

сентябрь
октябрь
2022

Турбины и Дизели

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

№5 (104)

ГПА производства «ИНГК» на Южно-Русском месторождении



16+



Группа «Энергаз» – 15 лет в сфере
технологического оборудования
газоподготовки

Пермские ГТУ для технического
первооружения Локосовского ГПЗ



- Системы зажигания
- Визуальные уровнемеры
- Системы контроля детонации
- Регуляторы оборотов и актуаторы
- Воздушные и газовые стартеры
- Компоненты системы зажигания
- Системы управления компрессорами
- Системы соотношения воздух/топливо
- Контроллеры и зарядные устройства
- Высоковольтные провода
- Регуляторы уровня масла
- Измерительные приборы
- Датчики уровня
- Свечи зажигания промышленной серии
- Каталитические нейтрализаторы и глушители

**Хатрако – ваш надежный и компетентный партнер
по поставке запасных частей в России и Европе.**

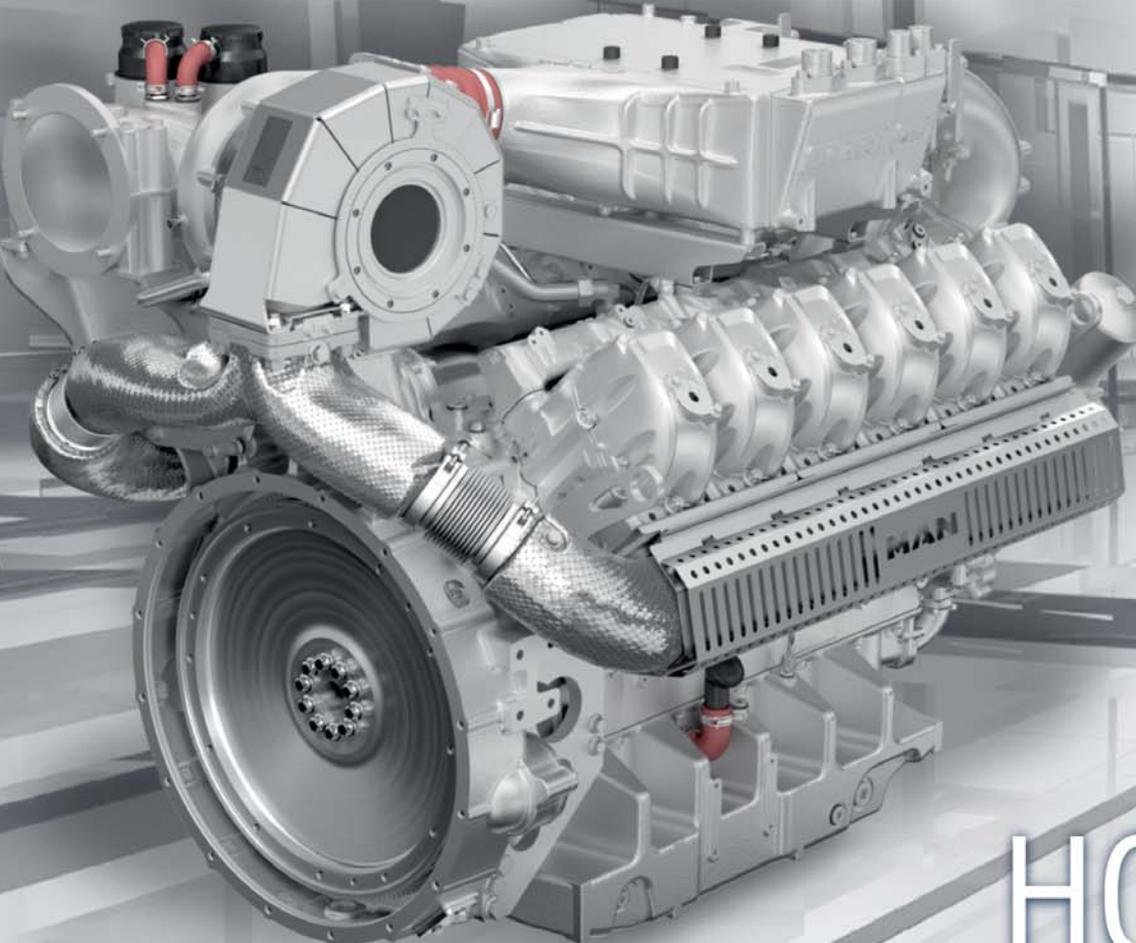
РЕКЛАМА



Газовые двигатели MAN



Для природного и специального газа



НОВИНКА MAN E3872

Новый газовый двигатель MAN E3872 с КПД 44,0% ,
мощностью 735 кВт с рабочим объемом 29,6 литров
и всего от 12 цилиндров!

РЕКЛАМА

**ООО «MT-Групп» - генеральный импортер и центральная
сервисная станция MAN в России**

г. Санкт-Петербург
тел. (812) 309-46-46

sales@man-engines.ru
<http://man-engines.ru>

Содержание

сентябрь-октябрь 2022, № 5(104)



Фото на обложке:
ГПА производства «ИНГК» на Южно-Русском месторождении



4 Представление компании ИНГК – эффективное компрессорное и энергетическое оборудование изготавливается в Перми

О.В. Бычков, И.И. Турусов – ООО «Искра-Нефтегаз Компрессор» («ИНГК») Внешние вызовы сегодня требуют активного развития российской промышленности, основой которой являются современные производственные и инженеринговые компании, разрабатывающие и внедряющие передовые технические решения и выпускающие качественную продукцию.

10 Новые разработки Многотопливная вихревая противоточная камера сгорания для энергетических ГТУ

Р.Л. Илиев, С.А. Мешков, Б.В. Миславский – ООО «Экоспектр», Москва Создание многотопливных и многорежимных камер сгорания обусловлено большим разнообразием применяемых топлив и условий эксплуатации ГТУ. В частности, расширяется применение пиролизного и синтез-газа с содержанием водорода для производства как электрической, так и тепловой энергии.

16 Технологии Турбинные масла TAIF Rave для зарубежных ГТУ: успешный опыт импортозамещения

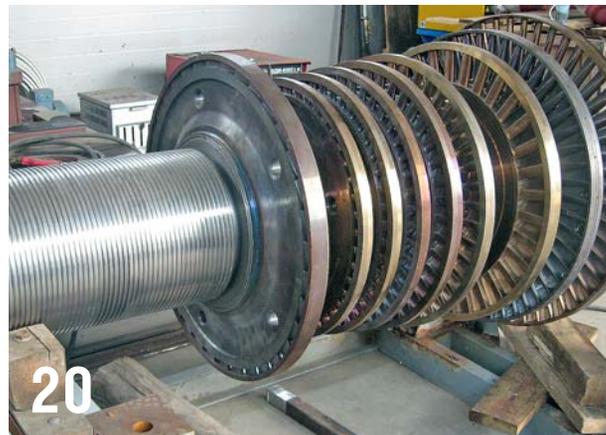
И.А. Степанков – ООО «С-Техникс» Активный уход с российского рынка крупных зарубежных производителей смазочных материалов, а также государственная программа импортозамещения мотивирует генерирующие компании и прочие предприятия, владеющие парком зарубежного динамического оборудования (паровые и газовые турбины, насосно-компрессорное оборудование) прорабатывать переход на турбинные масла российского производства.

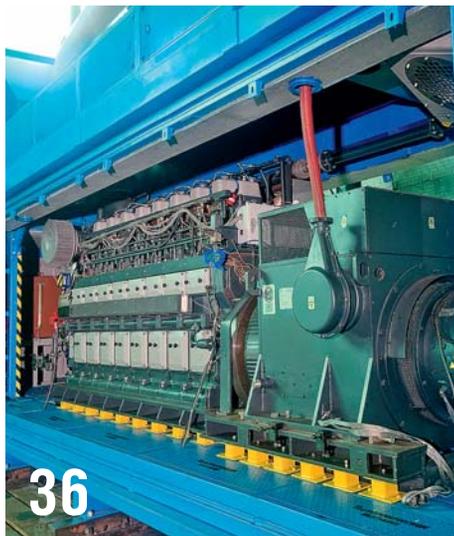
20 Технологии Балансировка быстроходных роторов паровых турбин ЗАО «Энерготех» А.Б. Агафонов, Б.Н. Агафонов (к.т.н.), Н.Б. Агафонов – ЗАО «Энерготех» Е.П. Бусько, А.А. Рубин – ООО «Лаборатория вибраций «Ротор СПб» им. А.С. Гольдина»

В статье обоснованы условия, при которых роторы быстроходных паровых турбин могут быть отбалансированы на станках с низкой частотой вращения. Первостепенное значение при этом имеет выбор конструкции ротора, способ его изготовления и сборки. Рассмотрены особенности методики низкочастотной балансировки быстроходных роторов ПТ, позволяющей добиться не только ограничения вибрации на рабочей частоте, но и обеспечить безопасный переход через критическую частоту, если она меньше рабочей.

26 Газотурбинные установки Пермские ГТУ для технического перевооружения Локосовского ГПЗ Д.Д. Сулимов, С.Б. Мишенин – АО «ОДК-Авиадвигатель»

Применение газотурбинных установок для замены электрического привода компрессорных и иных агрегатов, использующих сложные и неподготовленные газы, открывает широкие возможности перед российскими производителями ГТУ. При этом заказчик экономит значительные средства при покупке энергии.





32 Эксплуатация, сервис
Масло Rosneft Energotec обеспечивает максимальную отдачу оборудования
Н.С. Малинин – ООО «Роснефть-Смазочные материалы»

36 Энергоэффективность
Электростанция РУМО-702: новинка российского производства
В.Б. Шипов – АО «РУМО»
 АО «РУМО» изготовило и завершает заводские испытания отечественной газопоршневой электростанции РУМО-702 контейнерного исполнения мощностью 1 МВт, работающей на природном газе.

38 Эксплуатация, ремонт
Модернизация двигателей Cummins QSV91/81
А. П. Канаков – MOTORTECH GmbH

42 Реализация проектов
Компания «Энергаз» – 15 лет в сфере технологического оборудования газоподготовки
Э.С. Зимнухов – ООО «Энергаз»

46 Научные исследования
Система рециркуляции выхлопных газов и применение водотопливной эмульсии для снижения эмисии NO_x и твердых частиц в среднеоборотных двигателях
Панагиотис Киртатос – ETH Zurich

54 Выставки, конференции
Выставка «РосГазЭкспо '2022»
А.А. Троицкий – журнал «Турбины и Дизели»



Редационный совет

Бузов В.Д.
 Бычков О.В.
 Гарибов Г.С.
 Лебедев А.С.
 Рыбаков Б.А.
 Сигидов Я.Ю.
 Сулимов Д.Д.
 Шайхутдинов А.З.
 Шаповало А.А.

Главный редактор
 Капралов Д.А.

Литературный редактор
 Зинченко Г.М.

Переводчик
 Капралова А.Д.

Дизайн и верстка
 Понакушина А.Е.

Учредитель ООО «Турбомашинь»

Генеральный директор
 Капралов Д.А.

Коммерческий директор
 Троицкий А.А.

Директор по маркетингу
 Капралова Л.Е.

Менеджер по работе с клиентами
 Торицина Т.А.

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 редакции и издателя
 Россия, 152925, г. Рыбинск Ярославской обл., ул. Бабушкина, д. 21, оф. 47.
Тел./факс (4855) 285-997.
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 – ИП Голубин А.М.
 Адрес типографии:
 г. Рыбинск Ярославской обл., ул. Блюхера, д. 7

Цена свободная.
 Тираж 3000 экз.

Мнение редакции не всегда совпадает с мнением авторов публикации.
 Редакция не несет ответственности за содержание рекламных материалов

Дата выхода номера в свет 22.10.2022 г.



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

ИНГК – эффективное компрессорное и энергетическое оборудование изготавливается в Перми

О. В. Бычков, И. И. Турусов – ООО «Искра-Нефтегаз Компрессор» («ИНГК»)

Внешние вызовы сегодня требуют активного развития российской промышленности, основой которой являются современные производственные и инженеринговые компании, разрабатывающие и внедряющие передовые технические решения и выпускающие качественную продукцию.

In brief

INGC – efficient compressor and power equipment is manufactured in Perm.

External challenges require active development of Russian industry based on modern manufacturing and engineering companies that develop and implement advanced technical solutions and produce advanced products.

Since 2010 INGC has been independently developing and producing modern and energy-efficient compressor and power equipment, gas pumping units at its production facility in Perm. The company provides customers with a full range of services from design, development and manufacture to commissioning of its products. The company's specialists carry out installation supervision and commissioning as well as warranty and post-warranty service, supply spare parts and carry out repairs.

Компания «ИНГК» с 2010 года самостоятельно разрабатывает и производит современное и эффективное компрессорное и энергетическое оборудование, газоперекачивающие агрегаты на своем производстве в г. Перми (две производственные площадки расположены на ул. Ново-Гайвинская, 92 и на ул. Бродовский тракт, 116). Предприятие оказывает заказчикам полный спектр услуг – от проектирования, разработки и изготовления оборудования до ввода его в эксплуатацию. Специалисты компании осуществляют шефмонтажные и пусконаладочные работы, а также гарантийное и постгарантийное обслуживание, поставляют ЗИП и выполняют ремонт.

Основной продукцией предприятия являются газоперекачивающие агрегаты серии «Иртыш» мощностью до 34 МВт, газотурбинные электростанции мощностью до 25 МВт, поршневые компрессорные установки (ПКУ) мощностью до 16 МВт, винтовые компрессорные установки (ВКУ) мощностью до 3 МВт, модульные компрессорные установки (МКУ) на базе интегрированных мотор-компрессоров для компримирования низконапорных газов.

В составе модельного ряда компрессоров и газотурбинных приводов, применяемых для изготовления комплектного оборудования, используется оборудование как отечественных, так и зарубежных производителей. Приоритетное направление деятельности ООО «ИНГК» – внедрение перспективных зарубежных технологий в производство современного энергоэффективного оборудования на территории РФ.

С начала производственной деятельности предприятие изготовило и поставило 68 полнокомплектных ГПА и ЭГПА (с ЦБК и ГТУ), 58 единиц модульных ПКУ, 16 блочных ВКУ, 6 полнокомплектных ГТЭА/ГТЭС, около 40 различных компонентов, узлов и элементов конструкций ГПА и компрессорных установок для других производителей.

Важной особенностью компании «ИНГК» является наличие собственного конструкторского бюро. В его составе 118 специалистов, работающих в стандартах ЕСКД, ТУ, ГОСТ, API, с широким применением 3D-моделирования. В основе деятельности компании принцип изготовления продукции высокой степени заводской готовности в модульном исполнении.

Начиная с 2014 года «ИНГК» ежегодно подтверждает соответствие своей системы менеджмента качества (СМК) требованиям стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2015, а также ISO 9001-2015. С 2019 г. внедрена и результативно действует СМК, соответствующая требованиям СТО Газпром 9001-2018. Получен Сертификат соответствия типа продукции требованиям СДС ИНТЕРГАЗСЕРТ на ГПА серии «Иртыш» (в т.ч. на электроприводные ГПА). Для осуществления поставок продукции на зарубежные рынки имеется Сертификат соответствия ASME U.

Для удовлетворения современных требований заказчиков и внедрения новых технологий в настоящее время «ИНГК» реализует целевую программу перспективных проектов.

Энергетические агрегаты с газотурбинным приводом (ГТЭА/ГТЭС) мощностью 12 МВт

В 2021 году предприятием изготовлены и своевременно поставлены два газотурбинных электроагрегата ГТЭА-1201 (№№ 0484, 0485) мощностью по 12 МВт для четвертого этапа дообустройства сеноман-аптских залежей Бованенковского НГКМ. Электростанция собственных нужд (2-я очередь, 2-й этап) смонтирована на промбазе газового промысла № 2 Бованенковского НГКМ. Заказчиком выступило ООО «Газпром добыча Надым».

Инновационность предложенного «ИНГК» решения заключается в модульном принципе компоновки газотурбинных энергоблоков, позволяющем сократить сроки проектирования, монтажа и наладки. Новаторством является и то, что основные компоненты станции – отечественного производства. Применены турбогенераторы ТС-12-2РУХЛЗ производства ООО «Электротяжмаш–Привод», системы маслообеспечения турбогенератора вынесены в отдельный легкосборный блок (совместно с маслосистемой редуктора и двигателя). Топливная аппаратура (в новом исполнении ГТУ-12ПГ-2) исключает дефекты топливной автоматики предыдущих модификаций и позволяет применить современную САУ агрегата нового типа (МСКУ 6000-03-29) для управления энергоблоком в составе ЭСН. АСУ, выполненная на базе российских контроллеров АИС-ОРИОН (НПФ «Система-Сервис», С.-Петербург), обладает повышенной живучестью и имеет высокие (в сравнении с зарубежными аналогами) показатели быстродействия и надежности, подтвержденные эксплуатационной наработкой контроллеров.

Газотурбинный привод ГТУ-12ПГ-2 разработан АО «ОДК–Авиадвигатель», изготовлен АО «ОДК–ПМ». Вертикальная система выхлопа ГТЭА с утилизационным теплообменником изготовлена Ухтинским экспериментально-механическим заводом. Применяются многие другие решения и продукция российских производителей. При проектировании ГТЭА использовалось 3D-моделирование компоновочных решений.

В настоящее время сформированы технические условия на ГТЭА-12, которые в соответствии с Планом по созданию агрегатов энергетических газотурбинных ГТЭА-1201 управления энергетики ПАО «Газпром» будут приняты после проведения опытно-промышленных испытаний.

Унификация модельного ряда электростанций собственных нужд, предусматривающих эксплуатацию в дочерних компаниях ПАО «Газпром» ГТЭА мощностью



12 МВт, позволит «ИНГК» обеспечить их полноценное гарантийное и постгарантийное обслуживание, а также поставку ЗИП.

🔗 Газотурбинная электростанция на Ичединском месторождении (ООО «Иркутская нефтяная компания»)

Мобильные источники энергии с газотурбинным приводом

В компании разработано концептуальное предложение по изготовлению для заказчиков мобильных / передвижных ГТЭС/ГТЭА (МЭА/МЭС) на базе газотурбинных установок как отечественного, так и зарубежного производства мощностью 4 МВт (а также 8 и 16 МВт).

Данные установки предназначены для электроснабжения буровых и кустов скважин, вахтовых жилых комплексов, строительных площадок, компрессорных станций, УКПГ и УПН и др., когда единственным энергоисточником является лишь природный или попутный нефтяной газ.

Модульные компрессорные установки (МКУ) на базе единого интегрированного мотор-компрессора

Данные МКУ предназначены для компримирования низконапорных газов. Особенности предлагаемого решения – исполнение компрессора и двигателя в едином герметичном корпусе; применение высокоскоростного

🔗 Производственный корпус компании «ИНГК»





Винтовая компрессорная установка на Повховском месторождении (ПАО «Лукойл»)

ГПА серии «Иртыш» на ДКС «Зеварды» (АО «Узбекнефтегаз»)

двигателя с ЭЧР и магнитных подшипников (исключающих необходимость маслосистемы), экологичность, минимизация эксплуатационных затрат и др. Возможно изготовление МКУ требуемой мощности и производительности (от 200 кВт до 16 МВт); модульное исполнение на единой раме, в стандартных боксах контейнерного типа полной заводской готовности.

В связи с внешними ограничениями, введенными в действие в 2022 году, были сформированы альтернативные варианты локализации изготовления мотор-компрессора в РФ из отечественных компонентов: компрессор – АО «ЭнТехМаш» (С.-Петербург), электропривод и магнитный подвес – НПО «ЭРГА» (г. Калуга). В настоящее время ведутся работы по замене импортных компонентов отечественными для первой МКУ-001.

По итогам положительных результатов испытаний первой МКУ-001 в ООО «Газпромнефть–Ноябрьскнефтегаз» предложено рассмотреть возможность включения МКУ на базе единого интегрированного мотор-компрессора ICL (изготовленной «ИНГК») в Реестр инновационной продукции ПАО «Газпром».



Мобильные компрессорные установки для перекачки газа из трубы в трубу

Передвижная мобильная компрессорная установка состоит из двух модулей: в первом размещается основное технологическое оборудование; во втором – генератор собственных нужд и вспомогательное оборудование. Модули имеют габариты стандартных контейнеров и транспортируются тягачами с полуприцепами. Устанавливаются МКУ на месте выполнения работ на заранее подготовленные площадки-фундаменты. Для подключения модулей между собой и соединения с участками газопроводов используются быстросъемные соединения.

Элементы конструкций ГПА, ГТЗА и КУ для других производителей

В рамках широкой кооперации с российскими заводами предприятие «ИНГК» изготавливает основные конструкции и элементы для газоперекачивающих агрегатов, газотурбинных электростанций, котлов-утилизаторов. В перечень этой продукции входят: системы выхлопа, воздухозаборные системы, компенсаторы, блоки привода и блоки генератора, маслосистемы, системы отопления и вентиляции, газовые системы, блоки фильтров, НКУ, системы автоматического управления, автоматизированные системы пожаротушения, пожарной сигнализации, контроля загазованности, укрытия и т.д.

Обслуживание и ремонт, поставка ЗИП для ГПА, ГТЗА и КУ зарубежного производства

Специалисты компании «ИНГК» выполняют техническое обслуживание и ремонт газовых и паровых турбин зарубежного производства, а также центробежных и поршневых компрессоров. В ходе работ осуществляется инжиниринг, реконструкция, восстановление, поставка ЗИП, в том числе с использованием концепции модульных ремонтов. **Т**



www.ingc.ru



Сборка модульной компрессорной установки для ПАО «Газпром нефть»

Компоненты производства MOTORTECH обеспечат длительную работу газопоршневых двигателей.

Компания MOTORTECH является разработчиком и производителем систем зажигания, систем управления, подготовки топливной смеси, антидетонации, а также других аксессуаров для газопоршневых двигателей MTU, MAN, Caterpillar, Jenbacher, Waukesha, MWM/DEUTZ, Perkins, Cummins и др. Оснащение двигателей компонентами MOTORTECH позволяет обеспечить надежность работы оборудования, длительные межремонтные интервалы и срок службы, а также высокий КПД и топливную эффективность.

Комплект оснащения двигателей включает контроллеры системы зажигания (MIC4, MIC 500, MIC 850), катушки зажигания, интуитивно понятный интерфейс HMI многофункционального контроллера AIO, систему контроля детонации двигателя (DetCon20), систему контроля состава топливовоздушной смеси, оснащенную миксером VariFuel2, дроссельной заслонкой с шаговым двигателем, которая управляется посредством привода VariStep3, а также шины AlphaRail.

Системы искрового зажигания высокого напряжения, катушки зажигания изготавливаются в соответствии с индивидуальными требованиями заказчиков. Современные системы подготовки топливовоздушной смеси обеспечивают надежность работы газопоршневых двигателей на альтернативных видах газа.

Сервисные службы компании оказывают поддержку заказчикам в формате 7/24. Для оперативной доставки необходимых компонентов используется отлаженная система логистики.

Для подготовки технического персонала электростанций предлагается широкий ряд курсов и программ, которые проводятся на предприятиях компании или на площадке заказчиков.



MAN PrimeServ предлагает модернизацию двигателей MAN 48/60 до MAN 51/60 для продления жизненного цикла.

Модернизированные двигатели будут технически соответствовать новым агрегатам MAN 51/60 и обеспечат заметное сокращение расхода топлива, снижение уровней эмиссии и высокую надежность в эксплуатации. Двигатели смогут работать на различных (в т.ч. и синтетических) видах топлива.

По словам специалистов PrimeServ, заказчики в рамках данной программы получают не только возможность полностью отремонтировать, но и модернизировать двигатели до современной модели. В зависимости от конструкции двигателя (рядной или V-образной конфигурации), а также от количества используемых цилиндров модернизация может быть выполнена в течение 25-45 дней. Возврат инвестиций по модернизации двигателя может быть получен в течение 1,5-4 лет – в зависимости от режима работы.

Согласно расчетам компании, модернизация двигателя 9L48/60 до 9L51/60 позволит сэкономить около 500 тонн топлива и 25 тонн смазочного масла в год, исходя из продолжительности работы 6000 часов в год при полной нагрузке.

Компания MAN PrimeServ уже завершила первую модернизацию двигателя 18V48/60А, наработка которого составляла 100 тыс. часов, в современный агрегат 18V51/60 для европейского заказчика. Контракт предусматривает аналогичную модернизацию еще пяти двигателей.

Компания «ГрандМоторс» поставила ДГУ для инфраструктуры по утилизации отходов.

Контейнерные ДГУ общей мощностью 2 МВт предназначены для резервного энергоснабжения трех заводов по переработке отходов, которые строятся холдингом «Ростех» в Московской области.

В состав поставки вошли три генераторные установки ГМ825DSN резервной электрической мощностью по 660 кВт на базе дизельных двигателей DP222LC производства Doosan.

ДГУ установлены в контейнер «Север» БКС-2С, изготовленный производственным комплексом «ГрандМоторс». Контейнеры позволяют поддерживать необходимую температуру для работы дизель-генераторов, предотвращают утечку тепла при работе оборудования в зимний период, защищают топливный бак от промерзания при низких температурах, значительно облегчают условия обслуживания оборудования. Помимо обеспечения температурного режима, контейнеры выполняют функцию звукоизоляции, имеют в своем составе охранно-пожарную сигнализацию и автоматическую систему пожаротушения.

В программу инвестиционного проекта входит создание нескольких комплексов сортировки и пять мусоросжигательных заводов для утилизации отходов с выработкой электроэнергии. Уральский турбинный завод разработал для проекта «Энергия из отходов» новую платформу турбин с осевым выхлопом Кп-77-6,8 мощностью по 77 МВт. ПТУ работает с воздушной конденсационной установкой, позволяющей полностью исключить негативное влияние на водную экосистему прилегающих районов.

Новые заводы сократят объем захоронений ТКО на полигонах до 17 % к 2023 году. Электростанции в составе предприятий будут производить до 2,2 млрд кВт·ч электроэнергии в год. Мусоросжигательный завод в г. Воскресенске должен заработать уже в конце текущего года. Всего на четырех заводах в Подмоскovie будет ежегодно перерабатываться 700 тысяч тонн отходов.

Кировская ТЭЦ-5 компании «Т Плюс» прошла испытания на максимальной мощности.

На электростанции проведены испытания генерирующего оборудования при работе на полную мощность. Все три турбоагрегата Кировской ТЭЦ-5 успешно отработали восемь часов с максимальной нагрузкой 450 МВт.

Испытания проводятся под контролем системного оператора раз в пять лет и необходимы для определения предельного объема мощности, который может быть поставлен на оптовый рынок Кировским филиалом энергокомпании «Т Плюс».

Ранее на ТЭЦ был выполнен капитальный ремонт энергоблока №3 на базе паровой турбины Т-185/220-130-2 производства Уральского турбинного завода.

ТЭЦ-5 – первая по мощности станция в Кировской области. Ее электрическая мощность 450 МВт, тепловая – 1090 Гкал/ч. Станция обеспечивает электроэнергией потребителей Кировской области и тепловой – южную часть г. Кирова.

Компания «ПСМ» изготовила газопоршневую электростанцию для ПАО «Лукойл».

Энергоблок мощностью 400 кВт контейнерного исполнения создан на базе двигателя SGE-24SL (Siemens Energy). Станция оснащена системами контроля загазованности и газового пожаротушения, автоматической охранно-пожарной сигнализацией. В ГПЭС также входит распределительное устройство на базе автоматики АВВ, аппарат воздушного охлаждения Alfa Laval.

Энергоблок размещен в специализированном 7-метровом контейнере КСПм, оснащенный системой приточной вентиляции. Контейнер имеет утепление толщиной 100 мм для работы при экстремально низких температурах – до минус 60 °С. Топливом для электростанции является попутный нефтяной газ с низким метановым числом, добываемый на нефтегазовом месторождении ЯНАО.

PSM Company has manufactured gas engine power plant for Lukoil PJSC.

The 400 kW container-type power plant is based on SGE-24SL engine manufactured by Siemens Energy. The plant is equipped with gas pollution control and gas fire extinguishing systems, automatic security and fire alarm systems. It also includes switchgear based on ABB automation and Alfa Laval air cooling unit.



При энергообеспечении предприятия «Молоко» в Белоруссии будут использоваться отходы производства.

В рамках инвестиционного проекта компания IEC Wood Energy построила вблизи молокоперерабатывающего предприятия в г. Витебске энергоисточник общей мощностью 160 кВт. Он обеспечит предприятие технологическим паром, горячей водой и пропилен-гликолевым раствором температурой +0,5 °С.

Собственные нужды при этом будут обеспечены за счет возобновляемых источников энергии. Установлена когенерационная установка 6R400 GS (MTU Onsite Energy) на генераторном газе от процесса пиролиза щепы электрической мощностью 140 кВт, а также фотоэлектрические кровельные панели мощностью около 20 кВт.

В составе энергоисточника установлен паровой котел на отходах деревообработки и лесозаготовки производительностью 8 т/ч. В качестве компенсирующих устройств применяются парогенераторы быстрого пуска. Контракты на тепло- и холодоснабжение заключены на период 20 лет. Реализация проекта даст возможность предприятию «Молоко» приобретать энергоносители по специальным, устойчивым и долгосрочным дисконтным тарифам.

Основная цель проекта – привлечение частных инвестиций в рамках частно-государственного партнерства, снижение издержек на энергоносители для предприятия в долгосрочной перспективе, повышение его конкурентоспособности.

ДЭС обеспечит электропитание центра обработки данных в Москве.

ООО «ЭСТ» спроектировало, изготовило и подготовило к эксплуатации 17 ДГУ на базе установок S16R2-PTAW2 производства Mitsubishi электрической мощностью по 1848 кВт, напряжением 0,4 кВ.

ДЭС обеспечит потребности предприятия в электроэнергии в случае отсутствия сети. Заказчиком оборудования выступила компания «ДатаПро», формирующая парк дизель-генераторных установок для создаваемого ЦОД на ул. Рябиновая в Москве.

DataPro – российский оператор сети центров обработки данных мирового стандарта. Уровень качества и надежности объектов компании подтверждается сертификатами Tier III Uptime Institute.



Разрабатывается проект первой в Сингапуре электростанции, работающей на водороде.

Строительство электростанции комбинированного цикла мощностью 600 МВт будет осуществляться консорциумом в составе Mitsubishi Power (Япония) и Jurong Engineering (Китай). Электростанция будет построена на острове Джуронг, в юго-западной части страны. В ее состав войдет газотурбинная установка M701JAC, котел-утилизатор и паротурбинная установка.

Ввод станции в коммерческую эксплуатацию запланирован на начало 2026 года. На начальном этапе она будет работать на природном газе, затем планируется перевод на топливную смесь с содержанием водорода до 30%. Предусмотрена также возможность работы оборудования на 100%-м водороде. Электростанция обеспечит высокую эксплуатационную гибкость и будет иметь низкие уровни эмиссии. По расчетам специалистов, будет достигнуто сокращение выбросов CO₂ на 220 тыс. тонн в год.

Проект реализуется в рамках программы государственно-частного партнерства по декарбонизации энергетики в стране. В настоящее время более 40% выбросов CO₂ в Сингапуре приходится на энергетический сектор.

Keppel to develop Singapore's first hydrogen-ready power plant.

Keppel Energy has reached final investment decision to develop a 600 MW state-of-the-art, advanced combined cycle gas turbine power plant, and has awarded an engineering, procurement and construction contract to a consortium comprising Mitsubishi Power and Jurong Engineering for the construction of the plant. To be built in the Sakra sector of Jurong Island, the Keppel Sakra Cogen Plant will be the first hydrogen-ready power plant in Singapore.

ООО «НГ-Энерго» поставило дизельные электроагрегаты для КС-7 «Сивакинская» (Амурская область).

На производственной площадке «НГ Энерго» изготовлены и поставлены заказчику две дизель-генераторные установки общей мощностью 2,6 МВт. В состав оборудования вошли модульные дизельные электростанции ЭНЕРГО-Д1600/0,4КН30 электрической мощностью 1600 кВт и ЭНЕРГО-Д1000/0,4КН30 мощностью 1000 кВт.

Поставленное оборудование будет использоваться как аварийный источник электроснабжения компрессорной станции КС-7 «Сивакинская» магистрального газопровода «Сила Сибири».

Газопровод «Сила Сибири» – крупнейшая газотранспортная система на востоке России. По нему будет транспортироваться газ Иркутского и Якутского центров газодобычи российским потребителям на Дальнем Востоке и в Китай («восточный маршрут»). Протяженность газопровода около 3000 км. Диаметр труб – 1420 мм. Рабочее давление газа – 9,8 МПа. Экспортная производительность – 38 млрд м³/год. Трасса газопровода проходит по территориям Иркутской области, Якутии и Амурской области.



Издательский дом МЭИ

idmei.ru



Выпущено новое издание книги

Газотурбинные энергетические установки

учебное пособие для вузов / С.В. Цанев, В.Д. Буров, А.С. Земцов, А.С. Осыка; под ред. проф. В.Д. Бурова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский дом МЭИ, 2022. – 428 с.: ил.

Изложены основы теории энергетических газотурбинных установок электростанций. Значительное внимание уделено особенностям их конструкций и составу тепловых схем, методам повышения КПД производства электроэнергии и экономии топлива. Приведены методики расчета показателей их экономичности. Особое внимание уделено факторам, влияющим на режимы и характеристики ГТУ, способам регулирования отпуска электроэнергии. Рассмотрены вопросы улучшения экологических показателей установок.

Предназначено для студентов энергетических вузов, может быть полезно научным сотрудникам, инженерам, персоналу электростанций.

Приобрести указанную книгу можно через сайт <https://www.idmei.ru>

Контактная информация: АО «Издательский дом МЭИ», 111024, Москва, ул. 2-я Кабельная, д. 2, тел: (495) 280-12-46, электронная почта: info@idmei.ru

РЕКЛАМА

Многотопливная вихревая противоточная камера сгорания для энергетических ГТУ

Р. Л. Илиев, С. А. Мешков, Б. В. Миславский – ООО «Экоспектр», Москва

Создание многотопливных и многорежимных камер сгорания обусловлено большим разнообразием применяемых топлив и условий эксплуатации ГТУ. В частности, расширяется применение пиролизного и синтез-газа с содержанием водорода для производства как электрической, так и тепловой энергии.

Предлагаемая конструкция КС отличается высокой эксплуатационной технологичностью, обеспечивая надежное сжигание как высококалорийного топлива (природный газ, дизтопливо), так и низкокалорийного (сингаз) без перерегулирования и остановов в работе.

In brief

Multi-fuel reverse-flow combustion chamber for gas turbine plants.

The development of multi-fuel and multi-mode combustion chambers is due to the wide variety of fuels used and the operating conditions of gas turbines. The use of pyrolysis and synthesis gas, gas with hydrogen content for the production of electrical and thermal energy is expanding.

Создание камер сгорания для современных газотурбинных установок и установок для переработки углеродосодержащего сырья направлено на: а) расширение использования различных видов топлива – многотопливность; б) сокращение вредных выбросов – экологичность; в) расширение устойчивой работы в широком диапазоне режимов ГТУ – многорежимность; г) повышение надежности наряду с уменьшением применения дорогостоящих жаропрочных сплавов и теплозащитных покрытий – надежность и простота.

Основной задачей проводимых исследований являлась разработка опытной отечественной камеры сгорания, отвечающей требованиям перечисленных направлений

развития КС и способной стать основой реализации КС для энергетических ГТУ.

Предлагаемая конструкция камеры сгорания базируется на концепции созданного еще в 1970-е годы запального устройства авиационного двигателя РД36-51 для самолета ТУ-144 и аналогичной концепции течения в вихревой трубке Ранка-Хилша [1] – это вихревая противоточная структура течения внутри КС. Также использована концепция многослойной (Flame Sheet) или стадийной (Staged) подачи воздуха и топлива внутрь жаровой трубы (которая применялась компаниями PSM, GE, а в России – на Невском заводе в рамках концепции прямооточной и противоточной закрученных кольцевых струй) в созданной конструкции ГТН25 [3]. В противоточной конструкции КС разворот потока создает естественную и устойчивую зону стабилизации горения, формируется вихревая структура с относительно «холодным» периферийным вихрем, что обеспечивает «низкую» температуру стенки КС, и центральным вихрем, в котором происходит горение перемешанного топлива.

Реализованная структура течения имеет принципиальные отличия от изготовленных ранее КС, обеспечивает многорежимность по коэффициентам избытка воздуха, более широкий диапазон по бедному и богатому срыву пламени.

Разработанная нами камера сгорания включает корпус и жаровую трубу, завихритель или несколько завихрителей, форсунки подачи

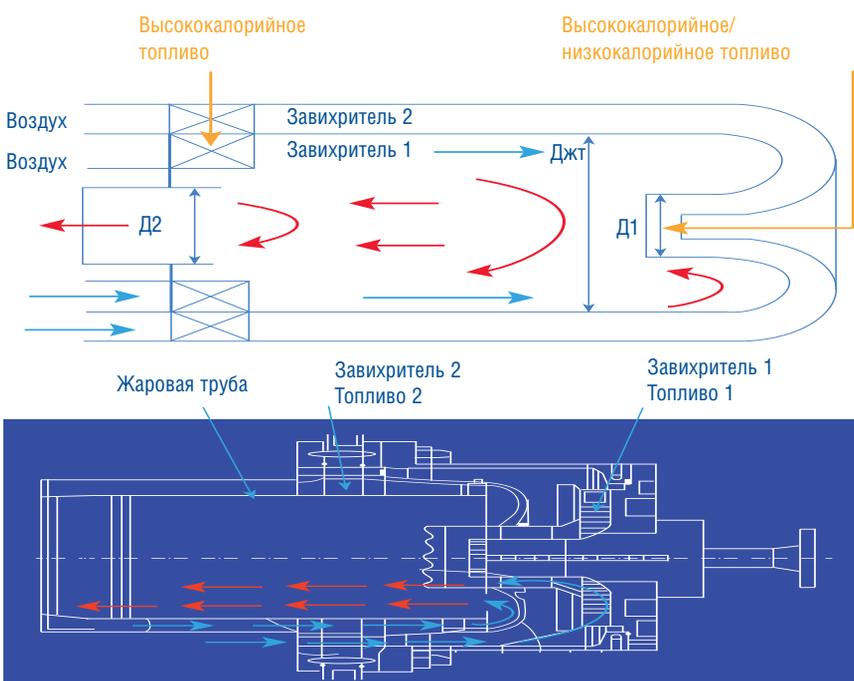


Рис. 1. Схема течения воздуха, топлива и продуктов сгорания в разработанной КС. Сравнение с камерой сгорания PSM Ansaldo

топлива и другие элементы. На *рис. 1* представлена схема течения воздуха, топлива и продуктов сгорания. Воздух из-за компрессора ГТУ поступает через завихритель *1* внутрь жаровой трубы (ЖТ), образуя периферийный вихрь, и движется вдоль цилиндрической стенки ЖТ. Достигая торцевой стенки (в общем случае специально спрофилированной), закрученный поток разворачивается, образуя центральный вихрь, движущийся в противоположном направлении к выходу из КС, и устойчивую зону стабилизации горения. Другой поток воздуха из-за компрессора движется вдоль наружной стенки ЖТ и, закручиваясь в завихрителе *2*, поступает внутрь жаровой трубы. Топливо может подаваться как через завихритель *1*, так и через форсунку, установленную на торцевой стенке ЖТ.

На *рис. 1* также представлена схема течения внутри предлагаемой КС в сравнении с известной двухслойной конструкцией компании PSM Ansaldo Group [2]. Главное отличие заключается в расположении завихрителя *1* и противоточной структуре течения воздуха или топливоздушной смеси (предварительное смешение) внутри жаровой трубы. И поскольку стенка ЖТ омывается с наружной и внутренней стороны «холодным» воздухом, не требуется применять теплозащитное покрытие и дорогостоящие сплавы, как это необходимо для камер сгорания PSM Ansaldo или GEDLN (*рис. 2*). Конструкция защищена патентом РФ № 2757705 [4].

В сравнении с известной КС GEDLN (*рис. 2*) с дополнительной подачей топлива в конце ЖТ [5], разработанный вариант КС имеет ряд существенных преимуществ. Концепция GE сводится к использованию двух мест подвода топлива, чтобы обеспечивать двухстадийное горение (Late Lean Injection) с целью достижения низких уровней вредных выбросов на

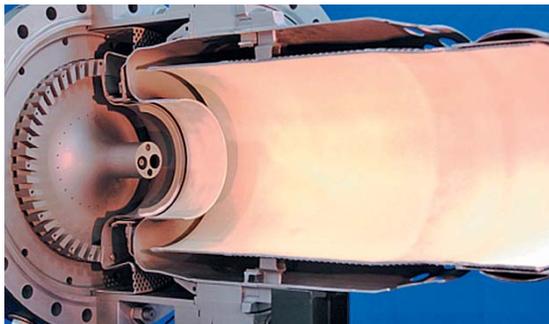


Рис. 2. а) Вид двухслойной камеры сгорания PSM Ansaldo с теплозащитным покрытием жаровой трубы

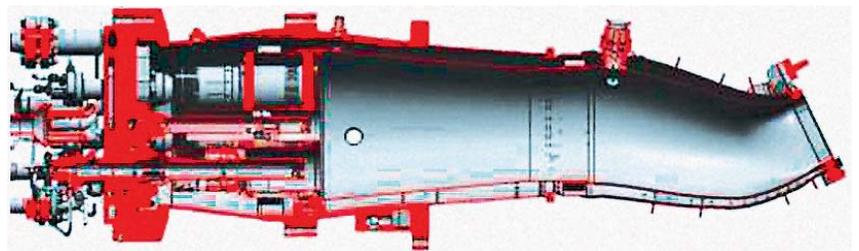


Рис. 2. б) Камера сгорания GEDLN с двухступенчатой подачей топлива (Late Lean Injection)

номинальных и частичных нагрузках (много-режимность).

В нашем случае вместо форсунок LLI камеры сгорания GE с подачей топливоздушной смеси, расположенных равномерно по окружности в конце ЖТ (*рис. 2*), применяется разделитель потоков воздуха с кольцевым завихрителем *1* внутреннего потока и отверстиями подвода топлива в лопатках завихрителя *1*. Переходный патрубок на выходе жаровой трубы изготавливается по традиционным технологиям.

На частичных нагрузках производится подача топлива в завихритель *2* и форсунки, расположенные на торцевой стенке ЖТ. На номинальных режимах работы топливо дополнительно подается в завихритель *1*. Главным отличием является более равномерное распределение топливоздушной смеси по сравнению с дискретными форсунками



Рис. 3. Компьютерная 3D модель, опытная КС РБСЗ во время экспериментальных исследований (август 2021 г.)

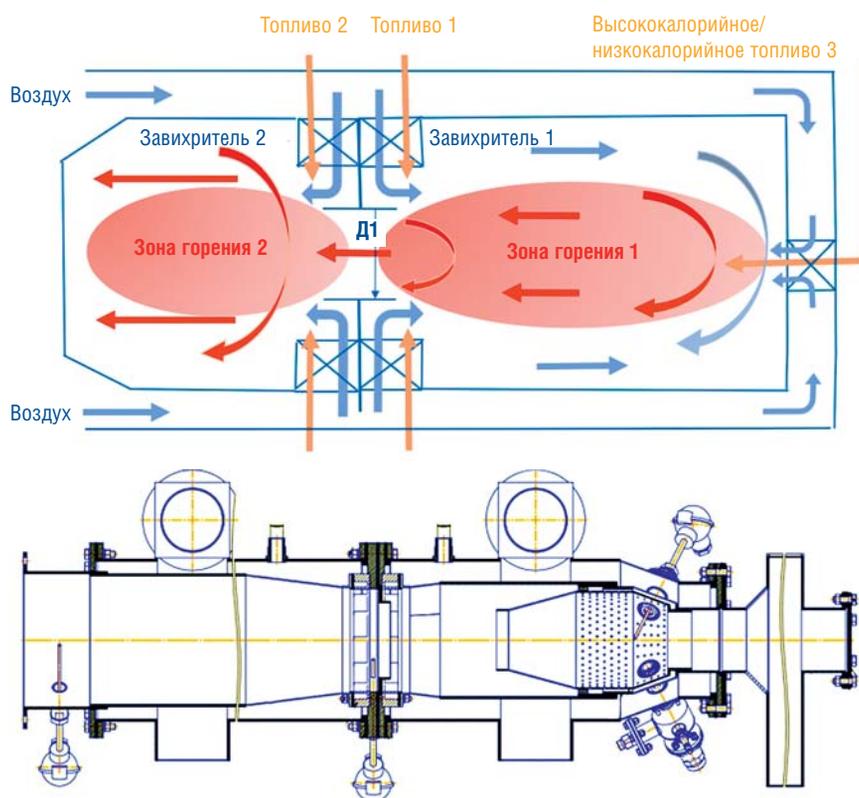


Рис. 4. Схема течения воздуха, топлива, продуктов сгорания. Продольный разрез двухступенчатой вихревой противоточной КС РБС2

LLI GE, более равномерное температурное поле и, как следствие, более низкие уровни эмиссии. Конструкция КС становится более простой и дешевой, температура стенок ЖТ остается по-прежнему «низкой».

Реализация такого двухстадийного сжигания является современным направлением развития низкоэмиссионных КС для энергетических ГТУ. Конструкция защищена патентом РФ №2740240 [6].

Описанные выше конструкции реализованы в «металле», изготовлены опытные образцы, после серии экспериментальных исследований на атмосферном стенде КС в г. Рыбинске получены предварительные характеристики. Выполнено численное моделирование процессов смесеобразования, горения и теплообмена на основе компьютерной 3D модели. Верификация результатов численного моделирования проводилась как сравнением с экспериментальными замерами на стенде, так и на основе известных в литературе исследований скоростей продуктов сгорания, распределений температуры внутри и на выходе из вихревой камеры в работе [7].

Сравнение опытных и численных исследований позволило сформировать пути дальнейшего совершенствования вихревой противоточной конструкции КС РБС, оптимизировать распределение скоростей, температур, процессов смесеобразования и горения на основных режимах работы. На рис. 3 представлены 3D компьютерная модель

и фотографии изготовленной / исследованной камеры сгорания РБС3, реализованной без переходного патрубка к турбине, для исследования процессов смесеобразования, стабилизации пламени и горения.

На стенде КС подача воздуха осуществлялась высоконапорным вентилятором производительностью ~350 м³/ч и напором ~30 кПа. Надежные запуски КС обеспечивались спроектированным и установленным запальным устройством (ЗУ), подача высококалорийного природного газа или пропана выполнялась как через отверстия в завихрителе (предварительное смешение), так и через форсунку в торце (диффузионное горение).

На номинальном режиме температура продуктов сгорания на выходе достигала 1200 °С. Уровни эмиссии NO_x и СО на максимальном и частичном режимах не превышали ~15 ppm. Следует отметить, что КС изготовлена из обычных нержавеющей сталей, без применения теплозащитных покрытий. Температура материала корпусов, жаровой трубы не превышала 300...400 °С. Общая наработка КС РБС составила около 100 часов, а частичная разборка продемонстрировала хорошее состояние матчасти.

В настоящее время известны способы получения менее калорийного топлива – сингаза (с различным содержанием водорода) для применения в энергетических ГТУ. Это переработка каменного угля в газификаторах, паровой риформинг для переработки природного газа CH₄, а также пиролиз для переработки, например, отходов растениеводства (рис, кукуруза, подсолнечник и др.). Ежегодное производство рисовой шелухи, например, в Китае составляет около 250 млн тонн [8], из которой при пиролизной переработке и сжигании можно получить примерно 100 ГВт электрической мощности. Безусловно, при ее переработке в пиролизных установках уровень выбросов вредных веществ в несколько раз меньше по сравнению с существующим сжиганием отходов в «отвалах». Компания «Экоспектр» занимается разработкой пиролизных установок для утилизации углеродосодержащих отходов и производства органического топлива – сингаза, с получением тепловой энергии. В частности, создаются автономные установки с производительностью по сырью рисовой шелухи 5 кг/ч и 100 кг/ч [9].

Испытания камеры сгорания в составе установки производительностью 5 кг/ч по переработке рисовой шелухи, использованной в качестве генератора/источника органического топлива (сингаза), показали возможность устойчивого сжигания низкокалорийного топлива.

В состав пиролизного газа при влажности сырья -10 % (расчетная теплотворная способность газа 6...10 МДж/кг) из горючих компонентов входили: CO-17 %, CH₄-7 %, C₂H₆-1 %, H₂-6 %, H₂S-2 %, остальные компоненты – азот, углекислый газ, вода и др. Переход на пиролизный газ осуществлялся непрерывно за счет уменьшения подачи природного газа CH₄ и изменения расходов окислителя.

Другой изготовленный и испытанный вариант КС большей мощности представлял собой двухступенчатую конструкцию, вторая ступень которой имитирует переходный патрубок перед турбиной (рис. 4). Расход воздуха от вентилятора -1500 м³/ч, напор давления -30 кПа.

Исследовалась работа на номинальном режиме с подачей топлива через завихрители форсунки 1, 2, 3. На частичных нагрузках подача топлива осуществлялась через завихрители 1 и 3, требуемый расход воздуха перепускался во вторую ступень без горения, обеспечивая низкие суммарные выбросы CO (концепция Staged Combustor). Подача низкокалорийного пиролизного газа может осуществляться через завихритель и отверстие в торце.

Исследования проводились на созданном автоматизированном «атмосферном» стенде камер сгорания. Работа САУ, системы замеров параметров стенда и испытаний осуществлялась «одной кнопкой» и контролировалась оператором на панели управления.

В результате испытаний отработаны режимы: запуск с помощью ЗУ, выход на номинальный режим с контролем температуры за первыми и вторыми ступенями, останов; успешно продемонстрированы алгоритмы САУ в широком диапазоне режимов, включая переход на другое топливо. Зафиксированы значения температуры продуктов сгорания на выходе из первой ступени -1200 °С, низкие уровни выбросов NO_x и CO -15 ppm.

Камера сгорания продемонстрировала уникальные характеристики. Корпус и жаровая труба были изготовлены из обычных нержавеющей сталей, значения их температур не превышали 300 °С. Пересчет на условия энергетической ГТУ показал, что температуры не превысят допустимых значений без теплозащитных покрытий.

Подтвержден существенно более широкий диапазон устойчивой работы по бедному и богатому срывам, чем у обычных камер сгорания. В частности, КС РБС2 бесперебойно работала при изменении коэффициента избытка воздуха в 8 раз без срыва пламени

Таким образом, на основе полученных данных можно констатировать, что на сегодня разработана, прошла успешные испытания

и исследования двухтопливная двухступенчатая вихревая опытная КС для современных энергетических ГТУ. Проектирование, изготовление и испытания КС полностью проводились российскими специалистами на российских предприятиях. **□**

Литература

1. Patent US №1952281 «Method and apparatus for obtaining from a fluid under pressure two currents of fluid at different temperatures». Application December 6, 1932, Serial No. 646020, in France December 12, 1931.

2. «A Revolution in Combustion Technology for Power Generation Gas Turbines», FlameSheet, Power Systems Mfg., LLC, редакция 11/2020, www.psm.com.

3. Сударев А.В., Маев В.А. Камеры сгорания газотурбинных установок. Интенсификация горения. Л.: Недра, 1990.

4. Патент РФ № 2757705 «Горелка с двухслойным вихревым противоточным течением», приоритет изобретения от 13 января 2021 года.

5. GE DLN LLI, www.ge.com.

6. Патент № 2740240 «Горелка вихревая противоточная», приоритет изобретения от 20 июля 2020 года.

7. Flame movement mechanisms and characteristics of gas fired cyclone combustor / S.E. Najim, A.C. Styles, N.Syred // Eighteen Symposium on Combustion. -1981.-Volume 18.- Issue 1. - PP.1949 -1957.

8. Global rice husk ash market, Research Report Forecast 2017-2022. – published by S&P Consulting, 2019.

9. Логинов С.В., Масалевич А.И., Мешков С.А., Миславский Б.В. Обзор способов и оборудования для утилизации отходов растениеводства. Реализация низкотемпературного пиролиза и газификации в пилотной и мобильной установках / Известия С.-Петербургского государственного технологического института. 2020, № 55 (81).



□ Рис. 5. Двухступенчатая камера сгорания РБС2

Увеличена мощность ДЭС в Архангельской области.

Предприятие «ПСМ» изготовило две высоковольтные дизель-генераторные установки ADMi-1000 для увеличения мощности электростанции в г. Мезень Архангельской области. Энергоблоки созданы на базе двигателей S12R-PTA компании Mitsubishi и генераторов Mecc Alte, их общая электрическая мощность составляет 2 МВт.

Генподрядчиком проекта выступила компания «Техэкспо». В ходе модернизации станции был проведен демонтаж двух ДГУ Г-72М № 2 и № 5 (весом по 34 т) с разборкой и последующим восстановлением участка стены здания ДЭС. Значительные габариты и вес, а также ограниченное пространство потребовали поэлементной разборки ДГУ: рама – 6,7 т, блок – 5 т, коленвал – 3,8 т.

Новые ДГУ мощностью по 1 МВт были установлены в помещение с помощью специальных тележек, позволяющих перемещать по настилу крупногабаритные грузы в несколько тонн.

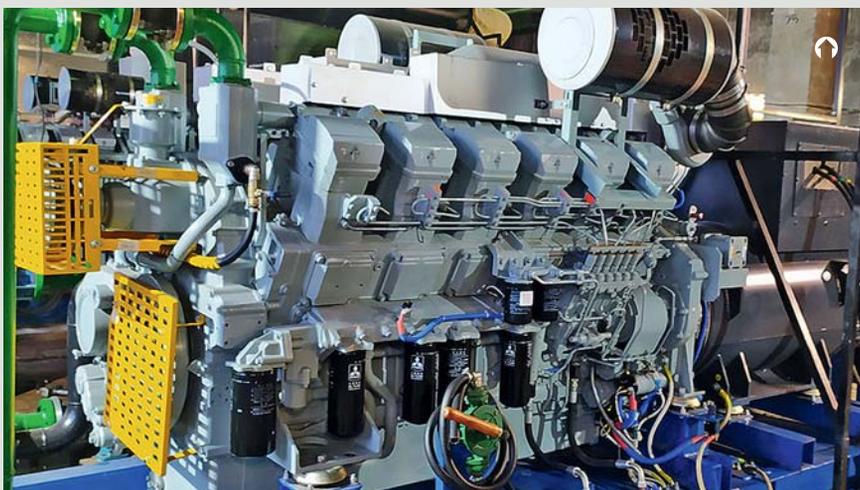
Был выполнен монтаж выносного электрорадиатора, шкафов управления, СУТ, выносного пульта управления, системы охлаждения и топливной системы, релейной защиты, заземления ДГУ, кабельных линий 6 кВ. После окончания монтажных и пусконаладочных работ оборудование введено в эксплуатацию.

ДГУ работают как основной источник энергии, в параллель с установленными ранее агрегатами. Ресурс двигателей до капремонта – 40 тыс. моточасов. Одна из установок оборудована системой утилизации тепла.

Мезенская ДЭС компании «МРСК Северо-Запада» работает в составе изолированной сети и обеспечивает электроэнергией 19 населенных пунктов Мезенского района.

Total capacity of the Mezen diesel power station in the Arkhangelsk region has been increased.

PSM company has manufactured two ADMi-1000 high-voltage diesel generator sets to increase the capacity of the power station in the city of Mezen, Arkhangelsk region. The power plants are based on Mitsubishi S12R-PTA engines and Mecc Alte generators, their total electrical capacity is 2 MW. The general contractor of the project was Techexpo company. During the modernization of the station, two G-72M diesel power plants No. 2 and No. 5 (weighing 34 tons each) were dismantled with disassembly and subsequent restoration of the section of the wall of the station building. Significant dimensions and weight, as well as limited space, required piecemeal disassembly of the diesel plants: frame (6.7 t), block (5 t), crankshaft (3.8 t).



Завершена модернизация ГУБТ-25 за доменной печью №5 Череповецкого металлургического комбината.

Цель инвестиционного проекта стоимостью 600 млн рублей – увеличение производства электроэнергии ГУБТ-25 за счет более эффективного использования избыточного давления газа после доменной печи № 5. Для этого решено было установить турбину с лучшими параметрами работы, заменив старую.

Реализация данного проекта обеспечит к 2023 году 95 % производства собственной электроэнергии от общей потребности комбината (в 2021 г. она составила 72,5 %).

В 2020/21 гг. на предприятии введена доменная печь № 3, первый блок комплекса коксовой батареи № 11, дуговая сталеплавильная печь № 1. Дополнительные мощности требуют увеличения объема электроэнергии. Новые генерирующие источники используют вторичные энергоресурсы, что является важным для экологии.

Стоимость покупной электроэнергии для предприятия почти в три раза выше, чем произведенной с помощью ГУБТ. Применение нового энергоблока приближает компанию к цели по снижению парниковых газов производства на 3 % к 2023 г. по сравнению с уровнем 2020 г.

Старый агрегат был введен в эксплуатацию в начале 2000-х годов и свой ресурс выработал. В ходе модернизации ГУБТ-25 выполнен демонтаж старого оборудования и обвязки, установлен новый фундамент, турбина, генератор, смонтированы технологические трубопроводы, насосная станция, электрическая часть, кабельные трассы и автоматическая система управления, быстродействующая арматура для обеспечения безопасности работы агрегата.

Производителем и поставщиком новой турбины выступила китайская компания XIAN Shaangu Power Co.

На ТЭС-1 Архангельского ЦБК заменят ПТУ.

Архангельский ЦБК и компания «Ротек» ведут модернизацию энергохозяйства целлюлозного комбината. На ТЭС-1 будет заменен энергоблок № 6 мощностью 30 МВт. Проект стоимостью более 2 млрд рублей будет реализован без государственного субсидирования.

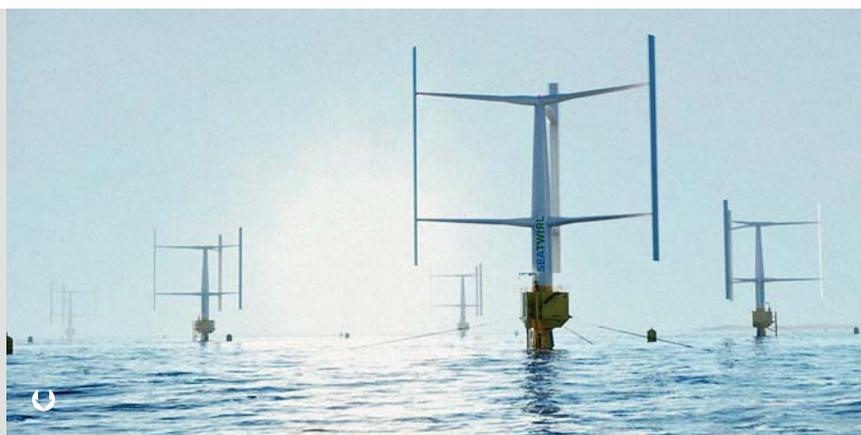
АО «Ротек» разрабатывает рабочую документацию для установки ПТУ. Турбоагрегат будет изготовлен на УТЗ и оснащен системой прогностики и мониторинга ПРАНА, позволяющей прогнозировать поломки за несколько месяцев до их возникновения.

Договор о поставке оборудования на 1,4 млрд рублей был заключен в середине года. В мае компания завершила на ЦБК гарантийные испытания новой паросиловой установки Т-60 мощностью 60 МВт (агрегат № 7). Второй агрегат ПТ-30 мощностью 30 МВт заменит устаревшую турбоустановку № 6, которая находится в эксплуатации с 1963 г.

В течение следующего года «Ротек» разрабатывает документацию по устройству фундамента, монтажу самого турбоагрегата, трубопроводов, электрики и автоматики. Турбина будет доставлена на ТЭС в г. Новодвинск в конце 2023 года и установлена на ТЭС в 2024 г.

Новый турбоагрегат с противодавлением будет вырабатывать пар для производственного и отопительного отбора, используемого для подогрева сетевой воды. После замены турбины № 6 для полной модернизации генерирующих мощностей на ТЭС-1 планируется заменить агрегат № 8.

Капитальный ремонт агрегата № 8, находящегося в работе с 1967 г., завершен в начале июля текущего года, получено разрешение на его эксплуатацию в течение 40 тысяч часов.



Плавающая ветротурбина мощностью 1 МВт с вертикальным ротором будет установлена у берегов Норвегии.

По утверждению специалистов шведской компании SeaTwirl, плавающие ветротурбины с вертикальным ротором являются оптимальным решением для выработки электроэнергии на глубоководном шельфе. В настоящее время подписано соглашение между компаниями SeaTwirl и Westcon об установке пилотной турбины S2x на шельфе в Северном море.

Компания SeaTwirl была основана в 2011 году, в 2015-м она представила на рынок пилотный экземпляр турбины S1 мощностью 30 кВт с вертикальным ротором. Ее высота над уровнем моря составляет 13 м, высота подводной части 18 м. Турбина была установлена на шельфе в районе г. Лисекиля (Швеция), подключена к сети и вырабатывала электроэнергию в течение 7 лет. В ходе опытно-промышленной эксплуатации ветротурбина доказала свою надежность в условиях шторма и ураганного ветра.

По мнению специалистов, турбины с вертикальным ротором (VAWT) имеют ряд преимуществ по сравнению с турбинами с горизонтальным ротором (HAWT). Они могут принимать ветер со всех направлений, поэтому нет необходимости оснащать их дорогостоящими системами для направления на ветер, которые заметно утяжеляют всю конструкцию. Электрогенераторы могут устанавливаться ниже уровня воды.

Для турбин HAWT необходимо устанавливать тяжелое оборудование в гондole, наверху опорных башен, где находится главный ротор. При этом создается конструкция с тяжелым верхом, требующая исключительной прочности башни и достаточных противовесов в подводной части, чтобы удерживать их в вертикальном положении. Такая конструкция является более затратной и материалоемкой.

КОМПЛЕКСНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ГАЗОВЫХ И ПАРОВЫХ ТУРБИН

Siemens
General Electric
Dresser Rand
Pratt & Whitney
Rolls-Royce
Centrax

Максимальная эффективность очистки

FYREWASH

Alstom
Ansaldo
Ansaldo Energia
Solar Turbines
Mitsubishi
Kawasaki

Премиальные минеральные и синтетические масла

Роснефть, Aeroshell, Тоталь, Eastman, CPI

ЗАО «Росма» – официальный дистрибьютор в России и странах СНГ. www.rosma.ru, тел. +7 (831) 277-38-77

РЕКЛАМА

Турбинные масла TAIF Rave для зарубежных ГТУ: успешный опыт импортозамещения

И. А. Степанков – ООО «С-Техник»

Р. В. Ахметов – ООО «ТАИФ-СМ»

Активный уход с российского рынка крупных зарубежных производителей смазочных материалов, а также государственная программа импортозамещения мотивирует генерирующие компании и прочие предприятия, владеющие парком зарубежного динамического оборудования (паровые и газовые турбины, насосно-компрессорное оборудование) прорабатывать переход на турбинные масла российского производства.

In brief

TAIF Rave turbine lubricating oils for foreign gas turbines: successful experience of import substitution.

The active withdrawal of large foreign manufacturers of lubricants from the Russian market, as well as the state import substitution program, forces generating companies and other enterprises that own a fleet of foreign dynamic equipment (steam and gas turbines, pumping and compressor equipment) to work out the transition to Russian-made turbine oils.

One of the domestic producers of modern turbine oils for imported gas turbines is TAIF Lubricants LLC with a series of TAIF Rave turbine oils.

Одним из отечественных производителей современных турбинных масел для импортных газовых турбин является ООО «ТАИФ-Смазочные материалы» с серией турбинных масел TAIF Rave. Предприятие совместно с федеральным дистрибьютором – ООО «С-Техник» проводит техническую работу по замещению масел, применяемых в генерирующем оборудовании зарубежного производства, отечественными продуктами.

Турбинное смазочное масло TAIF Rave (минеральное) и TAIF Rave PAO (синтетическое) производится на основе отечественных базовых компонентов на заводе в г. Нижнекамске, Республика Татарстан. Турбинное масло TAIF Rave соответствует требованиям основных производителей газотурбинного оборудования, таких как Siemens Energy, General Electric, Solar Turbines, Ansaldo Energia и др.

ООО «ТАИФ-СМ», первый и единственный в России производитель полиальфаолефиновых масел (ПАОМ), ориентировано на замещение на российском рынке импортных высокоэффективных масел и смазочных материалов.

Усовершенствованная техническая и технологическая база завода синтетических масел (бренд TAIF Lubricants), а также собственная научно-исследовательская платформа позволили создать в Нижнекамске инновационное производство, продукция которого не уступает зарубежным аналогам.

Производство смазочных материалов, выпускаемых под брендом TAIF Lubricants, представляет собой полный технологический цикл – от приема сырья с предприятия «Нижнекамскнефтехим» до разработки собственных рецептур и производства готовых товарных смазочных материалов и базовых масел IV группы (ПАОМ) по API в промышленных объемах, их фасовки и отгрузки дистрибьюторам и потребителям.

Техническими специалистами компаний «ТАИФ-Смазочные материалы» и «С-Техник» была проведена серьезная работа по оценке совместимости турбинных масел согласно методике международного стандарта ASTM и рекомендациям производителей оборудования. Целью данной работы было получение лабораторных заключений о совместимости масел, соответствующих одной спецификации производителя, при процедуре перехода масла методом доливки (top-up) или, в случае отсутствия возможности промывки маслосистемы, полной замены масла без проведения процедуры промывки маслосистемы ГТУ. Данные меры позволяют владельцу оборудования существенно сэкономить средства при переводе оборудования с импортного турбинного масла на отечественное турбинное масло TAIF RAVE, в случае когда это необходимо.

С Заливка турбинного масла TAIF Rave 46EP в SGT-600 на объекте генерации



Используемые турбинные масла	Производитель	Оборудование	Масло ТАИФ-СМ	Совместимость	Соответствия требованиям производителя
Shell Turbo T46 Mobil DTE 846 Castrol Perfecto X46 Texaco GST EP46 MOL Turbine 46K Shell Turbo S4 GX46 Total Preslia GT46	Siemens	SGT-300 SGT-400	TAIF Rave 46EP TAIF Rave PAO 46	+	Fluid Specification report 65/0027
		SGT-600 SGT-800			MAT 812109
	GE/Alstom	SGT5-2000E SGT5-4000F	TAIF Rave 32 TAIF Rave PAO 32	+	TLV 9013 04/05
		GT13E2			Alstom HTGD 90 117 V0001 X
Total Preslia GT32 Mobil DTE 832 Shell Turbo T32 Shell Turbo S4 GX32 ENI OTE GT32 Mobil SHC 824 (ПАО)	GE	Frame 6 Frame 9	TAIF Rave 32 TAIF Rave PAO 32	+	GEK 101941
	Solar	Titan-130 Mars-100 Taurus-60			Solar Turbines ES9-224
		Ansaldo	AE64.3A		
	Kawasaki	GPB70			-

Масла производства «ТАИФ-СМ» – российские аналоги импортных масел

Были проведены десятки тестов в рамках процедуры оценки совместимости импортных турбинных масел с маслом TAIF Rave. На основании полученных данных отработана схема перевода оборудования с одного бренда масла на другой с контролем критических параметров масла до процедуры перехода и после нее.

Опыт использования турбинного масла TAIF Rave 46EP в газовых турбинах Siemens

Турбинное масло TAIF Rave 46EP имеет действующий допуск от компании Siemens Energy по спецификации TLV 9013 04/05 и полностью отвечает требованиям SIT AB спецификации MAT 812109 для турбин серии SGT 500-800 (г. Финспонг, Швеция). Рынок таких турбин в РФ насчитывает более 50 единиц. TAIF Rave 46EP успешно используется в турбинах SGT-600 и SGT-800, где был выполнен переход с импортных масел MOL Turbine 46K и Texaco GST EP46 соответственно. Перевод оборудования на отечественное масло TAIF Rave 46EP был выполнен способом полной замены без промывки маслосистемы.

Опыт использования масла TAIF Rave 32 в турбинах General Electric

Турбинное масло TAIF Rave 32 соответствует требованиям спецификаций General Electric GEK 101941 (газовые турбины GE серии Frame 6FA), GEK 32568 (серии Frame 9). В России есть успешный опыт перехода ГТУ GE Frame 6FA с импортных масел Total Preslia GT32 на отечественное TAIF Rave 32.

Общее количество газовых турбин такого типа в России насчитывает около 50 единиц. Также TAIF Rave 32 используется в системе смазки генератора Brush в составе газотурбинной установки LM2500+G4, заменив импортный продукт Castrol Perfecto X32.

Опыт использования турбинного масла TAIF Rave 32 в газовых турбинах Solar Turbines

Еще один крупный иностранный участник рынка энергетического и нефтегазоперекачивающего оборудования – это компания Solar Turbines Inc. Количество газотурбинных установок этого производителя насчитывает более 150 единиц, основная часть которых используется в нефтегазовом секторе.

Спецификация № ES9-224 по выбору смазочного масла для газовых турбин Solar Turbines в зависимости от условий эксплуатации предусматривает использование 4 типов турбинного масла:

1. Синтезированные углеводороды (ПАОМ);
2. Минеральное нефтяное масло;
3. Синтетическое авиационное масло по спецификации MIL-PRF-23699;
4. Синтетическое масло на базе фосфатных эфиров.

Для производства масел используется современное высокотехнологичное оборудование



➤ В лаборатории предприятия постоянно ведется работа по созданию новых масел и совершенствованию выпускаемой продукции

Наиболее распространенным в системе смазки газовых турбин Titan-130, Mars-100, Taurus-60 является турбинное минеральное масло Mobil DTE 832 (класс 2) для установок, эксплуатируемых в широтах с диапазоном температур от -3°C до $+43^{\circ}\text{C}$.

Для окружающей среды с температурным диапазоном от -48°C до $+46^{\circ}\text{C}$ используются турбинные масла Класса 1 на основе синтезированных углеводородов, такие как Mobil SHC 824. Аналогом этого масла является TAIF Rave PAO 32.

Отличительной особенностью турбинных масел на основе ПАОМ являются их низкотемпературные и антиокислительные свойства. Основная область применения – это компрессоры и газовые турбины с гидродинамической системой смазки, работающие в условиях низких температур. На месторождении одной из крупных нефтяных компаний сибирского региона в составе ЭСН применяются газотурбинные установки Titan-130 (Solar Turbines) для производства электроэнергии.

ГТУ имеют контейнерное исполнение, их конфигурация предусматривает размещение маслоохладителя снаружи основного блока турбины. Несмотря на то, что система маслоснабжения имеет независимый контур электроподогрева смазочного масла, при очень низких температурах вязкость обычного минерального турбинного масла на основе 2-3-й

➤ Свойства турбинных масел серии TAIF Rave

№	Параметры	Единица измерения	TAIF Rave PAO 32	TAIF Rave 32	TAIF Rave 46 EP
1	Класс вязкости	ISO VG	32	32	46
2	Вязкость при 40°C	мм ² /с	34	32	46
3	Индекс вязкости		128	126	122
4	Плотность при 15°C	кг/м ³	830	840	851
5	Температура вспышки	$^{\circ}\text{C}$	230	243	246
6	Температура застывания	$^{\circ}\text{C}$	-58	-18	-16
7	Общее кислотное число, конечный продукт	мг КОН/г	< 0,06	0,08	0,086
8	Антикоррозионные свойства		соотв.	соотв.	соотв.
9	Коррозия медной пластинки		1a	1a	1a
10	Эмульсионные характеристики 40-37-3	мин	20	20	20
11	Освобождение воздуха до 0,2 %	мин	0,4	1,0	1,3
12	Пенообразование при 24°C	мл	10/0	10/0	20/0
13	Остаток пены после 1 мин выдержки	мл	0	0	0
14	Содержание воды/ цинка	ppm	0	0	0
15	Стойкость к окислению (TOST 3)	ч	> 10000	> 10000	> 10000
16	Окислительная стабильность (RPVOT 4)	мин	1500	1300	1608
17	Загрязнения	Код ISO; NAS	20/17/14	-/13/10	-/13/10
18	Несущая способность	FZG	12	12	12



группы базового сырья сильно повышается. Это усложняет или делает невозможным пуск ГТУ после простоя.

В данном случае по условиям спецификации ES9-224 предусмотрено использование масла на основе синтезированных углеводородов. Заказчик по умолчанию использовал продукт Mobil SHC 824 в системе смазки ГТУ Titan-130. После проведения технических консультаций с производителем оборудования, проведения тестов по оценке совместимости масел оборудование было успешно переведено на отечественный продукт TAIF Rave PAO 32.

Что касается центральных регионов РФ, нужно отметить успешный опыт использования масла TAIF Rave 32 в системе смазки ГТУ Solar Turbines Taurus-60, где была проведена процедура перехода с турбинного масла Shell Turbo T32 способом полной замены без промывки.

На данный момент общая наработка турбинных масел TAIF Rave составляет более 25 тыс. часов. За все это время оборудование штатно работает в заданных режимах без отклонений. Систематически проводятся контрольные испытания в соответствии с требованиями производителей оборудования, которые подтверждают правильность выбора, направленного на замещение импортных турбинных масел отечественным маслом TAIF Rave. **TD**

Вы всегда можете задать интересующий вас вопрос, связавшись с федеральным дистрибьютором «ТАИФ-СМ» по энергетике – компанией «С-Техникс».

т. 8 (831) 42-333-49,

т. моб. 8 (929) 047-30-31

mail@s-technn.ru. stechnics.ru

ПАО «Сахалинэнерго» заключило контракт с АО «ОДК–Авиадвигатель» на поставку двух ЭГЭС-25ПА.

Предприятие «ОДК–Авиадвигатель» приступило к изготовлению ЭГЭС-25ПА мощностью по 25 МВт для Южно-Сахалинской ТЭЦ-1. Один энергоблок планируется ввести в эксплуатацию в начале 2024 года, другой – во втором полугодии. ГТУ повысят устойчивость энергосистемы острова.

Для сокращения сроков монтажа агрегаты поступят на ТЭЦ-1 в виде блоков повышенной заводской готовности. ЭГЭС-25ПА контейнерного исполнения будут работать на открытой площадке, в простом цикле. Производимая электроэнергия предназначена для покрытия пиковых нагрузок Южно-Сахалинской ТЭЦ-1.

Энергоблоки выдерживают сейсмическое воздействие интенсивностью до 9 баллов (MSK-64) без специальных мероприятий.

ЭГЭС-25 работают на объектах заказчиков с 2015 года. Парк насчитывает 15 агрегатов суммарной мощностью 375 МВт, суммарная наработка ГТУ превысила 700 тыс. ч.

ТЭЦ-1 снабжает электроэнергией большую часть Сахалина, обеспечивает теплом г. Южно-Сахалинск. Установленная мощность станции составляет около 455 МВт, из которых 230 МВт вырабатывают газотурбинные установки, введенные в строй в 2013/14 гг.

Sakhalinenergo PJSC has signed the contract with UEC-Aviadvigatel JSC for the supply of two EGES-25PA with a capacity of 25 MW each.

Aviadvigatel has started manufacturing of EGES-25PA gas turbine power plants with a capacity of 25 MW each for Yuzhno-Sakhalinskaya CHP-1. One power plant is planned to be put into operation in early 2024, the other in the second half of the year.



Alt Airnative GmbH представила на российский рынок компрессоры с приводом от газопоршневого двигателя.

Компанией разработан модельный ряд компрессорных установок (КГПУ) мощностью 45...500 кВт. Приводом воздушного компрессора в таких установках является не электрический, а газовый двигатель (MAN), соединенный с осью винтового блока (Atlas Copco). Регулирование частоты вращения двигателя в диапазоне 60...100 % позволяет изменять производительность агрегата.

Все компоненты КГПУ смонтированы на единой раме, установленной на виброопоры. Агрегат поставляется заказчику в звуко- и теплоизолированном корпусе. Возможна поставка как маслозаполненных, так и безмасляных компрессоров с уровнем давления 0,7...1,3 МПа.

Суммарный КПД установки при температурном графике теплоносителя 70/90 °С (до 108 °С) достигает 90%. Тепло контура охлаждения ДВС, отработавших газов и сжатия воздуха рекуперируется встроенными теплообменниками. Оно может использоваться в технологическом процессе предприятия заказчика, а также для нужд ГВС. Срок окупаемости КГПУ составляет 1-3 года, в зависимости от стоимости энергоносителей.

ГПА-4РМП подготовлен к эксплуатации на Сысконсыньинском месторождении (ХМАО).

В ходе выполнения проекта предприятие «ОДК–Газовые турбины» изготовило и поставило ГПА-4РМП для АО «Новатэк». Агрегат поставлен на месторождение в комплекте с поршневым компрессором и станционным оборудованием: сепараторы, АВО газа, буферные емкости.

ГПА-4РМП создан для объектов, где необходима работа в широком диапазоне давлений при высоких степенях сжатия природного газа, в том числе для ПХГ в отложениях каменной соли. Преимущества агрегата – работа с высоким КПД практически в любом диапазоне изменения отношения давлений, простота регулирования производительности, отсутствие сложных антипомпажных систем.

Приводом агрегата является двигатель ГТД-4РМ производства НПО «Сатурн», обеспечивающий весь диапазон мощности поршневого компрессора (от 1 до 4 МВт) в зависимости от режимов закачки/отбора газа. Применение ГПА-4РМП позволяет совместить в одном агрегате преимущества поршневого компрессора и газотурбинного двигателя. Ранее АО «ОДК–ГТ» поставило 9 аналогичных агрегатов для ПАО «Газпром».

Балансировка быстроходных роторов паровых турбин

ЗАО «Энерготех»

А.Б. Агафонов, Б.Н. Агафонов (к.т.н.), Н.Б. Агафонов – ЗАО «Энерготех»
Е.П. Бусько, А.А. Рубин – ООО «Лаборатория вибраций «Ротор СПб» им. А.С. Гольдина»

В статье обоснованы условия, при которых роторы быстроходных паровых турбин могут быть отбалансированы на станках с низкой частотой вращения. Первостепенное значение при этом имеет выбор конструкции ротора, способ его изготовления и сборки.

Рассмотрены особенности методики низкочастотной балансировки быстроходных роторов ПТ, позволяющей добиться не только ограничения вибрации на рабочей частоте, но и обеспечить безопасный переход через критическую частоту, если она меньше рабочей.

In brief

Balancing of high-speed steam turbine rotors of Energotech JSC.

The article substantiates the conditions under which the rotors of high-speed steam turbines can be balanced on machines with a low rotational speed. Of paramount importance in this case is the choice of the rotor design, the method of its manufacture and assembly. The features of the technique of low-frequency balancing of high-speed steam turbine rotors are considered, which allows not only to limit vibration at the operating frequency, but also to ensure a safe transition through the critical frequency if it is less than the operating frequency. Today, the world has accumulated a lot of experience in balancing various types of rotors, which is summarized and presented in the form of recommendations. Most of the recommendations concerning steam turbines are obtained for rotors having an operating frequency of 3000 min⁻¹.

Изменение потребностей мирового рынка характерно для энергетических машин всего диапазона мощностей. Особенно оно заметно для машин малых мощностей, при разработке и производстве которых приходится сталкиваться с такими противоречивыми задачами, как а) индивидуализация; б) серийность и максимальная унификация узлов и деталей; в) поиск компромисса между техническими и экономическими требованиями к ним.

Актуальна также и минимизация затрат на балансировку быстроходных роторов для таких машин, а следовательно, и рациональный, с точки зрения уравновешенности, выбор конструкции ротора, способов его изготовления и сборки.

Сегодня в мире накоплен большой опыт балансировки различных типов роторов, который обобщен и представлен в виде рекомендаций [1, 2, 3, 4, 5]. Большинство рекомендаций, касающихся паровых турбин (ПТ), получены для роторов, имеющих рабочую частоту 3000 мин⁻¹. Открытым остается вопрос: как поведут себя на рабочей частоте свыше 3000 мин⁻¹ роторы ПТ, прошедшие только низкочастотную балансировку. Поэтому для быстроходных роторов многоступенчатых энергетических паровых турбин мощностью от 0,5 до 12 МВт необходимо предварительно проанализировать, соответствует ли конструкция ротора и опорных подшипников, технология производства узлов, деталей и сборка ротора тем требованиям [6], исполнение которых позволит достичь на балансировочном станке с низкой частотой вращения цели балансировки. Сюда входит не только ограничение вибрации на рабочей частоте вращения, но и безопасность перехода через критическую частоту, если она меньше рабочей. Другими словами,

отбалансировать гибкий ротор как жесткий путем сведения к допустимым минимальным динамическим реакциям в опорах.

Основные требования к балансировке:

- на эксцентриситет посадочных поверхностей вала должны быть заданы жесткие допуски;
- каждый из элементов ротора перед сборкой должен быть отбалансирован по методике балансировки жесткого ротора. Такая методика, согласно специальной терминологии, называется методом модульныхборок и сводит к минимуму риск появления локальных дисбалансов при общей сбалансированности изделия;
- ротор, который подвергается поэлементной сборке или собирается из сбалансированных элементов, должен проходить балансировку на каждой стадии сборки;
- плоскости коррекции (ПК) должны устанавливаться в соответствии с [4]. Для быстроходных роторов показатель ПК должен быть, как минимум, три;
- динамические характеристики подшипниковых опор балансировочного станка следует подбирать по возможности таким образом, чтобы воспроизводились условия опирания ротора в турбине.

Эти требования определенным образом влияют на конструкции ротора и опор, а также на технологии обработки и сборки. Однако, являясь необходимыми, они не стали достаточными, чтобы добиться цели низкочастотной балансировки.

Для того чтобы разобраться со стратегией построения методики низкочастотной балансировки роторов на станке, рассмотрим некоторые явления, вызывающие упругие деформации ротора при вращении.

Если представить условную систему с одной степенью свободы, например, ротор в виде массивного диска, установленного на невесомом валу, то можно заметить, что центробежная сила смещенной массы уравновешена силой упругой деформации (рис. 1).

При совпадении собственной частоты колебательной системы, зависящей от жесткости и массы ротора, с частотой вынужденных колебаний, вызванных эксцентриситетом массы e (что соответствует некой скорости вращения, называемой критической), – возникает резонанс. Фазо-частотная характеристика этой системы в зоне резонанса указывает на то, что фаза колебаний сдвинута на 90 градусов относительно фазы возмущающей силы, за резонансом – сместится на 180 градусов, в дорезонансной зоне эти фазы совпадают.

То, что ротор в зарезонансной зоне деформируется в направлении, противоположном действию центробежной силы, вызванной дисбалансом, является важным фактором в вибрационных исследованиях. Балансируя ротор в плоскости эксцентриситета на любой частоте, снижаем возмущающую силу, вызванную дисбалансом, в идеальном случае резонанс на критической скорости вращения отсутствует. Действительно, на рисунке видно, что резонанс появляется не сам по себе, а вызван исключительно возмущающими факторами, главным образом, локальными дисбалансами.

Другие причины (расцентровка, «маятник» и т.п.) также играют свою роль, но при малейшем изгибе ротора локальный дисбаланс, который может быть незаметен при «классической» двухплоскостной балансировке на низкой частоте, сразу приобретает решающее значение, усугубляя форму изгиба и делая проход «критики» сколь угодно жестким, вплоть до задеваний.

Несколько сложнее обстоит дело с системой с двумя и более степенями свободы. Простейшая модель реального ротора, у которого рабочая частота вращения находится между первой и второй критическими скоростями, – это невесомый вал с двумя дисками (рис. 2). Роторы многоступенчатых турбин производства ЗАО «Энерготех» преимущественно соответствуют именно такой модели. Эта модель в полной мере удовлетворяет принципу ортогональности форм колебаний, введенному А.С. Гольдиным [7] и сформулированному им следующим образом: «Всегда можно найти такое соотношение между синхронными возбуждающими силами, приложенными к колеблющимся массам, при котором возбуждается только одна из форм колебаний».

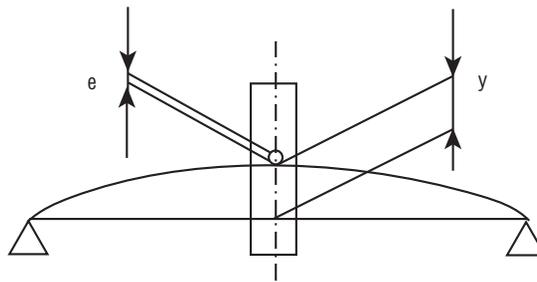


Рис. 1. Система с одной степенью свободы:
 y – динамический прогиб;
 e – эксцентриситет массы

В нашем примере это означает, что если неуравновешенность ротора характеризуется статической составляющей (векторы дисбалансов дисков m_1 и m_2 одинаковы по величине и направлению), то колебания будут возбуждаться только по первой форме, а на второй критической скорости колебания возбуждаться не будут (рис. 3а).

Если ротор обладает моментной составляющей (векторы дисбалансов равны по величине и противоположны по направлению), то будем иметь дело только со второй формой колебаний на второй резонансной частоте (рис. 3б).

Третья и более высокие формы изгибных колебаний ротора, если они имеются, при низкочастотной балансировке не определяются. Заметим также, что при низкочастотной балансировке прогибы гибких валов, как правило, небольшие.

Поэтому при балансировке подобных роторов целесообразно устранять, используя заданные плоскости коррекции, статическую и моментную составляющие, а не бороться с произвольно распределенным дисбалансом. Очевидно, что реальный ротор имеет, как правило, обе составляющие.

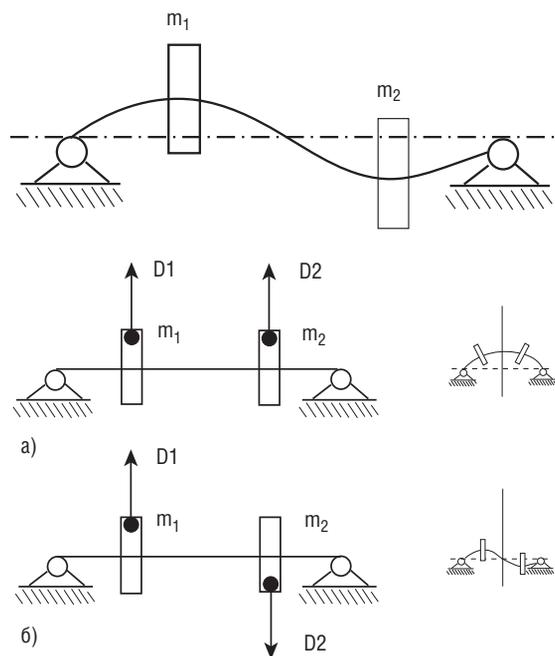
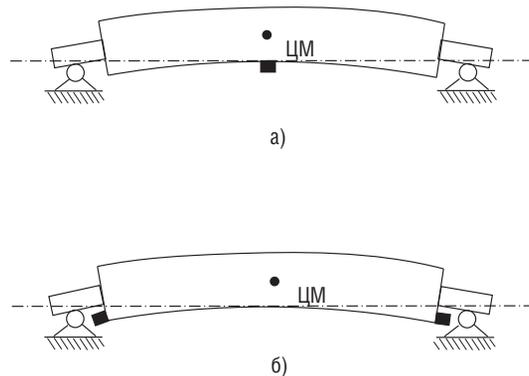


Рис. 2. Колебательная система с двумя степенями свободы:
 m_1 – масса первого диска;
 m_2 – масса второго диска

Рис. 3. Неуравновешенность и формы колебаний двухмассовой системы:
 $D1$ и $D2$ – векторы дисбалансов дисков 1 и 2

Рис. 4. Груз, установленный по центру масс (ЦМ) ротора, эффективнее влияет на первую форму изгиба, чем симметричная система грузов, установленная в крайних плоскостях коррекции



Учитывая сделанные выше пояснения о поведении ротора при вращении, можно утверждать следующее: склонность ротора к проявлению резонансных явлений при прохождении критических скоростей определяется только возбуждающими факторами, главным из которых (при отсутствии серьезных неисправностей в роторе) является механический дисбаланс.

Таким образом, если дисбаланс, величина которого постоянна и не зависит от частоты вращения, свести к минимуму, то получим спокойное и плавное прохождение резонансов. Следовательно, применяя статико-моментный метод с разделением главного вектора и главного момента дисбаланса, можно выполнить уравновешивание ротора на частоте вращения ниже той, при которой возникает значительный упругий прогиб.

При этом очевидно, что груз, установленный по центру масс ротора, как это показано на рис. 4а, будет значительно эффективнее влиять на первую форму изгиба, чем симметричная система грузов, установленная в крайних плоскостях коррекции (рис. 4б). Кроме того, последняя неизбежно создаст осевые составляющие вибрации на опорах.

Разумеется, здесь речь идет об одиночном роторе. Отметим также необходимость набора



Рис. 5. Ротор турбины с теплофикационным отбором мощностью 2,5 МВт

представительного количества отбалансированных на низкочастотном станке роторов данного типа, у которых не обнаруживается существенной вибрации на рабочей частоте вращения.

Характеристика роторов производства ЗАО «Энерготех» с точки зрения их балансировки

ЗАО «Энерготех» проектирует и изготавливает быстроходные конденсационные турбины, конденсационные с теплофикационным отбором и противодавленческие турбины – мощностью от 0,5 до 12 МВт. В качестве примера роторов таких ПТ на рис. 5 представлен ротор турбины с теплофикационным отбором мощностью 2,5 МВт.

Ротор сборный, включает двухпорный вал и 8 насадных рабочих колес, лопатки которых выполнены фрезерованием периферийной части дисков этих колес. Масса ротора 1250 кг, длина 2690 мм, рабочая частота вращения 6000 об/мин. Перед сборкой вал и рабочие колеса проходят статическую и динамическую балансировку.

Динамическая балансировка каждого рабочего колеса выполняется на специальных оправках, необходимость этого обусловлена тем, что, несмотря на незначительное удлинение лопаток, рабочее колесо является двухплоскостным ротором. Опыт балансировки таких колес на зарезонансном станке выявил, что примерно 20% колес имеют явное преобладание моментной составляющей дисбаланса, половина колес – моментную и статическую составляющие и лишь у 30% колес преобладает статическая составляющая.

Это означает, что использование только статической балансировки рабочих колес позволило бы с большей или меньшей точностью отбалансировать лишь треть колес. Остальные колеса оказались бы в лучшем случае недобалансированными, в худшем – начальная

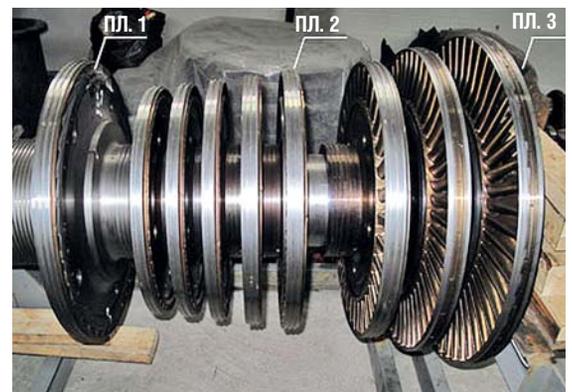


Рис. 6. Основные плоскости коррекции ротора турбины с теплофикационным отбором мощностью 2,5 МВт

неуравновешенность могла бы значительно усугубиться из-за неправильно выбранной плоскости коррекции.

Отметим также, что моментная составляющая, которую невозможно выявить при статической балансировке, может привести к трудно устранимой вибрации ротора, преимущественно, в осевом направлении.

Число и место расположения плоскостей коррекции определяется на стадии проектирования ротора. В нашем случае, в соответствии с рекомендациями [4], их три (рис. 6). Первая и третья ПК предназначены для установки кососимметричной системы грузов, вторая (по центру масс ротора) – для установки статического груза.

Определена еще и четвертая, дополнительная плоскость коррекции (рис. 7), назначение которой состоит в следующем. В процессе эксплуатации ПТ, особенно после технического обслуживания и ремонта, требуется балансировка ротора на месте установки. При этом доступ к плоскостям коррекции 1–3 крайне затруднен, потери времени на остывание турбины после каждого пробного пуска значительны, а необходимость подбалансировки порой возникает.

Для разрешения подобной ситуации и предусмотрена дополнительная плоскость коррекции, включающая 12 радиальных отверстий, в которые при необходимости ввинчиваются пробные или балансировочные грузы. Практика показала, что ДКВ (динамический коэффициент влияния) этой плоскости достаточен для устранения повышенных вибраций в любых точках измерения в соответствии с нормативными документами [3].

Для каждого типа роторов [6] требуется своя методика балансировки. Роторы многоступенчатых ПТ компании «Энерготех» соответствуют роторам класса 2, подклассам 2f и 2h, то есть роторам, распределение дисбалансов которых неизвестно. В зависимости от назначения ПТ такие роторы могут быть симметричными (почти) – подкласс 2f или асимметричными – подкласс 2h. Для них разрешается балансировка на низких частотах.

Методика балансировки роторов на низкочастотном станке

Классический статико-моментный метод балансировки в общем случае представляет динамическую неуравновешенность ротора как сумму статической и моментной неуравновешенностей. Таким образом, показания приборов двухопорного балансировочного станка можно рассматривать не как два отдельных вектора вибрации опор, а как симметричную

и кососимметричную составляющие. Симметричная (статическая) составляющая представляет собой полусумму векторов вибрации по опорам, а кососимметричная (моментная) – полуразность.

В качестве пробных масс в плоскостях коррекции устанавливаются не одиночные грузы, а системы грузов: система статическая $M_{пр}^c$ и система моментная $M_{пр}^m$. Здесь и далее грузы рассматриваются как вектор-массы, имеющие величину и угол установки. Соответственно, ДКВ также будут определять влияние кососимметричной системы на противофазную и синфазную вибрации и симметричной системы на противофазную и синфазную вибрации.

В отличие от двухплоскостной балансировки, результатом балансировочных расчетов будут не одиночные корректирующие массы, а статическая и моментная корректирующие системы грузов. Следует отметить, что этот метод усложняет технологический процесс балансировки ротора в связи с дополнительными векторными вычислениями: необходимо привести векторы вибрации опор станка к симметричной и кососимметричной составляющим.

Решать конкретную задачу балансировки гибких роторов многоступенчатых ПТ малой мощности на низкочастотном станке изложенным выше общим методом вряд ли рационально. Роторы компании «Энерготех» имеют фиксированные плоскости коррекции, а распределение масс по длине ротора не входит в задачу низкочастотной балансировки. Поэтому метод был модернизирован при сохранении его очевидных преимуществ. Он включает следующие технологические операции, исполнение которых проиллюстрировано данными балансировки ротора (табл., рис. 7):

Табл. Последовательность технологических операций низкочастотной балансировки ротора

Наименование пуска	Масса груза, г, угловой градус	Удельный дисбаланс, мкм, угловой градус	
Нулевой пуск	-	371, $\angle 42^\circ$	419, $\angle 36^\circ$
Пробный пуск с симметричной системой (груз в пл. 2)*	23, $\angle 100^\circ$	246, $\angle 28^\circ$	303, $\angle 23^\circ$
Пробный пуск с кососимметричной системой (грузы в пл. 1 и пл. 3)*	Пл. 1: 30, $\angle 90^\circ$ Пл. 3: 30, $\angle 270^\circ$	12, $\angle 178^\circ$	14, $\angle 58^\circ$
Установленные компенсирующие грузы	Симметричная система 19, $\angle 226^\circ$ Кососимметричная система Пл. 1: 76, $\angle 84^\circ$ Пл. 3: 76, $\angle 264^\circ$	6, $\angle 212^\circ$	8, $\angle 348^\circ$

*После пуска груз был снят

- производится нулевой (свободный) пуск станка с выходом на балансировочную частоту вращения ротора. Измеряются векторы вибраций на опорах станка (рис. 6);
- затем на ротор устанавливается пробная симметричная система грузов, в нашем случае одиночная масса величиной 23 г (рис. 7). Ротор выводится на балансировочную частоту, и измеряются векторы вибраций на опорах станка;
- перед вторым пробным пуском ранее установленный статический груз снимается, и в соответствующие плоскости коррекции устанавливаются одинаковые грузы – пробная кососимметричная система (рис. 6). Ротор также выводится на балансировочную частоту, и измеряются векторы вибраций на опорах;
- по данным трех пусков производится балансировочный расчет, определяющий две системы компенсирующих масс, которые устанавливаются в соответствующих плоскостях коррекции;
- балансировочный расчет использует градиентный метод спуска к минимальным расхождениям между реальной и идеальной системами корректирующих масс.

В приведенном выше примере низкочастотной балансировки гибкого ротора ПТ частота вращения составляла 810 мин⁻¹. Нижняя граница частотного диапазона измерений вибрации ротора должна находиться в пределах 10...15 Гц (600... 900 мин⁻¹). Эта зона частоты вращения роторов соответствует граничной области нормальной работы масляного клина опорных подшипников.

Кроме того, на таких частотах искажения сигнала, вызываемые аэродинамикой ротора, незначительны, участок амплитудно-фазочастотной характеристики близок к линейному, а сигналы датчиков достаточно сильны, чтобы обеспечить заданную точность балансировки и повторяемость пусков.



➤ Рис. 7. Дополнительная плоскость коррекции ротора турбины с теплофикационным отбором мощностью 2,5 МВт

Оборудование для низкочастотной балансировки роторов

Балансировку роторов паровых турбин компании «Энерготех», как правило, выполняет «Лаборатория вибраций «Ротор СПб» им. А.С. Гольдина» на дорезонансном станке МС9718М производства Минского станкостроительного завода им. Октябрьской революции. К сожалению, измерительная система станка оказалась неспособна обеспечить задаваемую конструкторами ЗАО «Энерготех» точность балансировки и поэтому подверглась модернизации. Дело в том, что требование к остаточному дисбалансу 120 г·мм значительно превышает требования ГОСТ ИСО 1940-1-2007 [8]. Целесообразность ужесточения требования к точности балансировки ротора на станке многократно подтвердилась испытаниями ПТ на месте установки.

Новая измерительная часть ВТБ-2С балансировочного станка стала результатом совместной работы специалистов Лаборатории и Научно-исследовательского института оптико-электронного приборостроения. Эта разработка позволила достичь требуемого уровня точности благодаря новой системе фильтрации сигнала.

Для обслуживания процедур балансировки роторов создано программное обеспечение «Ротор – станок», имеющее большое количество приложений и утилит. В отличие от большинства современных балансировочных программ, использующих метод наименьших квадратов, эта программа имеет оригинальный алгоритм расчета корректирующих масс, использующий метод градиентного спуска (последние также способствуют повышению точности балансировки).

Заключение

Используя описанные выше принципы конструирования и изготовления уравновешенных гибких роторов ПТ, а также оригинальную методику их низкочастотной балансировки, удалось сдать в эксплуатацию 14 турбин малой мощности, вибрация опор которых никогда не превышала 1 мм·с⁻¹.

Аналогичные действия осуществлялись при ремонте и балансировке роторов ПТ, изготовленных отечественными и зарубежными фирмами. Практически во всех случаях, за исключением требований заказчиков провести дополнительную балансировку ротора на разгонно-балансировочном станке (РБС), низкочастотной балансировки роторов оказывалось достаточно для сдачи ПТ в эксплуатацию.

Экономическая выгода исключения РБС из технологического процесса изготовления

и ремонта роторов очевидна даже без приведения конкретных цифр. Стоимость балансировки ротора на РБС и на низкочастотном БС несопоставима, отличаясь в 10 и более раз. Несопоставимо и время, затрачиваемое на балансировочные работы.

Таким образом, соблюдая технологии проектирования и изготовления уравновешенных быстроходных гибких роторов паровых турбин малой мощности, можно ограничиться динамической балансировкой на низкочастотном балансировочном станке. Отметим, что всё вышесказанное не отрицает целого ряда исключительных свойств РБС, как таковых, и не призывает к отказу от них. Так, например, на РБС производится разгон ротора в вакуумной среде до частоты вращения на 10...20% выше номинальной.

Цель этого действия – не столько снижение механического дисбаланса изделия с учетом форм изгиба, сколько установка дисков на роторе, чтобы они заняли окончательное положение. Разумеется, на низкочастотном балансировочном станке такая операция невозможна. Также сомнительной представляется возможность балансировки на низкочастотном станке роторов с тремя и более формами изгиба. **Д**

Литература

1. ГОСТ 25364-97. Агрегаты паротурбинные стационарные. Нормы вибрации опор валопроводов и общие требования к проведению измерений.

2. ГОСТ ИСО 10816-1-97. Контроль состояния машин по результатам измерения вибрации на невращающихся частях. Часть 1. Общие требования.

3. РД 34.20.501-95 (СО 153-34.20.501-2003). Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации.

4. ГОСТ 31320-2006. Вибрация. Методы и критерии балансировки гибких роторов.

5. ГОСТ 22061-76. Машины и технологическое оборудование. Система классов точности балансировки. Основные положения.

6. ГОСТ ИСО 11342-95. Методы и критерии балансировки гибких роторов.

7. Гольдин А.С. Вибрация роторных машин. 2-е изд. исправл.- Машиностроение, 2000. -344 с.

8. ГОСТ ИСО 1940-1-2007. Вибрация. Требования к качеству балансировки жёстких роторов. Часть 1. Определение допустимого дисбаланса.



РЕКЛАМА



КАЧЕСТВО ЭТО НЕ ВСЕГДА ДОРОГО



ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ГАЗОВЫХ МОТОРОВ

телефон: +49 5141 93 99 213 | sales@motortech.de | www.motortech.de

Пермские ГТУ для технического перевооружения Локосовского ГПЗ

Д. Д. Сулимов, С. Б. Мишенин – АО «ОДК-Авиадвигатель»

Применение газотурбинных установок для замены электрического привода компрессорных и иных агрегатов, использующих сложные и неподготовленные газы, открывает широкие возможности перед российскими производителями ГТУ. При этом заказчик экономит значительные средства при покупке энергии.

In brief
Perm gas turbine plants for technical re-equipment of the Lokosovsky gas processing plant.
Successful experience in the design and commissioning of the equipment has been implemented in more than 330 gas turbine power plants operating at the facilities of the fuel and energy complex of Russia. Six models of the plants and their modifications are successfully used in the energy market. The knowledge, skills and experience accumulated by UEC-Aviadvigatel specialists have been embodied in a new project – the technical re-equipment of a crude gas compressor station.

Предприятия «ОДК-Авиадвигатель» и «ОДК-ПМ» (входят в Объединенную двигателестроительную корпорацию Ростеха) – лидеры в авиадвигателестроении России по разработке, производству и обслуживанию газотурбинных установок для транспорта газа и энергетики в диапазоне мощности 2,5...25 МВт.

С 1994 года в Перми изготовлено и поставлено заказчикам более 1180 ГТУ для механического и энергетического привода мощностью 2,5; 4; 6; 10; 12; 16; 25 МВт, общая наработка которых на начало 2022 года составила более 36,7 млн часов. Из них ГТУ для механического привода – 768 единиц с общей суммарной наработкой более 20,2 млн часов; для газотурбинных энергетических агрегатов – 413 ГТУ с общей суммарной наработкой более 16,5 млн часов.

Успешный опыт проектирования и внедрения в эксплуатацию ГТУ реализован более чем в 330 газотурбинных энергоагрегатах, работающих на объектах ТЭК России. Шесть моделей агрегатов и их модификаций успешно применяются на рынке энергетики: ГТЭС «Урал-2500», ГТЭС «Урал-4000», ГТЭС «Урал-6000», ЭГЭС-12С/СА, ГТЭС-16П/ПА, ГТЭС-25П/ПА. Блочное либо

модульное исполнение агрегатов позволяет применять их в широком диапазоне температур окружающего воздуха – от жарких регионов юга до холодной Арктики, надежно обеспечивая потребителей электрической и тепловой энергией.

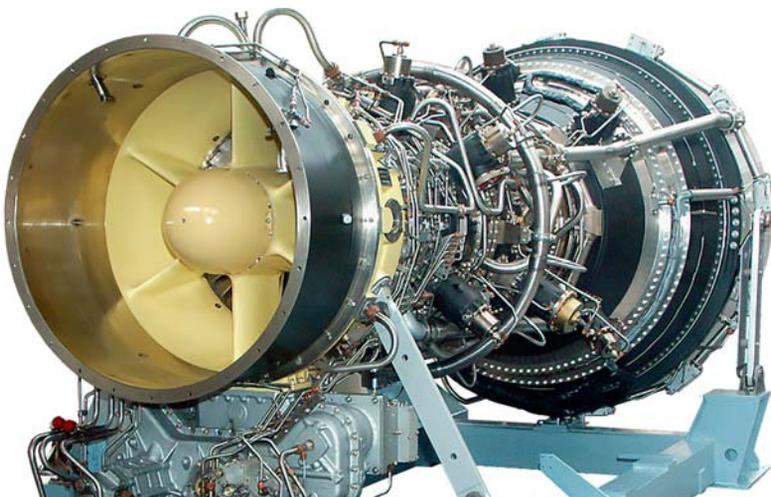
Знания, умения и опыт, накопленные специалистами «ОДК-Авиадвигатель» при изготовлении газотурбинных энергоблоков, воплотились в новом проекте – техническом перевооружении газокomppressorной станции сырого газа.

Первым объектом техперевооружения, где три электрических привода газовых компрессоров нужно было заменить газотурбинными ГТП-16ПА, стала компрессорная станция сырого газа Локосовского газоперерабатывающего завода ТПП «Лангепаснефтегаз» (ООО «Лукойл-Западная Сибирь»). ТПП «Лангепаснефтегаз» и НИПИ «Нефтегазпроект» в тесном сотрудничестве с АО «Авиадвигатель» проработали и согласовали технические требования на перевооружение газокomppressorной станции, определили облик газотурбинного привода, объем и границы распределения работ между заказчиком и поставщиком.

Объем работ в рамках технического перевооружения оборудования включал:

- проектирование и изготовление материальной части газотурбинных приводов (ГТП-16ПА);
- проектирование и изготовление аппарата воздушного охлаждения масла для системы маслообеспечения газового компрессора;
- дополнительное оснащение мультипликаторов и компрессоров датчиками системы контроля вибрации;
- проектирование и изготовление клапана антипомпажного регулирования;
- разработку системы автоматического

С Газотурбинный привод ГТП-16ПА



управления (САУ) ГТП на программных технических средствах Allen Bradley для интеграции САУ газотурбинного привода в действующую систему управления технологическим процессом (АСУ ТП);

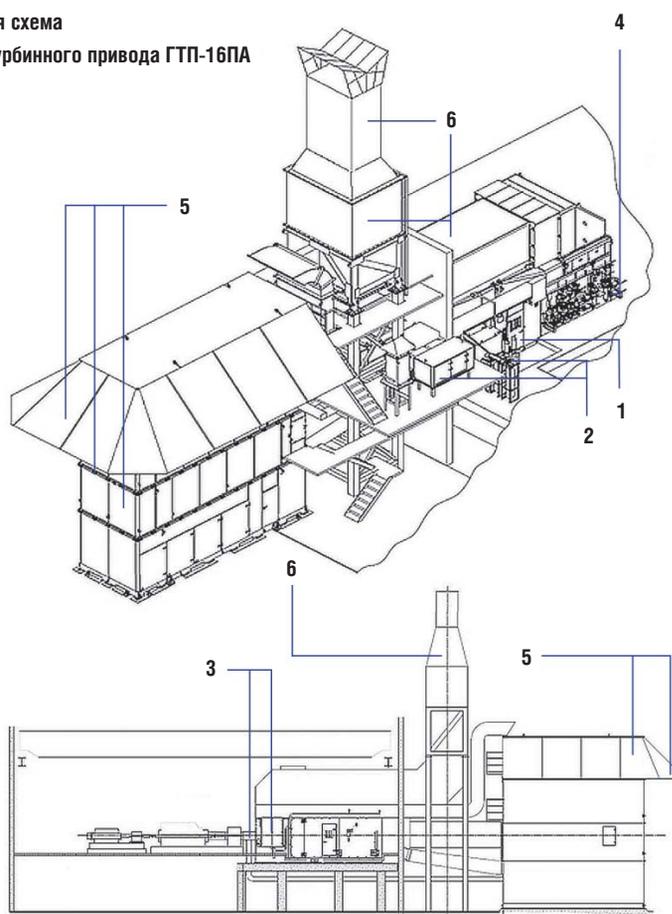
- доставку оборудования на объект, проведение шефмонтажных и пусконаладочных работ, обучение эксплуатирующего персонала.

Газотурбинный привод ГТП-16ПА представляет собой комплект оборудования, состоящий из двигателя ПС-90ЭУ-16А и систем, обеспечивающих его безопасную эксплуатацию. ГТП-16ПА используется в качестве привода центробежного компрессора для компримирования сырого газа в составе технологической линии газоперерабатывающего завода.

ГТП-16ПА включает следующие конструктивные блоки и системы:

1. Кожух двигателя, куда входит
 - газотурбинный двигатель с электрозапуском;
 - входное устройство;
 - выходное устройство и компенсатор тепловых перемещений;
 - оборудование и системы топливопитания, пожаротушения, контроля, загазованности, обогрева и освещения; система трубопроводных и электрических коммуникаций, а также защитная сетка на входе в двигатель;
2. Систему маслообеспечения газотурбинного привода, куда входит
 - маслобак с системой подогрева масла;
 - дублированные фильтры в линиях нагнетания и откачки масла;
 - насос с электродвигателем для подачи и откачки масла;
 - датчики измерения давления и температуры масла;
 - маслоохладители системы маслообеспечения двигателя и системы маслообеспечения газовых компрессоров и мультипликаторов, другое оборудование;
3. Трансмиссию «двигатель-мультипликатор» с кожухом;
4. Стойку газового обеспечения;
5. Воздухоочистительное устройство (ВОУ), куда входит а) шумоглушитель с козырьками; б) блок воздухоочистки, включающий комбинированную систему фильтрации, датчики контроля перепада давления, трубопровод подогрева циклового воздуха с электрической заслонкой на противообледенительную систему ГТП; в) блок входной камеры.
6. Блок вентиляции, состоящий из контейнера, вентиляторов охлаждения кожуха двигателя и охлаждения трансмиссии;
7. Шкаф датчиков давления двигателя;
8. Шкафы электрооборудования для систем

Общая схема газотурбинного привода ГТП-16ПА



- управления ГТП, в том числе: автоматическая система управления, низковольтное коммутационное устройство, блок управления двигателем, система аварийного энергоснабжения, шкаф системы управления пожаротушением и вводно-распределительный шкаф;
9. Систему контроля вибраций;
 10. Автоматизированную систему пожаротушения и контроля загазованности с балло-

1. Отсек двигателя ПС-90ЭУ-16А
2. Узлы системы маслообеспечения газотурбинного привода
3. Трансмиссия «двигатель-мультипликатор»
4. Стойки газового обеспечения
5. Узлы воздухоочистительного устройства
6. Узлы системы выхлопа

Варианты применения газотурбинных приводов АО «ОДК-Авиадвигатель» для техперевооружения электрических двигателей компрессорных станций сырого газа

Тип компрессора	Производительность, м ³ /мин	Тип электродвигателя	Мощность электродвигателя, кВт	Обороты повышающего редуктора КНД, об/мин	Обороты повышающего редуктора КВД, об/мин
К-500	400-500	СТДП-3200	3200	3000/6530	6530/12740
К-380	640	СТДП-6300	6300	3000/7540	7540/17500
К-890	820	СТДП-12500	12500	3000/5864	5864/103770

Тип компрессора	Тип ГТП	Модель ГТД	Мощность на валу СТ, кВт (ISO)	КПД на валу СТ, % (ISO)	Обороты выходного вала СТ, об/мин
К-500	ГТП-4П	Д-30ЭУ-2	4300	25,0	6530
К-380	ГТП-6П	Д-30ЭУ-6	6400	27,2	7540
К-890	ГТП-16ПА	ПС-90ЭУ-16А	16800	36,6	3000

➤ Контроль сборки
элементов топливной
системы ГТУ



нами пожаротушения, весовыми стойками, контрольными элементами системы пожаротушения и контроля загазованности;

11. Систему обогрева и кондиционирования;

12. Систему выхлопа, включающую компенсатор, газовод, диффузор, опорную раму, шумоглушитель, выхлопную трубу.

Технические решения, заложенные конструкторами АО «ОДК-Авиадвигатель» при разработке газотурбинного привода ГТП-16ПА, являются унифицированными для любого газотурбинного двигателя из модельного ряда предприятия. Гибкость при проектировании и глубокие технические компетенции специалистов АО «ОДК-Авиадвигатель» позволяют разрабатывать технические решения индивидуально для каждого проекта.

Комплектность блоков, состав оборудования, вид и состав топливного газа согласовываются с заказчиком на этапе технической проработки запроса.

Применение газотурбинных установок для привода газовых компрессоров взамен электрических является перспективным

➤ Сборочный цех
газотурбинных двигателей



направлением в развитии и модернизации производственных предприятий по газопереработке и нефтехимии. Единичная электрическая мощность ГТП позволяет полностью заместить мощность электрического двигателя, а работа привода на сыром попутном газе делает проект еще более привлекательным. Любой проект технического перевооружения объекта требует выполнения экономической оценки для определения его эффективности. В данном случае очевидны следующие преимущества:

- значительно снижаются затраты на покупку электроэнергии из сети;
- использование попутного нефтяного газа позволяет существенно сократить затраты на топливо относительно коммерческого газа;
- утилизация попутного нефтяного газа в газотурбинном приводе повышает экологичность проекта.

Успешная работа оборудования на объекте заказчика зависит не только от выбора правильных технических решений, надежной конструкции, качественного изготовления. Важнейшим условием бесперебойной работы техники является ее грамотная эксплуатация и своевременное техническое обслуживание.

АО «ОДК-Авиадвигатель» предлагает своим клиентам программу фирменного ремонтно-технического обслуживания (ФРТО) в течение жизненного цикла оборудования. Программа ФРТО действует с 2010 года. Около 60 агрегатов сегодня успешно эксплуатируются в рамках этой сервисной программы на объектах компаний «Лукойл-Западная Сибирь», «Лукойл-Пермь», «Лукойл-Коми», Иркутской нефтяной компании, в том числе и газотурбинные приводы ГТП-16ПА на Локосовском газоперерабатывающем заводе. **Д**

Энергоснабжение индустриального парка в Ивановской области обеспечивают ГПУ-ТЭС.

Компания «ПСМ» изготовила и поставила газопоршневую электростанцию для индустриального парка «Родники» в Ивановской области. Назначение объекта – генерация тепловой и электрической энергии для предприятия производственной площадью 300 тыс. м².

Два энергоблока AG Jenbacher-2681 мощностью по 2681 кВт контейнерного исполнения созданы на базе двигателей J616 GS. Общая электрическая мощность станции – 5,4 МВт. Компания «ПСМ» выступает в качестве генерального подрядчика

В комплект поставки входит система утилизации тепла, которая обеспечивает 2433 кВт тепловой энергии с каждой ГПУ. Данный проект осуществлен на условиях «под ключ» – от проектирования до запуска, включая согласование с Ростехнадзором.

Индустриальный парк «Родники» – благоустроенная территория площадью 46 га, на которой размещено более 300 тыс. м² производственных и офисных зданий от собственника. Он предлагает аренду производственных и складских площадей, земли под застройку с готовыми коммуникациями, энергоносители от собственной ТЭЦ.

Vestas поставит турбины для ветропарка Serrade Assurua в Бразилии.

Engie Brasil Energia подписала соглашение с датским производителем ветровых турбин Vestas для ветропарка Serrade Assurua в бразильском штате Баия.

Компания Vestas не только поставит и установит 120 турбин V150-4,5 мощностью по 4,5 МВт для первой очереди проекта Serrade Assurua мощностью 540 МВт, но и будет выполнять техническое обслуживание и ремонт оборудования в процессе эксплуатации в рамках программы Active Output Management 5000 в течение 25 лет.

Заказчик также имеет опцион на покупку дополнительных 68 турбин для второй очереди проекта к концу этого года.

Ожидается, что ветропарк Serrado Assurua, расположенный в Джентиу-ду-Ору, начнет постепенно функционировать со второй половины 2024 года. После ввода в эксплуатацию Assurua будет иметь общую мощность 846 МВт и станет крупнейшим ветропарком в Латинской Америке.



КАТАЛОГ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Самый полный Каталог оборудования для генерации электрической и тепловой энергии.

Подробно представлены:

- газотурбинные двигатели для ГТЭС и ПГУ;
- газопоршневые и дизельные приводы;
- паровые турбины;
- теплообменное оборудование для ГТЭС, ПГУ и ГПЭС;
- электростанции различного типа;
- электрогенераторы;
- абсорбционные холодильные установки (чиллеры);
- ветрогенераторы.

www.turbine-diesel.ru
ПОДРОБНОСТИ НА САЙТЕ

Ведется строительство Труновской ВЭС в Ставропольском крае.

АО «ВетроОГК-2» (НоваВинд) выполняет заливку фундаментов для энергетических установок на площадке Труновской ВЭС. Мощность станции составит 95 МВт, плановая среднегодовая производительность – 225 млн кВт·ч.

Разрешение на строительство ВЭС из 38 ветротурбин мощностью по 2,5 МВт получено после положительного заключения экспертизы проектной документации и результатов инженерных изысканий.

Прохождение экспертизы подтверждает, что проектная документация соответствует результатам инженерных изысканий и требованиям технических регламентов, экологическим и санитарно-эпидемиологическим нормам, требованиям пожарной безопасности и т.д. Градостроительного кодекса РФ.

Ведутся работы по устройству буронабивных свай, выполняется армирование фундаментов ВЭУ. На площадке работают два бетонных завода общей производительностью бетонной смеси 280 м³/ч.

ГПА серии «Иртыш» установлены в Узбекистане.

Полнокомплектные газоперекачивающие агрегаты ГПА-16 «Иртыш» ангарного исполнения смонтированы на дожимной компрессорной станции «Денгизкуль» на юге Узбекистана. Новые ГПА позволяют увеличить мощности по извлечению остаточных запасов газа и конденсата на месторождениях, а также по поддержанию номинальных условий промышленной подготовки газа.

Специалисты компании «ИНГК» выполнили полный комплекс работ, начиная от разработки конструкторской документации и изготовления ГПА до поставки оборудования на объект. Осуществляется пусконаладка газоперекачивающих агрегатов.

Агрегаты выполнены на базе газотурбинного двигателя Nova 16LT и центробежного компрессора 2BCL608 производства Baker Hughes. Проект реализуется по заказу АО «Узбекнефтегаз».

Для изготовления ГПА серии «Иртыш» в Узбекистане ООО «ИНГК» привлекло целевое финансирование от Росэксимбанка (для поддержки экспорта высокотехнологичной продукции производства РФ в страны ближнего и дальнего зарубежья).

Irtysk gas pumping units are installed in Uzbekistan.

GPA-16 Irtysk gas pumping units of hangar design are mounted at Dengizkul booster compressor station in the south of Uzbekistan. The new units allow to increase the capacity to extract residual gas and condensate reserves at the fields, as well as to maintain the nominal conditions of field gas treatment.



INI Corporation завершила испытания турбины IM270 на жидком аммиаке.

В результате испытаний турбины IM270 мощностью 2 МВт было достигнуто снижение выбросов парниковых газов более чем на 99 % при сжигании жидкого аммиака.

Поскольку аммиак (NH₃) не содержит углерода (С), его можно использовать на существующих электростанциях в качестве топлива. Жидкий аммиак подается в камеру сгорания путем прямого распыления. Таким образом, упрощается система подачи топлива из накопительного резервуара в КС, а также система управления процессом горения.

Однако, по сравнению с природным газом и газообразным аммиаком, жидкий аммиак хуже воспламеняется, что затрудняет его сжигание. В связи с этим основной задачей в процессе испытаний было обеспечение стабильного горения аммиака, а также максимальное снижение выбросов закиси азота (N₂O), который в 300 раз токсичнее CO₂.

В результате необходимых доработок камеры сгорания все эти вопросы были решены. Турбина находится в опытно-промышленной эксплуатации на заводе компании в г. Йокогама. ГТУ работает на топливной смеси с содержанием аммиака до 70 %. Компания планирует к 2025 г. представить на рынок турбину, которая будет работать на 100 %-м аммиаке.

Резервная ДЭС мощностью 820 кВт поставлена на Удоканское медное месторождение.

ООО «НГ-Энерго» изготовило и поставило дизель-генераторную установку Энерго-Д820/0,4 КН30, которая будет использоваться как резервный источник питания котельной на Удоканском месторождении в Забайкальском крае. Энергоблок мощностью 820 кВт создан на базе двигателя КТА38-G5 производства Cummins. Заказчиком оборудования выступает предприятие «Удоканская медь».

SAVE THE NEW DATE!

CIMAC 23
CONGRESS

Бусан, Ю. Корея. 12-16 июня 2023 г.

БУДУЩЕЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

30-й конгресс CIMAC

Двигатели внутреннего сгорания для судовых пропульсивных систем,
для выработки энергии, для железнодорожного транспорта



РЕКЛАМА

Основные моменты

Техническая программа

Более 200 докладов,
панельных докладов и лекций

Выставка

Новые технологии и оборудование

Новые форматы

Блиц-презентации, всемирное кафе
и другие форматы сессий

Технические туры

Посещение местных промышленных
предприятий

Неформальное общение и общественные мероприятия

Прием по случаю открытия
мероприятия и гала-обед,
более 800 международных экспертов

Основные темы докладов

Интеллектуальные энергетические системы

Цифровизация и взаимодействие систем,
интеграция и гибридизация систем

Нулевые уровни эмиссии

Будущие альтернативные виды топлива,
технологии подавления эмиссии

Традиционные темы

Новые разработки в области ДВС
и новые концепции

И многое другое

Научные исследования,
перспективное проектирование,
опыт эксплуатации оборудования



www.cimaccongress.com

Масло Rosneft Energotec

обеспечивает максимальную отдачу оборудования

Н. С. Малинин – ООО «Роснефть-Смазочные материалы»

In brief

Rosneft Energotec oil of Rosneft Lubricants ensures maximum efficiency of the equipment.

For any gas engine power plant quality service is necessary. If we consider that the units work in the energy industry (perhaps one of the most important in the country) the importance of competent service increases many times.

For example, oil change: there is its own specificity here, because gas engine power plant oils differ significantly from well-known motor oils for transport.

It should be borne in mind that industrial plants always operate in the basic mode at rated power.

Under these conditions it is important to use the product that will work as efficiently as possible and will not change its properties during operation.

Rosneft Energotec LL 40 is exactly such an oil.

Specially designed for use in the gas engine power plants it is able to work with the same efficiency both on domestic and foreign production plants.

The advantages of this oil are in its composition and manufacturing technology.

It was created using synthetic technology with the addition of low-ash additives as well as additives that improve operational properties.

Область применения газопоршневых установок в России обширна – наибольшее распространение они получили в сфере малой энергетики. Количество реализованных проектов ГПУ-ТЭС постоянно растет.

Преимущества ГПУ существенны: это относительная простота установки энергоблока, способность работать практически в любых условиях, высокий КПД силовой установки, а также возможность параллельного подключения нескольких ГПУ, что значительно повышает мощность системы. Не стоит забывать и про дешевое топливо для газовых двигателей, что экономически выгодно.

Сегодня газопоршневые агрегаты установлены даже на крупных предприятиях, часто они используются в качестве основного источника энергии. Отметим, что ГПУ активно применяются и в государственных проектах: примером является муниципальная электростанция в г. Анадьре, созданная на базе пяти газопоршневых установок.

Rosneft Energotec – залог успешной работы ГПУ

Разумеется, для любой ГПУ необходимо качественное обслуживание. Если учесть, что агрегаты работают в энергетической отрасли (пожалуй, одной из самых главных в стране), важность грамотного обслуживания возрастает многократно. Например, замена масла: здесь есть своя специфика, потому что масла для ГПУ существенно отличаются от хорошо известных моторных масел для транспорта. Нужно учитывать, что промышленные установки всегда работают в базовом режиме, на номинальной мощности. В данных условиях важно использовать продукт, который будет работать максимально эффективно и не менять своих свойств в течение эксплуатации.



Именно таким маслом и является Rosneft Energotec LL 40. Специально созданное для использования в ГПУ, оно способно работать с одинаковой эффективностью в установках как отечественного, так и зарубежного производства.

Преимущества данного масла заключаются в его составе и технологии изготовления. Оно создано по синтетической технологии с добавлением малозольных присадок, а также присадок, улучшающих эксплуатационные свойства. На практике это выражается в устойчивой работе в тяжелых условиях, превосходных моющих свойствах, устойчивой способности масла сопротивляться окислению и образованию нагаров.

Проверка на практике – гарантия качества

Компания «Роснефть» может наглядно подтвердить качество своего продукта. Для клиентов компании создан сервис по анализу масла – программа Lube PRO Monitoring. В рамках данной программы через определенный период наработки двигателя происходит отбор пробы масла и проводится его анализ в независимой лаборатории. Безусловно, масло Rosneft Energotec LL 40 не раз проходило такие испытания. Не так давно было проведено исследование масла Rosneft Energotec LL 40, которое используется в ГПУ сразу нескольких крупных энергетических компаний страны.

Итогами проверки было подтверждено, что критических снижений свойств масла не выявлено, также не обнаружено и металлов износа. Такой важный параметр, как необходимый интервал замены масла Rosneft Energotec LL 40, находится на уровне продукции иностранных конкурентов и стандартов производителей оборудования. Масло полностью сохранило свои свойства, проработав 1800 моточасов на двигателе MTU 16V4000L33F. Это свидетельствует о том, что масло можно использовать при увеличенном интервале замены.

Отметим, что даже при наработке 3000 часов на двигателе Caterpillar G3520C не было выявлено износа и критического ухудшения физико-химических свойств масла. Результаты исследования подтверждают, что Rosneft Energotec LL 40 – это качественный продукт, созданный с учетом опыта эксплуатации оборудования и с целью обеспечить бесперебойную работу ГПУ в любых условиях и при различных нагрузках. **TD**

INTERNATIONAL MACHINERY FAIR

machinery-fair.ru

Международная выставка
оборудования, сервисных
услуг, инноваций
для промышленных
предприятий различных
отраслей

ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ ВЫСТАВКИ

ELECTROHEAT GENERATION

Оборудование для объектов малой
и большой энергетики

INDUSTRIAL ENGINES

Промышленные двигатели

INDUSTRIAL AUTOMATION SYSTEMS

Системы промышленной автоматизации

INDUSTRIAL MACHINERY

Промышленные насосы, компрессоры,
трансмиссии, арматура

HYDRAULICS & PNEUMATICS

Гидравлическое и пневматическое
оборудование

24–26.10.2022

ЦВК «Экспоцентр», Москва

РЕКЛАМА



Компания Caterpillar представила на рынок новый мобильный дизельный энергоблок XQ2280.

Энергоблок создан на базе дизельного двигателя Cat 3516C с турбонаддувом и дополнительным охлаждением. Двигатель емкостью 78,18 л имеет 16 цилиндров при V-образном расположении. Он оснащен цифровой системой управления EMCP 4.4, обеспечивающей все необходимые функции управления и регулирования.

Мощность энергоблока XQ2280 составляет 1825 кВт в базовом режиме работы и 2000 кВт в резервном. Двигатель может работать на дизельном топливе или на гидрированном растительном масле. Система подавления выбросов обеспечивает соответствие экологическим требованиям стандарта Tier 4. Все оборудование установлено в 48-футовый всепогодный контейнер.

В составе системы управления используется блок CatConnect для удаленного мониторинга и управления параметрами, а также повышения КПД энергоблока. Телематика отправляет в режиме реального времени информацию об уровне топлива, уровнях эмиссии, напряжении батареи и др. Это позволяет двигателю работать с максимальным КПД в оптимальном эксплуатационном режиме. Подключенные активы поддерживают максимальную производительность благодаря своевременной аналитической информации, помогающей клиентам лучше контролировать затраты и снижать риски.

Новый энергоблок предназначен для работы в центрах обработки данных, медицинских учреждениях, муниципальных предприятиях, на станциях очистки сточных вод и на месторождениях полезных ископаемых.



ООО «НГ-Энерго» поставит дизельную электростанцию для головной КС «Сахалин».

Предприятие «НГ-Энерго» отгрузило ООО «Газпром инвест Восток» дизельную электростанцию Энерго-Д1000/0,4 КН30 мощностью 1 МВт. Энергоблок контейнерного исполнения создан на базе двигателя КТА50-G3 (Cummins).

ДЭС предназначена для резервного обеспечения электроэнергией головной компрессорной станции «Сахалин» магистрального газопровода Сахалин – Хабаровск – Владивосток.

Газотранспортная система Сахалин – Хабаровск – Владивосток предназначена для доставки газа, добываемого на шельфе Сахалина, потребителям Хабаровского и Приморского краев. Протяженность трассы более 1800 км, производительность первого пускового комплекса – 5,5 млрд м³ газа в год.

На КС эксплуатируются газоперекачивающие агрегаты ГПА-16 «Урал» производства НПО «Искра».



ООО «ИНГК» изготовило компрессорные установки для Восточно-Капитоновского месторождения.

На производственной площадке компании «ИНГК» в г. Перми были изготовлены 5 винтовых компрессорных установок (ВКУ-005) низкого и среднего давления для Восточно-Капитоновского месторождения («Оренбургнефть»). Агрегаты прошли заводские и приемосдаточные испытания.

В рамках реализации проекта изготовлены компрессорные установки ВКУ-005 / 1 низкого давления на базе компрессора WRV 204-110 58 производства Howden и электропривода ASA 280M-2 мощностью 90 кВт.

Три компрессорные установки ВКУ-005 / 2 среднего давления изготовлены на базе компрессора WRVi 255-110 30 компании Howden и газопоршневого двигателя VGF H24SE мощностью 390 кВт (INNIO Waukesha).

Согласно решению правительственной комиссии по повышению устойчивости от 15.04.2022 г. (письмо Минпромторга РФ № 36310/21 от 21.04.2022 г.) ООО «ИНГК» входит в Перечень системообразующих организаций российской экономики.

INGC LLC supplied screw compressor units to Vostochno-Kapitonovskoye field.

At the production site of the INGC company in Perm, 5 screw compressor units (VCU-005) of low and medium pressure were manufactured for Vostochno-Kapitonovskoye field (Orenburgneft JSC). The units have passed factory and acceptance tests.



ДГУ мощностью 8,8 МВт обеспечивают резервное энергоснабжение курорта «Мрия» в Ялте.

Компания «Техэкспо» поставила шесть ДГУ для санаторно-курортного комплекса Mriya Resort & SPA в Ялте. Заказчик оборудования – ООО «ЭнергоРосСтрой».

Две ДГУ ТЭ.2000С-Т400-2РН мощностью по 2000 кВт изготовлены на базе двигателя mtu 16V4000G34F и генератора Mecc Alte ECO 46. Дизель-генераторные установки подключены в качестве резервного источника питания к трансформаторной подстанции ТП-1.

Энергоблоки являются частью системы гарантированного электропитания хладоцентра, котельной, многоуровневой парковки, объектов ремонтной зоны, вертолетного ангара, насосной станции, наружного освещения и др. ДГУ открытого исполнения размещены в здании трансформаторной подстанции в индивидуальных помещениях.

Четыре ДГУ ТЭ.1200С-Т10500-2РН мощностью по 1200 кВт созданы на базе двигателя Perkins 4012-46-TAG2A и генератора переменного тока LSA 52.3 производства компании Leroy-Somer. Они входят в состав энергокомплекса СКК «Мрия».

Энергокомплекс включает в себя здания отопительной котельной и холодильных машин, дизтоплива, закрытого распределительства и аварийной ДЭС. Энергоблоки аварийной ДЭС работают в параллель.

СКК «Мрия», расположенный на территории 64 га, включает в себя медицинский центр, бальнеологический комплекс, отель, центр винного туризма, самый большой в Европе японский сад, семейный тематический парк, рестораны разных кухонь мира, пляж с водными аттракционами.

Diesel power station with a capacity of 8.8 MW provides backup power supply to Mriya resort in Yalta.

Techexpo has supplied six diesel power plants for the Mriya Resort & SPA sanatorium complex in Yalta. The customer of the equipment is EnergoRosStroy LLC.

Two TE.2000C-T400-2RN diesel power plants each rated at 2000 kW are made on the basis of mtu 16V4000G34F engine and the Mecc Alte ECO 46 generator. Four TE.1200S-T10500-2RN diesel power plants each rated at 1200 kW are based on the Perkins 4012-46-TAG2A engine and the LSA 52.3 alternator (Leroy-Somer). The energy complex includes buildings of a heating boiler house and refrigerating units, diesel fuel tank, a closed switchgear and an emergency diesel power plant.

Началось строительство новой ПГУ в Ираке.

Электростанция обеспечит энергосистему дополнительной мощностью, что повысит уровень производства энергии в стране и, соответственно, уровень жизни населения провинции Аль-Анбар.

Общая мощность электростанции Анбар составит 1642 МВт. Строительство займет три года, объем инвестиций – \$1 млрд.

На станции будут установлены четыре газовые турбины GT26 мощностью по 273 МВт и две ПТУ производства GE.

Nordex Group представила новую ветротурбину N175/6.X серии Delta4000.

При разработке новой турбины использованы технические решения, проверенные в процессе эксплуатации предыдущих моделей серии Delta4000. В частности, она оснащена системой управления ветротурбины N163/6.X, в конструкции ВЭУ использованы компоненты корпуса гондолы, которые применялись в предыдущих моделях. Производство ветротурбин N175/6.X будет осуществляться на существующих производственных площадях.

Ветротурбина N175/6.X оснащена цельнолитыми лопастями новой конструкции длиной 85,7 м, что позволяет повысить КПД установки. По сравнению с предыдущими моделями N163/5.X и N163/6.X, она обеспечивает на 14 % большую мощность при слабых и средних скоростях ветра. Высота башни в зависимости от требований заказчика и особенностей конкретной площадки составляет 112...179 м.

Срок службы оборудования – 25 лет, но он может быть продлен по техническому состоянию до 35 лет в зависимости от условий эксплуатации. Номинальная мощность ветротурбины N175/6.X составляет 6,22 МВт, уровень шумовой нагрузки – 106 дБ(А).

Система управления автоматически выберет режим работы с учетом направления и скорости ветра, а также турбулентности при снижении экстремальных ветровых нагрузок. Это позволит максимально использовать энергию ветра при минимальном воздействии на оборудование, что снизит его износ. В сочетании с использованием передовых материалов и технологий это даст ощутимый экономический эффект.

Система мониторинга оборудования по техническому состоянию позволит предотвратить все возможные аварийные остановы турбины. Начало серийного производства турбины N175/6.X запланировано на 2024 год. ВЭУ предназначена для наземного применения.



Электростанция РУМО-702: новинка российского производства

В.Б. Шипов – АО «РУМО»

АО «РУМО» изготовило и завершает заводские испытания отечественной газопоршневой электростанции РУМО-702 контейнерного исполнения мощностью 1 МВт, работающей на природном газе.

In brief

RUMO-702 power plant is a novelty of Russian production.

RUMO JSC has manufactured and is completing factory tests of RUMO-702 domestic gas engine power plant of container design with a capacity of 1 MW running on natural gas. The RUMO-702 power plant is designed on the basis of RUMO-502 internal combustion gas engine which is a proprietary development of JSC RUMO (patent No. 129065) and is manufactured at the plant in Nizhny Novgorod. The engine is aggregated with a synchronous generator manufactured by Elektroyazhmash-Privod (Lysva) and installed in a container on a single frame.

Электростанция РУМО-702 спроектирована на базе газопоршневого двигателя внутреннего сгорания РУМО-502, который является собственной разработкой АО «РУМО» (патент №129065) и изготавливается на заводе в Нижнем Новгороде. Двигатель агрегирован с синхронным генератором производства «Электротяжмаш-Привод» (г. Лысьва) и установлен в контейнер на единой раме.

Газопоршневая электростанция РУМО-702 предназначена для применения на промышленных объектах, а также в проектах, связанных с реконструкцией и созданием новых многоагрегатных электростанций. Энергоблок может работать в качестве источника энергии в составе изолированных энергосистем, параллельно с электрической сетью и другими электроагрегатами.

ГПЭС имеет высокую устойчивость к сбросам и набросам нагрузок, высокий КПД и низкую стоимость жизненного цикла. Более 90% деталей, узлов и комплектующих энергоблока, его конструкция – отечественного производства.

Работы по освоению производства газовых и дизельных двигателей размерности ЧН 22/28 и ЧН 32/40 завод «РУМО» ведет с начала этого века. С 2019 года предприятие приступило к доводке двигателей внутреннего сгорания серии 22/28. Для проведения испытаний ДВС и электроагрегата на

различных нагрузках построены испытательные стенды с системой АСУ собственной разработки.

Конструкторское бюро предприятия выполнило расчеты рабочего процесса двигателя, разработало план мероприятий по доработке его конструкции, и осенью 2021 года ДВС подтвердил свою работоспособность. В январе текущего года на предприятии проведены предварительные приемочные испытания с участием специалистов заказчика – ПАО «Газпром». В настоящее время ведется работа по снижению расхода масла на угар и увеличению межремонтного интервала.

Получен патент на полезную модель «Форкамера газопоршневого двигателя внутреннего сгорания» № 202502. Подготовлена заявка на получение патента «Система управления ДВС» и на промышленный образец «Газопоршневой электроагрегат».

Газопоршневая электростанция РУМО-702

Электростанции в шумо- и теплоизолированном контейнерном исполнении изготавливаются для размещения на открытой площадке, на фундаменте или свайном основании. Оборудование систем охлаждения и отвода отработавших газов монтируется на крыше контейнера или рядом с ним.

Газопоршневой электроагрегат РУМО-402 (газопоршневая электростанция РУМО-702) может выпускаться в трех исполнениях по номинальной мощности: 750 кВт, 1000 кВт и 1500 кВт (перспективно), с тепловой мощностью от 600 кВт до 1200 кВт.

Электроагрегаты могут использоваться в качестве основного или резервного источника электрической энергии как в автономном режиме, так и при работе параллельно с другими электроагрегатами и/или с промышленной сетью. ГПУ могут

☪ Газопоршневая электростанция
РУМО-702 мощностью 1 МВт



комплектоваться оборудованием для утилизации тепла двигателя российского производства, что позволит получать на каждый МВт производимой электроэнергии до 1,2 МВт тепловой энергии в виде горячей воды для нужд отопления и горячего водоснабжения.

Газопоршневые электроагрегаты предназначены для работы на природном газе ГОСТ 5542-2014. Возможно также применение в качестве топлива попутного нефтяного газа – в этом случае требуется дополнительная проработка по составу газа и расчетным характеристикам.

Электростанция РУМО-702 состоит из агрегата РУМО-402 на базе двигателя РУМО-502 и генератора переменного тока. Двигатель агрегатирован с синхронным генератором и установлен в контейнер.

В состав ГПЭС также входит:

- маслосистема, маслобак для автоматизированного долива масла;
- система автоматического управления и регулирования;
- система пожаротушения;
- двухконтурная система охлаждения двигателя;
- система пневматического пуска и управления.

Двигатель и генератор устанавливаются на общей раме со всеми вспомогательными узлами и механизмами, соединение двигателя и генератора – жесткое. Отдельно монтируются электрокомпрессор и баллоны пускового воздуха, щиты управления электроагрегатом, электроприводные резервные насосы охлаждения и смазки двигателя.

Агрегат устойчиво работает при нагрузках от 25 до 100 % от номинальной мощности. Автоматический перевод нагрузки с одного агрегата на другой при их параллельной работе выполняется без прекращения электроснабжения потребителей. Качество производимой энергии соответствует требованиям ГОСТ 53987-2010. Температура воды, подаваемой в систему отопления после котла-утилизатора, на номинальной нагрузке составляет 95 °С.

Продолжительность непрерывной работы энергоблока на максимальной мощности (110 % от номинала) – не более 1 часа, с последующей работой на номинальном режиме в течение 5 часов. Минимальная мощность энергоблока без ограничения по времени непрерывной работы – 25 % от номинальной.

Двигатель РУМО-502

Газопоршневой двигатель – 4-тактный, 8-цилиндровый, рядный, тронковый, с искровым форкамерно-факельным зажиганием. ДВС

имеет турбонаддув и охлаждение наддувочного воздуха. Автоматизация – третьей степени.

Применяемое смазочное масло М14В2, М14Г2ЦС согласно ГОСТ 12337-84 или аналогичное по физико-химическим свойствам. Топливная система обеспечивает давление на входе в систему топливоподачи в диапазоне 3...12 МПа. Температура подаваемого топлива находится в пределах +5...50 °С.

В двигателе предусмотрен доступ ко всем узлам и деталям, которые подлежат осмотру, регулировке и демонтажу в процессе эксплуатации. Обеспечена поддетальная взаимозаменяемость большинства составных частей двигателя. Невзаимозаменяемыми являются лишь крышки коренных подшипников и крышки шатунов.

Предусмотрен ремонт коленчатого вала путем шлифовки его шеек и применения вкладышей ремонтных размеров. В комплект поставки агрегата входят гидравлические устройства, применяемые для затяжки деталей крепления крышек цилиндров и крышек коренных подшипников. Для выполнения операций технического обслуживания, сборки и разборки двигатель комплектуется специальным инструментом и приспособлениями. **Д**

Двигатели ЧН 22/28 и ЧН 32/40 могут стать альтернативой широкому ряду двигателей зарубежных изготовителей. Типоразмер ЧН 22/28 позволяет закрыть диапазон мощностей от 0,6 до 1 МВт, а в перспективе до 1,6 МВт. Перспективный типоразмер ЧН 32/40 позволит закрыть диапазон мощностей от 2,4 до 3,2 МВт. Двигатели могут использоваться как привод генераторов или поршневых компрессоров, в качестве главной судовой энергоустановки. Также в результате этой работы может появиться новый двигатель с пониженным потреблением топлива и улучшенными экологическими характеристиками по уровню выбросов.

АО «РУМО»,
т. +7 (831) 215-18-15,
www.aorumo.ru,
info@aorumo.ru

Табл. Характеристики электроагрегата РУМО-402

Технические характеристики	Единица измерения	Основные данные		
		РУМО 402.750	РУМО 402.1000	РУМО 402.1500
Тип электроагрегата		РУМО 402.750	РУМО 402.1000	РУМО 402.1500
Привод		РУМО 502.750	РУМО 502.1000	РУМО 502.1500
Номинальная/ максимальная мощность электроагрегата	кВт	750/825	1000/1100	1500/1650
Частота вращения	об/мин	750	1000	1000
Напряжение	кВ	0,4; 6,3	0,4; 6,3; 10,5	0,4; 6,3; 10,5
Расход топлива на номинальной мощности	м³/ч	255+10 %;	295+10 %;	442+10 %;
Степень автоматизации (ГОСТ Р50783-95)		Третья		

*Природный газ с теплотворной способностью 7940 ккал/м³

Модернизация двигателей Cummins QSV91/81

А. П. Канаков – MOTORTECH GmbH

In brief

Modernization of Cummins QSV91/81 engines.

The Cummins QSV 91 / 81 engines have proven themselves to be reliable equipment, however, during the long-term operation of the equipment it becomes necessary to replace and modernize the control system. These expensive works require highly qualified specialists.

The TECH Group of Companies, together with the German manufacturer MOTORTECH GmbH, offers an alternative solution to this problem.

It is a comprehensive modernization of the control system, including replacement of the ignition system, anti-knock and control system, as well as replacement of all wiring on the engine. The price of this solution is significantly lower than the manufacturer's standard offer.

Надежность любой техники определяется не только длительностью безотказной эксплуатации, но и возможностью работать больше заявленного ресурса. Это особенно актуально, когда речь идет о дорогостоящем энергетическом оборудовании, например о газопоршневых электростанциях.

Двигатели QSV91/81 производства Cummins зарекомендовали себя как надежное оборудование, однако в процессе их длительной эксплуатации возникает необходимость в замене и модернизации системы управления. Эти дорогостоящие работы требуют участия высококвалифицированных специалистов.

Группа компаний «ТЕХ» совместно с немецким производителем MOTORTECH GmbH предлагает альтернативное решение этой задачи – комплексную модернизацию системы управления, которая включает в себя замену системы зажигания, системы управления, антидетонации, а также замену всей проводки на двигателе.

В результате заказчик получает следующие преимущества:

1. Полностью открытую систему управления. Нет необходимости вызывать специалистов производителя двигателя для настройки калибровки газозоудной смеси – это может сделать сотрудник эксплуатирующей организации после обучения в компании «ТЕХ».



2. После данной модернизации эксплуатант получает полный контроль над агрегатом и может прогнозировать необходимость замены свечей и т.д., не дожидаясь аварийной остановки из-за пропуска зажигания или других процессов в цилиндрах агрегата.

3. Отпадает необходимость замены блоков управления Sense, SSM558 (а также их калибровки), MCM700.

Стоимость данного решения будет значительно ниже стандартного предложения производителя. На сегодня успешно реализован ряд подобных проектов по модернизации газопоршневых установок.

Кроме вышеперечисленного, НПО «ТЕХ» предлагает модернизацию автоматической системы управления всех уровней: верхнего уровня (АРМ – диспетчерская), автоматическое управление ячейками, параллельная работа с сетью и с другими агрегатами. Компания проводит техническое обслуживание уровня 15 000 часов: замена/ремонт турбокомпрессоров; переборка/ремонт головок цилиндра; замена/ремонт помпы.

Для ТО уровня 30 000 часов дополнительно проводится замена гильз, шатунных и коренных вкладышей, поршневых колец, а также их диагностика, замена масляного насоса. НПО «ТЕХ» выполняет согласно регламенту техническое обслуживание уровня 2000/4000/6000 часов. На основании диагностики двигателей QSV91/81 осуществляется ремонт данных агрегатов. Стандартная гарантия на все виды работ составляет один год. **Д**



Лебедев А. С. «Энергетические газовые турбины в России: проекты и реальность».

В книге д.т.н. А.С. Лебедева, имеющего многолетний опыт работы в области газотурбостроения, отражены основные этапы создания энергетических газовых турбин в РФ в период с начала 1990-х по 2020 гг.

Читатель узнает об основных этапах становления газотурбинного производства на ЛМЗ, успехах и трудностях при испытаниях ГТЭ-150 на ГРЭС-3 АО «Мосэнерго».

В условиях повышенного внимания к энергетической независимости страны особый интерес приобретает совместный с ОАО «Авиадвигатель» проект ГТЭ-180, где использованы конструкторско-технологические достижения в двигателестроении.

Для многих новой может оказаться информация об освоении производства и пусконаладке самой популярной в России энергетической газовой турбины ГТЭ-160, выпускавшейся 10 лет в АО «Силовые машины» по лицензии «Сименс». Наиболее подробно описан подход к созданию ГТУ среднего класса мощности – ГТЭ-65, которая могла бы стать моделью семейства установок мощностью 200 МВт и более. Отдельная глава посвящена созданию в 2011 г. компаниями «Сименс» АГ и «Силовые машины» совместного предприятия для производства газовых турбин мощностью более 60 МВт.

Есть в книге и узкопрофессиональный раздел для специалистов в области разработки систем охлаждения турбинных лопаток.

Автор старается ретроспективно проанализировать не только достижения в освоении производства энергетических газовых турбин, но и причины, которые не позволили в свое время довести до серийного выпуска опытные образцы и завершить перспективные проекты отечественных энергетических ГТУ.

Сейчас этот опыт представляет практический интерес для тех, кто вовлечен в процесс создания ГТУ нового поколения у нас в стране.

Энергоблоки Урал-6000 будут поставлены для ГТЭС на месторождении им В. С. Черномырдина.

АО «ОДК-Авиадвигатель» реализует контракт на поставку четырех энергоблоков Урал-6000 мощностью по 6 МВт для газового месторождения им. В.С. Черномырдина (ХМАО). Заказчик – компания «Лукойл-Западная Сибирь».

Энергоблоки будут работать на открытой площадке в диапазоне температур окружающего воздуха от -52 °С до +33 °С. Блочная конструкция, разработанная специалистами Пермского КБ, обеспечивает максимально эффективное использование всего комплекса оборудования электростанции.

Установки будут работать в базовом режиме в простом цикле. В составе энергоблоков Урал-6000 применяется российское оборудование, в том числе газотурбинные установки ГТУ-6П.

Месторождение им. Виктора Степановича Черномырдина – один из самых перспективных проектов ТПП «Ямалнефтегаз». Промысел находится в междуречье Таза и Мессояхи, относится к классу крупных и имеет начальные геологические запасы порядка 300 млрд м³ газа и 21 млн тонн конденсата.

Введена в эксплуатацию вторая очередь ТЭС в г. Аксай Ростовской области.

Станция обеспечивает электроэнергией и теплом логистический комплекс Ozon в г. Аксай. На объекте применены газопоршневые установки PSG530MAN производства компании «Энергосистемы». Совместно с ГПУ работает модульная котельная.

Первая очередь ГПУ-ТЭС состоит из двух когенерационных агрегатов электрической мощностью по 530 кВт и тепловой по 650 кВт. Вторая очередь – еще одна аналогичная установка. Основой ГПУ стали двигатели MAN E3262 LE202, созданные специально для работы на природном газе. Заключен контракт на поставку оборудования третьей очереди станции.

Системы контроля и управления электростанции спроектированы с использованием оборудования MOTORTECH GmbH. В комплектацию входят: система зажигания MIC4, управление оборотами, контроль детонации DetCon20, 8” дисплей контроллера, датчики детонации на все цилиндры двигателя, смесеобразование, шаговый двигатель VariStep3, газовый смеситель с шаговым двигателем VariFuel2. Основной контроллер ALL-IN-ONE отвечает за управление системами когенерационной установки.

ТЭС может работать полностью автономно, без присутствия персонала. Контроль работы, удаленный мониторинг, СМС-уведомление обслуживающего персонала ООО «Энергосистемы» позволяет следить за оборудованием в круглосуточном режиме по принципу 24/7. Заказчик заключил сервисный договор на семь лет с предоставлением полной гарантии на оборудование.

Обеспечен параллельный режим работы между установками и сетью без выдачи электроэнергии, распределение нагрузки между потребителями, использование повышающих трансформаторов для передачи мощности на расстояние в несколько километров. Синхронизация на стороне РУ 0,4 кВ заказчика выполнена посредством передачи данных по волоконно-оптической связи на несколько километров на контроллер ГПУ.

Модульное исполнение установок в цельнометаллических контейнерах с отдельным помещением для оператора, наличие кондиционеров в операторской позволяют эксплуатировать оборудование в регионе, где летом температура в тени достигает +48 °С. Специальные радиаторы и система охлаждения обеспечивают работу ГПУ без потери мощности.



ДЭС мощностью 4,5 МВт построят для месторождения «Кумтор» в Киргизии.

Компания «ПСМ» поставит три дизель-генератора ADMi-1500 мощностью по 1500 кВт для аварийного энергоснабжения подземного рудника в Киргизии. ДГУ укомплектованы двигателями S16R-PTA2 производства Mitsubishi и генераторами Месс Alte общей мощностью 4,5 МВт, напряжением 6 кВ.

В составе каждого энергоблока установлен топливный бак объемом 3 м³, система управления для параллельной работы ДЭС с равномерным разделением нагрузки. Системы жизнеобеспечения контейнера производства «ПСМ» позволяют эксплуатировать оборудование в жарких условиях, с температурой внешнего воздуха до +50 °С.

В состав ДЭС входит комплектное закрытое распределительное устройство на 6 кВ с системами автоматики. Управление станцией будет осуществляться из отдельно стоящего ЗРУ.

Компания «ИНГК» изготовила энергоблоки ГТЭА-12 для Бованенковского месторождения.

Оборудование будет работать в составе электростанции собственных нужд на Бованенковском газовом месторождении. Заказчиком проекта выступает ООО «Газпром инвест». Эксплуатирующая организация – «Газпром добыча Надым». В настоящее время на станции выполняются шефмонтажные и пусконаладочные работы.

Электростанция включает два энергоблока ГТЭА-12, созданных на базе ГТУ-12П разработки АО «ОДК-Авиадвигатель», турбогенератора ТС-12-2РУХЛ («Электротяжмаш-Привод») с микропроцессорной системой возбуждения. Выходное напряжение генераторов – 10,5 кВ. Энергоблок оснащен АСУ ТП компании «Система-Сервис». Компания «ИНГК» поставила общую систему управления для синхронизации работы всех газотурбинных электростанций месторождения. Все оборудование размещено в легкоборном укрытии.

В качестве топлива будет использоваться природный газ, добываемый на месторождении. Ввод электростанции позволит уменьшить себестоимость добычи газа, надежно обеспечит электроэнергией инфраструктуру месторождения с учетом планируемого увеличения объемов добычи.



Wartsila обеспечит работу ГПЭС в Португалии на топливной смеси природного газа и водорода.

Контракт на выполнение работ по переводу электростанции на водородную топливную смесь заключен с компанией Carwatt – крупнейшим независимым производителем электроэнергии в регионе. В составе электростанции, расположенной в г. Майя, применен газопоршневой энергоблок на базе двигателя серии 34SG. В настоящее время она работает на природном газе и обеспечивает электрической и тепловой энергией предприятие Sony Campus.

Работы в рамках контракта начнутся в I квартале 2023 г. На первом этапе планируется перевод энергоблока на топливную смесь природного газа с содержанием водорода до 10 %. При этом будет необходима модификация компонентов и системы управления. Компания Carwatt планирует производить водород с использованием электролизеров, для питания которых будет использоваться электроэнергия, получаемая на ВЭС и СЭС. К 2025 г. Wartsila планирует перевести свои энергоблоки на 100 %-й водород.

Мини-ТЭС обеспечивает энергией молочный комплекс в Ярославской области.

Для энергоснабжения молочно-товарного комплекса предприятия «Красный маяк», расположенного в селе Шурскол Ростовского района, введена газопоршневая электростанция электрической мощностью 750 кВт.

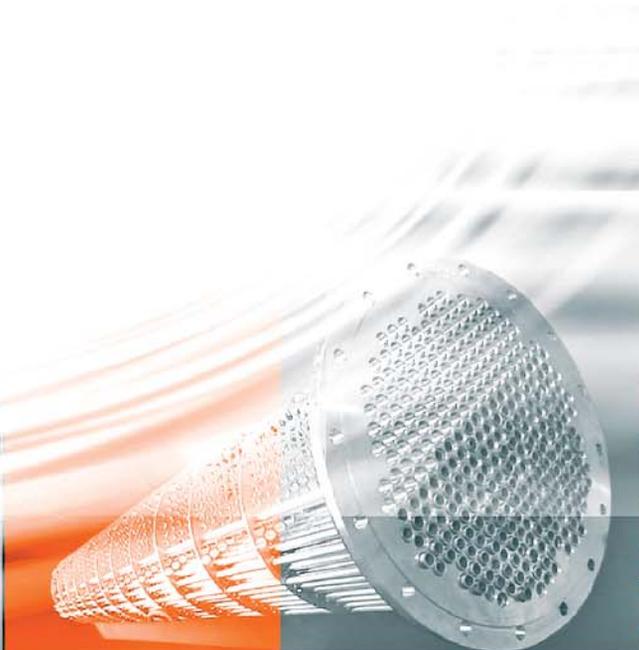
В состав станции входят три энергоблока мощностью по 250 кВт компании «Передовая энергетика». Они созданы на базе двигателя ОС-13 производства Scania, выходное напряжение генераторов – 0,4 кВ. Заказчик проекта – ООО «Красный маяк».

Две установки работают в простом цикле, одна – в когенерационном. Тепловая энергия используется для отопления помещений молочного комплекса и получения горячей воды.

Компания «Передовая энергетика» реализовала проект под ключ – выполнила проектирование, изготовила и поставила оборудование, осуществила монтажные и пусконаладочные работы. ТЭС работает без синхронизации с энергосистемой, топливо – природный газ. Теперь электроэнергия обходится предприятию значительно дешевле, чем центральное энергоснабжение.

25–27 ОКТЯБРЯ 2022
МОСКВА, МВЦ «КРОКУС ЭКСПО»

HEAT&POWER



**7-Я МЕЖДУНАРОДНАЯ ВЫСТАВКА
ПРОМЫШЛЕННОГО КОТЕЛЬНОГО, ТЕПЛОБМЕННОГО
И ЭЛЕКТРОГЕНЕРИРУЮЩЕГО ОБОРУДОВАНИЯ**

РЕКЛАМА



**ПОЛУЧИТЕ ЭЛЕКТРОННЫЙ
БИЛЕТ, УКАЗАВ ПРОМОКОД
turbine22**

Организатор



Международная
Выставочная
Компания

+7 (495) 252 11 07
heatpower@mvk.ru

heatpower-expo.ru

Компания «Энергаз» – 15 лет в сфере технологического оборудования газоподготовки

Э. С. Зимнухов – ООО «Энергаз»

Компания «Энергаз» отметила 15-летие своей деятельности. Этот год открыл для нашей компании (как и для многих других) период жестких испытаний – на способность противостоять объективным трудностям и сохранение своих позиций в изменившихся условиях, на дальнейшее развитие профессиональных навыков и инженерного опыта. На данные вызовы компания отвечает своевременным и качественным исполнением проектов для электроэнергетики, нефтегазовой отрасли и газоиспользующих предприятий.

In brief

Energaz- 15 years in the field of technological equipment for gas treatment.

Energaz company celebrated its 15th anniversary. This year opened a period of tough professional tests for the company – for strong-willed endurance, organizational commitment, professional significance and demand for engineering experience. The company responds to challenges with timely and high-quality execution of projects for the electric power industry, oil and gas industry and gas-using enterprises. Since 2007 Energaz has supplied 320 gas treatment and compression units, providing fuel for 230 gas turbines and gas engine power plants.

Итоги сделанного

Вначале уточним цифры, которые наглядно демонстрируют итоги проделанной работы. Начиная с 2007 года компания «Энергаз» поставила 320 установок подготовки и сжатия газа. В электроэнергетике наше технологическое оборудование обеспечивает топливом 230 газовых турбин и газопоршневых агрегатов суммарной мощностью свыше 6,7 ГВт. В нефтегазовой отрасли установки ЭНЕРГАЗ осуществляют подготовку природного и попутного нефтяного газа в составе 63 объектов на 47 месторождениях.

Компания «Энергаз» наращивает опыт компримирования низконапорного ПНГ. Всего в этом сегменте задействовано 126 компрессорных установок, перекачивающих газ с входным давлением от 0,02 до 0,4 МПа. При этом 57 КС действуют на объектах сбора и транспортировки газа, а 69 установок подготавливают ПНГ в качестве топлива для электростанций на месторождениях.

Расширяется география поставок. Ряд проектов выполнены в Белоруссии, Казахстане, Узбекистане. В России оборудование марки ЭНЕРГАЗ подготавливает различные типы газа

на объектах от Сахалина до Калининградской области, включая основные нефтегазодобывающие регионы – Тюменскую область, Республику Саха, Крайний Север.

15-й год своей деятельности коллектив отметил тринадцать значимыми проектами, где применены специальные инженерные решения, разработанные под особые требования заказчиков, условия эксплуатации, состав исходного газа, поступающего для комплексной подготовки и компримирования. Приведем некоторые примеры.

Опыт пополняется

ГТУ-ТЭС нового предприятия НАУАТ оснащена системой ЭНЕРГАЗ для подготовки топливного газа

Компания «Хаят Россия» наращивает свои производственные мощности: на Боровской площадке экономической зоны «Калуга» построен крупный завод по выпуску бумажной продукции санитарно-гигиенического назначения. Здесь же создается автономный энергокомплекс для снабжения производства собственными энергоресурсами. Электроэнергию будут генерировать две газотурбинные



Пусконаладочные работы на площадке заказчика



Фото 1. Блочный пункт подготовки газа ЭНЕРГАЗ на электростанции завода НАУАТ

установки Mars 100 мощностью по 10 МВт. Производство высокопотенциального технологического пара обеспечат два котла-утилизатора производительностью по 15 т/ч. Кроме того, в структуру ТЭС входит газовая котельная собственных нужд.

Одним из важнейших факторов, способствующих надежной и эффективной эксплуатации генерирующего оборудования, является качество топливного газа. Снабжение ГТУ и котельной топливом с заданными параметрами по чистоте, температуре, давлению и расходу гарантирует многофункциональная система ЭНЕРГАЗ – блочный пункт подготовки газа (БППГ) и дожимная компрессорная станция (ДКС).

БППГ (фото 1) с пропускной способностью 9317 м³/ч служит для учета, фильтрации, редуцирования и контроля качества газа. Эта технологическая установка введена в эксплуатацию и до пуска ГТУ обеспечивает топливом котельную.

Пункт оснащен коалесцирующими фильтрами, эффективность очистки составляет 99,9 % для твердых частиц размером более 3 мкм и 100 % для капельной влаги. В БППГ очищенный газ будет разделяться на два потока. Первый напрямую направляется на ДКС и далее в турбины ГТУ, второй поток проходит через систему редуцирования, которая снижает давление газа и стабилизирует его на уровне 0,3 МПа для подачи в котлоагрегаты.

Пункт подготовки газа размещается в отдельном всепогодном боксе, снабжен системами рабочего и аварийного освещения, отопления и вентиляции, системами безопасности. БППГ полностью автоматизирован, локальная система управления интегрирована в АСУ ТП объекта.

Дожимная компрессорная станция (фото 2), входящая в систему ЭНЕРГАЗ, предназначена для сжатия подготовленного в БППГ топлива и его подачи в турбину под давлением 2,6 МПа. Максимальная производительность ДКС – 6336 м³/ч.

Технологическая схема ДКС гарантирует устойчивое поддержание температуры топлива, необходимой для работы турбины. Линия нагнетания станции оборудована теплообменным аппаратом, который охлаждает рабочую среду и обеспечивает оптимальную температуру подачи газа (до +70 °С).

Газодожимной агрегат размещается в собственном укрытии, оснащенном системами жизнеобеспечения. В соответствии с требованиями безопасности ДКС укомплектована системами пожаробнаружения, газодетекции, сигнализации и пожаротушения.



В настоящее время компрессорная станция смонтирована на площадке предприятия. ДКС поставлена в максимальной заводской готовности, что значительно сокращает продолжительность СМР.

Фото 2.

Газокомпрессорная станция смонтирована на эксплуатационной площадке нового предприятия

Пиково-резервные энергоисточники в Белоруссии получили газоприемные станции ЭНЕРГАЗ

В Республике Беларусь создаются пиково-резервные энергоисточники (ПРЭИ) на базе турбин SGT-800 (Siemens Energy): на Минской ТЭЦ-5 – 300 МВт, на Березовской ГРЭС – 250 МВт, на Лукомльской ГРЭС – 150 МВт, на Новополоцкой ТЭЦ – 100 МВт. Компания «Энергаз» оснастила ПРЭИ четырьмя газоприемными станциями.

ГПС представляют собой пункты подготовки газа (фото 3), которые будут обеспечивать параметры топлива перед его подачей в турбины. Основное назначение ГПС – очистка, измерение расхода и подогрев газа.

Все станции оснащены сепарационной системой с коалесцирующими фильтрами-скрубберами. Эффективность очистки газа – 99,9 % для загрязнений размером более 10 мкм. Предусмотрена возможность быстрой замены фильтрующих элементов. Для обеспечения проектной температуры газа (до +40 °С)

В активе ГК «Энергаз» производство, комплексный ввод в эксплуатацию и обслуживание 320 технологических установок подготовки и сжатия газа для объектов нефтегазовой отрасли, электроэнергетики и промышленных предприятий.

Фото 3. Технологический отсек газоприемной станции ЭНЕРГАЗ





Фото 4. Настройка системы управления в ходе пусконаладочных работ

Техническое сопровождение всех проектов осуществляет компания «СервисЭнергаз», входящая в группу «Энергаз».

Сервисные инженеры выполняют полный цикл предпусковых мероприятий: шефмонтаж, наладку, собственные и интегрированные испытания, обучение персонала.

Фото 5. БППГ ЭНЕРГАЗ обеспечит подготовку топлива для газотурбинной установки Актобе ТЭЦ

Фото 6. Газодожимные установки в составе системы топливоснабжения нового энергоблока



на каждой ГПС установлен модуль подогрева, состоящий из теплообменных аппаратов и узла сбора и хранения газового конденсата с дренажным резервуаром.

Станции размещены в тепло- и звукоизолированных модулях и снабжены необходимыми инженерными системами (фото 4). ГПС спроектированы для работы в автоматическом режиме, их пропускная способность составляет от 29 210 до 87 506 м³/ч – в зависимости от количества турбин и мощности ПРЭИ.

На Актобе ТЭЦ в Казахстане готовится к эксплуатации система ЭНЕРГАЗ для нового газотурбинного энергоблока

Актюбинская ТЭЦ – это единственный источник централизованного теплоснабжения г. Актобе. Электрическая и тепловая мощность – 118 МВт и 878 Гкал/ч. Новый энергоблок мощностью 57 МВт интегрируется в технологическую схему объекта для работы в парогазовом цикле. Производство энергии обеспечит турбина SGT-800.

Отработавшие горячие газы будут поступать из турбины в котел-утилизатор (Подольский машиностроительный завод) для получения 70 т/ч пара с давлением 3 МПа и температурой 420 °С. Пар будет поступать на существующие паровые турбины ТЭЦ для производства электроэнергии.

Для топливоснабжения энергоблока применена система комплексной газоподготовки

ЭНЕРГАЗ, которая обеспечит качество топлива в соответствии с проектными параметрами. Основные элементы системы – блочный пункт подготовки газа (фото 5) и дожимная компрессорная станция.

БППГ служит для очистки, снижения и стабилизации давления, измерения объема поступающего газа. Пункт оснащен блоком фильтрации, модулем редуцирования и узлом технологического учета. Пропускная способность БППГ составляет 15 433 м³/ч – аналогично номинальному расходу топлива на ГТУ.

После предварительной подготовки поток газа направляется в ДКС, состоящую из двух дожимных установок производительностью по 12 000 кг/ч, для сжатия и подачи топлива в турбину SGT-800 с давлением 3,1 МПа и температурой +60 °С.

Пункт подготовки газа и дожимная компрессорная станция (фото 6) полностью автоматизированы. Их системы управления выполнены на базе микропроцессорной техники с использованием современного программного обеспечения, коммутационного оборудования, каналов и протоколов связи. Локальные САУ интегрируются с АСУ ТП объекта. Они обеспечивают дистанционное управление установками, автоматические защиты и сигнализацию, контролируют технологические параметры и загазованность в помещениях, обрабатывают параметры рабочих процессов и аварийных событий, выводят информацию на панель оператора.

Ввод системы газоподготовки и топливоснабжения для ГТУ: шефмонтаж, пусконаладку, испытания, обучение персонала – осуществляют специалисты ООО «СервисЭнергаз» (группа «Энергаз»).

Реконструкция ГРС «Белоозерск-2» обеспечена оборудованием компании «Энергаз»

Березовская ГРЭС (РУП «Брестэнерго») – одно из крупнейших энергетических предприятий Белоруссии. Станция обеспечивает электрической и тепловой энергией промышленные предприятия и жилищно-комму-



нальный сектор г. Белоозерска. Установленная электрическая мощность ГРЭС составляет 1 095 МВт.

В связи с планируемым ростом потребления топлива на станции модернизируется схема внешнего газоснабжения: осуществляется строительство подводящего трубопровода высокого давления и реконструкция газораспределительной станции «Белоозерск-2». Реконструкция предполагает демонтаж существующего узла очистки газа, установку новой системы газовой фильтрации и увеличение производительности ГРС до 145 200 м³/ч.

Система фильтрации, изготовленная компанией «Энергаз», предназначена для удаления твердых частиц и влаги из магистрального газа высокого давления (3,1...5,4 МПа) и состоит из трех фильтров-сепараторов пропускной способностью по 72 600 м³/ч. Система включает две работающие линии и одну резервную.

Очистка газа проходит в две ступени – за счет применения гравитационного принципа и комбинированных фильтрующих элементов. Эффективность при этом составляет 100 % для загрязнений более 50 мкм, содержание примесей в газе на выходе не превышает 1 мг/м³.

Компания «Энергаз» поставила многоблочный газорегуляторный пункт для газоснабжения Заинского района Татарстана

Газорегуляторный пункт (фото 7) представляет собой установку подготовки газа и состоит из нескольких модулей с оборудованием различного назначения, состыкованных в единое здание. Назначение ГРП ЭНЕРГАЗ – очистка, одоризация, снижение давления и измерение расхода газа. Максимальная пропускная способность установки составляет 100 000 м³/ч. ГРП обеспечит газоснабжение потребителей г. Заинска и Заинского района.

Основные элементы ГРП:

- система фильтрации газа с эффективностью 99,9 % для примесей крупнее 10 мкм;
- узел автоматической одоризации с емкостью для хранения и выдачи одоранта;
- два блока коммерческого учета (для газа давлением 0,3 и 0,6 МПа);
- два модуля редуцирования и стабилизации давления (0,3 и 0,6 МПа);
- узел контроля качества газа с измерительно-аналитическим оборудованием;
- система автоматизированного управления.

Новополоцкая ТЭЦ получила высокоэффективную систему газовой фильтрации ЭНЕРГАЗ

Технологическое оборудование (фото 8) предназначено для сверхтонкой очистки газового



топлива на входе в блок отключающей арматуры турбин SGT-800. Концевая система фильтрации ЭНЕРГАЗ состоит из четырех фильтров вертикального картриджного типа пропускной способностью по 14 890 м³/ч.

Эффективность фильтрации – 99,9 % для частиц размером более 0,01 мкм. В результате остаточное содержание примесей в очищенном газе не превышает 0,001 мг/кг. Коалесцирующие фильтры оборудованы датчиками перепада давления, которые сигнализируют о загрязнении сменных элементов. Сигналы поступают непосредственно на верхний уровень АСУ ТП. **Д**

Начался новый, 16-й год работы компании «Энергаз» в сфере комплексной газоподготовки. Коллектив компании, как и прежде, сосредоточивает свои усилия и опыт на качественном исполнении проектных и технологических требований заказчиков.

ЭНЕРГАЗ
ГАЗОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

105082, Москва, ул. Б. Почтовая, 55/59, стр. 1

Тел. +7 (495) 589-36-61

Факс +7 (495) 589-36-60

info@energaz.ru

www.energaz.ru

Фото 7. Технологическое пространство одного из модулей газорегуляторного пункта ЭНЕРГАЗ



Фото 8. Высокоэффективная система газовой фильтрации

Система рециркуляции выхлопных газов и применение водотопливной эмульсии

для снижения эмиссии NO_x и твердых частиц в среднеоборотных двигателях

Панагиотис Киртатос – ETH Zurich

In brief

Combination of EGR and fuel-water emulsions for simultaneous NO_x and soot reduction in a medium speed diesel engine.

In this paper the combination of EGR and Fuel-Water Emulsions (FWE) is tested on a prototype two-stage turbocharged six-cylinder 1MW Wartsila W20 Common Rail medium speed diesel engine.

The exhaust gases are recirculated to the intake using a semi-short EGR system, which directs part of the exhaust gases from the high pressure exhaust manifold, through an EGR cooler, to the intermediate pressure intake manifold before the high pressure (HP) compressor.

The EGR is then compressed to the high pressure intake manifold along with the charge air using the HP compressor.

➤ **Рис. 10. Изменение выбросов NO_x и сажи с увеличением уровня рециркуляции отработавших газов при нагрузке 50% и 75% при постоянных настройках впрыска**

Окончание статьи. Начало в №4, 2022 г.

Результаты измерений

Результаты измерений, полученные на испытательном стенде, представлены в двух разделах. В первом разделе – результаты измерений уровней эмиссии при различной степени рециркуляции выхлопных газов. Во втором разделе – результаты испытаний при использовании системы рециркуляции выхлопных газов в комбинации с применением водотопливной эмульсии для достижения одновременного сокращения выбросов NO_x и сажи.

Изменение уровня рециркуляции выхлопных газов

Влияние использования рециркуляции выхлопных газов на уровни выбросов NO_x и сажи широко представлено в специальной литературе. Добавление инертных выхлопных

газов к наддувочному воздуху снижает температуру пламени, главным образом, из-за разрежения, а также из-за увеличения теплоемкости наддувочного воздуха. Снижение температуры пламени приводит к снижению уровней эмиссии NO_x, которая экспоненциально зависит от температуры пламени. С другой стороны, снижение температуры, а также локальное уменьшение содержания кислорода приводят к увеличению выбросов сажи из двигателя, поскольку реакционная способность сажи и, следовательно, ее склонность к окислению (особенно позднему окислению) снижаются.

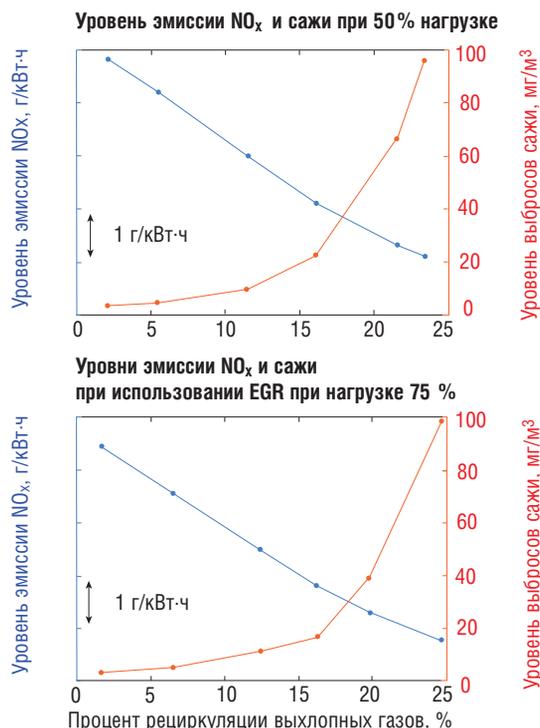
В процессе испытаний уровень EGR варьировался от 0% до 25%. Процентное содержание EGR рассчитывается на основе концентрации CO₂ на входе, выхлопе и концентрации в окружающей среде с использованием зависимости

$$ERG (\%) = \frac{[CO_{2,tntake}] - [CO_{2,ambient}]}{[CO_{2,exhaust}]} \cdot 100,$$

где [...] обозначает концентрацию вещества.

Это соотношение соответствует отношению массового расхода выхлопных газов, поступающих на вход, к общему массовому расходу на входе, без учета удаления воды в охладителе EGR и разницы между молярной массой выхлопных и подаваемых газов. Установлено, что 25% EGR соответствует приблизительно 18%-й концентрации O₂ во впускном коллекторе, что было достаточно для достижения уровней выбросов NO_x в соответствии с требованиями стандарта IMO Tier III.

На рис. 10 показано изменение выбросов NO_x и сажи двигателя при нагрузке 50% и 75% с увеличением уровня рециркуляции отработавших газов. Настройки впрыска для этого варианта оставались постоянными, с началом впрыска (SOI) при углах поворота



коленчатого вала (CA) 10° и 10° перед верхней мертвой точкой (bTDC) при нагрузке 50 % и 75 % соответственно. Давление впрыска (Prail) было установлено на 10 МПа для всех случаев. Результаты показывают значительное сокращение выбросов NO_x при увеличении уровня рециркуляции отработавших газов. Выбросы NO_x были сокращены примерно на 80 % при 25 % EGR для обеих нагрузок.

Влияние использования EGR на выбросы сажи также очевидно. Содержание сажи увеличилось с почти нулевых значений при отсутствии EGR примерно до 100 мг/м^3 при работе с 25 % EGR. Увеличение выбросов сажи было большим при 50%-й нагрузке, где уровень 100 мг/м^3 был достигнут при более низких уровнях рециркуляции отработавших газов. Эта разница объясняется более низкой температурой наддувочного газа при работе на низких нагрузках, что приводит к ухудшению окисления сажи.

Комбинированное использование системы рециркуляции выхлопных газов и водотопливной эмульсии в качестве топлива

Результаты предыдущих испытаний с использованием водотопливной эмульсии показали, что существует возможность снизить выбросы сажи из двигателя. Испытания проводились при 50%-й нагрузке двигателя с уровнем рециркуляции выхлопных газов 23 %. Выбор показателя нагрузки 50 % был обусловлен тем, что при этом наблюдались самые высокие выбросы сажи. Содержание воды в эмульсии – 15 %.

Уровни эмиссии при комбинации WFE и EGR

Уровень выбросов NO_x и сажи из двигателя при увеличении содержания воды в эмульсии показаны на рис. 11. В процессе испытаний давление впрыска и момент зажигания поддерживались постоянными на уровне, соответственно, 100 МПа и 10 градусов поворота коленвала после верхней мертвой точки. Для получения объективных результатов испытания повторялись несколько раз. Результаты измерений отображаются со столбцами отклонений.

Сокращение выбросов NO_x довольно ограничено и, как предполагается, является результатом поэтапного сгорания (замедленного сгорания) из-за большей продолжительности впрыска, поскольку добавлялась вода и давление впрыска поддерживалось постоянным без изменения размера форсунки. На рис. 12 показана скорость тепловыделения

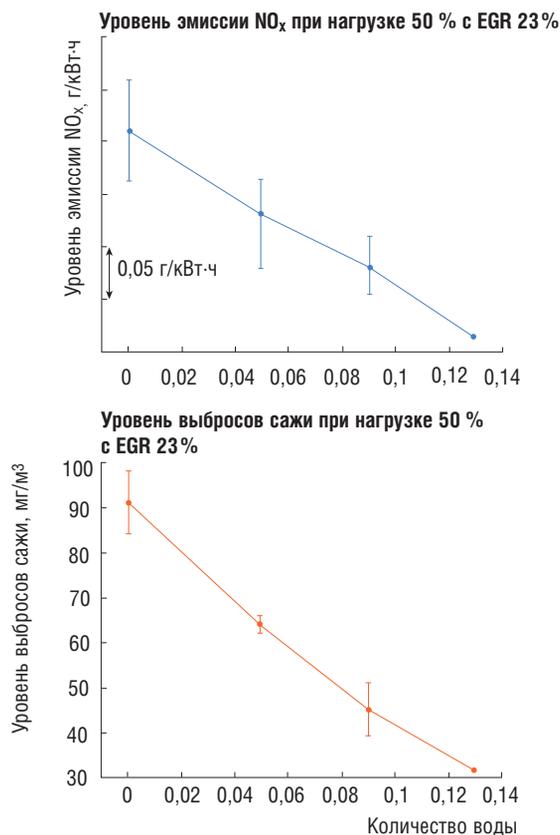


Рис. 11. Изменение выбросов NO_x и сажи с увеличением количества воды для 50% нагрузки и 23% EGR (при постоянном давлении в топливной системе и неизменном времени впрыска)

для различных составов топливной эмульсии, где очевидно снижение максимальной скорости диффузионного горения с увеличением содержания воды. Снижение максимальной скорости диффузионного сгорания вызвано уменьшением расхода энергии топлива (вода заменяет топливо в распылителе), что также приводит к увеличению продолжительности впрыска при постоянной нагрузке (рис. 13).

Результаты, показанные на рис. 12, отличаются от полученных ранее, а именно:

- с добавлением воды отсрочка зажигания увеличивается. Это вызвано повышением скрытой теплоты испарения из-за использования воды, что приводит к снижению температуры струи;
- в результате более длительной отсрочки

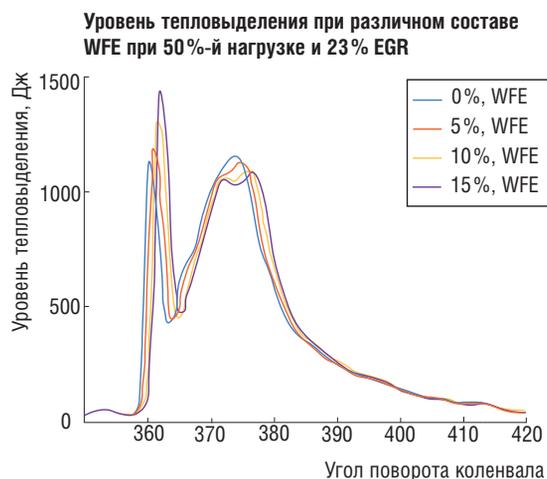
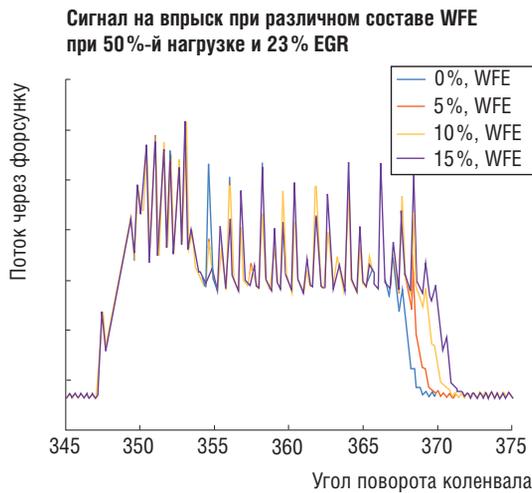


Рис. 12. Измеренный уровень тепловыделения при увеличении количества воды, с установкой EGR с уровнем рециркуляции 25% при нагрузке 50%

Рис. 13. Поток через форсунки с увеличением количества воды и EGR с уровнем рециркуляции 23% при нагрузке 50%

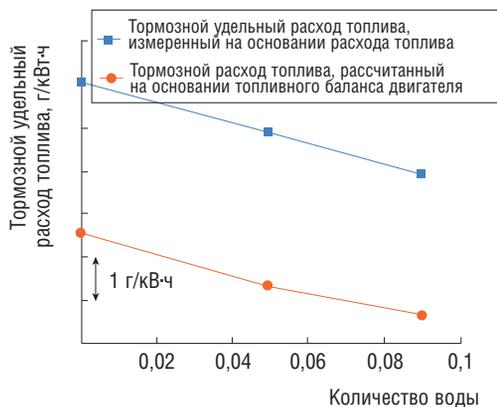


зажигания увеличивается доля сгорания предварительно подготовленной смеси;

- более быстро снижается диффузионное горение после окончания впрыска. Это указывает на повышенное смешивание воздуха и топлива после окончания впрыска, что может быть результатом увеличенной длины отрыва пламени или более активного распыления из-за микровзрывов и/или пыхания.

Наблюдаемое снижение содержания сажи обусловлено лучшим смешиванием топлива с окислителем во время впрыска в результате добавления воды и ее влияния на распыление и длину отрыва пламени. При этом возможно

Тормозной удельный расход топлива при 50%-й нагрузке и 23% EGR



КПД двигателя при 50%-й нагрузке и 23% EGR

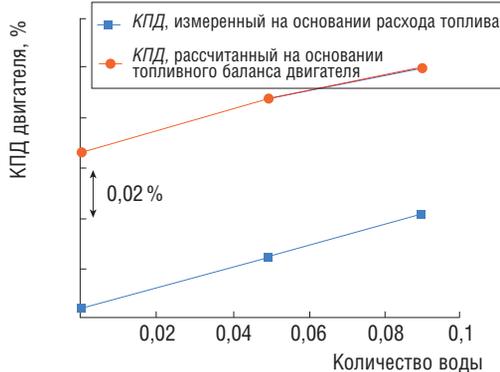


Рис. 14. Изменение BSFC и КПД двигателя с увеличением содержания воды при 50%-й нагрузке и 23% EGR, измеренные с использованием расхода топлива и рассчитанные с учетом энергетического баланса двигателя

повышенное окисление сажи из-за увеличения количества радикалов OH в пламени в присутствии воды при очень высоких температурах.

Влияние использования водотопливной эмульсии на КПД двигателя

Как уже указывалось ранее, прошлые исследования выявили расхождения в измерении расхода топлива и КПД двигателей, использующих WFE. Чтобы решить данную проблему, КПД двигателя и удельный расход топлива при испытаниях на тормозном стенде (BSFC) были измерены при работе на чистом топливе, а также рассчитаны с учетом потоков энергии.

На рис. 14 показаны BSFC и КПД двигателя с увеличением содержания воды. Они были определены непосредственно с использованием чистого расхода топлива, измеренного на двигателе (синий цвет), а также рассчитаны с использованием энергетического баланса двигателя (сумма всех тепловых потерь и мощности торможения двигателя). Измерения расхода топлива и энергетического баланса проводились для эмульсии с содержанием воды 10% воды по массе из-за проблем, возникших в системе впрыска, что не позволило повторить измерение с содержанием 15% воды.

Результаты показывают снижение BSFC примерно на 1,5 г/кВт·ч для 10% воды в топливе по сравнению с использованием чистого топлива. Анализ полученных измерений и энергетического баланса двигателя показывает ту же тенденцию – КПД двигателя увеличивается примерно на 0,35%. Данное отклонение в значениях измеренного КПД и КПД, рассчитанного на основе энергетического баланса, можно отнести к потерям, которые не измеряются на испытательном стенде. Это касается потерь теплопроводности и излучения в окружающую среду от горячих деталей (в основном выпускного коллектора), а также потерь на трение, которые не приводят к повышению температуры охлаждающей воды или масла, особенно в маховике двигателя и тормозе.

Как показано на рис. 14, измеренное повышение КПД двигателя не может быть связано с более высокой эффективностью цикла высокого давления, как утверждалось ранее, поскольку измеренная скорость тепловыделения с увеличением количества воды в целом ниже из-за большей продолжительности впрыска. Анализ потерь энергии двигателя позволяет определить возможные факторы повышения КПД.

На рис. 15 показаны измеренные потери тепла на промежуточный охладитель наддувочного воздуха (ICAC), охладитель системы рециркуляции выхлопных газов (EGR); тепловая энергия, передаваемая высокотемпературной охлаждающей воде (включает тепловую энергию, передаваемую гильзе цилиндра, головке и другим компонентам), низкотемпературной охлаждающей воде (включает тепловую энергию, передаваемую смазочному маслу, тепло от АСАС и т.д.) и увеличение энтальпии газов (энтальпийный поток выхлопных газов минус энтальпийный поток всасываемых газов). Сумма этих потоков энергии плюс мощность торможения равна расходу энергии топлива. Также прилагается график, показывающий разницу каждого потока энергии (дельта-потери) по сравнению с использованием чистого топлива.

Измерения показывают, что до уровня 10% WFE потери остаются постоянными, за исключением тепла выхлопных газов и тепла охладителя EGR. Снижение данных потерь происходит в результате уменьшения потока воздуха в двигатель.

Данный факт может быть подтвержден измерением удельного расхода тормозного воздуха (BSAC). На рис. 16 показано, что BSAC

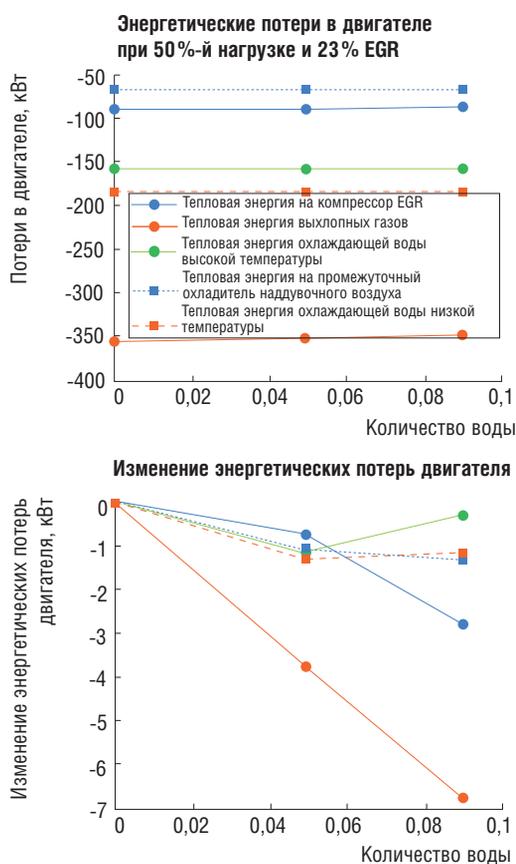


Рис. 15. Измеренный поток потерь энергии двигателя для каждого контура с увеличением количества воды и разница потерь по сравнению с работой на чистом топливе

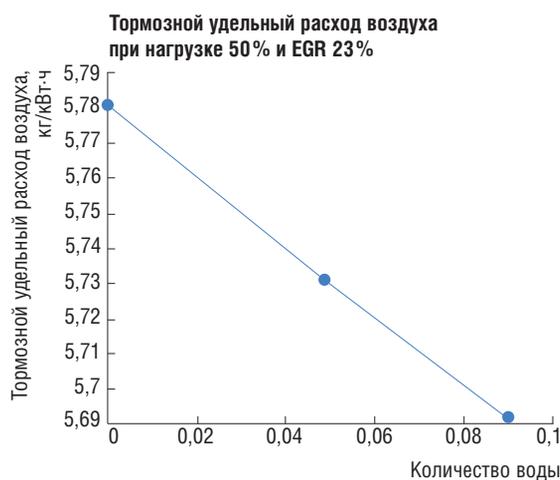


Рис. 16. Измеренный тормозной удельный расход воздуха при увеличении количества воды при нагрузке 50% и EGR 23%

уменьшается с увеличением количества воды в топливе. В 4-тактных двигателях BSAC зависит от массы впрыска в цилиндр и, следовательно, от давления наддува, температуры наддува, времени газораспределения и частоты вращения двигателя. Поскольку три последних показателя оставались постоянными, очевидно, что изменение BSAC связано с более низким давлением наддува. Это, в свою очередь, является результатом более низкой температуры выхлопных газов, как показано на рис. 17.

Важно отметить, что ТТІ (температура на входе турбины HP) ниже, несмотря на снижение BSAC (следовательно, и на соотношение воздуха и топлива). Снижение ТТІ можно объяснить добавлением воды, которая поглощает часть тепла топлива за счет его испарения. В результате уменьшения расхода воздуха в двигателе потери выхлопных газов значительно снижаются. Кроме того, снижаются потери на охлаждение EGR, что обеспечивает более высокий КПД двигателя.

Анализ результатов испытаний Использование системы EGR в сочетании с WFE для одновременного снижения уровней эмиссии NO_x и сажи

Результаты испытаний на 6-цилиндровом дизельном двигателе показали, что комбинация EGR и WFE может использоваться для значительного снижения выбросов NO_x до уровня IMO Tier III, а также выбросов сажи. При уровне рециркуляции отработавших газов 25% сокращение эмиссии NO_x составило около 80% по сравнению с базовым двигателем. Снижение температуры пламени и содержания кислорода привело к увеличению выбросов сажи примерно в 30 раз – до 100 мг/м³. Добавление 15% WFE по массе уменьшило выбросы сажи примерно на 70% – до 30 мг/м³, что позволяет применять EGR без видимых выбросов дыма.

Добавление воды также привело к дальнейшему снижению выбросов NO_x примерно на 20 % из-за увеличенной продолжительности впрыска и эффектов охлаждения и разбавления пламени. Наконец, использование WFE тоже привело к повышению эффективности двигателя, что связано с уменьшением использования воздуха двигателем из-за более низких температур выхлопных газов.

Для дальнейшего снижения содержания сажи в выхлопных газах двигателя необходимо увеличить давление впрыска, что усиливает распыление топлива и, таким образом, снижает уровень сажи. Результаты измерений, проведенных в ходе испытаний, обобщены на рис. 18, где показаны измеренные уровни NO_x и сажи при содержании воды от 0 до 10 %. Соотношения уровней эмиссии NO_x и сажи, полученные при увеличении давления впрыска со 100 до 150 МПа, и изменения времени впрыска ясно показывают на необходимость увеличения содержания воды в топливной смеси в сочетании с EGR. Количество воды до 10 % приводит к одновременному сокращению выбросов NO_x и сажи.

Рис. 17. Измеренная температура выхлопных газов при увеличении количества воды, при нагрузке 50 % и 23 % EGR

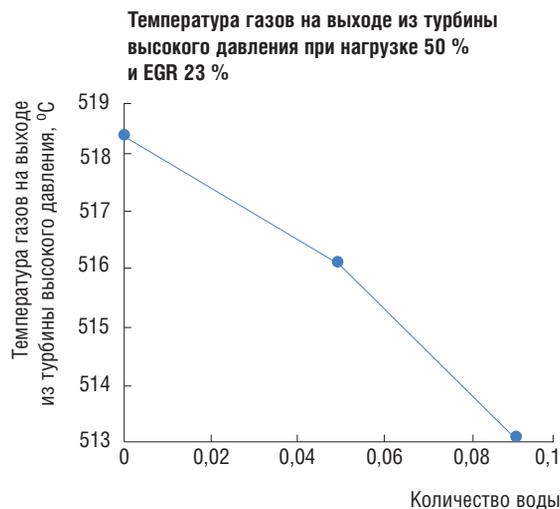
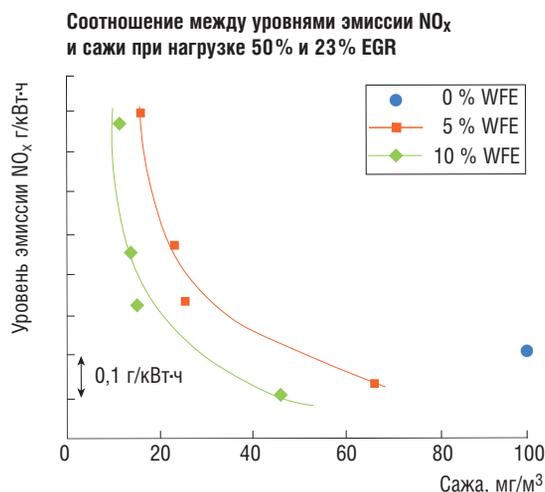


Рис. 18. Измеренное соотношение между уровнями эмиссии NO_x и сажи при различном количестве воды при нагрузке 50 % и 23 % EGR



Использование WFE в двигателях, оснащенных системой подачи топлива Common Rail

Несмотря на перспективы в результате сочетания EGR и WFE, добавление воды в топливо создало значительные проблемы для системы впрыска топлива двигателя Common Rail. Следует отметить, что система впрыска не была разработана для WFE, а форсунки не были одобрены для такого применения производителем форсунок – компанией L'Orange. В процессе работы двигателя с WFE наблюдалась постепенно увеличивающаяся утечка топлива из форсунок. После 50 часов работы с WFE при содержании воды от 5 % до 15 % по массе форсунки были удалены и отправлены в L'Orange, где они были проверены на наличие повреждений.

Инспекция форсунок не выявила особых повреждений от коррозии или других источников на основной игле форсунки и уплотнительных поверхностях главного клапана, в то время как на штоке и седле регулирующего клапана наблюдались значительные повреждения. На рис. 19, 20 показаны виды регулирующего клапана форсунки и седла управляющего клапана для одной из форсунок после работы с WFE. На снимках отчетливо видны следы сильной эрозии и раковины как на штифте, так и на седле, вызванные сильной кавитацией в этих зонах.

Появление кавитации обусловлено высоким перепадом давления над регулирующим клапаном, что в сочетании с повышенной температурой (из-за нагрева камеры сгорания) приводит к образованию кавитационных пузырьков из воды в WFE. Соответственно, был сделан вывод, что конструкция клапана



Рис. 19. Состояние штока регулирующего клапана инжектора после 50 часов работы с нагрузкой 5...15 % WFE, с сильной эрозией и раковинами из-за кавитации

не является оптимальной для работы с WFE. В результате кавитации была отмечена чрезмерная утечка топлива во время работы, что в конечном итоге может приводить к серьезным нарушениям в работе форсунки, а затем к неконтролируемому открытию главного клапана форсунки.

Последующий визуальный осмотр всех форсунок после двух месяцев периодической работы на чистом топливе выявил коррозию во внешней части форсунки (рис. 21). Коррозия была отмечена в зоне, где происходит утечка «грязного» топлива (с примесями смазочного масла из форсунки). В данной зоне скорости потока минимальные, и поэтому вода оставалась там даже после промывки двигателя чистым топливом. Кроме указанных выше повреждений, никаких других проблем не наблюдалось во время и после работы на WFE.

Очевидно, что необходимо значительно доработать конструкцию системы впрыска, чтобы обеспечить длительную эксплуатацию двигателя на WFE. В частности, следует доработать конструкцию регулирующего клапана и зону седла, чтобы свести к минимуму кавитацию при работе с WFE.

Заключение

В данной работе было исследовано использование рециркуляции выхлопных газов в сочетании с эмульсиями WFE на среднеоборотном дизельном двигателе, оснащенный системой подачи топлива Common Rail, с целью снижения уровня выбросов NO_x и сажи. Для подготовки водотопливной эмульсии был разработан и изготовлен прототип системы WFE, которая обеспечивает подготовку эмульсии в режиме реального времени перед топливным насосом. Система основана на впрыске воды под высоким давлением в поток топлива с помощью специально разработанных переключаемых форсунок различных размеров для получения требуемых мелких капель воды. Она позволяет очень быстро изменять содержание воды в топливе, не требуя хранения эмульсии и, следовательно, не требуя использования специальных добавок.

Результаты испытаний показали, что при уровне рециркуляции выхлопных газов 25% (18% O_2 на впуске) при средней и высокой нагрузке обеспечивается снижение выбросов NO_x на 80%, что связано со снижением температуры пламени. Однако при этом происходило увеличение выбросов сажи до 100 мг/м³.

Использование WFE с содержанием воды до 15% при высоких уровнях EGR,



Рис. 20. Состояние седла регулирующего клапана инжектора после 50 часов работы с 5...15% WFE, с сильной эрозией и раковинами из-за кавитации

поддержании постоянного давления впрыска и увеличении продолжительности впрыска привело к сокращению выбросов сажи до 70%. Уменьшение количества сажи было обусловлено увеличением длины отрыва струи топлива, а также микровзрывами и пылением WFE, в дополнение к снижению температуры, вызванному испарением воды.

Добавление воды также привело к сокращению выбросов NO_x на 20%, главным образом из-за замедления сгорания, вызванного более длительным впрыском. Несмотря на более медленный процесс сгорания топлива, КПД двигателя, полученный с помощью прямых измерений расхода топлива и энергетического баланса двигателя, незначительно повышается с увеличением количества воды в WFE. Повышение КПД



Рис. 21. Состояние корпуса форсунки после ~ 50 часов работы с 5...15% WFE и двух месяцев последующей работы двигателя

происходит главным образом за счет снижения потерь энтальпии выхлопных газов двигателя из-за более низкой температуры выхлопных газов и снижения расхода воздуха двигателем.

Несмотря на перспективные результаты с точки зрения выбросов NO_x и сажи, а также КПД двигателя, были отмечены значительные повреждения системы впрыска двигателя после 50 часов работы с содержанием 5...15% воды в топливе. После осмотра было обнаружено, что шток и седло регулирующего клапана топливной форсунки серьезно повреждены в результате кавитации из-за испарения воды. **D**

Литература

1. Boulouchos K. *Optimierung von Arbeits- und Brennverfahren fuer grossere Dieselmotoren mit Common-Rail-Einspritzung, Teil 2: Nutzfahrzeugmotor. Motortechnische Zeitschrift*, 2000. 61 (5): p. 336-345.
2. Heywood J.B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. 1988, New York: McGraw-Hill. 930.
3. Bertola A., Li R. and Boulouchos K. *Influence of Water-Diesel Fuel Emulsions and EGR on Combustion and Exhaust Emissions of Heavy Duty DI-Diesel Engines equipped with Common-Rail Injection System*, 2003, SAE International.
4. Bertola A. *Technologies for lowest NO_x and particulate emissions in DI Diesel Engine combustion influence of injection parameters, EGR and fuel composition*, 2004, ETH Zurich.
5. Kirchen P. *Exhaust-Stream and In-Cylinder Measurement and Analysis of the Soot Emissions from a Common Rail Diesel Engine using Two Fuels*. ICEF2009-14085, 2009.
6. Barro C. *Development and Validation of a Virtual Soot Sensor*, ETH No. 207882012.
7. Ithnin A. *An overview of utilizing water-in-diesel emulsion fuel in diesel engine and its potential research study*. *Journal of the Energy Institute*, 2014. 87(4): p. 273-288.
8. Nadeem M. *Diesel engine performance and emission evaluation using emulsified fuels stabilized by conventional and gemini surfactants*. *Fuel*, 2006. 85(14-15): p. 2111-2119.
9. Musculus M. *Effects of Water Fuel Emulsions on Spray and Combustion Processes in a Heavy-Duty DI Diesel Engine*, 2002, SAE International.
10. Song K., Lee Y. and Litzinger T. *Effects of Emulsified Fuels on Soot Evolution in an Optically accessible DI Diesel Engine*, 2000, SAE International.
11. Law C.A *A Model for the Combustion of Oil/Water Emulsion Droplets*. *Combustion Science and Technology*, 1977. 17(1-2): p. 29-38.
12. Sameg N., Kegl B. and Dibble R.W. *Numerical and experimental study of water/oil emulsified fuel combustion in a diesel engine*. *Fuel*, 2002. 81(16): p. 2035-2044.
13. Watanabe H. *Numerical simulation of emulsified fuel spray combustion with puffing and microexplosion*. *Combustion and Flame*, 2010. 157(5): p. 839-852.
14. Yoshimoto Y., Tsukahara N., Kuramoto T. *Improvement of BSFC by Reducing Diesel Engine Cooling Losses with Emulsified Fuel*, 1996, SAE International.
15. Alahmer A. *Engine performance using emulsified diesel fuel*. *Energy Conversion and Management*, 2010. 51(8): p. 1708-1713.
16. Ishida M., Chenhen Z. *An Analysis of the Added Water Effect on NO Formation in DI Diesel Engine*, 1994, SAE International.
17. Kyrattos P. *Recent developments in the Understanding of the Potential of In-Cylinder NO_x Reduction though Extreme Miller Valve Timing*. CIMAC Congress 2013: Paper No. 225.
18. Kyrattos P. *Predictive Simulation and Experimental Validation of Phenomenological Combustion and Pollutant Models for Medium-Speed Common Rail Diesel Engines at Varying Inlet Conditions*. CIMAC Congress 2010, 2010: Paper No. 143.
19. Kyrattos P. *In-Cylinder Measurement Analysis of Diesel Engine Combustion with Miller Valve Timing*. 13. Tagung, Der Arbeitsprozess des Verbrennungsmotors, 2011.
20. Kyrattos P. *The effects of prolonged ignition delay due to charge air temperature reduction on combustion in a diesel engine*, 2013, Zurich : ETH.
21. Wik C. *2-stage Turbo Charging on Medium Speed Engines – Future Supercharging on the New LERF-Test Facility*. 14th Aufladetechnische Konferenz, 2009.
22. Wik C. *2-stage turbo charging on medium speed engines – results from the LERF test facility*. 16th Aufladetechnische Konferenz, 2011.
23. Cavadini M. *1-D Simulations of EGR on a Marine Diesel Engine using GT-Power*, 2014, ETH Zurich: Zurich.
24. Codan E., Wuthrich J. *Turbocharging solutions for EGR on large diesel engines in Aufladetechnische Konferenz 2013*, Dresden.

ГПА производства НПО «Искра» устанавливаются на КС «Егорлыкская».

Агрегаты изготовлены для эксплуатирующей организации ООО «Газпром трансгаз Краснодар». В настоящее время ведется монтаж четырех агрегатов ГПА-12 «Урал» в составе компрессорной станции «Егорлыкская».

ГПА производства и поставки НПО «Искра» укомплектованы газотурбинными установками ГТУ-12П на базе двигателя ПС-90 (разработка АО «ОДК-Авиадвигатель», изготовление АО «ОДК-ПМ»), компрессорами НЦ12С/56-03 (разработка и изготовление НПО «Искра»).

КС «Егорлыкская» работает в составе магистрального газопровода на участке Северо-Ставропольское ПХГ – Октябрьская – Сохрановка. Новые агрегаты заменят выработавшие свой ресурс ГПА-Ц-6,3. Ввод оборудования в эксплуатацию планируется в начале 2023 года.

УТЗ и компания Triveni Turbines организуют совместное производство.

Уральский турбинный завод и производитель турбин Triveni Turbines (Индия) организуют совместное производство паросиловых энергоблоков малой мощности, работающих на биотопливе. Соглашение о сотрудничестве подписано компаниями в ходе промышленной выставки «Иннопром».

ПТУ малой мощности применяются в аграрно-промышленном секторе, и компания «Ротек» считает данное направление перспективным. Планируется широко применять энергоблоки на электростанциях, где используются сельскохозяйственные отходы – лузга подсолнечника и др.

КМПО изготовило ГПА для ДКС Северо-Комсомольского месторождения в ЯНАО.

Согласно контракту с ООО «СевКом-Нефтегаз», казанским предприятием изготовлены и отгружены четыре комплекта газоперекачивающих агрегатов. ГПА ангарного типа предназначены для ДКС на Северо-Комсомольском нефтегазоконденсатном месторождении.

Агрегаты укомплектованы газотурбинными двигателями НК-16-18СТ производства КМПО. В комплект поставки также входит резервный двигатель, предусмотрено выполнение шефмонтажных и пусконаладочных работ.



Турбины и Дизели

ПОДПИСКА НА ЖУРНАЛ

Подписной индекс
в Объединенном каталоге
«Пресса России»:

Журнал «Турбины и Дизели»

87906

Каталог
энергетического оборудования
«Турбины и Дизели»

87907

РЕКЛАМА

Подписка через редакцию с любого номера журнала

Тел./ факс (4855) 285-997
info@turbine-diesel.ru
www.turbine-diesel.ru

Выставка «РосГазЭкспо '2022»

In brief
Ros-Gas-Expo-2022
exhibition.

XXVI International specialized exhibition of natural gas industry and technology for gas facilities Ros-Gas-Expo was held from 13 to 16 September 2022 in St. Petersburg as part of the XI St. Petersburg International Gas Forum. More than 10,000 gas industry specialists met at the ExpoForum exhibition and convention center to discuss the latest developments in the field of construction, operation and reconstruction of gas transmission systems. The organizer of the event is Farexpo. About 400 companies from 20 countries presented their products. For more than twenty years since its inception, the exhibition has become not only a traditional demonstration platform for new technologies, materials, and equipment used in the field of gas distribution and use, but also a reliable mechanism for promoting the latest developments on the Russian gas market.

С 13 по 16 сентября в КВЦ «Экспофорум» в рамках XI Петербургского международного газового форума прошла XXVI Международная специализированная выставка газовой промышленности и технических средств для газового хозяйства. Организатором выступило ВО «Фарэкспо».

Ежегодно участие в выставке принимают около 400 компаний более чем из 20 стран мира. Мероприятие посещают около 10 тыс. человек: руководители и специалисты нефтегазовых компаний, проектных институтов страны, профильных вузов и научно-исследовательских институтов. За время существования выставка «РосГазЭкспо» стала основным отраслевым мероприятием в России, где демонстрируются достижения в области энергетики, строительства, эксплуатации и реконструкции газотранспортных систем.

Объединенная двигателестроительная корпорация представила на выставке разработки для транспортировки газа и энергетических проектов. Демонстрировался созданный в сотрудничестве с ПАО «Газпром» унифицированный агрегат УГПА-16(25). В составе ГПА возможно применение приводов мощностью 16...25 МВт производства «ОДК-УМПО», «ОДК-ПМ», «ОДК-Кузнецов» без изменения конструкции основного оборудования. Два пилотных агрегата УГПА-16 мощностью по 16 МВт введены на КС «Юбилейная». В конструкции УГПА-16(25) заложены принципы компоновки оборудования, которые будут использоваться при разработке ГПА новых поколений.

Новейший промышленный двигатель ПД-14ГП-1/ГП-2 создан на базе газогенерато-

ра авиадвигателя ПД-14. Он предназначен для газотурбинных электростанций и агрегатов транспортировки газа, имеет ресурс до 200 тыс. часов и до 8 % экономичнее аналогов.

Двигатель создан по заказу ПАО «Газпром» и станет основой нового модельного ряда ГТУ мощностью 12 и 16 МВт. Газотурбинные установки с двигателями ПД-14ГП-1/-2 будут иметь малоэмиссионную камеру сгорания.

Макет газотурбинного двигателя АЛ-31СТ производства ПАО «ОДК-УМПО» демонстрировался как один из базовых промышленных приводов для ГПА мощностью 16 МВт. В настоящее время на дочерних предприятиях ПАО «Газпром» находится в эксплуатации 80 единиц АЛ-31СТ.

Впервые на выставке был представлен макет морского двухтопливного газотурбинного двигателя Е70/8РД разработки ПАО «ОДК-Сатурн». Привод мощностью 8 МВт создан для применения в проектах освоения месторождений морского шельфа РФ. Двигатель найдет применение в составе генераторных установок на морских платформах, в качестве судового турбогенератора.

Компания «Искра-Нефтегаз Компрессор» демонстрировала на выставке новые разработки и решения в области производства газоперекачивающих агрегатов, газотурбинных электростанций, компрессорных установок, а также в сфере технического обслуживания и ремонта, модернизации и реконструкции импортного оборудования.

Специалисты компании «ИНГК» рассказали о разработке и изготовлении поршневых компрессорных установок мощностью от 30 до 8000 кВт, обеспечивающих давление на выходе 50 МПа. Установки изготавливаются согласно законодательным и нормативным правовым требованиям РФ в соответствии с декларацией ЕЭС.

Компания разрабатывает винтовые компрессорные установки максимальной заводской готовности по индивидуальным требованиям заказчика. Они производятся на основе винтового маслозаполненного компрессора, который используется преимущественно для сжатия углеводородных газов, а также для подготовки к транспорту или переработке газа на объектах газовой и нефтяной промышленности.



☪ Макет двигателя ПД-14ГП-1/-2 разработки АО «ОДК-Авиадвигатель»

Комплексная поставка центробежных ГПА серии «Иртыш», газотурбинных энерготехнических агрегатов собственной разработки – еще одно важнейшее направление деятельности ООО «ИНГК». Компания предлагает также полный комплекс услуг по разработке систем автоматизации и электрораспределения любой степени сложности и их внедрению на предприятиях и объектах заказчика.

АО «РУМО» представило на стенде новый продукт, разработанный для ПАО «Газпром», – электростанцию РУМО-702 контейнерного исполнения мощностью 1 МВт, работающую на природном газе. Электростанция изготовлена на базе газопоршневого двигателя производства АО «РУМО» и предназначена для применения на компрессорных станциях, в проектах реконструкции и строительства многоагрегатных электростанций.

На стенде компании демонстрировался полноразмерный макет дизельного двигателя РУМО-501 мощностью 1 МВт, применяемый для работы в качестве судового или привода генератора, насосов, компрессоров и иного оборудования.

Специалисты петербургской научно-производственной компании «Энергодвижение» разработали технологию, с помощью которой удалось почти в 8 раз увеличить ресурс используемого в газотурбинных двигателях турбогенератора. Срок службы доработанного турбогенератора составит до 25 тыс. часов против изначальных 3 тыс. часов. На выставке была представлена уже собранная установка с обновленным двигателем. Безредукторная электростанция максимальной мощностью 1 МВт (24 тыс. об/мин) предназначена для питания судовых систем, железнодорожного и автомобильного транспорта, наземных и морских стационарных и подвижных объектов. На данный момент НПК «Энергодвижение» изготовила два подобных агрегата, оба прошли необходимые испытания.

В рамках газового форума АО «РЭП Холдинг» («Газпром энергохолдинг индустриальные активы») и ООО «Сахалинская энергия» подписали Соглашение о сотрудничестве. Документ предусматривает комплекс мероприятий в сфере эксплуатации, капитальных ремонтов и технического перевооружения газоперекачивающего оборудования на объектах проекта «Сахалин-2». Соглашение расширит объем сотрудничества компаний. В настоящее время на строящуюся дожимную компрессорную станцию объединенного берегового технологического комплекса «Сахалин-2» поставлено три газоперекачивающих агрегата «Ладога-32» производства АО «РЭП Холдинг».



Новые разработки для предприятий газовой промышленности демонстрировались на стенде АО «Казанькомпрессормаш» (Группа ГМС). Высокооборотный электроприводной ЭГПА разработан на базе однокорпусного центробежного компрессора с применением магнитных подшипников, сухих газодинамических уплотнений и частотно-регулируемого электродвигателя.

Посетители имели возможность также ознакомиться с турбодетандерным агрегатом (МТДА) для использования в процессах газочистки и извлечения различных компонентов из природного газа. Агрегат, изготавливаемый АО «Казанькомпрессормаш», производительностью до 15 млн м³ в сутки и мощностью до 7 МВт не уступает лучшим зарубежным аналогам. А по совокупности технических характеристик МТДА превосходит оборудование других отечественных производителей.

Журнал «Турбины и Дизели» является ежегодным участником данных выставок с момента их основания. Приглашаем российские и иностранные компании к участию в выставке «РосГазЭкспо» в следующем году.

А. А. Троицкий

🕒 Стенд производственной компании «ИНГК» посетил заместитель председателя правления ПАО «Газпром» В. А. Маркелов

🕒 На стенде РУМО демонстрировался полноразмерный макет двигателя РУМО-501 мощностью 1 МВт



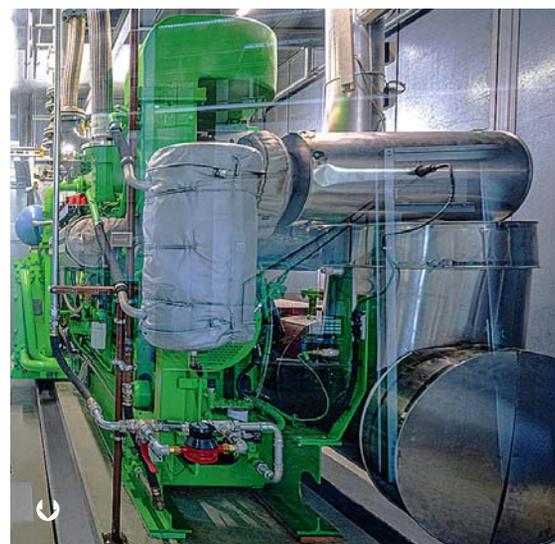
Kawasaki Heavy Industries поставит газопоршневые энергоблоки в Таиланд.

Контракт на поставку оборудования заключен с инжиниринговой фирмой EGCO Engineering & Service Company Ltd. – генподрядчиком по строительству электростанции когенерационного цикла мощностью 30 МВт в индустриальном парке Nakorn Ratchasima. В состав станции войдут четыре газопоршневых энергоблока на базе двигателей KG-18-T. Владелец и оператором станции будет компания R E N Korat Energy, ввод в коммерческую эксплуатацию запланирован на 2024 г.

Модифицированная версия газопоршневого двигателя KG-18-T была выведена на рынок в 2020 г. Двигатель имеет 18 цилиндров V-образного расположения, диаметр цилиндра 300 мм, ход поршня 480 мм. Электрическая мощность энергоблока составляет 7800 кВт при частоте тока 50 Гц.

Новый привод оснащен двухступенчатой системой турбонадува ECOCHARGE, что позволило повысить КПД двигателя на 1,5 %. В состав системы турбонадува входит турбоагнетатель PBST TCA66 низкого давления и турбоагнетатель PBST TCSX23 высокого давления. Расположенный между ними промежуточный охладитель нагнетаемого воздуха обеспечивает сокращение количества энергии, необходимой для сжатия воздуха. Система турбонадува для модифицированного двигателя была разработана немецкой компанией PBST.

В настоящее время механический КПД двигателя – 51 %, уровень эмиссии NO_x поддерживается на уровне ниже 200 ppm. Время пуска и выхода на номинальную мощность из состояния холодного резерва составляет 5 минут, что позволяет использовать энергоблоки для резервирования и поддержания баланса в энергосистеме индустриального парка, а также для покрытия пиковых нагрузок.



Компания INNIO представила двигатель нового поколения Jenbacher Type 3F.

Разработка модификации двигателя проводилась в рамках программы по созданию эффективных решений для экологичного и надежного производства энергии. Высокая надежность и гибкость двигателя в эксплуатации, КПД 43,3 %, низкие уровни эмиссии при работе на природном газе – всё это отвечает требованиям заказчиков на рынке распределенного производства энергии.

Предусмотрена также работа Type 3F на различных видах газообразного топлива. Заказчикам предлагается дополнительная опция «Ready for H₂» для работы на топливной смеси с высоким содержанием водорода, она может также использоваться и для модернизации уже работающих двигателей Type 3.

Новая модификация Type 3F была создана на базе проверенного двигателя Type 3, работающего на объектах заказчиков уже в течение 35 лет. Всего было поставлено более 11 тыс. энергоблоков Type 3, их общая наработка превышает 130 тыс. часов. Основными преимуществами нового двигателя Type 3F являются:

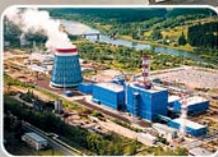
- возможность работы на топливных смесях с высоким содержанием водорода;
- высокий КПД – на 2 % выше, чем у предыдущей версии;
- низкие уровни эмиссии CO₂;
- сниженный расход смазочного масла;
- возможности для модернизации двигателей, находящихся в эксплуатации, в процессе ТО и ремонта.

В настоящее время двигатель Jenbacher Type 3F доступен для работы с частотой 50 Гц, модификация для частоты 60 Гц будет представлена на рынок в 2024 г.

ОБЗОРЫ РЫНКА

энергетического оборудования



Самый полный массив данных в России

- Контракты и реализованные проекты
- Изготовители двигателей и генераторных установок
- Дилеры, поставщики оборудования
- Инжиниринговые и проектные организации
- Представительства зарубежных компаний

www.turbine-diesel.ru

РЕКЛАМА



Повышение эффективности работы КВООУ газовых турбин

- Проектирование
- Инжиниринг
- Сервис



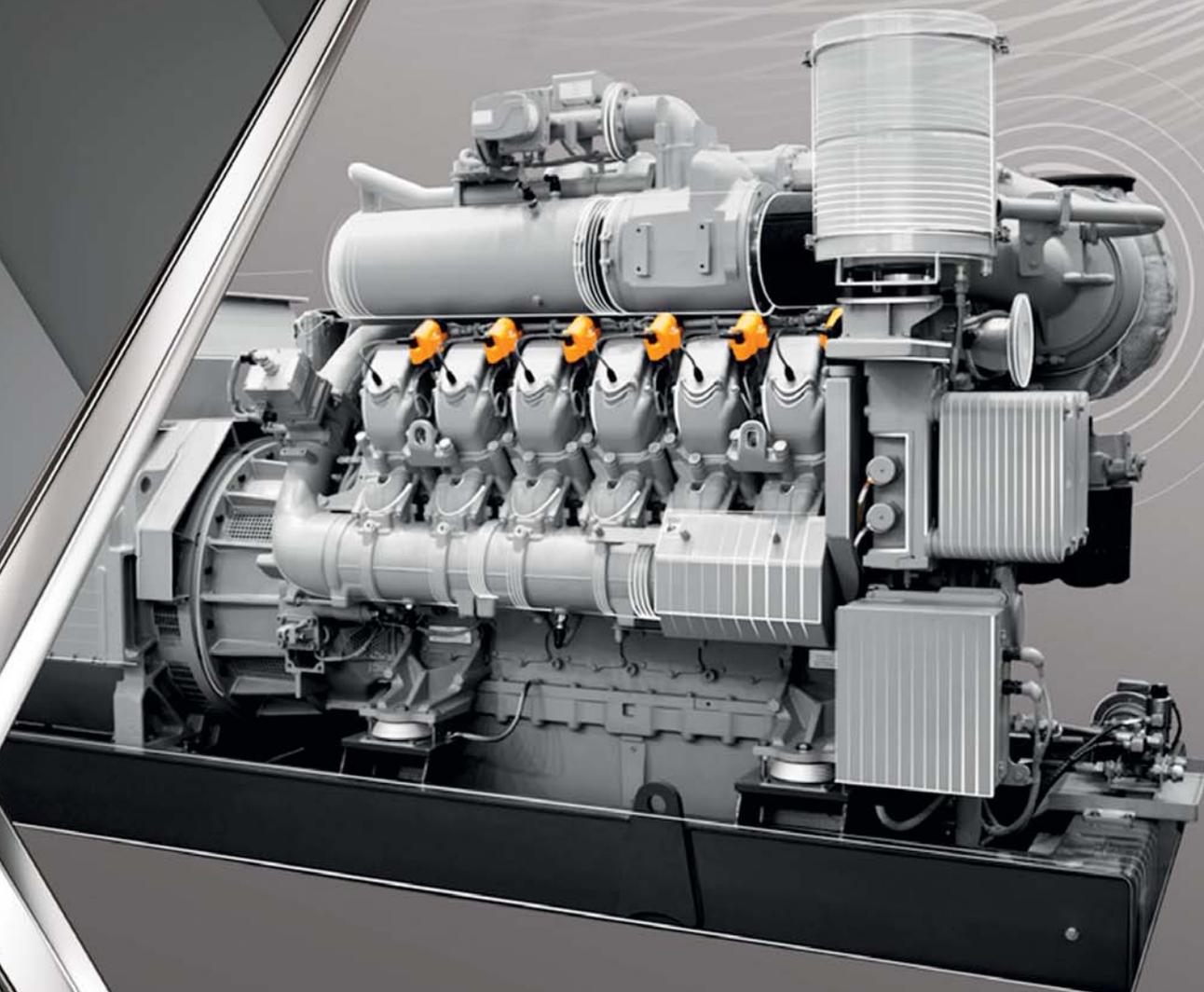
РЕКЛАМА



ООО «EMW фильтртехник рус»
Россия, 117105, Москва,
Новоданиловская набережная, д. 6, стр. 1, оф. 6
info@emw.su; info@emw-filter.ru
тел./факс (495) 783-87-98



РОСНЕФТЬ
СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



ENERGOTEC LL

**ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЕ
МАСЛО ПО УНИКАЛЬНОЙ
РЕЦЕПТУРЕ**

ПОСЕТИТЕ САЙТ
СКАНИРУЙТЕ
QR-КОД



РЕКЛАМА

ROSNIFT-LUBRICANTS.RU