

# Газовые двигатели GE Waukesha в нефтегазовых технологиях



**In brief**

**GE Waukesha gas engines  
for oil & gas market.**

*Under distributor agreement Energotehservice Ltd. in cooperation with General Electric arranged the conference devoted to the application of GE Waukesha gas engines in oil & gas industry. The event was hosted in Russia for the first time. Further it is planned to hold the conference on a regular basis. The most part of the reports presented during the conference related to the development, manufacture, updating and operation experience of GE Waukesha medium-speed engines. GE Waukesha gas engines are designed to perform reliably in isolated, mission-critical and demanding applications. Featuring durable design and unsurpassed flexibility, our rich-burn and lean-burn alternatives cover a wide variety of applications and varying emissions compliance levels.*

**О. В. Данилов – ООО «ЭнергоТехСервис»  
Д. А. Капралов – ООО «Турбомашины»**

**В рамках дистрибуции ООО «ЭнергоТехСервис» (ЭТС) совместно с General Electric провели конференцию «Газовые двигатели GE в нефтегазовых технологиях». Мероприятие прошло в России впервые, в дальнейшем планируется его проводить на регулярной основе.**

**К**онференция проходила 30 ноября и 1 декабря в Тюмени. Два дня работы семинара были полностью посвящены газовым двигателям – их применению в технологиях добычи, переработки и транспорта нефти и газа. Особое внимание в работе конференции уделялось решениям на базе среднеоборотных двигателей GE Waukesha.

С приветственным словом к участникам конференции обратился А. А. Свергин – директор компании «ЭнергоТехСервис» (один из официальных дистрибьюторов GE's Waukesha в России): «Мой 30-летний практический опыт работы по энергообеспечению нефтяной промышленности говорит о том, что двигатели Waukesha являются на данный момент одними из лучших агрегатов для работы на ПНГ. «ЭнергоТехСервис» обладает серьезными компетенциями в газовой генерации, и сегодняшняя конференция – это хорошая возможность собрать на одной площадке и систематизировать знания и опыт всех участников реализации энергетических проектов – производителей оборудования, инженеринговой компании и заказчика».

Ю. В. Тепикин, коммерческий директор ООО «ЭнергоТехСервис» рассказал в своем докладе об опыте применения газопоршневых генераторных установок GE Waukesha в энергообеспечении нефтегазовых промыслов. По экспертным оценкам, сегодня в России эксплуатируется более 180 агрегатов различного назначения с приводом GE Waukesha. Большая часть из них используется в составе энергетических установок.

Десятки проектов реализованы за прошедшие 20 лет, и парк установок GE Waukesha постоянно пополняется. За годы эксплуатации оборудование подтвердило свою высокую надежность и эффективность. Докладчик отметил, что дальнейшее развитие собственной газовой генерации «ЭТС» планирует проводить на базе ГПУ GE Waukesha.

Действительно, компания досконально знает специфику энергоснабжения нефтегазовых месторождений в РФ и считает это основным своим конкурентным преимуществом. С другой стороны, именно благодаря устойчивой работе агрегатов GE Waukesha на попутном газе можно быть уверенным в их работо-



А. А. Свергин

способности в условиях российской действительности.

Ю. В. Тепикин привел пример, когда из-за низкого качества топливного газа мощность ГПУ GE Waukesha снижалась на 3–5 %, в то время как дерейт агрегатов других производителей составлял 40 % и более, а некоторые и вовсе останавливались. Подобные примеры из своей практики, демонстрирующие относительно высокие технические и эксплуатационные характеристики агрегатов GE Waukesha, привели представители компании GE и некоторые делегаты.

Как итог сказанному, Ю. В. Тепикин сообщил, что «ЭТС» уже начал формирование специального арендного парка модульных ГПЭС собственного производства для работы на ПНГ. К концу 2017 года к существующему арендному парку компании добавится еще 20 модульных газопоршневых энергоблоков на базе GE Waukesha.

А. В. Назаров – региональный менеджер по продажам газовых двигателей GE и И. В. Сапрыкин – региональный директор по продажам рассказали участникам об истории завода GE Waukesha в штате Висконсин (США).

Waukesha Motor Company основана в 1906 г. с капиталом \$25 000, в этом же году был разработан первый бензиновый двигатель компании мощностью 35 л.с. В начале своей деятельности Waukesha выпускала различные двигатели для машин, катеров, тракторов. Первый дизельный двигатель Waukesha был изготовлен в 1929 г. В 1938-м V-образный 12-цилиндровый двигатель Hesselman для автомобиля Cadillac мог работать на топливе широкого диапазона. В 1950-х годах компания освоила производство ДГУ и судовых дизельных двигателей.

В 1954 г. на предприятии начался выпуск V-образного 12-цилиндрового газового двигателя

– прообраз серии VHP. В конце 60-х годов стали производиться газопоршневые двигатели серии VHP (Very High Power) по технологии rich-burn. В 1974 г. Waukesha вошла в состав Dresser Industries.

Компания одной из первых начала использовать «свалочный» газ в качестве топлива для ГПУ. VGF-серию запустили в производство в 1988 г., спустя три года была разработана система управления Engine System Manager (ESM) и двигатель VHP четвертой серии.

В настоящий момент GE Distributed Power – один из лидеров по производству двигателей и генерирующего оборудования, предназначенного для выработки энергии в непосредственной близости к месту ее потребления. Диверсифицированный портфель компании включает высокоэффективные газопоршневые двигатели, обладающие топливной гибкостью, в мощностном диапазоне от 119 кВт до 9,5 МВт для различных секторов рынка.

В 2006 г. спроектирована ГПУ APG 1000 – одна из самых высокоэффективных установок в линейке GE Waukesha, с КПД 42 %; через четыре года была запущена серия двигателей для привода газового компрессора – 275GL+. В 2011 г. Waukesha интегрирована в состав GE Energy.

О проектировании, строительстве и вводе объектов генерации рассказал А. Н. Гордиенко – заместитель директора «ЭнергоТехСервис» по новым проектам. Он начал с краткой презентации строительного департамента компании и основных этапов реализации проекта, обращая внимание слушателей на типичные сложные ситуации, возникающие при строительстве объектов энергетики.

Значительная часть выступления была посвящена анализу существующей законодательной и нормативной базы – Градострои-



*Инжиниринговая компания «ЭнергоТехСервис» реализует инвестиционные проекты по утилизации ПНГ с выработкой электрической и тепловой энергии. Компания осуществляет эксплуатацию и обслуживание генерирующего оборудования (собственного или арендованного у заказчика) с последующей продажей электрической и тепловой энергии. Одним из перспективных направлений компании является комплексное энергообеспечение буровых на нефтегазовых промыслах с применением собственного или арендованного оборудования. Сегодня «ЭнергоТехСервис» – это более 800 высококвалифицированных сотрудников, широкая сеть филиалов по всей территории РФ, десятки реализованных масштабных энергетических проектов, более 310 МВт электрической и 240 МВт тепловой мощности в эксплуатации, парк собственного энергетического оборудования мощностью 68 МВт.*

А. Н. Гордиенко

тельного кодекса РФ и Федерального закона «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Реальный цикл реализации в соответствии с законодательством РФ (включая проектирование, строительство, получение прав собственности на объект и внесение его в Госреестр ОПО) составляет 11–12 месяцев – подвел итог докладчик. И именно на эти сроки нужно ориентироваться при планировании строительства новых объектов газовой генерации. Выводы он подкрепил примерами из своей строительной практики.

*Е. И. Озоль*, региональный координатор центра GE Waukesha, рассказал о модельном ряде ГПУ серий VGF и VHP; подробно остановился на двигателе 275GL+, вариантах его изготовления, особенностях применения. С момента выхода на рынок в 1988 г. свыше 5000 двигателей серии VGF работают по всему миру.

Более 2700 двигателей VGF изготовлено для производства электроэнергии. Они предназначены для работы в постоянном режиме в составе когенерационных установок, на нефтяных месторождениях, используют альтернативные газы. Выпущено свыше 2000 двигателей серии VGF для привода газового компрессора. Двигатели работают в системах сбора, хранения, перекачки и переработки газа, применяются на платформах, для закачки в пласт. Свыше 400 двигателей VGF используются в качестве привода насосов, вентиляционного оборудования, охладителей, воздушных компрессоров. Компания предлагает многочисленные варианты исполнения двигателей, доступных с топливными системами для работы как на бедной, так и на богатой смеси в соответствии со специфическими условиями применения.

Двигатели, работающие на богатой смеси, обеспечивают низкий уровень вредных выбро-

сов, используя трехкомпонентный катализатор. Уровень  $\text{NO}_x$  снижается до  $180 \text{ мг/м}^3$  при 5 %  $\text{O}_2$ . Низкий расход топлива достигается благодаря высоким рабочим оборотам. Двигатель потребляет меньше топлива, оставляя больше газа для перекачивания. Приводы работают на «горячих» топливах, без снижения мощности при  $\text{WKI}$  не менее 63, не требуется сложной подготовки газа. Моторы принимают наброс нагрузки большими блоками, обычно более 50 %, для соответствия требованиям работы в островном режиме.

Двигатели, работающие на бедной смеси, обеспечивают низкие выбросы – на уровне  $800 \text{ мг/м}^3$  при 5 %  $\text{O}_2$ . Они имеют низкий расход топлива,  $\text{КПД}$  36,4 %, широкий диапазон рабочих оборотов в диапазоне нагрузки 50–100 %. Двигатели, имеющие низкую степень сжатия (модели F18, H24, L36), обладают исключительной способностью работать без снижения мощности на высококалорийном топливе, вплоть до чистого пропана ( $91 \text{ МДж/м}^3$ ). Конструкция VGF позволяет работать на «кислом» газе – до  $50 \text{ мкг/ВТУ H}_2\text{S}$ .

Отдельно докладчик остановился на применении системы управления ESM на двигателях VGFSE. Все новые и модернизированные двигатели оснащены надежной и простой в эксплуатации системой управления. В ее состав входят такие элементы, как регулирование момента зажигания, турбоагнетателя, частоты, пуска/останова, обнаружение детонации, диагностические инструменты, регистрация отказов и др. ESM оптимизирует работу газопоршневого двигателя Waukesha VGFSE, максимально продлевая время безотказной работы.

Модуль устанавливается на двигатели Waukesha других серий более 10 лет и отлично зарекомендовал себя на тысячах объектов.

Последняя версия двигателя 16V275GL+ в комплектации Power Push развивает мощность 5000 л.с. (3729 кВт), работает без снижения мощности при  $\text{WKI} \geq 60$ , допускает применение топлива в широком диапазоне  $600...2350 \text{ ВТУ/фут}^3$ . Топливная система способна работать при изменении калорийности  $\pm 6\%$  без дополнительного регулирования. При этом интервал верхнего ремонта составляет 36–40 тыс. моточасов, нижнего – 72–80 тыс. моточасов.

Передовая технология регулирования, разработанная компанией, позволяет модернизировать даже устаревшие двигатели, так что они будут соответствовать требованиям по уровню выбросов или даже превосходить их. Применяемые технологии обеспечивают стабильность сгорания и эффективную работу как при полной, так и при частичной нагрузке.



➤ 1908 г.  
Легковой автомобиль  
с двигателем Waukesha



труднодоступных запасных частей с длительными сроками поставки.

**Джейсон Падилла**

Все проекты реализуются с соблюдением законодательства Российской Федерации: проводится экспертиза промышленной безопасности, применяемая продукция имеет необходимые разрешительные документы.

Выполняется модернизация двигателей VHP со 2-й по 4-ю серии. Результат ее проведения – повышение надежности и увеличение срока службы (на 60 %) при пониженном расходе масла (на 66 %). Два варианта модификации – модернизированные головки цилиндров (4-я серия) и рабочие цилиндры. Устанавливаются новые износостойкие поршни и гильзы цилиндров, применяются передовые уплотнения с новым держателем свечей зажигания (SPARC).

Модернизация двигателей серии VHP обеспечивает повышение мощности и надежности двигателей с малыми и большими диаметрами цилиндров. Стандартный объем модернизации включает головки, поршни, кольца и гильзы цилиндров, турбоагрегат, модифицированный карбюратор, впускной коллектор (только для моделей серии GL), сапун двигателя. Устанавливается система управления ESM2, контроллер состава топливовоздушной смеси (AFR), система контроля уровней эмиссии (emPact).

Кроме того, на конференции было заявлено о начале агрегатирования компанией «ЭнергоТехСервис» газопоршневых двигателей GE Waukesha в России и изготовлении генераторной установки с использованием компонентов отечественного и зарубежного производства (планируется применять генераторы Cummins Generator Technologies). Первые 6 агрегатов планируется собрать уже к маю 2017 года.

**Система управления ESM компании Waukesha**



Директор по развитию сервисных продуктов Waukesha Джейсон Падилла представил новые разработки компании для повышения эксплуатационных параметров двигателей. Предприятие постоянно предлагает решения для поддержания или повышения экономической эффективности энергоблоков на протяжении всего срока службы. Решения по модификации оборудования повышают его надежность, доступность, ремонтпригодность, эксплуатационные параметры, увеличивают срок службы и гибкость в процессе эксплуатации.

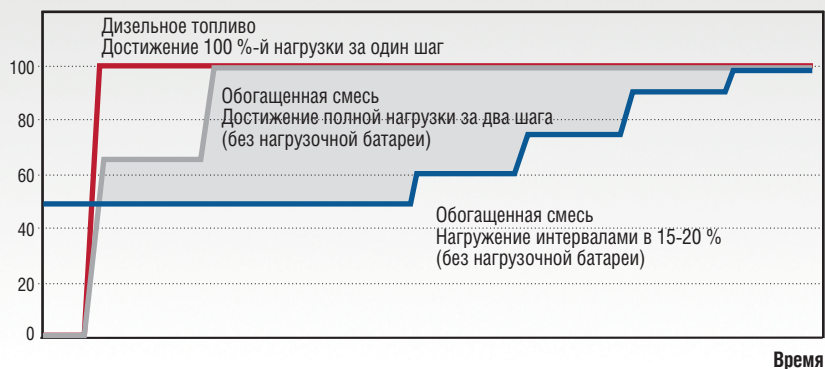
Чтобы оценить текущее состояние оборудования и выбрать оптимальное направление модернизации, выполняется диагностика надежности, экологичности и энергоэффективности (REE-аудит). В ходе аудита проверяется состояние оборудования и предлагаются решения по его оптимизации, внедряются передовые решения, следствием чего является значительная экономия средств заказчика.

На базе выбранного заказчиком технического решения инженеры компании проводят комплексное обследование. Технические и экономические аспекты различных решений сравниваются и анализируются, заказчик при этом может получить исходные данные для расчета рентабельности.

Отремонтировать или модифицировать отдельные компоненты – этого зачастую недостаточно для достижения желаемых результатов. Например, если планируется изменить режим смазки, необходимы конструктивные изменения и других компонентов: поршней, гильз цилиндра, поршневых колец, – иначе модернизация теряет смысл.

Помимо модернизации, возможно изготовление новых основных деталей взамен пришедших в негодность, морально устаревших или

Нагрузка на двигатель, %



Способность двигателей GE Waukesha принимать нагрузку

Конструкторская документация разрабатывается инженерным центром ООО «ЭнергоТех-Сервис».

Производство размещается на территории предприятия в г. Ялуторовске (Тюменская обл.). Установки будут изготавливаться как для цехового размещения, так и в контейнерном варианте для работы в суровых климатических условиях. Преимуществами российских энергоблоков являются сроки изготовления, возможность оперативно учесть специфические требования заказчиков и т.д.

А. В. Назаров и И. В. Сапрыкин представили решения компании GE и широкий ряд продуктов для нефтегазового рынка – генерация на природном и попутном нефтяном газе, пропане. Применение энергоблоков при разработке месторождения, транспортировке и переработке газа, для электрических буровых приводов, мобильные энергетические решения, интегрированное решение Power To Lift.

Power To Lift – передовое и экологически безопасное решение от GE, позволяющее компаниям нефтегазового сектора эффективно производить и применять электрическую энергию на месторождениях. Энергоблоки Waukesha используют попутный газ, обеспечивают питание, управление электроснабжением и средствами механизированной добычи. Конструкция модульного исполнения может



Конвертированный двигатель F3524 с применением модуля FSM2

применяться на кустовых площадках нефтедобычи. Поставка включает оборудование для интеллектуального управления ГПЭС.

Докладчики особо отметили применение ГПУ для буровых установок на нефтяных месторождениях. Газопоршневые двигатели GE Waukesha, работая на ПНГ, могут стать заменой дизельным двигателям при бурении. Применяемая технология позволяет за один шаг принять до 65% нагрузки от номинальной мощности. Данные установки могут работать на попутном нефтяном газе изменяющегося состава. В результате существенно снижаются затраты на топливо и повышается экономическая эффективность.

Представленная концепция Virtual Pipeline способна заменить газопровод, обеспечивая транспортировку газа по суше или по морю. Технология позволяет начать транспортирование газа с малого объема, с последующим его увеличением.

Газопроводы зависят от географии местности, а Virtual Pipeline предлагает гибкие решения, позволяя транспортировать топливо железнодорожным, автомобильным и морским путем. Причем можно использовать один или несколько видов транспорта для доставки топлива потребителю, находящемуся в пределах «экономически выгодного радиуса» от источника газа.

CNG In A Box – малоразмерная установка, способная производить 14...113 тыс. м<sup>3</sup> сжатого природного газа в сутки. Этого достаточно для выработки от 2 до 16 МВт электроэнергии. Система CNG In A Box отлично подходит для сжатия ПНГ с последующим использованием на близко расположенных месторождениях.

Small Scale LNG – малоразмерный завод для производства сжиженного газа производительностью 95...2271 м<sup>3</sup> газа в сутки. Это достаточно для выработки от 10 до 250 МВт электрической энергии. Малоразмерное СПГ-решение компании GE – модульные, быстроразвертываемые заводы. Решение отлично подходит для снабжения сжиженным газом удаленных объектов.

Центральным событием конференции стала презентация нового двигателя компании General Electric. Дизельный двигатель GE 616DS спроектирован для обеспечения высокой эффективности и надежности. Он обладает низким расходом топлива, высокой удельной мощностью и увеличенным сроком службы.

Анализ основных причин отказов газовых двигателей GE Waukesha представил С.А. Либерт, заместитель начальника управления сервиса «ЭТС». В первую группу причин отказов докладчик включил ошибки, связанные с неправильным проектированием и монтажом, во вторую —

ошибки, которые совершает технический персонал в процессе эксплуатации, применение некачественного масла и антифриза, а также перегрузки. В отдельную группу выделены отказы, к которым ведет пренебрежение к качеству топливного газа. Выступающий дал общие рекомендации по их предотвращению. В частности, он указал на важность грамотной разработки и реализации проекта, соблюдение правил эксплуатации и обслуживания, применение оригинальных запчастей, рекомендуемых производителем расходных материалов и жидкостей.

Обслуживанию существующего парка ГПУ Waukesha в России был посвящен доклад *М.В. Манохина*, начальника управления сервиса «ЭТС». Он сообщил, что, по мнению профессионального сообщества, именно сервисная команда компании сегодня обладает глубокими знаниями и богатым опытом по обслуживанию агрегатов GE Waukesha в РФ.

С 2016 г. в составе управления сервиса появились службы турбин и компрессорной техники. В этом же году начал работать учебный центр, служащий для повышения квалификации сотрудников «ЭТС». В планах компании адаптировать образовательные программы для обучения эксплуатирующего персонала заказчика.

М. В. Манохин подробно рассказал о работе мобильного сервис-центра, который является базой для проведения капитальных ремонтов энергетического оборудования на удаленных нефтяных месторождениях Ямала. Мобильный сервис-центр, имеющий габариты 16x12x7 м (ДхШхВ), обеспечивает комфортные условия для работы персонала. Несмотря на суровые климатические условия, его конструкция выдерживает порывы ветра до 35 м/с и не деформируется при высоте снежного покрова более 10 см.

Внутри бокса размещаются мобильный стенд для капремонта с подъемным механизмом, мойка с укрытием, станки и верстаки для мехобработки деталей двигателя, стеллажи для размещения ЗИП, инструмента и т.д. В боксе можно проводить все ремонтные операции, включая переворот блока цилиндров.

В мобильном центре в течение года проведено восемь капитальных ремонтов энергоблоков VHP 5904GSID (GE Waukesha). Завершающую стадию работ на последнем агрегате участникам конференции можно было увидеть в прямой онлайн-трансляции из мобильного сервис-центра.

Преимущества выполнения капремонта на месте очевидны:

- отсутствуют расходы на логистику или ее бюджет минимален;



**Мобильный сервис-центр развернут на Ямале**

- работы можно проводить в любое время года;
- сроки начала работ не привязаны к состоянию дорог;
- сокращение времени вывода оборудования из эксплуатации;
- оперативность во взаимодействии сервисной бригады «ЭТС» и персонала заказчика;
- возможность проведения полного капремонта с выемкой коленвала.

Обменный фонд (для временной замены ремонтируемого оборудования) компании составляет 70 единиц модульных электростанций мощностью от 30 до 1540 кВт.

Подводя итоги проведенной конференции, нужно отметить, что потенциальные заказчики и организации, активно эксплуатирующие генерирующее и компрессорное оборудование производства GE Waukesha, получили большой объем информации о продукции компании, новых разработках и предлагаемых технологиях.

Специалисты компании «ЭнергоТехСервис» продемонстрировали глубокие знания и опыт в реализации проектов с оборудованием GE Waukesha, поддержке заказчика в эксплуатации и выполнении ремонтов любой сложности в самые короткие сроки.

Присутствующие имели прекрасную возможность задать вопросы, в том числе и неудобные, на которые получены честные, исчерпывающие ответы. Подобные встречи с заказчиками будут регулярными, что, безусловно, будет способствовать как улучшению качества реализуемых проектов, так и снижению стоимости эксплуатации оборудования. **Д**