

# Газопоршневые ТЭС на базе нового двигателя V35/44G компании MAN Diesel & Turbo SE

Фото 1.

Двигатель 20V35/44G

## In brief

**Power plants on the base of new MAN Diesel & Turbo SE 20V35/44G gas engine.**

*With the new 20V35/44G gas engine, MAN Diesel & Turbo SE has significantly extended its engine portfolio for stationary energy production in power plants. During development, it was possible to illustrate output, consumption and emissions values with which the engine has established an excellent position in the competitor environment. With a cylinder output of 530 kW, the gas engine achieves a level of effective efficiency of 48.4% while simultaneously complying with all currently valid emissions regulations. Thus, MAN Diesel & Turbo SE is making its contribution to reducing environmentally harmful carbon dioxide emissions.*

**Р. С. Шакиров, к.э.н. – ООО «МАН Дизель и Турбо Рус»**

**В предыдущем номере журнала была представлена новая разработка компании «МАН Дизель и Турбо» – газопоршневые установки на базе двигателей модели 20V35/44G с одноступенчатым турбонаддувом, работающих по циклу Миллера. Мощность двигателя достигает 10,6 МВт, КПД составляет 48,4 %. В его конструкции реализовано множество инновационных технологических решений, кроме того, двигатель соответствует стандарту TA-Luft по уровню выбросов вредных веществ.**

*Окончание статьи. Начало в №4, 2012 г.*

**К**омпания MAN Diesel & Turbo является мировым лидером в области разработки и производства низкооборотных и среднеоборотных поршневых двигателей. Широкий модельный ряд газовых и дизельных двигателей предоставляет широкие возможности для сотрудничества с компанией, независимо от того, производится ли электроэнергия для выдачи в сеть или для собственных нужд. Заказчику предлагаются комплексные энергетические решения – от топливного хранилища до трансформаторной подстанции.

Деятельность компании MAN по производству и поставке генераторных установок начинается с 1904 года, когда была изготовлена первая в мире дизельная электростанция для трамвайного депо г. Киева. И до настоящего времени, спустя более ста лет после первого успешного опыта, MAN Diesel & Turbo сохраняет свое научно-техническое превосходство

в области разработки мощных двигателей внутреннего сгорания, которые в настоящее время сохраняют статус самых эффективных из производимых ДВС. Зная до тонкостей технологию производства мощных двигателей, специалисты компании стремятся создавать оборудование еще более мощное, более экономичное и экологичное.

Первостепенная задача компании – экологичность проектов с одновременным повышением топливной эффективности и удельной мощности агрегатов. Активное сотрудничество в области законодательства по регулированию уровня выбросов загрязняющих веществ – это наш вклад в глобальную программу сокращения выбросов.

По мнению основных международных организаций, таких как Международная энергетическая ассоциация (МЭА), одним из решений вопроса сокращения выбросов на мировом энергетическом рынке будет применение в качестве топлива природного газа.

Благодаря своей доступности и хорошим экологическим показателям, этот вид топлива будет играть важную роль в системе энергообеспечения будущего. Применение двигателей MAN для выработки энергии позволяет предприятиям снизить энергоемкость производства и улучшить экологическую обстановку.

Выпускаемое компанией оборудование включает решения для эффективного производства электроэнергии, тепла и холода, а также предоставления оперативного резерва, который может быть введен в эксплуатацию в кратчайшие сроки. Все решения могут быть адаптированы под требования заказчика, что гарантирует максимальную окупаемость инвестиций.

### Электростанции на базе газопоршневых установок

При выборе типа электростанции окончательное решение обычно принимается исходя из следующих факторов:

- область применения: производство электроэнергии, когенерация или другие цели, например, кратковременный оперативный резерв мощности для поддержания стабильной работы и повышения надежности эксплуатации сети;
- снижение капитальных и эксплуатационных затрат на энергообеспечение предприятия;
- снабжение топливом: оно должно быть недорогим и доступным при оптимальных экологических показателях;
- особенности размещения энергообъектов: включая климатические и топографические условия на площадке и доступность необходимых вариантов системы охлаждения;
- прочие ценовые факторы (например, стоимость разрешений на выбросы).

Топливо является главным ценовым фактором при работе электростанций, работающих на ископаемых видах топлива – на него приходится около 80 % эксплуатационных затрат. Поэтому стремление получить максимальную эффективность исходит уже только из экономических соображений. Электростанции на базе газопоршневых установок служат эталоном в этом отношении: их высокий коэффициент использования топлива (КИТ) и, как следствие, низкий уровень эмиссии сокращают общую стоимость владения (TCO).

### Применение газопоршневой установки MAN модели 20V35/44G

В прошлом номере были кратко представлены два варианта применения газовых двигателей: «Е» и «Т». В данной статье будут подробно рассмотрены следующие варианты применения:

- производство электроэнергии в открытом цикле;
- комбинированный парогазовый цикл;
- когенерационные и тригенерационные установки;
- оперативный резерв мощности.

### Производство электроэнергии

Благодаря экологически чистой технологии использования топлива, высокому КПД и низкой цене на природный газ, газопоршневые установки в настоящее время являются весьма востребованными на рынке производства электроэнергии. В дополнение к потенциальному сокращению эксплуатационных и топливных затрат, основное преимущество газопоршневых установок заключается в чрезвычайно низком уровне выбросов вредных веществ в атмосферу в сочетании с высоким КПД. Газовые двигатели, по сравнению с дизельными, имеют меньший уровень выбросов в атмосферу CO<sub>2</sub> (на 25 %) и NO<sub>x</sub> (примерно на 80 %), а выбросы SO<sub>x</sub>, сажи и твердых частиц практически отсутствуют.

Надежное энергоснабжение имеет большое значение для глобального экономического роста. Необходимость в бесперебойных поставках энергии и экологически чистом использовании ресурсов приводит к изменению подхода к структуре энергоснабжения. В настоящее время на первое место выходят такие критерии, как гибкость в выработке энергии и эффективное автономное производство энергии.

Высокоэффективные газовые двигатели модели 20V35/44G соответствуют всем вышеперечисленным требованиям (фото 1, 2).

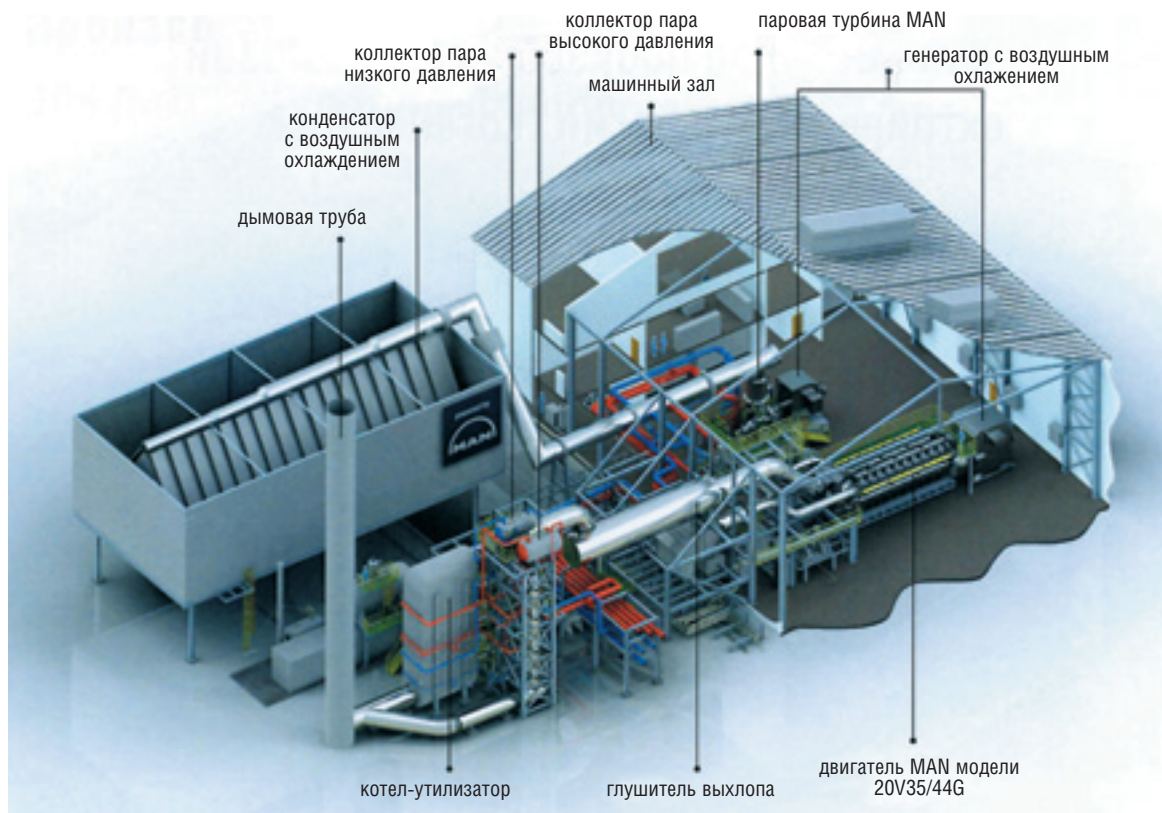
📷 Фото 2.

Двигатель 20V35/44G в цехе



Рис. 1.

Схема парогазовой электростанции на базе газопоршневых двигателей



Модель 20V35/44G – это новый класс газовых поршневых двигателей большой мощности с одноступенчатым турбонаддувом, работающих по циклу Миллера. Двигатель 35/44G выпускается в V-образном 20-цилиндровом исполнении с выходной мощностью 10600 кВт<sub>мех.</sub> Механический КПД двигателя достигает 48,4 %, а удельная цилиндровая мощность составляет 530 кВт при выработке электроэнергии с частотой тока 50 Гц. В конструкции двигателя реализовано множество инновационных технологических решений, кроме того, он соответствует стандарту по уровню выбросов вредных веществ TA-Luft. Все это в целом позволяет позиционировать модель 35/44G как мирового лидера на рынке газовых двигателей по удельной мощности.

Процесс горения в двигателе 20V35/44G характеризуется высокой степенью геометрического сжатия, работой по циклу Миллера и эффективным турбонаддувом высокой степени повышения давления. Технология сжигания основана на искровом зажигании с обедненной газозоудной смесью и применением форкамеры.

Система зажигания двигателя 20V35/44G имеет запальное устройство и мощную катушку зажигания, которая вырабатывает запальную искру высокого напряжения. Топливный газ направляется непосредственно в форкамеру через отдельный газодозирующий клапан. Вместе с обедненной смесью из главной камеры сгора-

ния, которая подается в форкамеру при такте сжатия, обеспечивается почти стехиометрический состав, который воспламеняется с помощью свечи зажигания. Поток пламени из форкамеры используется как усилитель для воспламенения смеси в основной камере сгорания.

Двигатель модельного ряда 35/44G оснащен системой безопасности и управления SaCoSone, гарантирующей надежную работу двигателя в оптимальном рабочем диапазоне между детонацией и пропуском зажигания. Двигатель имеет индивидуальную регулировку цилиндров.

Новейшая разработка MAN Diesel & Turbo позволяет использовать преимущества газовых двигателей в электростанциях, работающих в открытом цикле, парогазовом комбинированном цикле, а также в составе когенерационных установок электрической мощностью до 100 МВт и выше, где ранее доминировали газовые турбины.

Опираясь на свой богатейший опыт строительства электростанций под ключ, MAN Diesel & Turbo может предложить оптимальные решения, соответствующие требованиям заказчика. Для достижения максимальной эффективности и рентабельности, компания внедрила интегрированную стратегию использования газового топлива, включающую в себя поставку двигателей и турбин собственного производства.

## Комбинированный (парогазовый) цикл

Чтобы соответствовать требованиям высокой эффективности и экологичности при производстве энергии, компания MAN разработала технологические процессы для стационарных электростанций, использующих тепловую энергию выхлопных газов газопоршневого двигателя для производства перегретого пара.

На рис. 1 показана схема электростанции комбинированного цикла на базе газопоршневых двигателей. В машинном зале расположены газопоршневые установки и паровая турбина с генератором. Горячие отработавшие газы, прежде чем выйти через дымовые трубы, проходят через котлы-утилизаторы, в которых производится перегретый пар. В процессе расширения перегретого пара в паровой турбине вырабатывается электроэнергия по циклу Ренкина. Одним из главных условий высокой эффективности цикла Ренкина является высокая температура отработавших газов. Далее пар охлаждается в конденсаторе, который является неотъемлемой частью комбинированного цикла. Эта дополнительная электрическая энергия вырабатывается без дополнительного расхода топлива, что существенно повышает электрический КПД электростанции и является главным преимуществом комбинированного цикла.

Выработанная электрическая мощность, производимая двигателями и паровой турбиной, может выдаваться в сеть через подстанцию или использоваться для собственных нужд различных технологических предприятий.

Применение комбинированного цикла позволяет повысить электрический КПД станции до 51 %, электрическая мощность увеличивается при этом до 12 %. Учитывая, что MAN производит не только высокоэффективные газопоршневые двигатели, но и паровые турбины и редукторы, заказчик извлекает максимальную пользу, используя эффект синергии, а также получает комплексное конечное решение и полную ответственность «из одних рук».

Технология комбинированного цикла в особенности рекомендуется для электростанций, предназначенных для непрерывного производства электроэнергии. Таким образом, затраты на приобретение дополнительного оборудования для комбинированного цикла окупаются в кратчайшие сроки.

## Когенерация

Автономное производство электроэнергии, тепла, пара и холода является одной из наиболее надежных форм энергоснабжения. В зависимости от используемой системы охлаждения и параметров теплоносителя, коэффициент

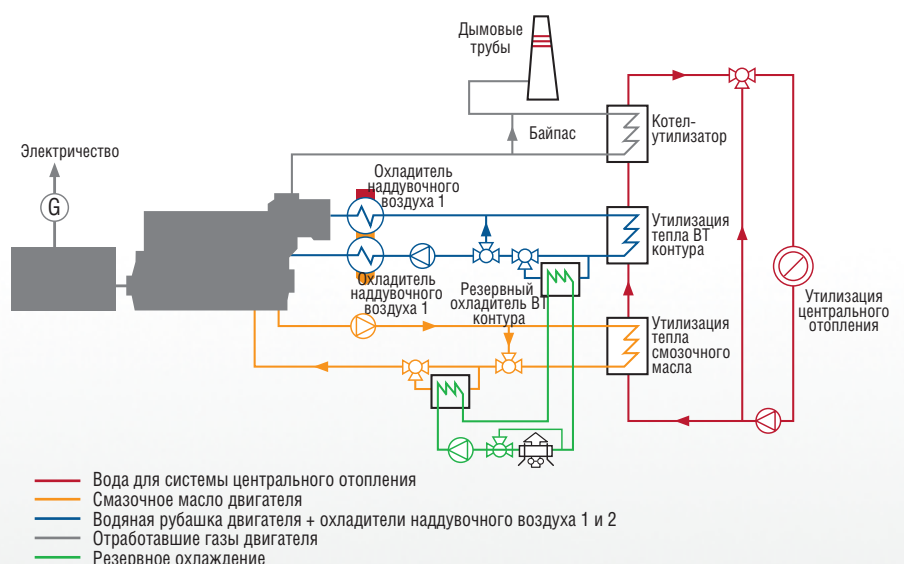
использования топлива когенерационной установки может достигать до 90 %. Следует отметить, что газопоршневые когенерационные установки предназначены для покрытия общих нужд в тепловой энергии различных конечных потребителей, включая промышленных потребителей, ЖКХ и т.д.

В процессе производства электроэнергии газопоршневыми двигателями образуется отходящее тепло различной температуры. Как правило, источниками такого тепла являются контур охлаждения смазочного масла, двухконтурная закрытая система охлаждения наддувочного воздуха и рубашки двигателя и отработавшие газы. Компания MAN предлагает различные технологии утилизации тепла от газовых двигателей для получения нескольких форм полезной энергии. Один из таких примеров показан на рис. 2. На основе газопоршневого двигателя 20V35/44G осуществляется выработка электроэнергии и горячей воды с параметрами теплоносителя 60 °C в обратном трубопроводе и 125 °C в подающем трубопроводе. При таких параметрах теплоносителя коэффициент утилизации топлива когенерационной установки достигает 83,2 %, а электрический КПД при этом составляет 47,2 % (ISO 3046-1, TA-Luft, метановое число 80,  $\cos\phi$  0,8).

## Оперативный резерв мощности

Во всем мире для производства энергии все чаще используются возобновляемые источники энергии, нестабильно работающие с переменной производительностью. В то же время для электростанций на возобновляемых источниках (ветроэнергетические установки и солнечные батареи) требуются гибкие технологические

Рис. 2. Пример утилизации тепла двигателей – производство горячей воды для различного применения



решения, способные оперативно предоставить высокоэффективную резервную электрическую мощность для поддержания стабильности выработки электроэнергии в локальную сеть.

Кроме быстрого запуска установок, необходимы эффективные технологии, обеспечивающие работу в условиях частичных нагрузок, а также способность воспринимать большие колебания нагрузки.

Решение таких проблем привлечет независимых производителей электроэнергии, а также локальных потребителей. К конечному счету, увеличение поставок энергии, получаемой за счет нестабильных возобновляемых источников, приведет к изменению энергетического рынка – появятся новые рынки мощности, где цены на доступный краткосрочный оперативный резерв будут расти в соответствии со спросом.

Электростанции на базе газопоршневых двигателей являются идеальным решением для применения в оперативном резерве мощности.

По сравнению с крупными электростанциями парогазового цикла или угольными, газопоршневые электростанции обладают рядом преимуществ:

- эффективная работа в любом диапазоне нагрузок от 50 % до 100 % от номинальной мощности;
- время загрузки до полной номинальной мощности составляет 5–8 минут, в зависимости от динамики нагрузки установки;
- устойчивость работы в условиях частичных нагрузок и одновременном их увеличении.

### Экологическая безопасность

Природный газ – это самый экологически чистый из ископаемых видов топлива. Возможность наращивания мощности для потребителей тепла является важным фактором при выборе типа электростанции. Электростанции на базе газовых двигателей очень перспективны в этом отношении благодаря высокому КПД и использованию в качестве топлива природного газа.

В последнее время выбросы CO<sub>2</sub> находятся в центре особого внимания, что обусловлено их

серьезным влиянием на глобальное изменение климата. С 2013 года в странах ЕС большинство разрешений на выброс CO<sub>2</sub> будут продаваться через аукционы, что приведет к пересмотру факторов стоимости, в результате чего только самые эффективные технологии будут оставаться конкурентоспособными. В табл. показаны уровни выбросов CO<sub>2</sub> электростанций различных типов.

### Высокий уровень сервиса

Благодаря наличию всемирной партнерской сети по обслуживанию – PrimeServ, включающей более 150 сервисных центров организации послепродажного обслуживания в мире, MAN Diesel & Turbo SE стала известна как самая эффективная и доступная среди других компаний отрасли. В 2010 году в Санкт-Петербурге открыт сервисный центр PrimeServ компании MAN Diesel & Turbo, осуществляющий полный цикл работ по обслуживанию и эксплуатации поставляемого на территорию России и стран СНГ оборудования.

Основные задачи PrimeServ:

- осуществлять быстрое обслуживание в течение всего срока эксплуатации установленного оборудования;
- проводить подготовку и повышение квалификации обслуживающего персонала в центрах PrimeServ с целью обеспечения бесперебойности и эффективности работы оборудования;
- организовать быструю доставку оригинальных запчастей MAN со 100 %-й гарантией качества по всему миру с помощью круглосуточной горячей линии.

Услуга PowerManagement – это дополнение к концепции послепродажного обслуживания PrimeServ компании MAN. Решения PowerManagement предоставляют комплексную поддержку по всем аспектам, связанным с эксплуатацией электростанций, где установлено оборудование MAN Diesel & Turbo. Каждый договор обсуждается индивидуально с заказчиком и может заключаться на полное обслуживание или предоставление полномочий по эксплуатации механической, электрической

Табл. Выбросы CO<sub>2</sub> различными типами электростанций

Выбросы CO <sub>2</sub> при различных технологиях производства энергии	Электрический КПД, % (выбросы CO <sub>2</sub> , г/кВт·ч)	Тепловой КПД при комбинированной выработке энергии, % (выбросы CO <sub>2</sub> , г/кВт·ч)
Газопоршневые установки (на базе MAN 20V35/44G)	47,2 (428)	84 (240)
Газотурбинные установки (промышленные газовые турбины)	33 (612)	80 (252)
Угольные электростанции (субкритические)	38 (895)	80 (425)

Выбросы CO<sub>2</sub> при работе на природном газе 202 г/кВт·ч; выбросы CO<sub>2</sub> при работе на угле – 340 г/кВт·ч; приводятся выборочные данные

или тепловой части установленного оборудования.

Оператор электростанции получает комплексный доступ к технологии, опыту, передовой практике и профессиональным ресурсам компании MAN. Пакет услуг Power-Management позволяет пользоваться профессиональным опытом компании при эксплуатации электростанций, а владелец станции при этом может полностью сосредоточиться на своей основной деятельности.

Таким образом, компания не только разрабатывает и производит самое современное энергетическое оборудование, предлагает широкий спектр сервисных решений, но и сопровождает заказчика на всем протяжении жизненного цикла электростанции. Это гарантирует высокий уровень надежности эксплуатируемых энергоблоков и рентабельности проектов.

### Заключение

В заключение еще раз отметим преимущества газопоршневой установки модели 35/44G:

- надежный источник энергии – номинальная мощность 10 600 кВт<sub>мех</sub>;
- низкие затраты на топливо – электрический КПД 47,2 %;
- низкие затраты на обслуживание;
- утилизация тепла – общий КИТ до 90 %;
- быстрый выход на рабочий режим – 100-я % нагрузка в течение 5–8 минут;
- простота обслуживания/высокая эксплуатационная готовность;
- высокий стандарт безопасности эксплуатации;
- отличная реакция на сброс/наброс нагрузки.

Специалисты компании MAN Diesel & Turbo смогут подобрать лучшую технологическую концепцию, которая наиболее полно отвечает требованиям и специфике конкретного проекта. В конечном итоге применение электростанций на базе газопоршневых двигателей 20V35/44G приведет к снижению затрат, а владелец энергоблока получит конкурентное преимущество для своего предприятия.

**ООО «МАН Дизель и Турбо Рус»**  
 Россия, 107023, Москва,  
 ул. Электrozаводская, д.27, стр.8  
 Тел. +7 495 258 36 70  
 Факс +7 495 258 36 71  
[info-ru@mandieselturbo.com](mailto:info-ru@mandieselturbo.com)  
[www.mandieslturbo.ru](http://www.mandieslturbo.ru)

### Корпорация «Газэнергострой» построит три блока ПГУ общей мощностью 742,5 МВт на Челябинской ГРЭС (ОАО «Фортум»).

Мощность каждого энергоблока Челябинской ГРЭС составит 247,5 МВт. Проект строительства двух энергоблоков, выполненный ЗАО «КОТЭС» со стратегическим партнером – финской компанией Роугу, прошел согласование в ФАУ «Главгосэкспертиза России».

Строительство будет осуществляться на правом берегу реки Миасс. В проект заложены два энергоблока ст. №1, 2 (ПГУ-247,5 МВт) с возможным расширением третьим энергоблоком. ПГУ планируется оснастить современным оборудованием фирмы Alstom: ГТУ GT13T2 мощностью 184,5 МВт, генератор, паротурбинная установка конденсационного типа с теплофикационными отборами и котел-утилизатор.

Энергоблоки предназначены для комбинированной выработки электрической и тепловой энергии, предназначенной для энергоснабжения жилой и промышленной зоны г. Челябинска. Введение в строй двух блоков Челябинской ГРЭС положительно скажется на темпах роста и инвестиционной привлекательности города и всей области.

### В г. Борисове (Белоруссия) муниципальная котельная переоборудована в мини-ТЭС.

Заказчик проекта – Борисовское унитарное УП «Жилье». Проект разработан РУП «Белинвестэнергосбережение». Генподрядчик и поставщик основного оборудования энергоблока – компания Elteco a.s. (Словакия).

Когенерационный комплекс модульного типа включает в себя электрогенераторную установку Petra 2000 I (тип A9222ADGIEN) на базе газопоршневого двигателя TCG 2020V16 производства компании MWM. Электрическая мощность установки – 1550 кВт. Для выработки тепловой энергии предусмотрен тепловой модуль TM A 922 XDH. Его номинальная мощность составляет 1709 кВт. Тепловая мощность установки используется на подогрев воды для нужд потребителей котельной.

Электрический ток напряжением 10,5 кВ вырабатывает генератор AVK DIG 130i/4. Применена система управления InteliSys-NT. Для аварийного электроснабжения используется электрогенераторная установка Petra 95 мощностью 75 кВт.

Оборудование станции размещено в контейнерах. Комплекс работает в параллель с энергосистемой в базовом режиме. Топливо – природный газ.



Газопоршневая ТЭС на базе энергоблока Petra 2000 I производства Elteco