

Мобильная ГТЭС SGT-A45 TR компании Siemens

представлена на рынок

Кристиано Балестрино – Siemens AG

In brief

Siemens introduces the SGT-A45 TR mobile gas turbine to the market.

Siemens has now developed a new mobile gas turbine unit for this rapidly growing market. This product achieves unsurpassed levels of power density with the typical attributes of mobile units: installation in two weeks or less, and a high degree of mobility to facilitate initial delivery or relocation of the unit by road, sea or air. Such features are made possible by an aero-derivative engine core, which utilizes proven components and inherits best-in-class levels of fuel efficiency and operational flexibility.

Во многих регионах мира в связи с быстро растущими потребностями в электроэнергии энергосистемы работают на пределе своего ресурса. Устранить дефицит электроэнергии путем строительства традиционных электростанций большой мощности не представляется возможным в связи с длительными сроками их строительства и ввода в эксплуатацию. Один из наиболее реальных путей решения данной проблемы – использование оборудования для распределенного производства энергии. В связи с этим мобильные газотурбинные электростанции становятся все более востребованными на рынке.

Компания Siemens в настоящее время разработала новую мобильную ГТЭС для быстро развивающегося рынка распределенного производства энергии. Она имеет оптимальную удельную мощность, обладает высокой мобильностью и может доставляться заказчику автомобильным, воздушным или водным транспортом. Возможность быстрой поставки, установки и ввода в эксплуатацию – также одно из преимуществ новой ГТЭС.

ГТУ и все вспомогательные системы размещены на трех трейлерах, что обеспечивает удобство транспортировки, быстрый монтаж на площадке заказчика, снижает до минимума необходимые соединения между системами. Оборудование поставляется заказчиком в состоянии максимальной заводской готовности, в результате чего сокращается срок ввода его в эксплуатацию. Высокие технические параметры ГТУ обеспечивают операторам быстрый возврат инвестиций. Мощность данной установки выше, чем у аналогичного оборудования на рынке, что позволяет сократить необходимое количество энергоблоков и снизить, таким образом, капитальные затраты по проекту. Эксплуатационные расходы также существенно ниже благодаря высокому КПД и оптимальной эксплуатационной и топливной гибкости ГТУ. Это стало возможно за счет использования в составе ГТЭС авиапроизводных газовых турбин, обладающих данными характеристиками.

Требования заказчиков к мобильным ГТЭС

В течение прошедших двух десятилетий ряд экономических, экологических и технологических факторов привели к быстрому развитию рынка распределенного производства энергии. Этому способствовал экономический рост развивающихся стран в различных частях мира, а также трудности, связанные со строительством (финансирование, получение разрешений, согласование и т.д.) и эксплуатацией централизованных электростанций большой мощности [1].

Сегмент мобильных энергетических установок, которые могут поставляться заказчиком в кратчайшие сроки, развивался особенно активно, что было обусловлено ростом дефицита электроэнергии в развивающихся странах. В большинстве случаев потребности в электроэнергии росли такими темпами, что не давали возможности реализовать проекты по строительству крупных электростанций. В данной ситуации мобильные газотурбинные энерго-



блоки стали оптимальным решением проблемы: подача энергии в сеть обеспечивалась уже через несколько недель после получения заказа на поставку, а не через годы, что характерно для электростанций комбинированного цикла. Часто мобильные ГТЭС использовались как временное решение для электроснабжения, пока электростанции комбинированного цикла находились на стадии строительства и пусконаладочных работ.

Темпы роста сегмента мобильных ГТЭС представлены на рис. 1. На схеме видно, что с 2010 г. данный сегмент вырос почти в 6 раз по сравнению с предыдущими годами [1]. В настоящее время основное количество поставок приходится на мобильные ГТЭС в классе мощности 30 МВт. Данные энергоблоки, созданные на базе авиапроизводных газовых турбин, имеют следующие преимущества:

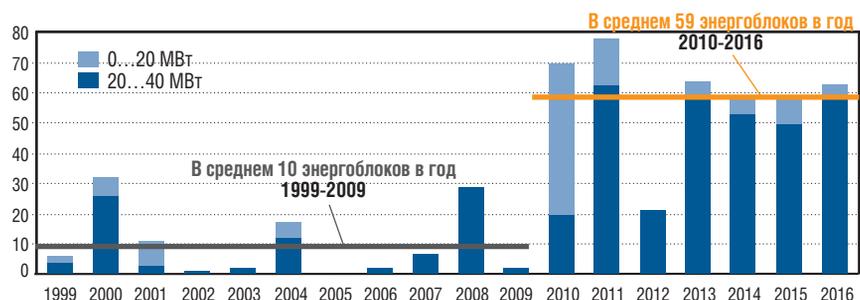
- высокий показатель удельной мощности;
- малые габариты и минимальные требования к площадке для установки;
- возможность работы на газе и жидком топливе;
- высокая эксплуатационная гибкость;
- возможность работы с частотой 50 и 60 Гц при минимальных конструктивных изменениях;
- высокая надежность при работе в тяжелых условиях, широкое применение в промышленности, в энергетической и нефтегазовой отрасли.

С точки зрения доходной части, рынок мобильных ГТЭС в классе мощности 30 МВт имеет ежегодный оборот около \$1 млрд только по новому оборудованию, без учета прибыли от предоставления услуг по техническому обслуживанию, ремонту и запасным частям. Это соответствует 40 % всего рынка газотурбинных установок в данном классе мощности.

Варианты применения и региональные рынки

Как было указано ранее, сроки поставки и монтажа являются основными факторами при выборе мобильных ГТЭС для выработки электроэнергии в пиковые моменты в энергосистемах. Существуют также и другие факторы в пользу мобильных энергоблоков на базе авиапроизводных газовых турбин. Выделим наиболее значимые из них.

Экономический рост. Увеличение численности населения, повышение стандартов жизни и развитие промышленного сектора являются основными причинами роста потребностей в электроэнергии. Темпы роста дефицита электроэнергии в развивающихся странах не позволяют решить проблему путем строи-



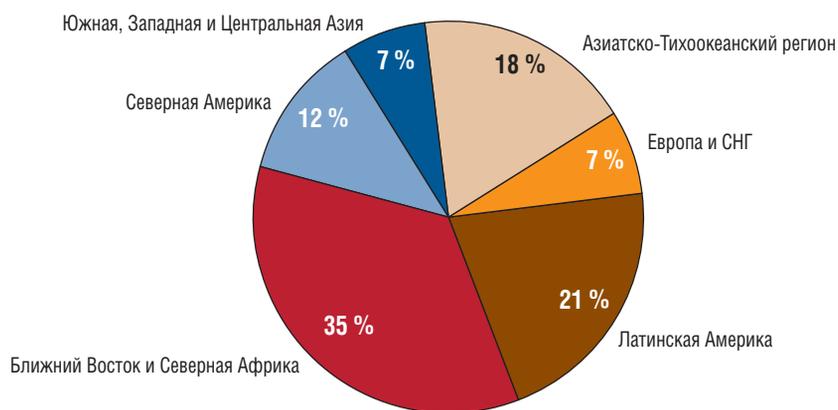
тельства электростанций комбинированного цикла большой мощности. Мобильные ГТЭС в этом случае – оптимальное решение, поскольку они начинают вырабатывать достаточно большое количество энергии через минимальное время после доставки заказчику.

Повреждение энергетической инфраструктуры. Инфраструктура, которая используется для выработки, передачи и распределения электроэнергии, может быть повреждена в связи со стихийными бедствиями, массовыми беспорядками и т.д. В данных случаях оперативное восстановление надежного энергоснабжения является первоочередной задачей – и здесь выбор за мобильными ГТЭС.

Изношенная или ненадежная инфраструктура. Незапланированный выход из строя оборудования электростанции или утрата надежной сети распределения электроэнергии может вызвать значительный дисбаланс в энергосетях. Это заставляет принимать такие непопулярные меры, как веерные отключения электроэнергии или отключение отдельных потребителей вследствие дефицита мощности. При этом замена вышедшего из строя оборудования становится одной из первоочередных задач энергетических компаний. Мобильные ГТЭС в таких ситуациях обеспечат выработку энергии для поддержания баланса в сети на любой эксплуатационной площадке. Более того, их можно быстро перемещать именно туда, где создалась наиболее напряженная ситуация при выходе из строя энергетического оборудования или для снятия сезонных и пиковых нагрузок.

Изменение условий рынка. Во многих регионах мира энергетические рынки претерпели за последние годы кардинальные изменения в связи с либерализацией и снятием ограничений в секторах производства и распределения энергии. В энергосистемах появилось большое количество энергоблоков, работающих на возобновляемых источниках. Все это требует высокой эксплуатационной гибкости базовых энергоблоков энергосистемы. Данные требования обеспечиваются конструкцией мобильных ГТЭС, которые могут работать оди-

Рис. 1. Рынок мобильных ГТЭС по количеству поставленных энергоблоков в год



Примечание. Приведенные данные по регионам включают мобильные ГТЭС, поставленные лизинговыми компаниями, имеющим штаб-квартиры в данных странах.

Рис. 2. Распределение рынка мобильных ГТЭС по регионам в период 1999-2016 гг.

наково эффективно с различной нагрузкой, в разных климатических условиях, на различных видах топлива.

Временные нужды. Мобильные ГТЭС являются также оптимальным решением для временного энергоснабжения с выработкой большого количества энергии: это и проведение важных массовых мероприятий, устранение последствий стихийных бедствий, замена базовых энергоблоков станций на время их ремонта или технического обслуживания, а также обеспечение энергией инфраструктуры месторождений по добыче полезных ископаемых или сланцевого газа.

Учитывая указанные факторы, можно сделать вывод, что рынок мобильных ГТЭС концентрируется в основном в регионах с недостаточно развитой энергетической инфраструктурой и быстрым экономическим ростом. Заметно влияют на развитие данного рынка в развивающихся странах и такие факторы, как политическая нестабильность, природные явления и катаклизмы или изменения в тради-

ционной энергосистеме (например, снижение мощности гидроэлектростанций вследствие засухи).

Распределение рынка мобильных ГТЭС в различных регионах мира представлено на рис. 2. Из рисунка видно, что основная доля рынка приходится на страны Северной Африки и Ближнего Востока. Это обусловлено необходимостью оперативной электрификации регионов в данных странах. В ряде случаев мобильные ГТЭС использовались как временный энергоисточник в процессе реализации многоэтапных мегапроектов по строительству электростанций комбинированного цикла большой мощности.

Ожидается, что в ближайшем будущем также и другие регионы будут следовать данной тенденции. В частности, проекты по электрификации стран Центральной Африки и Азиатско-Тихоокеанского региона представляют огромный потенциал для применения мобильных ГТЭС.

Мобильная ГТЭС SGT-A45 TR

В марте 2017 года компания Siemens представила на рынок мобильную газотурбинную электростанцию SGT-A45 TR (фото 1). Она создана на базе авиапроизводной газовой турбины Industrial Trent 60 компании Rolls-Royce Aero Engine.

SGT-A45 TR имеет большую мощность и более высокий КПД по сравнению с другими мобильными ГТЭС, представленными на рынке. Она является оптимальным решением с точки зрения необходимой площади для размещения и объема капитальных затрат.

Газовая турбина SGT-A45 TR разработана на основе надежного и хорошо зарекомендовавшего себя в эксплуатации предыдущего двигателя SGT-A65 TR (Industrial Trent 60).



Фото 1. Мобильная газотурбинная электростанция SGT-A45 TR

Оба двигателя создавались с применением технологий компании Rolls-Royce Aero Engine, они дорабатывались и оптимизировались в продолжение 25 млн часов общей наработки авиадвигателей Rolls-Royce Trent 800. Данные технологии также подтвердили свою надежность при использовании двигателей в судовой отрасли, нефтегазовой и других промышленных областях.

Отличительные особенности базового двигателя отражены в его названии (рис. 4). Технологические особенности газовой турбины SGT-A45 TR и унификация компонентов разных двигателей представлены на рис. 5.

Газовая турбина SGT-A65 TR мощностью 66 МВт имеет трехвальную конструкцию, которая характерна для ГТУ семейства Trent компании Rolls-Royce. Ступени высокого и среднего давления (ВД и СД) при конвертировании оставлены практически без изменений. Ступень низкого давления (НД), которая приводит в действие вентилятор второго контура в авиационном двигателе, механически подсоединена к выходному валу и дополнительно приводит в действие 2-ю ступень компрессора НД, работающую в качестве нагнетающего модуля для повышения степени сжатия и мощности газовой турбины.

Благодаря применению данной технологии SGT-A45 TR имеет высокую удельную мощность, что определяет специфические характеристики мобильных ГТЭС. Одни из основных требований к конструкции таких ГТЭС – высокая мобильность и возможность доставки на место эксплуатации любым видом транспорта. Самым тяжелым компонентом пэкиджа станции на базе авиапроизводной газовой турбины является электрогенератор. Требования при перевозке автомобильным транспортом (например, максимальная нагрузка на ось) или воздушным транспортом (максимальная грузоподъемность) ограничивают максимальный вес электрогенератора, который является пропорциональным его мощности. Кроме того, состояние дорог по маршруту перевозки оборудования ограничивает максимальную ширину трейлера, на который устанавливается ГТУ для транспортировки.

По этим причинам конструкция газовой турбины SGT-A45 TR была модернизирована: удален модуль нагнетания низкого давления и использован двухвальный газогенератор, аэродинамически соединенный со свободной силовой турбиной. Конструкция силовой турбины была отработана компанией Rolls-Royce Marine в составе судового двигателя MT30, который эксплуатировался на военных кораблях. При этом турбина имеет высокую степень унифика-



Рис. 4. Расшифровка наименования газотурбинного двигателя Siemens SGT-A45 TR

ции компонентов с газотурбинными двигателями Industrial Trent и авиадвигателем Trent 800 компании Rolls-Royce Aerospace.

В результате удаления ступеней компрессора нагнетательного модуля сокращена ширина, а также масса ГТУ, что обеспечило более компактные габариты для транспортировки на трейлере. Для использования более компактного электрогенератора уменьшена мощность газотурбинной установки. Таким образом, появилась возможность оптимизировать конструкцию пэкиджа установки SGT-A45 TR для размещения на трейлере при сохранении высокой удельной электрической мощности ГТЭС – 44 МВт.

Авиапроизводная свободная силовая турбина приводит в действие двухполюсный электрогенератор без применения редуктора. Это минимизирует ширину приводного механизма путем устранения стандартного осевого смещения, которое применяется при использовании редуктора с параллельным валом.

Данная конструкция ГТУ позволяет работать с частотой 50 и 60 Гц без замены компонентов. При этом свободная силовая турбина просто работает с различной синхронной частотой вращения для разной частоты тока, не требуя конструктивных изменений ГТУ.

Рис. 5. Технологические особенности газовой турбины SGT-A45 TR

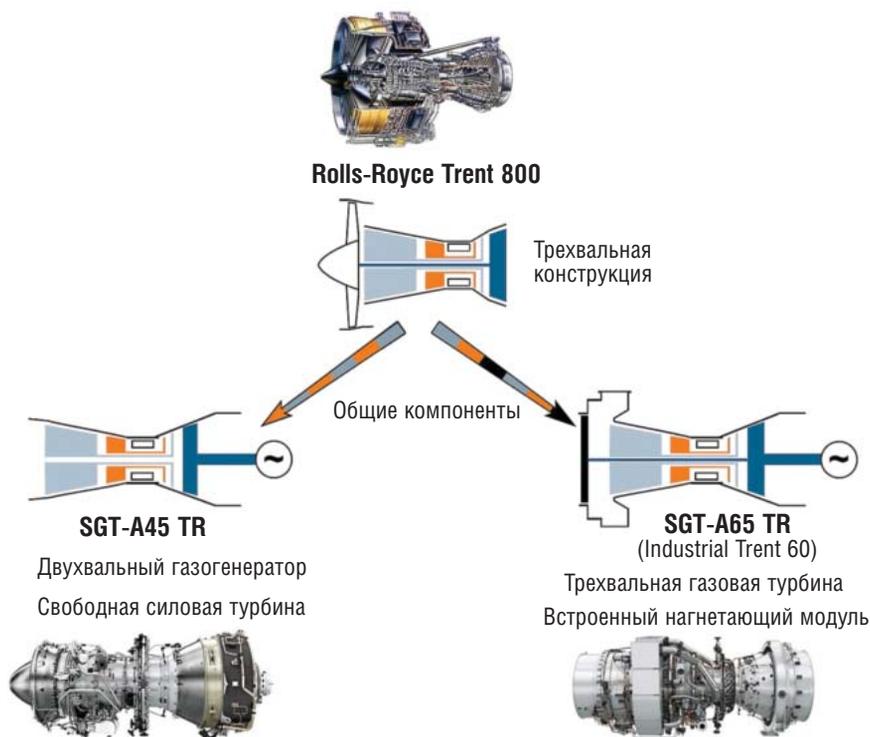




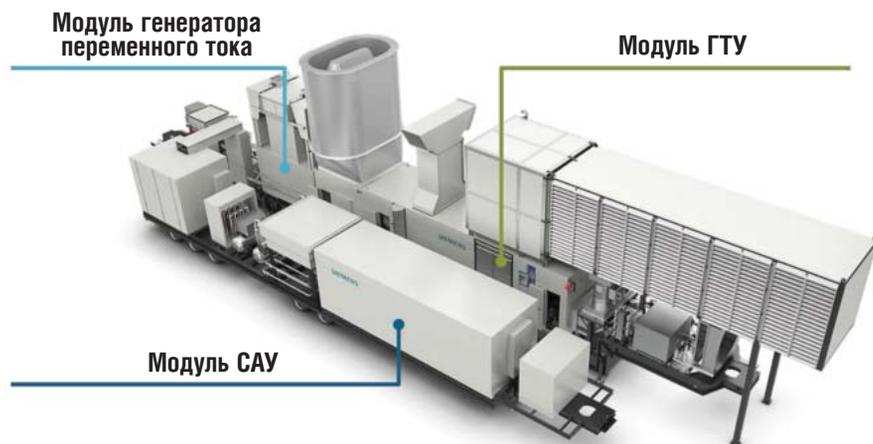
Фото 2. Газотурбинный двигатель SGT-A65 TR на испытательном стенде

Надежность газотурбинной установки

Первая ГТЭС SGT-A45 TR собрана и испытана в конце 2016 года на предприятии компании Siemens в г. Монреаль (Канада). Был разработан план комплексных испытаний для подтверждения основных характеристик оборудования и расчетных данных. План испытаний включал 72 направления, среди них основные:

- подтверждение выходной мощности и КПД во всем рабочем диапазоне;
- работа с частотой 50 и 60 Гц;
- работа на жидком и газообразном топливе; переход с одного вида топлива на другой без останова, в автоматическом режиме;
- проверка устойчивости работы, включая запас компрессора по помпажу;
- замеры уровней вибрации приводного агрегата и опорных конструкций;
- отработка последовательности действий при запуске;
- оптимизация функции следования за нагрузкой;
- замеры уровней эмиссии;
- замеры температуры компонентов для оптимизации тепломеханического анализа.

Рис. 6. Схема мобильной ГТЭС SGT-A45 TR



Конструкция пэкиджа мобильной ГТЭС

ГТЭС SGT-A45 TR состоит из трех конструктивных модулей полной заводской готовности. Модули изготовлены с учетом требований к их установке на трейлеры. Благодаря такому подходу газотурбинная установка и все вспомогательные технологические блоки и системы могут быть изготовлены и смонтированы в заводских условиях. Это существенно упрощает их монтаж на месте эксплуатации и сокращает сроки поставки и ввода ГТЭС по сравнению со стандартными установками в данном классе мощности. Три технологических модуля ГТЭС представлены на рис. 6.

Модуль электрогенератора. Двухполюсный электрогенератор закреплен на соответствующем трейлере вместе с системой смазки и системой охлаждения, в которой используется аппарат воздушного охлаждения. Контур системы воздушного охлаждения включает теплообменник воздух/воздух, он устанавливается на крыше модуля уже на месте эксплуатации (чтобы уменьшить высоту модуля при транспортировке). Электрогенератор напрямую, без редуктора, подсоединен к силовому валу газовой турбины. Такая конструкция обеспечивает работу с частотой 50 или 60 Гц без существенных конструктивных доработок. Переход для работы на разных частотах может осуществляться на месте эксплуатации, без доставки ГТУ на завод-изготовитель.

Модуль ГТУ. Газотурбинная установка монтируется на специально изготовленный трейлер со всеми необходимыми вспомогательными системами и блоками внутри контейнера, в котором обеспечена необходимая вентиляция, звукоизоляция и противопожарная защита. Модуль ГТУ включает следующие основные системы и блоки:

- газовую турбину SGT-A45 TR;
- электрический starter газовой турбины;
- систему подачи синтетического смазочного масла и систему охлаждения масла;
- блок вентиляции модуля;
- блок КВОУ;
- выхлопной канал газовой турбины с диффузором;
- систему подачи и контроля газа и систему подачи жидкого топлива;
- систему впрыска воды для контроля уровней эмиссии NO_x (необходима отдельная система подачи воды);
- систему промывки компрессора газовой турбины;
- трейлер соответствующей конструкции.

Для обеспечения требуемых габаритов модуля по высоте при перевозке любым видом транспорта выхлопная труба газовой турбины

и канал подачи отбираемого из компрессора воздуха монтируются непосредственно на месте эксплуатации. Таким же образом фильтры вентиляции и КВОУ устанавливаются при монтаже оборудования на площадке. Размещение КВОУ в верхней части модуля позволяет избежать повышенного загрязнения воздушных фильтров, поскольку на высоте концентрация загрязняющих частиц существенно ниже, чем на уровне земли [3]. Такая компоновка технологических блоков ГТУ предотвращает преждевременное снижение рабочих параметров оборудования.

Подъемная масса технологических модулей ГТУ не превышает 20 тонн, поэтому для их установки на площадке достаточно иметь передвижной кран, который всегда можно заказать в любом регионе.

Электротехнический модуль. Третий модуль включает электротехнические и механические вспомогательные системы, а также панель управления ГТЭС. Электротехнические системы содержат комплектное распределительное устройство электрогенератора, автоматический контактный выключатель, пульт управления двигателем и источник бесперебойного электропитания. Кроме того, в состав модуля входит трансформатор высокого напряжения, который используется для подачи напряжения на все системы электростанции без дополнительного подключения к сети. Механические системы модуля включают противопожарное оборудование и систему подачи сжатого воздуха для собственных технологических нужд станции.

Мобильная газотурбинная электростанция SGT-A45 TR разработана для поставки заказчикам в состоянии plug and play (полной готовности к работе). Для ее ввода в эксплуатацию необходимо минимальное количество подключений между модулями, а это суще-

ственно сокращает необходимое время монтажных и пусконаладочных работ. Все оборудование, установленное в технологических модулях, проходит полномасштабные испытания. При этом выполняется промывка всех систем ГТУ и прокрутка блоков электрогенератора и газовой турбины. Более того, центрирование трейлеров осуществляется в заводских условиях и точно воспроизводится при установке оборудования на площадке заказчика, что обеспечивает надежную работу оборудования в течение длительного срока.

Приемочные испытания полнокомплектной ГТЭС в заводских условиях гарантируют необходимые настройки и регулировки оборудования. Благодаря такому подходу мобильная ГТЭС SGT-A45 TR может быть введена в коммерческую эксплуатацию менее чем за две недели после доставки на площадку.

Основные характеристики мобильной ГТЭС

Основные технические характеристики SGT-A45 TR представлены в *табл.*

На *рис. 7* и *8* показана динамика изменения мощности и КПД мобильной ГТЭС при работе в простом цикле с частотой 50 и 60 Гц соответственно. На графиках представлены также результаты впрыска воды в камеру сгорания газовой турбины. Впрыск воды используется в основном для контроля уровней эмиссии NO_x. Однако данный процесс влияет на поддержание номинальной мощности ГТЭС, особенно в условиях высоких температур окружающего воздуха. Эксплуатационные показатели ГТЭС были оптимизированы для работы в странах с жарким климатом с учетом того, что большинство заказов на данные установки поступает из субтропических регионов.

В частности, при работе с частотой 50 Гц мощность ГТЭС поддерживается на уровне

Табл. Технические характеристики мобильной ГТЭС SGT-A45 TR

Технические характеристики	60 Гц		50 Гц	
	15 °C	20 °C	15 °C	20 °C
Мощность электрическая (ISO), МВт	44,0	39,6	41,0	39,3
КПД электрический (ISO), %	40,4	39,5	39,0	38,4
Вид топлива	Двухтопливная (газообразное и жидкое топливо)			
Низкоэмиссионная КС	Впрыск воды			
Уровень эмиссии NO _x (газ/жидкое топливо), ppm	25 / 42			
Частота вращения, об/мин	3600		3000	
Степень сжатия	27,9:1	25,8:1	27,7:1	26,7:1
Расход выхлопных газов, кг/с	126	116	127	120
Температура выхлопных газов, °C	483	498	477	501
Напряжение генератора, кВ	13,8 (3 фазы)		11,5 (3 фазы)	

Рис. 7. Динамика изменения мощности и КПД ГТЭС SGT-A45 TR в зависимости от температуры окружающего воздуха при работе с частотой 50 Гц

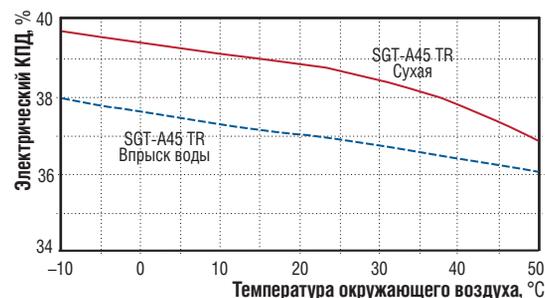
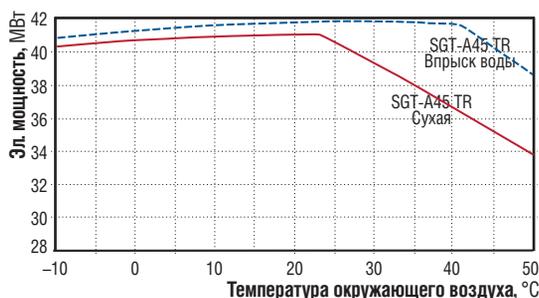
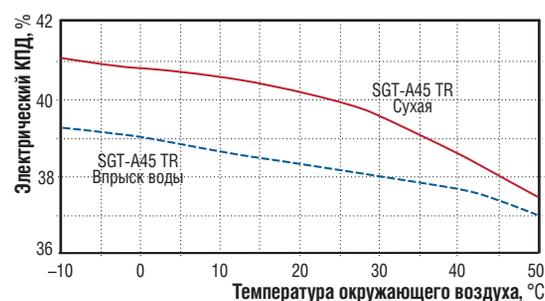
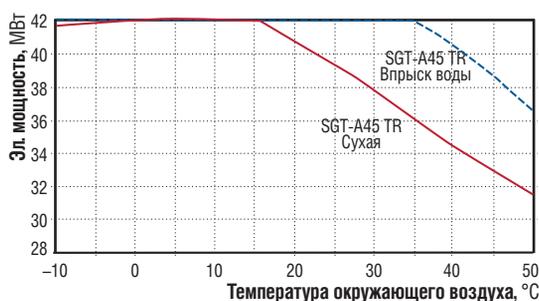


Рис. 8. Динамика изменения мощности и КПД ГТЭС SGT-A45 TR в зависимости от температуры окружающего воздуха при работе с частотой 60 Гц



96 % (ISO) при температуре окружающего воздуха 30 °C. Использование впрыска воды позволяет сохранять мощность ГТУ на номинальном уровне даже при температуре 40 °C.

Экономическая эффективность

Технические параметры мобильной ГТЭС SGT-A45 TR, по сравнению с аналогичным оборудованием, представленным на рынке в настоящее время, — значительно выше. В результате применения ГТЭС конечный пользователь получает существенную экономию средств по отношению к капитальным и эксплуатационным затратам (рис. 9). В составе многоагрегатных электростанций большой мощности энергоблока SGT-A45 TR также обеспечивают значительную экономию с точки зрения общих инвестиций в проект и сложности монтажных работ.

Аналогичным образом, потенциальная экономия затрат, которая обеспечивается эффективностью использования топлива ГТЭС, является очевидной. Например, для многоагрегатной электростанции на базе SGT-A45 TR общей мощностью 150 МВт повышение КПД на 1 %

обеспечивает экономию топлива на сумму \$1 млн/год (расчет выполнен на основе цены на природный газ \$6/млн БТЕ и годовой наработки 8000 часов в базовом режиме).

Эксплуатационная гибкость

Ряд технических характеристик SGT-A45 TR обеспечивают высокий уровень эксплуатационной гибкости оборудования, что в результате позволяет быстро адаптироваться к изменениям рабочих режимов (например, при переходе с базового на пиковый режим работы) при использовании ГТЭС для поддержания баланса в энергосистемах. К данным характеристикам относятся:

- работа на различных видах топлива, с возможностью перехода с одного вида топлива на другой в автоматическом режиме в любое время при любой нагрузке;
- возможность работы с частотой тока 50 и 60 Гц;
- уровни эмиссии NO_x менее 25 ppm при работе на газовом топливе с возможностью впрыска воды;
- быстрый запуск: выход на полную нагрузку из холодного резерва в течение 8 минут;
- минимальное время выбега. Благодаря конструкции авиапроизводного двигателя, ГТЭС можно повторно запускать в любое время после останова, при полной нагрузке, без необходимости выбега. Это очень важная характеристика, особенно для установок, применяемых для поддержания баланса энергосистемы в аварийных ситуациях. Для обеспечения данной функции не требуется дополнительных систем или оборудования.

Рис. 9. Сравнение технологий с точки зрения общей мощности многоагрегатных электростанций



Решения для многоагрегатных электростанций на базе SGT-A45 TR

Мобильные ГТЭС SGT-A45 TR разработаны для оперативной реализации проектов по строительству многоагрегатных электростанций. Каждый энергоблок SGT-A45 TR поставляется в состоянии полной заводской готовности, что максимально сокращает объем вспомогательного общестанционного оборудования и минимизирует сроки реализации проекта. Концепция plug and play, использованная при разработке конструкции ГТЭС, обеспечивает короткие сроки ее установки и ввода в коммерческую эксплуатацию.

Вспомогательное оборудование стандартной многоагрегатной электростанции на базе четырех энергоблоков SGT-A45 TR включает блок подготовки газообразного и жидкого топлива, блок водоподготовки, повышающие трансформаторы, электрическую подстанцию и другие блоки различного назначения (рис. 10). Количество таких вспомогательных блоков, подключаемых к мобильным ГТЭС, ограничено с целью сокращения сроков ввода электростанции в эксплуатацию.

Например, процесс установки энергоблоков SGT-A45 TR требует доступа трейлеров с одной стороны станции для их поочередного монтажа. Подготовка эксплуатационной площадки и строительные работы могут осуществляться с другой стороны площадки заранее или одновременно с монтажом энергоблоков.

Высокая мощность и компактные габариты мобильных ГТЭС SGT-A45 TR обеспечивают их большую удельную мощность. Например, для строительства многоагрегатной электростанции на базе четырех энергоблоков SGT-A45 TR общей мощностью 175 МВт (ISO), работающих на природном газе, без впрыска воды, необходима площадь 1 га.

Заключение

В статье представлены основные эксплуатационные характеристики мобильной ГТЭС SGT-A45 TR и возможные варианты ее применения. Короткие сроки монтажа и ввода в эксплуатацию (менее 2 недель), а также большая удельная мощность, по сравнению с аналогичными энергоблоками, способствуют существенной экономии капитальных затрат.

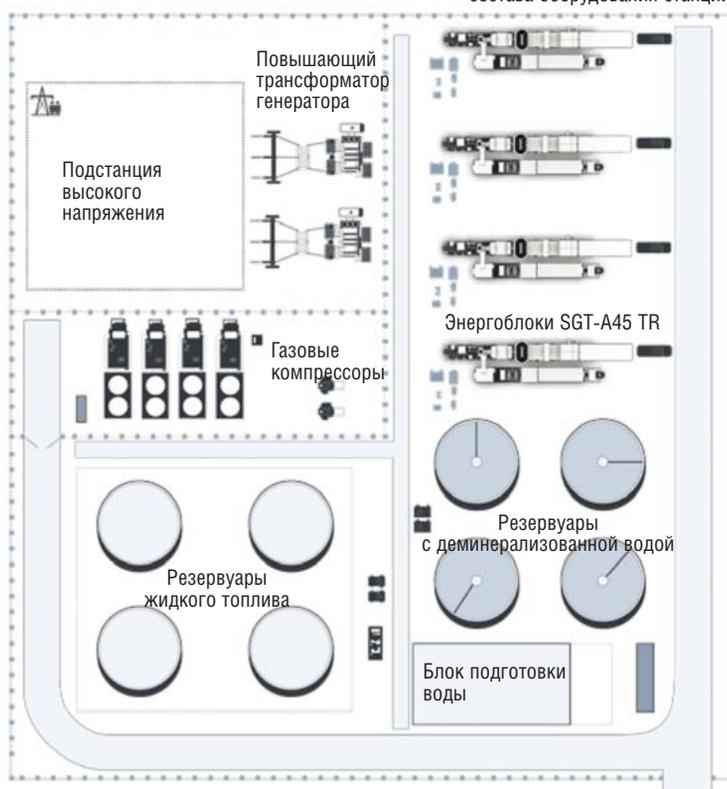
Высокая эффективность использования топлива и эксплуатационная гибкость ГТЭС обеспечивают оптимальную адаптируемость оборудования к изменяющимся требованиям региональных энергетических рынков.

При создании авиапроизводной газотурбинной установки SGT-A65 TR (на базе двигателя Industrial Trent 60) использовались отработанные

175 МВт
4 энергоблока

2 недели
установка ГТЭС

Индивидуальное решение
возможность оптимизации
состава оборудования станции



ные технологии компании Rolls-Royce Aero Engine. Для доводки двигателя был проведен ряд полномасштабных испытаний на стенде предприятия. Конструкция базового двигателя оптимизирована для интеграции в мобильный пэкидж, который создавался для удобной доставки заказчику различными видами транспорта и быстрого монтажа на месте эксплуатации. При этом требования к подготовке площадки являются минимальными, нет необходимости в большом количестве вспомогательного общестанционного оборудования.

Благодаря таким характеристикам мобильные ГТЭС SGT-A45 TR являются оптимальным решением при реализации проектов по обеспечению электроэнергией и поддержке экономического роста в различных регионах мира. **D**

Использованная литература

1. *Emerging Trends in Distributed Generation; E G Hooper; proceedings of POWER-GEN Europe, Cologne, Germany, June 27-29, 2017.*
2. *Siemens Gas Turbine market database, based on multiple industry sources including McCoy power reports.*
3. *Guideline for Gas Turbine inlet air filtration systems, Release 1; Gas Machinery Research Council, Southwest Research Institute. April, 2010.*

Рис. 10. Концепция многоагрегатной электростанции общей мощностью 175 МВт на базе мобильных ГТЭС SGT-A45 TR