

«ГАЗОТУРБИННЫЕ УСТАНОВКИ»

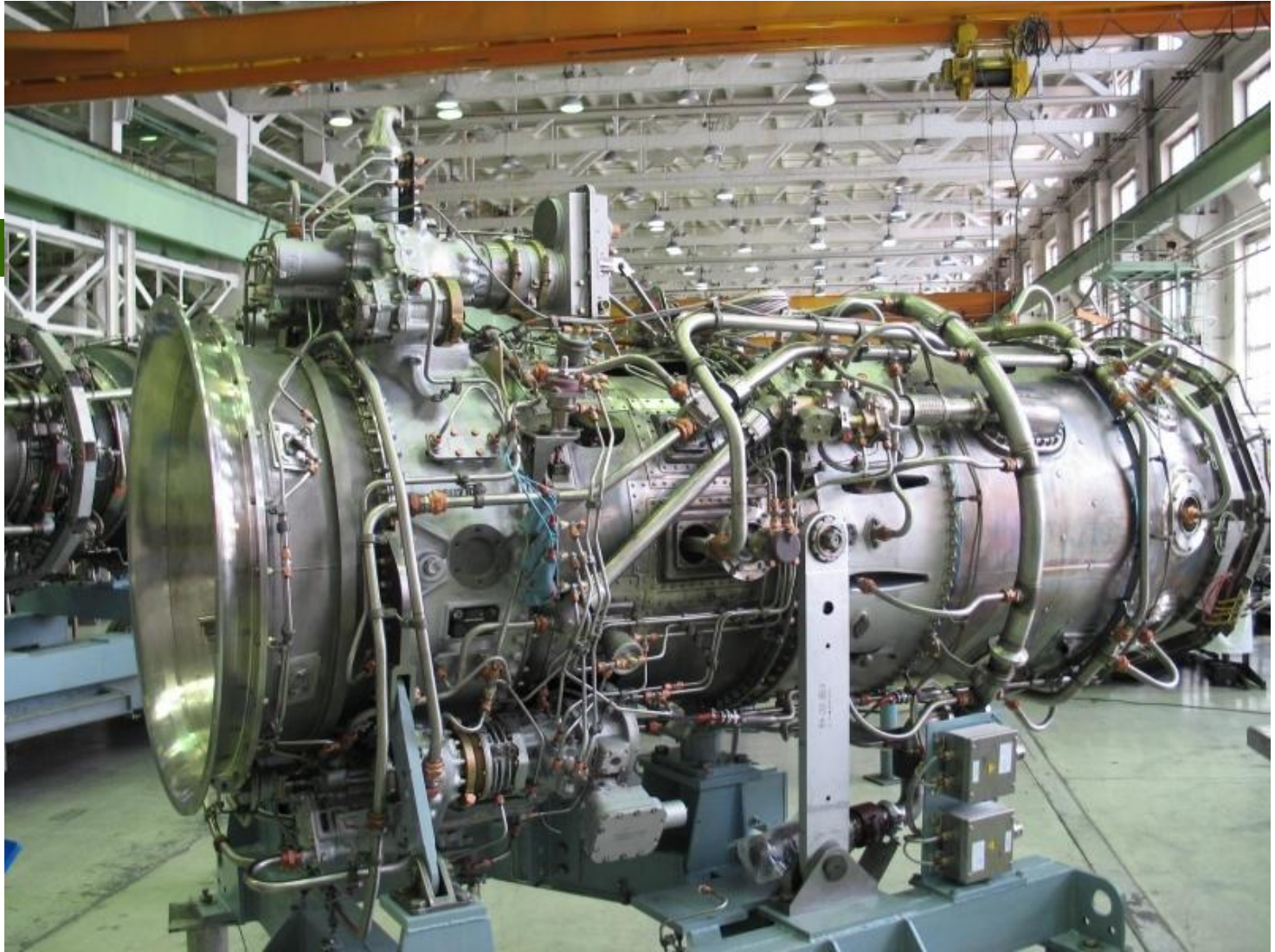
ОСНОВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ И
ТЕПЛОТЕХНИКИ

ПРЕПОДАВАТЕЛЬ ЛОБКО И.Н.



ПАВЛОДАРСКИЙ
НЕФТЕГАЗОВЫЙ КОЛЛЕДЖ

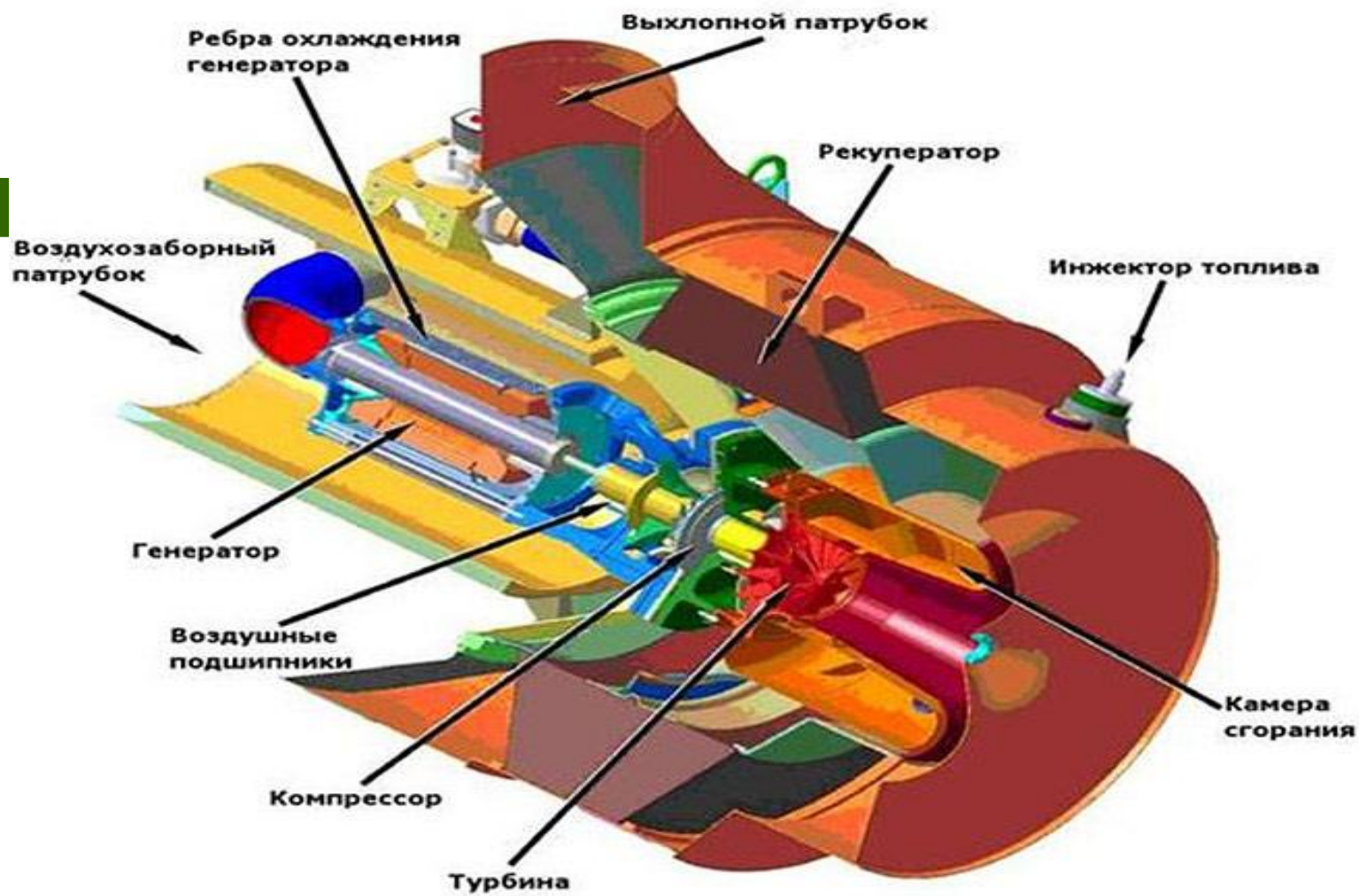
2017 год



ГАЗОТУРБИННАЯ УСТАНОВКА:

- агрегат, состоящий из газотурбинного двигателя, редуктора, генератора и вспомогательных систем.





- Поток газа, образованный в результате сгорания топлива, воздействуя на лопатки турбины, создает крутящий момент и вращает ротор, который в свою очередь соединен с генератором. Генератор вырабатывает электроэнергию.

ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ГТУ:

- многоступенчатый компрессор сжимает атмосферный воздух, и подает его под высоким давлением в камеру сгорания. В камеру сгорания подается и определенное количество топлива. При столкновении на высокой скорости топливо и воздух воспламеняются. Топливозвоздушная смесь сгорает, выделяя большое количество энергии. Затем, энергия газообразных продуктов сгорания преобразуется в механическую работу за счёт вращения струями раскаленного газа лопаток турбины.

- Некоторая часть полученной энергии расходуется на сжатие воздуха в компрессоре. Остальная часть работы передаётся на электрический генератор. Работа, потребляемая этим агрегатом, является полезной работой ГТУ. Отработавшие газы направляются в утилизатор для получения тепловой энергии.

ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ ГТУ:

- Принцип действия ГТУ был известен уже в XVIII в., а первый газотурбинный двигатель был построен в России инженером П.Д.Кузьминским в 1897—1900 гг. и тогда же прошел предварительные испытания. Полезная мощность от ГТУ была впервые получена в 1906 г. на установке французских инженеров Арменго и Лемалья.

ПРИМЕНЕНИЕ:

- В технологических процессах нефтеперегонных и химических производств горючие отходы используются в качестве топлива для газовых турбин.
- Кроме того, ГТУ служат приводом компрессоров природного газа на магистральных газопроводах, резервных электрогенераторов пожарных насосов.

- Основное направление, по которому развивается газотурбиностроение - это повышение экономичности ГТУ **за счет увеличения температуры и давления газа перед газовой турбиной**. С этой целью разрабатываются сложные системы охлаждения наиболее напряженных деталей турбин или применяются новые, высокопрочные материалы - жаропрочные на основе никеля, керамика и др.

- Газотурбинные энергоустановки применяются в качестве постоянных, резервных или аварийных источников тепло- и электроснабжения в городах, а также отдаленных, труднодоступных районах.

Основные потребители продуктов работы ГТУ:

- Нефтедобывающая и газодобывающая промышленность
- Metallургическая промышленность
- Лесная и деревообрабатывающая промышленность
- Сфера ЖКХ
- Сельское хозяйство
- Водоочистные сооружения
- Утилизация отходов

- Электрическая мощность газотурбинных энергоустановок колеблется от десятков киловатт до сотен мегаватт. Наибольший КПД достигается при работе в режиме **когенерации** (одновременная выработка тепловой и электрической энергии) или **тригенерации** (одновременная выработка тепловой, электрической энергии и энергии холода).

- Возможность получения недорогой тепловой и электрической энергии предполагает быструю окупаемость ГТУ. Такая установка, совмещенная с котлом-утилизатором выхлопных газов, позволяет производить одновременно тепло и электроэнергию, благодаря чему достигаются наилучшие показатели по эффективности использования топлива.

- Выходящие из турбины отработанные газы в зависимости от потребностей Заказчика используются для производства горячей воды или пара.

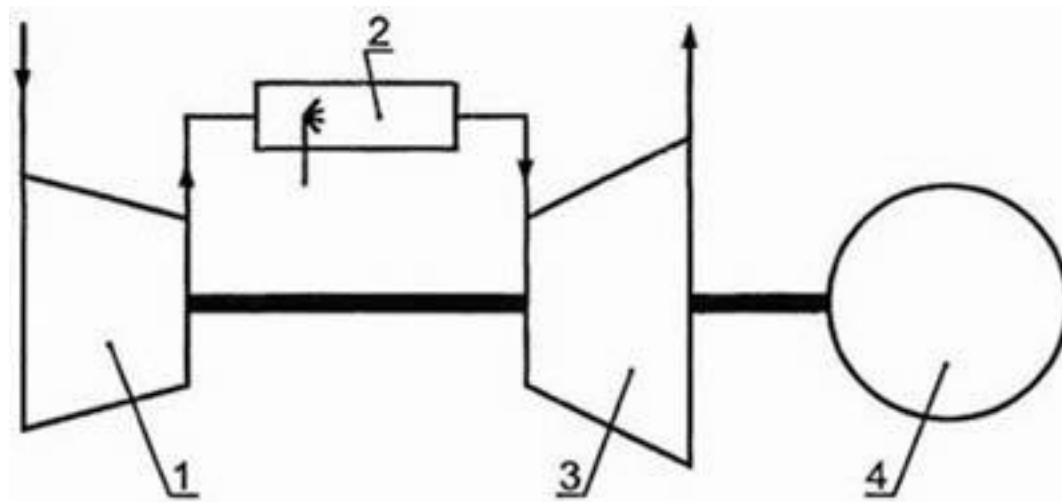
ТОПЛИВО ДЛЯ ГТУ:

- Дизельное топливо
- Керосин
- Природный газ
- Попутный нефтяной газ
- Биогаз (образованный из отходов сточных вод, мусорных свалок и т.п.)
- Шахтный газ
- Коксовый газ
- Древесный газ и др.
- Большинство ГТУ могут работать на низкокалорийных топливах с минимальной концентрацией метана (до 30%).

Преимущества газотурбинных электростанций:

- Минимальный ущерб для окружающей среды: низкий расход масла, возможность работы на отходах производства; выбросы вредных веществ: в пределах 25 ppm
- Низкий уровень шума и вибраций. Этот показатель не превышает 80-85 дБа.
- Компактные размеры и небольшой вес.
- Возможность работы на различных видах топлива.
- Эксплуатация газотурбинных электростанций как в автономном режиме, так и параллельно с сетью.
- Возможность работы газотурбинной электростанции в течение длительного времени при очень низких нагрузках, в том числе в режиме холостого хода.
- Максимально допустимая перегрузка: 150% номинального тока в течение 1 минуты, 110% номинального тока в течение 2 часов.
- Способность системы генератора и возбuditеля выдерживать не менее 300% номинального непрерывного тока генератора в течение 10 секунд в случае трехфазного симметричного короткого замыкания.

Схема ГТУ с одновальным ГТД простого цикла

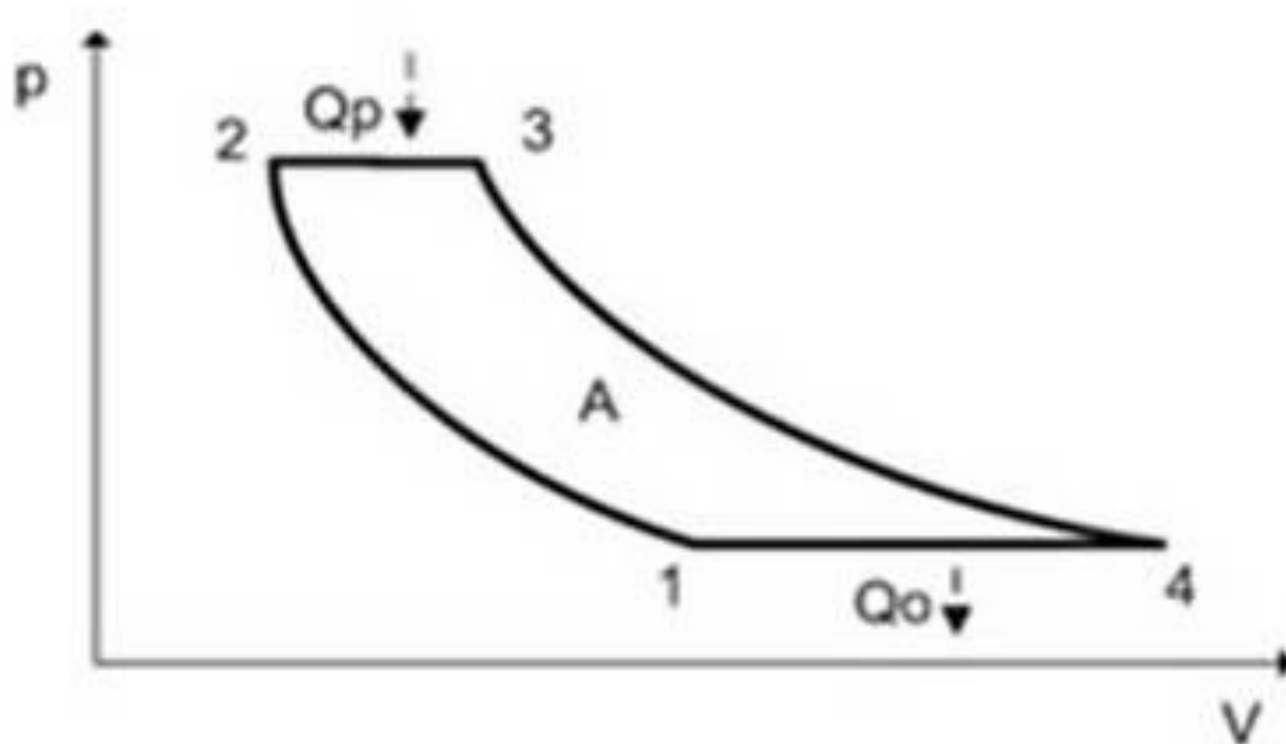


В компрессор (1) газотурбинного силового агрегата подается чистый воздух. Под высоким давлением воздух из компрессора направляется в камеру сгорания (2), куда подается и основное топливо — газ. Смесь воспламеняется. При сгорании газовой смеси образуется энергия в виде потока раскаленных газов. Этот поток с высокой скоростью устремляется на рабочее колесо турбины (3) и вращает его. Вращательная кинетическая энергия через вал турбины приводит в действие компрессор и электрический генератор (4). С клемм электрогенератора произведенное электричество, обычно через трансформатор, направляется в электросеть, к потребителям энергии.

- Газовые турбины описываются термодинамическим циклом Брайтона.
- Цикл Брайтона/Джоуля — термодинамический цикл, описывающий рабочие процессы газотурбинного, турбореактивного и прямоточного воздушно-реактивного двигателей внутреннего сгорания, а также газотурбинных двигателей внешнего сгорания с замкнутым контуром газообразного (однофазного) рабочего тела.

- Цикл назван в честь американского инженера Джорджа Брайтона, который изобрёл поршневой двигатель внутреннего сгорания, работавший по этому циклу.
- Иногда этот цикл называют также циклом Джоуля — в честь английского физика Джеймса Джоуля, установившего механический эквивалент тепла.

P,V диаграмма цикла Брайтона



Идеальный цикл Брайтона

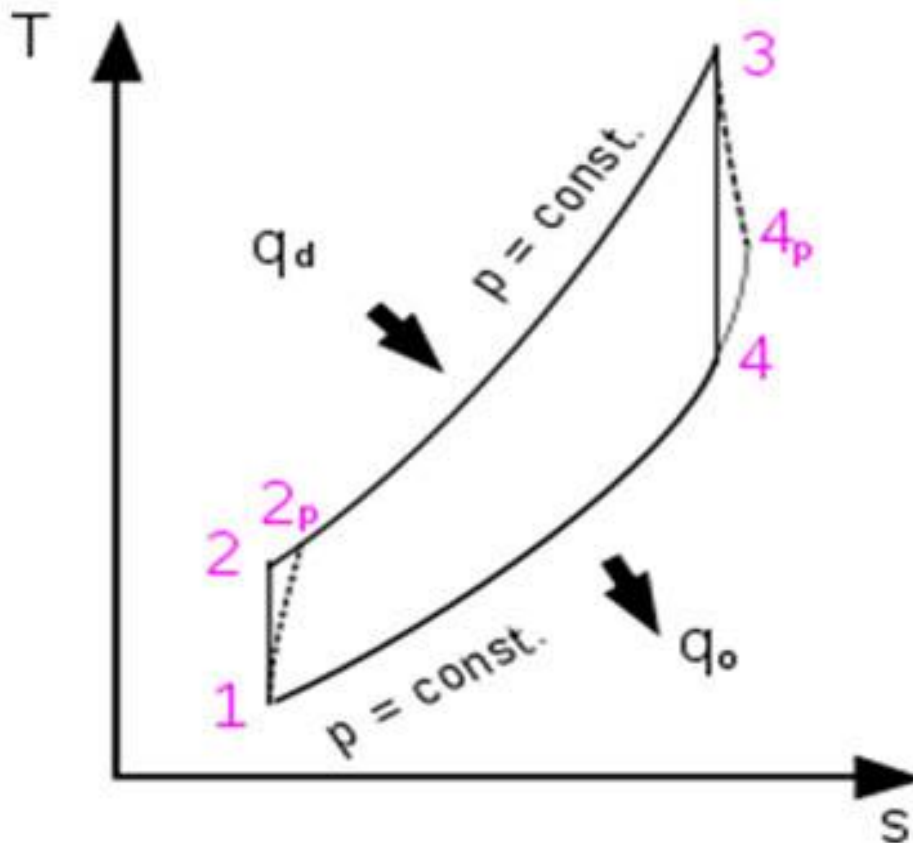
1—2 Изоэнтропическое сжатие.

2—3 Изобарический подвод теплоты.

3—4 Изоэнтропическое расширение.

4—1 Изобарический отвод теплоты.

T-S диаграмма цикла Брайтона
Идеального (1—2—3—4—1)
Реального (1—2_p—3—4_p—1)



Термический КПД идеального цикла Брайтона:

$$\eta = 1 - \frac{1}{\pi^{\frac{k-1}{k}}}$$

- где $n = p_2 / p_1$ — степень повышения давления в процессе изоэнтропийного сжатия (1—2);
- k — показатель адиабаты (для воздуха равный 1,4)

- Как и во всех циклических тепловых двигателях, чем выше температура сгорания, тем выше КПД. Сдерживающим фактором является способность стали, никеля, керамики или других материалов, из которых состоит двигатель, выдерживать температуру и давление. Значительная часть инженерных разработок направлена на то, чтобы отводить тепло от частей турбины. Большинство турбин также пытаются рекуперировать тепло выхлопных газов, которое, в противном случае, теряется впустую.

Рекуператоры

- это теплообменники, которые передают тепло выхлопных газов сжатому воздуху перед сгоранием. При комбинированном цикле тепло передается системам паровых турбин. И при комбинированном производстве тепла и электроэнергии (когенерация) отработанное тепло используется для производства горячей воды.

- Механически газовые турбины могут быть значительно проще, чем поршневые ДВС. Простые турбины могут иметь одну движущуюся часть: вал/компрессор/турбина/альтернативный ротор в сборе (см. изображение ниже), не учитывая топливную систему.

Эта машина имеет одноступенчатый радиальный компрессор, турбину, рекуператор, и воздушные подшипники

