечения энергией добывающего оборудования, энергоцентр снабжает электричеством, теплом и горячей водой технологические объекты и склады, а также жилой поселок для персонала фабрики.

Решающим фактором при заключении контракта с компанией «Вярсиля» была способность компании спроектировать, доставить, смонтировать и запустить энергоцентр в короткие сроки. Для завершения проекта потребовалось всего шесть месяцев – для экстремальных условий Сибири это очень важно.

Транспортировку оборудования до месторождения взяла на себя компания «АЛРОСА». Использовались различные виды транспорта. Все тяжелое оборудование и материалы были отправлены из Финляндии по железной дороге в порт Усть-Кут на реке Лена. Затем оно было погружено на речные баржи для перевозки вниз по реке в порт города Ленска, где его перегрузили на тягачи для транспортировки в г. Мирный. Зимой по замерзшей тундре оборудование было доставлено на объект.

Наиболее хрупкий груз доставлялся напрямую в город Мирный на грузовом самолете.

Монтаж оборудования на месте начался в конце февраля 2003 года и осуществлялся специалистами компании «АЛРОСА» под контролем «Вярсиля». Промышленная эксплуатация первого энергоблока началась в июле 2003 года. Полностью энергоцентр был сдан в эксплуатацию 28 августа 2003 года и успешно функционирует по настоящее время. ■

Попутный нефтяной газ используется для электростанции на Вахитовском месторождении

Проект реализован под ключ инжиниринговой компанией «Техносерв А/С» по заказу ОАО «Оренбургнефть». Генеральным проектировщиком является компания «ОренбургНИПИнефть».

Электростанция мощностью 1,2 МВт состоит из четырех газопоршневых установок Waukesha VGF24GL по 310 кВт каждая.

Отличительной особенностью проекта является использование тяжелого попутного газа с метановым числом менее 50. В ходе его реализации была применена оригинальная система газоподготовки, разработанная специалистами компании «Техносерв А/С».

Энергоустановки размещены в блок-модуле «Континент» полной заводской готовности со всем необходимым вспомогательным электротехническим оборудованием,



Установка Waukesha VGF24GL в блок-модуле «Континент»

что позволяет системе функционировать в диапазоне температур от -60°C до $+45^{\circ}\text{C}$.

Газопоршневые установки оборудованы системой управления и контроля 3-го уровня, обеспечивая эксплуатацию станции в полностью автономном режиме без участия оператора.

Электростанция работает в простом цикле и обеспечивает месторождение электрической энергией, себестоимость которой не превышает 36 к./кВт.

Первого августа на Харампурском месторождении принята в эксплуатацию электростанция мощностью 7,5 МВт

Она предназначена для энергоснабжения технологических объектов и жилой инфраструктуры нефтяного месторождения.

Поставку оборудования под ключ осуществила компания «Звезда-Энергетика».

Этот проект можно назвать уникальным в своем роде: необходимо было разделить действующую 12-мегаваттную электростанцию на Кынском месторождении на две независимые станции мощностью 7,5 и 4,5 МВт, отделив пять энергоблоков. Подачу электроэнергии на поселок при этом прекращать было нельзя, так как демонтаж станции производился зимой.

Станция сформирована из энергоблоков контейнерного исполнения, изготовленных ОАО «Звезда-Энергетика».

Энергоблок создан на базе двигателя Cummins (США) единичной мощностью 1,5 МВт. В качестве топлива используется попутный



Пять энергоблоков в составе единой электростанции обеспечивают Харампурское нефтяное месторождение

нефтяной газ (система топливоподготовки фирмы Dollinger, Ирландия). Потребление топлива составляет $448 \text{ м}^3/\text{ч}$. Cummins QSV91G – это 16-цилиндровый двигатель со степенью сжатия 12, частота вращения – 1 500 об/мин. Полный ресурс двигателя – 180 тыс. часов. В энергоблоке применен генератор HC7H (производства компании Stamford) напряжением 380 В.

Электростанция оснащена комплексной системой автоматического управления 3-го уровня Tomson Tecnology Inc. (Канада).



POWERTEK

11-я Международная
выставка и конференция

ЭНЕРГЕТИКА И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ

4-7 апреля 2006

Москва, Центр Международной Торговли



Разделы выставки:

- Производство, передача и распределение электроэнергии
- Энергетическое и электротехническое оборудование
- Энергоэффективность и энергосбережение
- Техническое перевооружение и энергоремонт
- Альтернативные источники электроэнергии
- Трубопроводы, насосы и арматура
- КИП и автоматика
- Теплоснабжение

Тематики конференции:

- Стратегия развития энергетики в России
- Энергетическая реформа в России
- Привлечение инвестиций в российскую энергетику
- Энергетическое сотрудничество со странами СНГ
- Внедрение новой техники и технологий
- Альтернативные источники энергии

При поддержке:



Министерство промышленности
и энергетики Российской Федерации
Министерство экономического развития
и торговли Российской Федерации
Министерство природных ресурсов
Российской Федерации

Организаторы:

ПРИМЭКСПО



Тел.: +7 (812) 380 60 18
+7 (812) 380 60 00
Факс: +7 (812) 380 60 01
E-mail: powertek@primexpo.ru
Web: www.primexpo.ru



Министерство промышленности
и энергетики Российской Федерации



www.powertek.ru

А. Д. Кривобок, А. В. Тоток – ООО «Электросистемы»

Современным сетям централизованного электроснабжения всё сложнее выполнять свою главную задачу – надёжно обеспечивать потребителя электричеством. Большинство аналитиков единодушно во мнении, что проблема в будущем будет только усугубляться. Это связано со многими причинами, одна из которых – амортизация и износ оборудования.

Источник энергии,

максимально приближенный к потребителю

В соответствии с основным положением «Теории надёжности» стоимость эксплуатации исчерпавшего свой ресурс оборудования со временем возрастает в геометрической прогрессии.

По этой причине государству, которое является собственником сетей, всё труднее поддерживать сети и генерирующие мощности в исправном состоянии.

Решение этой проблемы многие специалисты видят в создании новых локальных, автономных и распределенных систем генерации электричества и тепла.

Ключевыми элементами в таких системах всё чаще становятся микротурбины, которые обеспечивают надежное, экономичное и экологически чистое снабжение конечного потребителя электричеством и теплом.

Одним из мировых лидеров в разработке и производстве микротурбин является компания Elliott Energy Systems (г. Стюарт, штат Флорида, США). Компания является дочерним предприятием японской корпорации Ebara Group со штаб-квартирой в Токио. Основной продукцией Elliott являются микротурбинные установки мощностью 100 кВт в различных вариантах исполнения.

В России эксклюзивным представителем компании Elliott является Технический холдинг (ТХ)

ООО «Электросистемы» с основными офисами в г. С.-Петербурге и г. Москве.

ТХ «Электросистемы» одна из профессиональных компаний в области разработки и реализации проектов энергетических комплексов (ЭК) с использованием микротурбинных и газопоршневых установок, систем бесперебойного и автономного электро- и теплоснабжения.

В области микротурбинных технологий компания осуществляет:

- поставку микротурбин и запасных частей к ним;
- проектирование и поставку ЭК на основе микротурбин под ключ;
- гарантийное и техническое обслуживание поставленного оборудования;
- ремонт и техническую поддержку;
- обучение персонала.

Микротурбинные энергоустановки компания Elliott производит с 1995 г. В настоящее время это модели:

- электростанция TA-100 R с выработкой только электроэнергии, мощностью 100 кВт.
- когенерационная установка TA-100 RCHP электрической мощностью 100 кВт и тепловой 172 кВт (фото);
- электростанция TA-100 R в кожухе из нержавеющей стали для эксплуатации на морских газодобывающих платформах.

В зависимости от условий эксплуатации микротурбины изготавливаются для установки как внутри, так и снаружи помещения.

Появление микротурбинных установок связано с отсутствием на рынке надёжных, высокоресурсных, с низким уровнем эмиссии, небольшими затратами на обслуживание и эксплуатацию автономных источников электро- и теплоснабжения малой и средней мощности. Основное применение микротурбин – ЖКХ, офисы, развлекательные и торговые центры, бани, бассейны, складские помещения, предприятия быстрого питания, малого и среднего бизнеса, больницы, прачечные и др.

TA-100 RCHP – это агрегат полной заводской готовности. Все его узлы и системы смонтированы на единой пространственной раме, которая закрывается отдельными быстротъёмными панелями со звукоизолирующим покрытием. По желанию заказчика панели могут быть изготовлены из нержавеющей стали. Технологически ввод в эксплуатацию заключается в подключении к тепловым и электрическим сетям, а также к системе газоснабжения низкого или среднего давления (дожимной компрессор встроен в установку).

Микротурбина TA-100 RCHP в целом работает в автономном (островном) режиме или параллельно с сетью, как по электрической, так

и по тепловой (холоду) энергии. В параллель может работать до 10 агрегатов.

В конструкции турбины отсутствует редуктор, поэтому частота вращения ротора изменяется от 33 000 до 69 000 об/мин в зависимости от величины нагрузки. В связи с этим, вырабатываемое высокочастотное напряжение подвергается двойному преобразованию: из высокочастотного переменного в постоянное, а затем в переменное 380, 400 или 480 В с частотой 50 или 60 Гц.

Принципиальная схема преобразования аналогична применяемой в источниках бесперебойного питания. Это обеспечивает выходное трёхфазное напряжение с правильной формой синусоиды. Микротурбина допускает 100-процентные сбросы–набросы нагрузки, а также неограниченное время работы при крайне малых нагрузках, включая режим холостого хода.

В установке используется цифровая система автоматического управления. Для ручного режима предусмотрена панель оператора с жидкокристаллическим или люминесцентным дисплеем на лицевой стороне установки.

В состав системы управления входят контроллер управления газовой турбиной, контроллер системы утилизации тепла, контроллеры силовой электроники, системы подзарядки аккумуляторов и блока контроля загазованности.

Контроллер турбины обеспечивает работу во время запуска, останова, приёма и сброса нагрузки, в аварийных ситуациях, а также непрерывный контроль всех параметров, диагностику состояния, требуемые защиты и блокировки.

Контроллер системы утилизации обеспечивает заданные параметры теплоносителя на выходе из котла-утилизатора, защиты и блокировки.

Управление работой установки не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала. Контроль может осуществляться с помощью удалённого доступа через телефонную, модемную или спутниковую связь в зависимости от требований заказчика.

Табл. Основные технические параметры TA-100 RCHP

Наименование параметра	Значение
Мощность электрическая/тепловая, кВт	100/172
КПД электрический/полный, %	29/>75
Расход газа, на номинальной мощности (Hu=43848/50054 кДж/кг), нм³/ч	38/34
Выходное напряжение, В	400/230
Назначенный ресурс, тыс. часов	75
Уровень шума (1м от контейнера), дБ	75
Уровень NO _x , не более, ppm	25
Габариты, LxВxН*, м	3,2x2,3x0,86
Масса*, кг	1900

* вариант для установки в помещении

В конструкции TA-100 RCHP отсутствуют несбалансированные части, которые совершают вращательное и поступательное движения (поршни, шатуны, распределительные и коленчатые валы, клапаны и др.). Следовательно, его конструкция отличается высокой надёжностью, простотой, минимальным количеством вспомогательных систем и агрегатов. Поэтому работа установки отличается практически полным отсутствием вибраций и низким уровнем акустического шума.

Единственной движущейся частью микротурбины является высокооборотный ротор, на котором концентрично расположены 2 рабочих колеса — компрессора и турбины, а также втулка генератора с четырьмя постоянными магнитами.

Опоры ротора, керамический подшипник качения и упорный гидродинамический подшипник вынесены из горячих зон. Благодаря этому, температура масла в ходе эксплуатации не превышает 40...60 °С, а его расход настолько мал, что запаса в баке ёмкостью 19 л хватает на 24 000 часов непрерывной работы.

Низкий уровень вибраций не требует выполнять дорогостоящую вибрационную развязку относительно фундамента: уровень шума на расстоянии 1м от корпуса — 75 дБ, уровень эмиссии NO_x не более 25 ppm.

Обслуживание всех систем установки заключается в замене фильтров через 8 000 ч (в зависимости от их состояния). Срок службы энергоблока — не менее 70 000 часов. Эксплуатация энергоблока возможна при температурах окружающего воздуха от –30 до +50 °С.

Для запуска при низких температурах в конструкции предусмотрены специальные устройства, которые обеспечивают быструю подготовку систем установки к работе.

В качестве топлива используется природный газ, может применяться биогаз и низкокалорийные газообразные топлива с концентрацией метана не ниже 30%. Микротурбины Elliott имеют следующие сертификаты и разрешения:

1. Сертификат соответствия № РОССУС.АЕ63.Н00165.
2. Сертификат соответствия № РОСС RU.МЕ05.В03508.
3. Разрешение Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору № РРС 00-17483 от 22.08. 2005 г.
4. Заключение экспертизы промышленной безопасности ЗАО «СТЭК» № 290-Э/05 от 22.06.2005 г.

С основными техническими и эксплуатационными характеристиками TA-100 RCHP можно ознакомиться в Интернете на сайте компании по адресу: www.elliott.ru. ■

Фото. Когенерационная установка TA-100 RCHP электрической мощностью 100 кВт, тепловой – 172 кВт



Автор Томас Дэг – MAAG-GEAR AG,
перевод С. М. Иноземцев – SVENTA AG

Уже на восьми электростанциях после всесторонних стендовых испытаний применен новый тип редуктора, работающего с частичным вакуумом. Представлены основные аспекты проектирования, конструкции и технологии высокоэффективного турборедуктора HET®. Обсуждается новая технология редукторов и ее интеграция в систему управления и контроля газовой турбины, включая особенности вакуумной системы контроля.

Высокоэффективные турборедукторы

для газовых турбин

Для повышения общего КПД высокоскоростных газотурбинных агрегатов необходимо уделять внимание каждому компоненту системы. Так, повышение КПД редукторов привело к созданию рыночно привлекательного продукта, дающего значительную экономию топлива и снижение выбросов CO₂ при тех же значениях генерируемой электроэнергии. Потери мощности могут быть уменьшены на 45% по сравнению с обычным турборедуктором. Известно, что потери турборедуктора уменьшаются за счет оптимизации двух компонентов – подшипников и зубчатых пар.

Улучшение конструкции подшипников для снижения потерь – это постоянный процесс. В то же время уменьшения потерь в зубчатых зацеплениях, дающих большую часть общих потерь редуктора, удалось достигнуть впервые за счет создания частичного вакуума вокруг зубьев. Основная идея не так нова, но она смогла быть внедрена в практику только после выработки технического решения по обеспечению достаточного разрежения без нанесения ущерба системе масляного дренажа. Эта технология была запатентована и внедрена швейцар-

ской фирмой MAAG-GEAR AG, получив фирменное наименование высокоэффективного турборедуктора HET® (High Efficiency Turbogear).

Наряду с некоторыми конструктивными особенностями, которые позволяют получать частичный вакуум, была разработана комплексная система контроля вакуума, чтобы интегрировать новую технологию в контрольный блок защиты ГТУ. Это дало гарантии работоспособности агрегата и, в том числе, возможность его автоматического переключения в обычный режим в случае возникновения неисправности вакуумной системы. Кроме того, система безопасности позволила потребителю вручную переключать режимы с вакуумного на обычный и обратно.

Редукторы HET® устанавливаются на ГТУ с минимальными доработками.

Повышение КПД редукторов с помощью HET®-технологии

Принцип

Основное внимание HET®-технологии направлено на уменьшение потерь в редукторе.

Потери в зубьях и подшипниках из-за трения и аэродинамических

воздействий приводят к нагреву смазочного масла и редуктора. Их необходимо отводить в виде тепла.

На рис.1 показано соотношение относительных потерь в высокоскоростном редукторе с мощностью более 30 МВт. Соотношение базируется на опыте и может изменяться в пределах 5% в зависимости от конструкции редуктора. Для редукторов, работающих с окружной скоростью около 150 м/с, более 80% потерь обусловлены зубчатым зацеплением и вращением роторов. Они вызваны такими аэродинамическими эффектами, как завихрение и сопротивление воздуха (рис.2).

Рис. 1. Соотношение потерь в редукторе

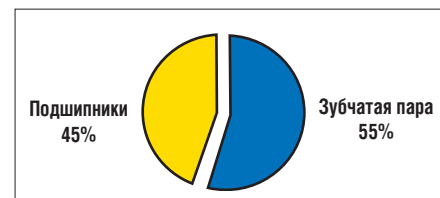


Рис. 2. Причины потерь



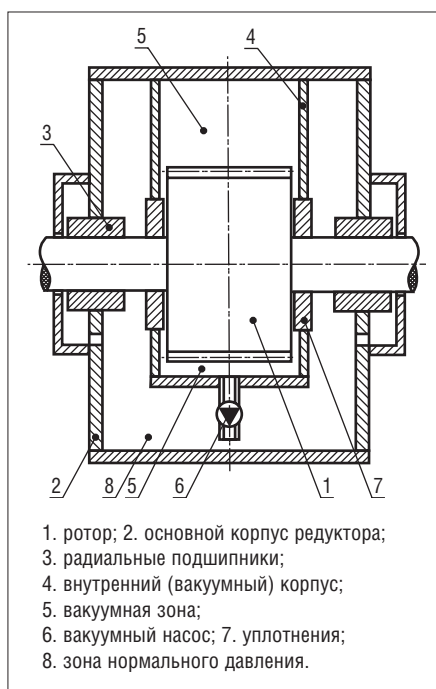


Рис. 3. Конструкция НЕТ®-редуктора

Детальное объяснение этих потерь приводится в публикации [1].

Следовательно, для уменьшения потерь в редукторе надо оптимизировать источники потерь. Аэродинамические потери в зубьях могут быть снижены:

- удалением воздуха — для ослабления влияния завихрений и аэродинамического сопротивления;
- уменьшением потока (количества) масла, направляемого к зубчатому зацеплению до минимума, необходимого для удовлетворительной смазки и охлаждения.

Для снижения потерь в опорах были разработаны специальные подшипники с самоустанавливающимися сегментами и минимальным расходом масла при данной окружной скорости подшипника.

Конструктивные особенности

Передовым решением значительно уменьшения потерь в редукторе явилось создание вакуума в зоне вращения роторов. Особенности конструкции, запатентованной фирмой MAAG-GEAR AG, представлены на рис. 3. Редуктор НЕТ® в дополнение к основному корпусу (2) имеет еще и внутренний корпус (4), в котором располагаются роторы (1). Из созданного пространства (5)

воздух и большая часть масла могут быть удалены комбинированным воздушно-масляным насосом (6). Валы герметизированы специальными уплотнениями (7). Такая конструкция позволяет достигнуть уровня разрежения около 85% при работе редуктора НЕТ® в вакуумном режиме. Подшипники (3) отделены от внутреннего пространства.

Следовательно, масло от подшипников не попадает в вакуумную зону.

Интеграция НЕТ®-редуктора в газотурбинный агрегат

Интеграция НЕТ®-технологии в систему валов ГТУ требует и надежности, и простоты обслуживания. Поэтому еще до эксплуатации в составе электростанции к НЕТ®-технологии были выдвинуты следующие требования:

- гарантированная работа в двух альтернативных режимах, вакуумном и обычном, без ограничений срока эксплуатации и обслуживания;
- возможность переключения между режимами без прерывания работы;
- ресурсные испытания новых компонентов (вакуумного насоса);
- выработка логики вакуумного контроля для безотказной работы турбины;
- проверка и испытания логики вакуумного контроля.

Логика вакуумного контроля

Новая НЕТ®-технология была принята к использованию при условии переключения режимов без ограничений в работе турбины. Работа турборедуктора контролируется дублирующим измерением уровня масла. Если уровень превышает определенный предел, то дальнейшая работа возможна только в обычном режиме с принятием в расчет повышенных потерь в редукторе. Схема защитного оборудования показана на рис. 4.

Вакуум создается во внутреннем корпусе редуктора с помощью вакуумного насоса (3), который удаляет смесь воздуха и масла. Уровень масла контролируется дублирующим измерением (4,5). Этот контрольный блок запускает переключение с

вакуумного режима на обычный при условии достижения предельного уровня масла. Если происходит дальнейшее возрастание уровня масла до второго предельного уровня, то выдается сигнал на аварийный останов турбины. После получения сигнала скорость ротора снижается до не критического уровня, чтобы избежать контакта масла с зубчатой передачей.

Каждый обратный клапан (1, 2) оборудован двумя бесконтактными переключателями с дублирующей конструкцией каждого из них.

Насос можно заменить в течение двух часов работы в обычном режиме без останова электростанции.

Работоспособность и надежность системы

Если не считать внутреннего корпуса редуктора и работы в условиях вакуума, то конструкция турборедуктора разработана в соответствии с хорошо зарекомендовавшей себя технологий. Конструкция роторов и зубьев основана на тех же ноу-хау MAAG-GEAR AG, что и для обычных редукторов. Нет никаких различий в размерах и конструкции основного корпуса, а также в межцентровых расстояниях редуктора. Эти две особенности позволяют легко модернизировать и заменять обычные редукторы непосредственно на электростанциях.

Следовательно, возможность использования редукторов зависит только от возможности создать и поддерживать вакуум во внутреннем корпусе. Это обеспечивается специальной защитной контрольной системой, описанной выше, и использованием только надежных и протестированных компонентов.

В результате потребитель получает возможность работы НЕТ®-редуктора в двух режимах, обычном и вакуумном.

Первые результаты эксплуатации

Первые подтверждения преимуществ новой НЕТ®-технологии были получены на электростанциях: Neckarwerke Штутгарт AG's HKW 2, Altbach/Deizisau



Фото. НЕТ®-редуктор

в Германии; тепловая электростанция Энергетической компании SK в Hillerød, Дания; Stadtwerke, Ганновер Линден.

Редукторы типа GD были подсоединены к газовой турбине V64.3 фирмы Siemens на электростанции Hillerød и к газовой турбине V64.3A на электростанциях Altbach/Deizisau и Stadtwerke, Ганновер. Суммарное время наработки редукторов ко времени написания данной статьи составило более 64 000 часов. Показатель работоспособности (надежности) НЕТ®-технологии на этих трех электростанциях составил 100%, т. е. не было ни одного отключения по вине вакуумной системы или из-за редукторов.

Обзор НЕТ®-технологии

В конструкции роторов и подшипников учтен весь предшествующий

большой технический опыт, но условия работы в вакуумном режиме потребовали адаптации некоторых параметров, а также новой системы контроля и безопасности.

Перед выводом технологии на рынок было проведено испытание методом взаимной нагрузки с редукторами мощностью 70 кВт. Методика этого испытания описана в публикации [1]. Целью была проверка конструкции при полной и частичной нагрузке. Но результаты испытаний были получены на стенде, а не в условиях эксплуатации.

Для реальной оценки конструкции важно было сравнить данные практического применения технологии с теоретическими расчетами. Данные о суммарной наработке редукторов доказывают правильность выбранной конструкции и надежность НЕТ®-технологии. По результатам испытаний были сделаны две главные доработки:

- известно, что тепловая деформация в обычном и вакуумном режиме — разная. Она была рассчитана для продольных профилей зубьев и проверена на практике. Кроме того, отсутствие циркуляции воздуха приводит к частичному нагреву в зазоре между зубьями. Степень нагрева можно определить только в рабочем режиме. Теперь степень нагрева в этой зоне контролируется оптимизацией системы охлаждения;

- второе улучшение было достигнуто изменениями в защитной контрольной системе путем перепроектирования компоновки контрольно-измерительных приборов и определения новых требований к вакуумной системе.

Определение потерь в редукторе

Приемо-сдаточные испытания редукторов должны проводиться на испытательном стенде производителя. Потери редуктора в ненагруженном режиме должны определяться по тензометрическим измерениям. Для точной оценки к ним надо еще добавить 2,5 кВт расхода электроэнергии на работу вакуумного насоса.

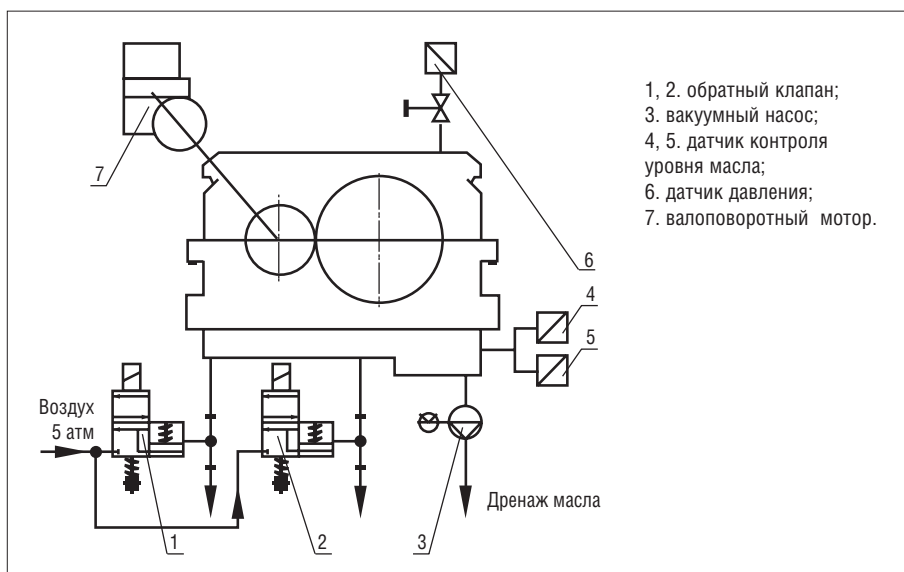
Потери мощности при работе с нагрузкой в обычных редукторах, как правило, получают только расчетным путем. Ожидаемый уровень потерь при полной нагрузке рассчитывают, исходя из измеренных значений потерь в ненагруженном режиме, умноженных на числовой коэффициент, установленный эмпирически на основе опыта фирмы MAAG-GEAR AG.

Поскольку подобный опыт определения потерь для НЕТ®-редукторов еще не накоплен, их потери при работе в вакуумном режиме оцениваются при испытаниях методом взаимной нагрузки [1]. Расчеты ведутся по той же методике, что и для обычных редукторов, но значения коэффициентов должны быть другими, вводится поправка на потери в подшипниках, характерные для вакуумной системы. Также учитывается тот факт, что между потерями в зубьях и в подшипниках соотношение тоже изменяется.

Для проверки теоретических расчетов и подтверждения их соответствия в режиме работы с реальной нагрузкой на станции Altbach/Deizisau были проведены дополнительные приемо-сдаточные испытания.

Замеры на стенде показали важность снижения потерь в зубчатой паре, особенно из-за завихрений и аэродинамического сопротивления. И они уменьшаются, если переключиться на вакуумный режим.

Рис. 4. Схема вакуумного контроля НЕТ®



Замеры при приемо-сдаточных испытаниях в Altbach/Deizisau новой электростанции НКВ 2 с комбинированным циклом подтвердили снижение потерь для HET®-редукторов под нагрузкой.

Потери в редукторе, измеренные на станции, в пределах 5% погрешности коррелируют с расчетными значениями, полученными на основе стендовых испытаний в ненагруженном режиме.

Дополнительно была выявлена экономия электроэнергии при работе турборедукторов в обычном режиме (без вакуума). Это обусловлено оптимизацией конструкции масляной системы охлаждения и подшипников. Потери HET®-редукторов, работающих в обычном режиме, оказываются всегда ниже, чем у обычных редукторов.

Выигрыш от работы редуктора в вакуумном режиме зависит от конкретных особенностей построения комплекта оборудования конкретного потребителя, и поэтому он не может быть представлен в обобщенном виде, одинаковом для всех потребителей.

Заключение

Технология высокоэффективных турборедукторов успешно стартовала в эксплуатационных условиях на трех первых электростанциях. Эта технология редукторов, работающих в условиях частичного вакуума (его уровень во внутреннем корпусе составляет 85%), была отработана, начиная со стендовых испытаний у изготовителя до реальной надежной работы в составе газотурбинных установок мощностью 65...90 МВт с выполнением всех требований по безопасности.

Первые же результаты подтвердили 100%-ную надежность конструкции в вакуумном и обычном режимах.

Таким образом, конструкции с новой HET®-технологией смогли подтвердить улучшение технических и эксплуатационных параметров и безопасности газотурбинных установок. ■

Использованная литература

[1] DEEG, Th. «The MAAG High Efficiency Turbogear HET» VGB Kraftwerkstechnik, issue 1/96.

На СПХГ «Невская» введен в эксплуатацию новый компрессорный цех

В его составе работают 4 газопоршневых двигателя 18V28SG-C мощностью 4,6 МВт компании Wartsila с компрессорами JGB/6 фирмы Ariel.

Цех предназначен для работы по компримированию газа с 40,0 до 150 кг/см². Степень повышения давления в ГПА до 3,75. Агрегаты установлены в общем технологическом корпусе. Их работа осуществляется параллельно.

Генпроектировщиком объекта является Гипроспецгаз, генподрядчиком – Ленгазспецстрой. АСУТП компрессорного цеха создана на базе программируемых логических контроллеров Simatic S7/300 компании Siemens.



ЛОКАЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ консалтинговая компания

наша основная компетенция:

— знания в области технических, правовых и финансовых вопросов, возникающих при проектировании, строительстве и эксплуатации локальных источников энергии на базе газомоторных установок.

направления деятельности:

- анализ потребностей Заказчика в электрической, тепловой энергии. Подготовка рекомендаций по режиму работы с энергосистемой, обеспечению резерва мощности. Предварительная оценка стоимости тепло - электростанции
- разработка схемы поставки оборудования под ключ
- разработка бизнес-плана проекта
- подготовка комплекта тендерных документов
- анализ эксплуатационных характеристик оборудования, расчет «стоимости владения» оборудованием
- участие в оценке результатов тендеров. Подготовка рекомендаций
- организация финансирования

адрес:

119992, г. Москва,
Комсомольский пр., д. 42, стр. 3.
Тел.: (095) 545-35-00,
факс: (095) 545-35-01.
info@localenergy.ru

Гидродинамическая очистка и промывка

маслосистем турбин и двигателей

Мариуш Питерзак – Ecol Sp. z o.o. (Польша)

Одной из наиболее затратных и часто не учитываемых статей при эксплуатации оборудования является загрязнение маслосистем, что в результате приводит к недостаточной чистоте смазочных материалов. Это в свою очередь снижает эффективность работы оборудования и приводит к дополнительным расходам (аварийные простои, ремонт, штрафы и т. д.).

Посторонние частицы попадают в маслосистемы в процессе производства, сборки, ремонта и эксплуатации.

Наиболее частыми «загрязнителями» являются: пыль, металлические опилки, сварочные шлаки, продукты коррозии и старения масла, частицы продуктов износа компонентов системы, вода (в результате течи радиатора или охладителя) и атмосферная влага. К ним также относятся различные газы (углеводороды или азот) и охлаждающие жидкости.

В отдельных случаях уровень загрязнения в маслосистеме значительно превышает возможности

фильтрующих систем, снижая эффективность эксплуатации оборудования или вызывая его аварийный останов. Даже в нормальных условиях эксплуатации «загрязнители» оседают на внутренних поверхностях маслосистемы. В этом случае для очистки маслосистемы необходимо удаление всех смазочных материалов и промывка.

Применяются следующие методы очистки масляных систем:

- химическое удаление продуктов старения масла (без устранения железных окисных отложений) с последующей промывкой всей системы. Недостаток технологии

в том, что невозможно удалить продукты коррозии с поверхности трубопровода;

- химическая очистка масляной системы при помощи искусственного старения и гравирования минеральными кислотами. Применение на практике не привело к желаемым результатам. Когда используемое масло в турбинах очищалось таким путем, в течение долгого времени встречались «загрязнители» с преобладанием гидратированных железных окисей. Если использовалась ортофосфорная кислота, увеличивалось содержание черных отложений в

масле (отсоединение от поверхности слоя, сформированного фосфатом железа);

- механическая очистка. Этот метод требует больших трудовых затрат, к тому же он неэффективен и не может использоваться в сложном оборудовании;
- гидродинамическое удаление отложений и последующая промывка системы маслом с высоким уровнем расхода — одновременно осуществляется полная фильтрация. При такой очистке не разрушаются защитные слои, сформированные на поверхностях трубопровода. В результате достигается высокий уровень чистоты используемого масла, а также низкий износ фильтров при эксплуатации оборудования.

Гидродинамическая очистка водяным потоком и антикоррозийная обработка поверхностей маслом

Технология очистки и промывки маслосистем разработана и запатентована компанией Ecol Sp. z o.o. Это наиболее эффективный метод подготовки к эксплуатации новых маслосистем, а также восстановления систем, бывших в эксплуатации (вне зависимости от их размера и комплектации) (фото 1).

Такой метод экологически безопасен, так как чистящим средством является вода, которая на выходе содержит только органические и механические примеси с внутренних поверхностей маслосистемы, а также оставшиеся в ней незначительные количества смазочных материалов. Применение этого способа очистки имеет следующие преимущества:

- в маслосистеме остается защитный слой от окисления на внутренних поверхностях;
- увеличивается срок службы оборудования;
- сокращается необходимое количество масла для промывки;
- повышается эффективность работы систем фильтрации;
- увеличивается срок службы смазочных материалов и гарантируется поддержание их чистоты;

- уменьшаются эксплуатационные расходы в связи с отсутствием трудозатрат на разборку всего агрегата.

Ключевым моментом в данной технологии является процесс очистки внутренних поверхностей системы водой, распыляемой через специальные форсунки при высоком давлении (в зависимости от диаметра труб), моментальная сушка сжатым воздухом очищенных поверхностей и распыление масла для создания защитного слоя.

Процесс очистки и промывки осуществляется в три этапа:

1. Гидродинамическая очистка внутренних поверхностей системы с использованием воды под давлением до 150 МПа – гидробластинг.

В процессе очистки вода под большим давлением впрыскивается внутрь системы с целью удаления мягких и твердых отложений (пыли, частиц металла, продуктов старения масла, продуктов износа и коррозии и т. д.). Гидродинамическая очистка проходит 4 стадии:

- распыление воды на внутренние поверхности маслосистемы (трубную обвязку, уплотнения, компоненты, гидравлическую систему, охладители и емкости). Для этого используются специальные насадки, которые вводятся внутрь и перемещаются на гибком шланге (фото 2). Водный поток, выходящий из носиков, разрушает любые отложения на внутренней поверхности и выводит их наружу;
- моментальная сушка очищенным воздухом высокого давления;
- антикоррозийная защита систем перед промывкой маслом (масляный туман);
- защита открытых соединений от повторного загрязнения до промывки системы маслом.

В результате гидробластинга внутренние поверхности маслосистемы полностью очищаются от «загрязнителей», которые вместе с водой выводятся из системы.

Моментальная сушка промытых поверхностей с использованием отфильтрованного сжатого воздуха и

применение защитного масляного слоя предотвращают коррозию внутренних поверхностей системы. Данная технология позволяет производить очистку маслосистемы без демонтажа всего агрегата — разбираются только отдельные компоненты (клапаны, насосы, крепления, охладители и т. д.).

2. Промывка маслосистемы очищенным маслом под большим давлением с высокой скоростью потока.

На этом этапе должны быть удалены загрязняющие частицы, оставшиеся после гидробластинга, с целью обеспечения требуемого уровня чистоты смазочных материалов во время эксплуатации маслосистемы.

Промывка маслосистем выполняется с помощью брандспойтов и с использованием специальных блоков фильтрации и насосов, которые обеспечивают высокую степень чистоты промывочного масла и рас-

Рис. 1. 1) распыление воды
2) моментальная сушка воздухом
3) антикоррозийная защита

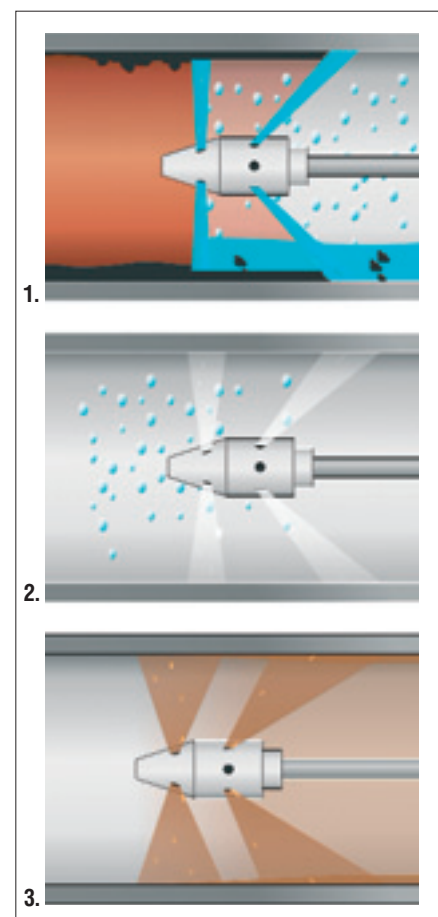




Фото 2. Распылитель на гибком шланге во время работы



Фото 3. Насосная установка высокого давления установлена в цехе

ход рабочего тела 13...20 м³ в минуту. Оборудование имеет соответствующие эксплуатационные параметры и подсоединяется к маслосистеме при помощи гибких шлангов, форсунок для распределения потока, разъемов сервомотора (фото 3).

Промывка осуществляется свежим маслом, которое затем остается в системе для дальнейшего использования. Процесс продолжается до тех пор, пока необходимый уровень очистки не будет достигнут в каждом блоке маслосистемы. При этом температура промывочного масла и направления его потока могут изменяться с целью достижения более высоких результатов очистки.

Для эффективности промывки необходимо выполнение следующих требований:

- скорость потока в трубопроводах должна быть достаточной для обеспечения сплошного турбулентного потока (проводится мониторинг параметров потока с использованием ультразвуковых датчиков). В некоторых трубопроводах скорость должна быть не менее 3 м/с, чтобы обеспечить сплошной турбулентный поток;
- уровень чистоты масла в определенных точках системы должен быть выше, чем 10 мкм. Анализ чистоты масла проводится периодически во время промывки;
- на контрольных фильтрах, уста-

новленных в критических точках маслосистемы, не должно быть твердых частиц размером более 10 мкм.

3. Дополнительная фильтрация масла перед запуском системы в эксплуатацию.

С целью удаления загрязняющих частиц, появившихся во время сборки и подготовки маслосистемы к эксплуатации, проводится дополнительная фильтрация масла в основном резервуаре. Продолжительность процесса и критерии чистоты масла устанавливаются в зависимости от требуемых эксплуатационных параметров.

Компания Ecol Sp осуществляет очистку маслосистем турбоагрегатов, подогревателей циклового воздуха и топливного газа, теплообменников и других систем, промышленных систем водой, распыляемой под высоким давлением (до 300 МПа). С 1993 года очищены маслосистемы более чем на 160 агрегатах и иных установках.

Для осуществления гидродинамической очистки применяются насосные агрегаты высокого давления двух типов – с дизельным приводом (BUCHEN SMB) и электрическим приводом (WOMA). Они могут применяться в зависимости от потребностей заказчика в стационарном исполнении и на шасси. ■

Capstone Turbine Corporation поставит энергоустановки на горнолыжный курорт под С.-Петербургом

30 микротурбин C60-CHP будут работать в составе электростанции когенерационного цикла общей мощностью 1,8 МВт. Вырабатываемая электрическая и тепловая энергия будет использоваться для обеспечения отеля и вспомогательной инфраструктуры. Топливо – природный газ.

Поставка оборудования запланирована на начало 2006 г. Шеф-монтаж и пусконаладочные работы выполнит компания «БПЦ Энергетические системы». Запуск в эксплуатацию планируется в конце следующего года.

В Иране введена в эксплуатацию линейная КС «Хаваран» на базе пяти ГПА-Ц-25С

Станция размещена на Транс-Иранском Магистральном Газопроводе, высотная отметка станции над уровнем моря – 1 667 м.

Блочно-модульные ГПА и парк технологического оборудования КС разработаны и изготовлены «СНПО им. М.В. Фрунзе».

В ГПА применен газотурбинный двигатель UGT 25 000 (ДУ80Л) мощностью по ISO 26,0 МВт (НПКГ «Зоря»-«Машпроект»). Его отличие от ДН80 состоит в том, что он имеет трехступенчатую силовую турбину с частотой вращения 5 000 об/мин.

Нагнетатель природного газа 291ГЦ2-286/68-92М1 с «сухими» термо-газодинамическими уплотнениями изготовлен «СНПО им. М. В. Фрунзе». Номинальная производительность компрессора – 27,5 млн ст. м³/сут.



Пять ГПА-Ц-25С общей мощностью 125 МВт работают на КС «Хаваран»

Компания Solar Turbines выполнила капитальный ремонт двух газовых турбин Mars 90 на Зайкинском ГПП (Оренбургская обл.)

Газотурбинные двигатели эксплуатируются на предприятии в качестве приводов компрессоров с 1995 года. Их суммарная наработка без вскрытия горячей части составила более 63 тыс. часов.

Сегодня на данном газоперерабатывающем предприятии эксплуатируются две компрессорные установки на базе Mars 90, две — на базе Centaur 40 и два энергоблока Taurus 60.



Установка Mars 90 после ремонта

Включена в сеть газовая турбина № 1 на Калининградской ТЭЦ-2 (на жидком топливе), заканчиваются пусконаладочные работы на турбине № 2

Ввод первого энергоблока планируется в IV квартале. На станции будут установлены две парогазовые установки ПГУ-450, каждая из которых состоит из двух ГТЭ-160 производства фирмы «Интертурбо». Паровая турбина изготовлена ЛМЗ, генератор — производства ОАО «Электросила». Паровой котел — Подольский машиностроительный завод. ТЭЦ предназначена для обеспечения г. Калининграда электрической и тепловой энергией. Вначале она будет эксплуатироваться в конденсационном режиме, без отборов тепла. После прокладки теплотрассы станция будет переведена в теплофикационный режим, что повысит ее эффективность до 76%.

Электроэнергия поставляется в сеть «Янтарьэнерго», являющуюся дефицитной, а также за границу.

Заказчиком строительства выступает РАО «ЕЭС России». Генеральный подрядчик — «Белэнергострой». Генеральный проектировщик — Институт «Теплоэлектропроект».

В качестве координирующей организации по наладочным работам выступает филиал ОАО «Инженерный центр ЕЭС» «Фирма ОРГРЭС».

ПГУ-450 оснащена распределенной микропроцессорной многоуровневой АСУ. Работы по наладке системы выполнили специалисты «Ивэлектроналадка» (Иваново) и «Интеравтоматика» (Москва).



Современная парогазовая электростанция обеспечит Калининград электрической и тепловой энергией

Длительный срок службы

Сделано в Германии

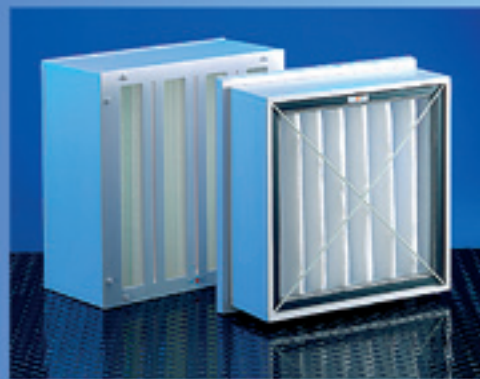
Высокое качество

Мы предлагаем информационную и техническую поддержку проектов по КВОУ, а также продукцию для очистки воздуха:

- Влагоотделители
- Карманные фильтры
- Фильтры классов G1–H14
- Фильтры тонкой очистки и HEPA-фильтры
- Комбинированные системы
- Решение специфических проблем заказчика
- Различные размеры
- Легкие и негорючие рамки из полистирола

Применение:

газовые турбины, компрессоры, лаборатории, химические производства, системы вентиляции, больницы, чистые помещения



EMW
filtertechnik



Эксклюзивный представитель в России: ООО «Трейд Филтер», Москва.

Тел. (095) 789-40-35, 518-64-70, факс (095) 789-40-35 E-mail: info@tradefilter.ru www.tradefilter.ru

МАКС'2005 – не только авиация

На авиасалоне кроме эффектных полетов авиагрупп и одиноких выступлений на авиашоу, а также демонстрации самолетов, вертолетов и другой авиационной техники были широко представлены двигатели – «сердце» самолета.

Традиционно наряду с авиационными двигателями компании активно представляют газовые турбины для применения в энергетике и в качестве механического привода. Среди них – «Пермский моторостроительный комплекс» (Пермский моторный завод и «Авиадвигатель»), ФНПЦ «Салют», НПО «Сатурн», СНТК им. Н. Д. Кузнецова, АМНТК «Союз», «КМПО», «Мотор Сич», ЗМКБ «Прогресс», «Уральский завод гражданской авиации» и др.

Наиболее интересной разработкой последних лет, представленной на выставке, был газотурбинный двигатель ГТЭ-30-300, созданный АНТК «Союз» на базе газогенератора Р145. Его мощность – 30,5 МВт и КПД 36% (фото 1). В настоящее время испытан газогенератор. Привод создается в кооперации

с СНТК им. Н. Д. Кузнецова – разработчиком и изготовителем силовой пятиступенчатой турбины. В ближайшее время планируются испытания привода в составе с силовой турбиной. Сейчас топливная система двигателя переделывается под газообразное топливо (на стенде предприятия испытания проводились на авиационном керосине).

Энергоблок планируется установить на одном из московских объектов для лидерной наработки. Сегодня это первый российский конвертированный авиационный двигатель мощностью 30 МВт.

Пермские моторостроители представляли свои разработки на общем стенде «Пермские моторы». «Авиадвигатель» демонстрировал новую модификацию ГТУ-12П с правым вращением силовой турбины (фото 2). Привод предназначен для модернизации газоперекачивающих агрегатов зарубежного производства – ГТК-10И, ГТК-10ИР, Коберра-182 (с правым вращением нагнетателя природного газа). Большинство из них выработали ресурс и нуждаются в замене.

Модификация разрабатывалась на базе ГТУ-12П, эксплуатирующейся с 1995 года. Всего на настоящий момент изготовлено 66 установок, которые успешно работают в составе газоперекачивающих агрегатов и газотурбинных электростанций.

ФНПЦ «Салют» заканчивает новый проект – разработку новой блочной энергетической установки БГТЭС-1С мощностью 1 МВт. Начало ее опытной эксплуатации на территории предприятия планируется в IV квартале текущего года.

Компания продолжает строительно-монтажные работы на МЭС-60 в ТЭЦ-28 (Мосэнерго).

Новый двигатель для энергетики (НК-127) и для механического оборудования (НК-126) был представлен на стенде СНТК им. Н. Д. Кузнецова. Привод не является конвертированным из базового авиационного газогенератора – это новая разработка Самарского КБ. Отличие НК-127 от НК-126 заключается в наличии редуктора и модифицированной коробки привода агрегатов. Расчетные параметры НК-127 –

Фото 1. Газотурбинный привод ГТЭ-30-300 мощностью 30,5 МВт



Фото 2. ГТУ-12П с правым вращением силовой турбины



мощность 4,3 МВт, КПД 32% (ISO). Первые образцы двигателя изготавливаются «КМПО», участвующим в кооперации по созданию двигателя. Лидерную энергетическую установку на базе НК-127 (ГТЭ-4/127НК) планируется установить для опытной эксплуатации на территории СНТК.

В настоящее время Самарский научно-технический комплекс совместно с рядом компаний сформировал товарный ряд машин малой мощности в диапазоне 4...25 МВт для выработки электроэнергии и транспорта газа.

Самарское КБ моторостроения и «Самара-Авиагаз» предлагают на рынок совместную разработку – блочно-модульную электростанцию ЭСТГ-10 «Жигули» мощностью 10 МВт, КПД 33% (ISO). В качестве привода используется НК-14ЭБР, производства СКБМ.

«КМПО» представило на стенде макет газотурбинной электростанции ГТЭУ-18, разработанной на базе привода НК-16-18СТ, серийно изготавливаемого на предприятии. Станция предлагается для работы в простом и когенерационном цикле, электрическая мощность 18 МВт, тепловая – 28 МВт.

Уральский завод гражданской авиации традиционно специализируется на ремонте авиационных и конвертированных двигателей НК-16СТ, а также вертолетных силовых установок разработки конструкторского бюро им. В. Я. Климова.

Предприятие планирует установить на своей территории двухагрегатную ГТЭС, используя НК-16СТ, для выработки электрической и тепловой энергии. Сегодня на территории завода уже работает энергоустановка на базе двух вертолетных двигателей ТВ2-117, электрической мощностью 1,5 МВт.

«Мотор Сич», серийно выпускающее газотурбинные двигатели для авиации и промышленного применения, разработало на базе ГТУ собственного производства парогазовые установки ПГЭС-8,5, ПГЭС-3,5 и ПГЭС-1500 на основе, соответственно, ЭГ-6000, ПАЭС-2500 и ЭГ-1000.



Фото 3. Аэродромный источник питания AXA Twin Power

Оборудование для выработки энергии демонстрировали не только производители ГТУ, а также поставщики газопоршневых и дизельных установок.

Так, инжиниринговая компания «А.Д.Д.», специализирующаяся на реализации проектов в области энергоэффективных технологий, представила аэродромный источник питания с дизельным двигателем производства компании AXA Power (Дания) – AXA Twin Power (мощностью 90...180 кВт) (фото 3). Это

продукт, разработанный с использованием дизельного двигателя Deutz BF6M1015C, генератора Stamford и полупроводникового преобразователя напряжения AXA Power 50/400 Гц.

Установка представляет собой новую концепцию для источников аэродромного питания. Совмещение в конструкции стандартного дизель-генератора и полупроводникового преобразователя позволяет достичь максимальной производительности установки и обеспечить ее надежность и долговечность. Новые разработки представили также компании-производители комплектующих материалов и средств автоматизации.

Таким образом, МАКС является не только всемирно признанным авиасалоном – это еще и прекрасная возможность продемонстрировать двигатели, применяемые в энергетике, а также используемые в газоперекачивающих и компрессорных установках различных типов.

М. В. Белошицкий



Комплексное решение вопросов компримирования и переработки природного газа.

■ Проектирование, изготовление, поставка под ключ оборудования для компримирования природного газа, модульных газодожимных установок для агрегатов с различным приводом – электро-, газопоршневым и газотурбинным.

■ Наши партнеры: Сургутнефтегаз, Юкос, ТВЭЛ.

■ За последние 30 лет мы изготовили более 2500 компрессорных установок общей мощностью более 1,3 млн кВт.

**ОТКРЫТО
ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО КОМПАНИИ:**

125047, г. Москва,
ул. Тверская-Ямская, д 18, офис 320.
Тел.: (095) 104-88-79, Рыбаков Б. А.
www.toromont.com

Компания Siemens PG отгрузила газовую турбину SGT-600 для Чепецкого механического завода

Двигатель будет работать в составе парогазовой установки, которая обеспечит потребности предприятия в электрической и тепловой энергии. Излишки энергии будут поставляться Удмуртской энергокомпании, которая является дефицитной. Недостающее количество энергии Удмуртская ЭСК покупает на оптовом рынке.

По проекту ввод ПГУ в эксплуатацию запланирован на 2006 год.



Отгрузка газовой турбины SGT-600 на корабль в порту г. Норчёпинг (Norrköping, Швеция)

Автономное энергообеспечение санатория «Решма» реализовано на базе газопоршневых двигателей

Словацкая компания Eltesco осуществила проект под ключ. Две установки Petra 380С по 309 кВт работают в когенерационном цикле. Их электрический КПД 35,8%, тепловой — 50,8%. Топливо — природный газ.

Двигатели 4006 TESI поставила компания Perkins, генераторы — Stamford. Энергокомплекс работает круглосуточно в автономном режиме. Расчетная окупаемость объекта около двух лет.



Двухагрегатная станция обеспечивает санаторий «Решма» (Ивановская обл.) электроэнергией и горячей водой

Центральный офис и вычислительный центр «ВымпелКом» обеспечены резервными энергоисточниками

Дизель-генераторные установки SDMO Exel мощностью 800 и 1040 кВт выполнены на базе двигателей MTU. С учетом ограниченной территории были разработаны проекты мобильных ДЭС мощностью по 520 кВт в контейнерах на шасси длиной 6 м. Топливные баки электростанций также размещены внутри контейнеров. Энергоблок мощностью 800 кВт выполнен в виде стационарного контейнера.



Дизель-генераторные установки SDMO Exel с двигателями MTU (DaimlerChrysler) установлены в специальных контейнерах

ПОСТОЯННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЗАКАЗЧИКОВ ИНФОРМАЦИОННЫЙ БЮЛЛЕТЕНЬ

ПЕРМСКИЕ ГАЗОВЫЕ ТУРБИНЫ

НОВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ
ПЕРМСКОГО
МОТОРОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

ПОДРОБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
О МЕРОПРИЯТИЯХ
ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ
И УВЕЛИЧЕНИЮ РЕСУРСА
ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК
И ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

ПРЕЗЕНТАЦИЯ
ПЕРСПЕКТИВНЫХ РАЗРАБОТОК
И ПРОЕКТОВ

ОТЗЫВЫ ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХ
ОРГАНИЗАЦИЙ



Адрес редакции:
г. Пермь, 614600,
Комсомольский проспект, 93
Тел. (342) 240-89-77;
Тел./факс (342) 240-86-16;
e-mail: osipov@avid.ru;
www.avid.ru



SVENTA AG

Switzerland

ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ИЗ ШВЕЙЦАРИИ



Комплектные газотурбинные установки TURBOMACH SA 3...60 МВт

- Высокий КПД
- Низкий уровень выбросов NO_x, CO₂
- Климатическое исполнение и звукоизоляция
- Компактность и экономичность в обслуживании
- Простой, когенерационный и парогазовый циклы



Дожимные компрессоры топливного газа ENERPROJECT SA

- На базе винтовых и поршневых компрессоров
- Опыт работы с попутным, мусорным, шахтным, био- и природным газами
- Современные системы очистки и тонкой фильтрации газа
- Максимальная автоматизация с широкими возможностями управления



Зубчатые редукторы и мультипликаторы MAAG-GEAR AG

- Высокая надежность и долговечность
- Минимальные потери энергии
- Качество – мировая известность

*Мы достаточно
малые,
чтобы сохранить
МОБИЛЬНОСТЬ.
Но мы не слишком
маленькие,
чтобы у нас не
хватило ЭНЕРГИИ.*

На все оборудование

- Сертификация и разрешительная документация по требованиям РФ
- Сервис и поддержка группой российско-швейцарских инженеров
- Документация на русском языке

Адрес:

121099, Москва, Новинский бульвар, 15
Телефон: + 7 (095) 252-44-56, 937-42-16
Факс: + 7 (095) 255-48-55
E-mail: info@sventa.ru

ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ

Комплексная
поставка
оборудования
GE Jenbacher

Строительство
миниТЭЦ
на условии «под ключ»

117071, Россия, Москва,
ул. Малая Калужская, д. 15, стр. 33
Тел.: +7 (095) 935 78 35, 935 79 35
Факс: +7 (095) 935 78 88
E-mail: info@sigmat.ru
<http://www.sigmat.ru>

