

Когенерация. Что это такое?

25 февраля 2020

Когенерация применяется в отрасли электроэнергетики, и представляет собой технологический процесс одновременного совместного производства электрической и тепловой энергии. Основным посылом при развитии когенерации является тот факт, что в процессе выработки электрической энергии имеется техническая возможность утилизировать (снимать) попутное тепло.

В настоящее время данный процесс является наиболее экономически целесообразным способом выработки энергоресурсов, повышая общий КПД когенерационных установок до 90%. Когенерация в России и мире активно используется в современных энергетических системах, на городских теплоэлектроцентралях (ТЭЦ), оказывающих централизованное электро- и теплоснабжение большому числу потребителей.



Когенерационная установка на объекте

Когенерационная установка

Когенерационные установки (когенераторы) используются в отрасли малой распределенной генерации (мини-ТЭЦ, мини-ТЭС) в локальных энергосистемах. Такое развитие объясняется целым рядом факторов, главные из которых - близость размещения к потребителю, независимость от внешних поставок энергоресурсов, повышение надежности энергоснабжения. В малой распределенной энергетике наибольшее распространение получили установки когенерации на базе газопоршневых двигателей и газотурбинных агрегатов.

Принцип работы когенерационных установок

В зависимости от принципа действия выделяют несколько типов когенерационных станций. Рассмотрим когенераторы на базе газопоршневых

агрегатов. Горючий газ необходимых параметров поступает на газопоршневой двигатель. В процессе сжигания топлива образуется механическая энергия, передается через единый вал на генератор и преобразуется в электрическую энергию стандартных параметров качества.

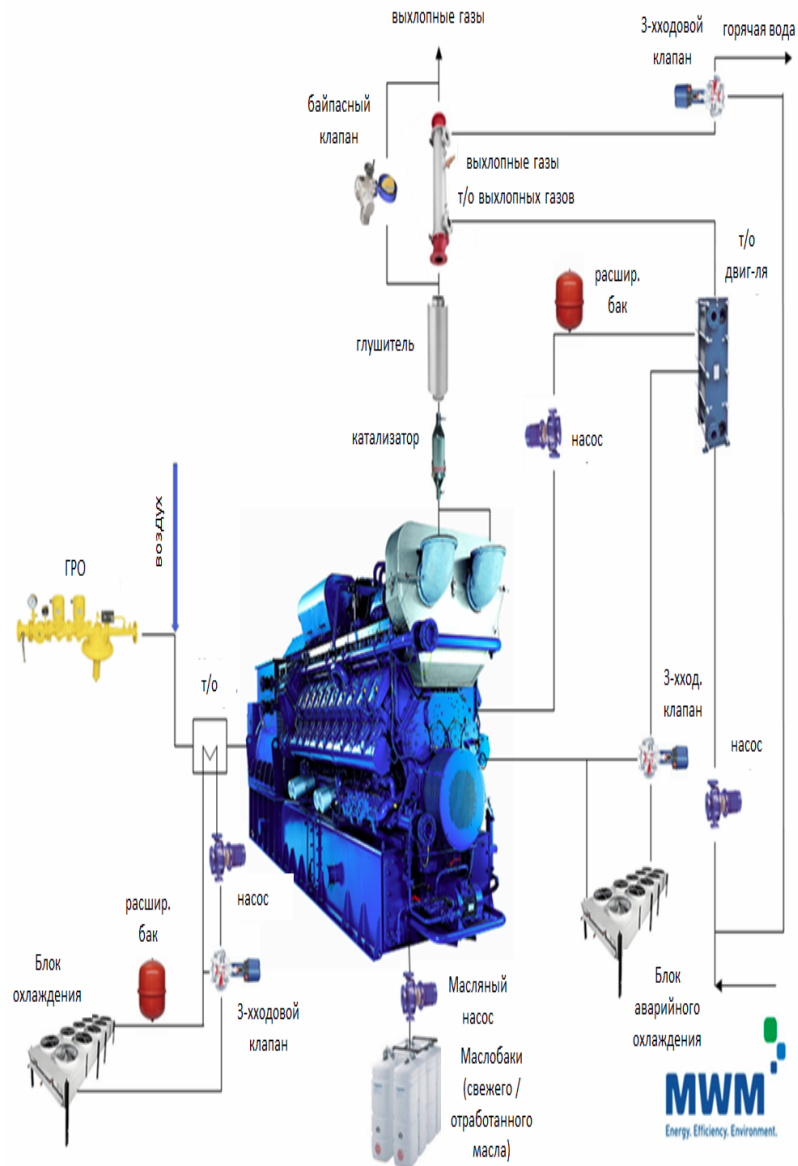
При работе двигателя внутреннего сгорания выделяется большое количество теплоты, которое можно утилизировать с помощью специального оборудования и затем использовать. При этом для получения данной энергии не затрачивается дополнительное количество топлива – данный продукт является попутным при технологическом процессе выработки электрической энергии. Основные источники попутного тепла при работе газопоршневой электростанции:

- тепло охлаждающей воды («рубашка» охлаждения двигателя);
- тепло отходящих газов (отработавшие выхлопные газы).

Данные источники можно использовать для получения тепловой энергии (утилизации тепла), регулируя тем самым температуру и объем получения энергетического ресурса, а также объем устанавливаемого вспомогательного оборудования.

Система утилизации тепла с когенерационных установок позволяет получать попутную тепловую энергию необходимых параметров с помощью теплообменников и котлов-утилизаторов, с помощью которых отводится тепло от нагретых частей и сред. Вырабатываемая тепловая энергия подается в существующую систему теплоснабжения предприятия (когенерация). При неиспользовании попутного тепла тепловая энергия сбрасывается в атмосферу.

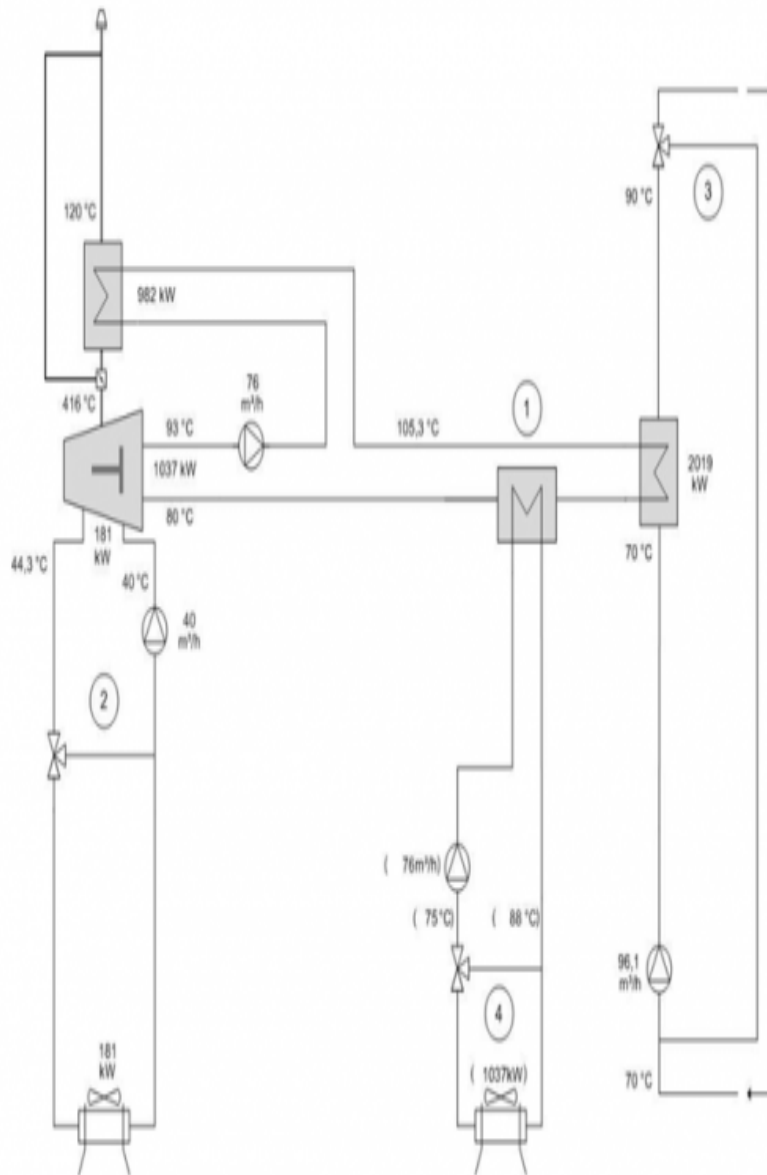
Принципиальная схема технологического процесса утилизации тепла с газопоршневых агрегатов приведена на рисунке ниже.



Принципиальная схема устройства установки когенерации

Термический (тепловой) КПД ГПУ находится примерно на одном уровне с электрическим, обеспечивая практически одинаковые выходные параметры по электрической и тепловой мощности вне зависимости от того, рассматривается когенерационная установка малой мощности, средней или большой.

Работа системы утилизации тепла [газопоршневой установки](#) организована несколькими тепловыми контурами. Укрупненная схема технологического процесса работы контуров ГПУ номинальной электрической мощностью 2000 кВт для обеспечения утилизации тепла с теплообменников и котлов-утилизаторов приведена на рисунке ниже.



Технологическая тепловая схема когенерационной станции MWM 2000 кВт

Приведенная схема технологического процесса отражает исключительно гидравлическое подключение газопоршневого агрегата MWM.

На рисунке обозначены следующие контуры:

1. контур охлаждения двигателя;
2. контур охлаждения смеси;
3. контур нагрева;
4. контур (система) аварийного охлаждения.

Температура воды на выходе из системы утилизации тепла когенерационной установки 90°C, на входе вода поступает с температурой 70°C. 50% тепла получается за счет охлаждения двигателя с помощью теплообменников этиленгликоль/вода, при этом, теплоноситель нагревается на 10°C (с 70°C до 80°C). Остальные 50% тепла производится за счет охлаждения отводимых

дымовых газов с 500°C до 120°C на котле-утилизаторе. Теплоноситель при этом нагревается еще на 10°C (с 80°C до 90°C).

При работе газопоршневой электростанции выработка электрической энергии является приоритетной задачей. Выработка тепловой энергии (когенерация тепла) пропорциональна степени загрузки машины (количеству вырабатываемой электроэнергии). Когенерационные установки российского производства реже встречаются на рынке малой распределенной энергетики, но имеют аналогичный принцип работы и условия.

Инженерные решения

При проектировании осуществляется полный расчет когенерационной установки, всех ее параметров, режимов работы, характеристик и условий. Контуры аварийного охлаждения двигателя и охлаждения топливной смеси систем утилизации тепла имеют в своем составе воздушные охладители, как правило, расположенные на крыше блок-контейнера ГПУ.

В целях предотвращения размораживания трубопроводов и воздушных охладителей, что неизбежно привело бы к их выходу из строя, в качестве теплоносителя (согласно рекомендациям завода-изготовителя MWM) необходимо использовать раствор этиленгликоля. Замена теплоносителя в контурах с раствором должна производиться один раз в год. Этиленгликоль доставляется автотранспортом в 200 литровых бочках.

Компенсация теплового расширения теплоносителя предусматривается за счет монтажа расширительных баков в каждом контуре когенератора.

Предусмотрена установка запорной арматуры для отключения баков от системы и опорожнения их на время проведения технического обслуживания.

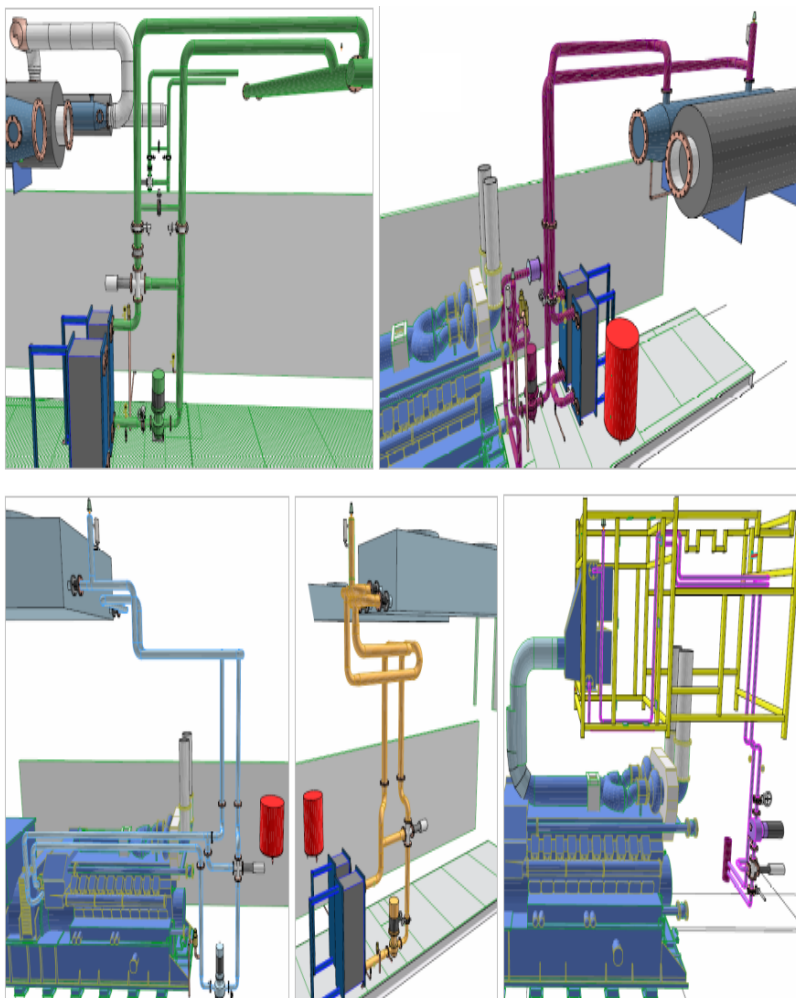
Для оборудования и трубопроводов с теплоносителем предусмотрена дренажно-сливная система с организованным сбором (из основного, теплообменного, вспомогательного оборудования, отсекаемых участков трубопроводов).

Аварийный сброс теплоносителя производится в специальные емкости с последующим отводом в промежуточный колодец-охладитель с последующим сбросом в хоз. бытовую канализацию.

В целях предотвращения обратной циркуляции в нагревательных контурах системы утилизации тепла предусмотрены межфланцевые обратные клапаны. Для защиты оборудования нагревательных контуров от повышенного давления сетевой воды устанавливаются регулируемые муфтовые предохранительные клапаны. В верхних точках трубопроводы оборудованы ручными

воздухоотводчиками, в нижних точках - спускниками. Для обеспечения автоматического управления и визуального контроля на трубопроводах устанавливаются датчики давления и температуры, а также показывающие манометры и термометры.

Для обеспечения нормативного уровня тепловых потерь трубопроводов и безопасной для человека температуры их наружных поверхностей предусмотрены теплоизоляционные конструкции.



3D-визуализация тепловых контуров когенерационной станции (проектные разработки Группы компаний «МКС»): контур нагрева, контур охлаждения двигателя, контур охлаждения топливной смеси, контур аварийного охлаждения двигателя, контур предварительного подогрева воздуха

Управление

В целях управления и контроля за работой газопоршневым когенерационным агрегатом устанавливаются шкафы управления. Монтаж данных шкафов производится в непосредственной близости от самого агрегата. Место расположения устройства управления (управляющего компьютера) может быть

свободно выбрано в зависимости от пожелания заказчика: как на агрегате, так и на пульте управления.

Система управления выполняет определенный набор основных функций, необходимый для безопасной и эффективной эксплуатации когенерационной установки: мониторинг все параметров, управление основными системами, исполнительными механизмами, коммутационной и запорно-регулирующей аппаратурой.



Система управления когенерационной установкой на объекте

Расширенные функции системы управления связаны, в том числе, с работой системы утилизации тепла, в частности, но не ограничиваясь следующие:

- утилизация тепла в контуре нагрева: расширение предохранительной цепи для контроля контура нагрева и регулировка входной температуры охлаждающей воды двигателя, а также подающей магистрали контура нагрева посредством управления трехходовым клапаном в контуре нагрева.

Измерение температуры подающей и обратной магистралей, греющей воды перед теплообменником охлаждающей воды, контроль температуры отходящих газов после теплообменника отходящих газов. Регулирование контура обогрева обеспечивает стабильность температуры греющей воды в подающей магистрали также и при неполной нагрузке двигателя, в то же время, заботясь о соблюдении требований двигателя касательно температуры охлаждающей воды;

- мониторинг температуры отходящих газов после двигателя и после катализатора;
- управление системой аварийного охлаждения и байпаса выхлопных газов;
- управление охладителем контуров охлаждения смеси и охлаждения двигателя или системы аварийного охлаждения.

Режим работы

При работе газопоршневой установки в режиме когенерации выработка электрической энергии является приоритетной задачей работы установки. Выработка (утилизация) тепловой энергии пропорциональна степени загрузки машины (количеству вырабатываемой электроэнергии). При превышении тепловой мощности, вырабатываемой электростанцией над мощностью потребления, неиспользованная или лишняя часть попутного тепла газопоршневых установок сбрасывается в атмосферу. При обратной ситуации, при дефиците тепла, утилизируемого с газопоршневой установки, когда требуемая электрическая нагрузка меньше тепловой, проблему нехватки тепла решают путем установки дополнительных водогрейных или паровых котлов параллельно с системой утилизации тепла установки когенерации.

Режим когенерации является наиболее экономически целесообразным способом выработки энергоресурсов, повышая общий КПД когенерационных установок свыше 90%.



Когенерационная установка (КГУ) на объекте Группы компаний «МКС»

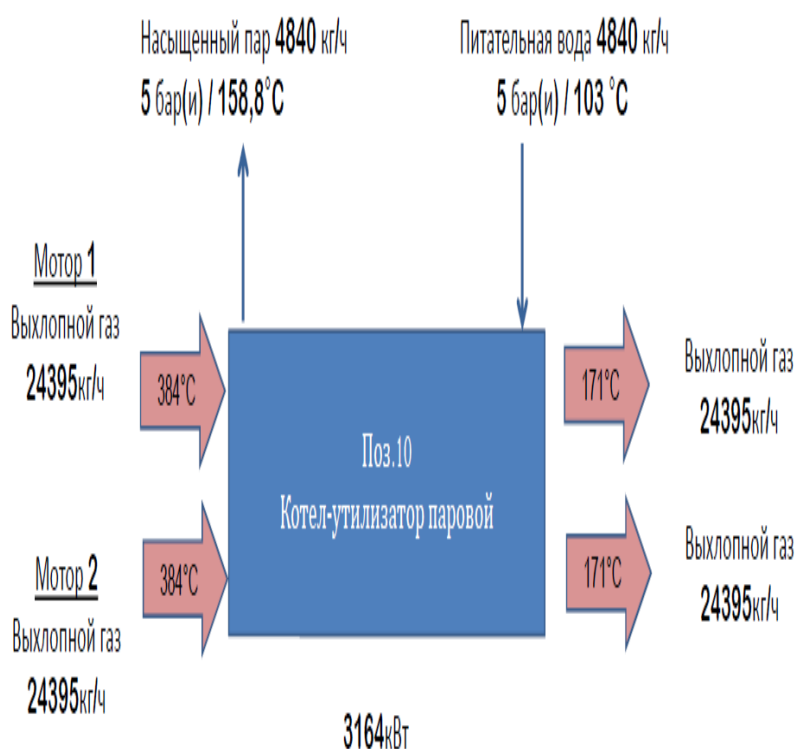
Виды когенерации

Система утилизации тепла газопоршневых электростанций позволяет снимать попутное тепло от работающего двигателя с помощью теплообменников и котлов-утилизаторов. Система позволяет получить тепловую энергию необходимых параметров:

- горячая вода, стандартный температурный график 90/70°C (водогрейные теплообменники и котлы-утилизаторы). При необходимости параметры можно повысить с помощью пиковых котлов;
- насыщенный пар стандартных параметров (паровые котлы-утилизаторы). При необходимости пар можно сделать перегретым при помощи пароперегревателей.

Наибольшее распространение получили водогрейные системы утилизации тепла когенерационных установок – это наиболее простые и оптимальные решения, основанные на использовании пластинчатых теплообменников и котлов-утилизаторов (КУ), нагревающих сетевую воду.

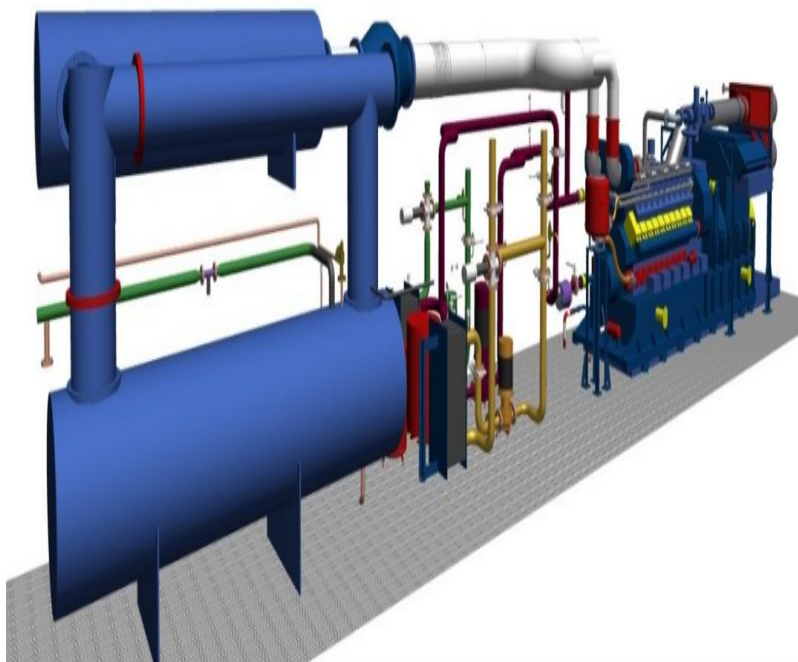
Однако развитие технологий малой распределенной генерации позволило разработать и использовать паровые системы утилизации тепла - система производства пара требуемых параметров на базе паровых котлов-утилизаторов (КУ) за счет утилизации высокопотенциального тепла отходящих от когенератора дымовых газов. Также можно организовать системы утилизации смешанного типа, когда с помощью набора определенного оборудования можно получить как горячую воду стандартных параметров, так и насыщенный пар. В данном случае оптимально использовать газопоршневые установки повышенной мощности, или использовать несколько когенераторов с разным набором теплоъемного оборудования. Решения по использованию паровой системы утилизации тепла на газопоршневых установка приведены ниже.



Структурная схема технологического процесса получения пара со сдвоенного КУ



Внешний вид сдвоенного парового котла-утилизатора

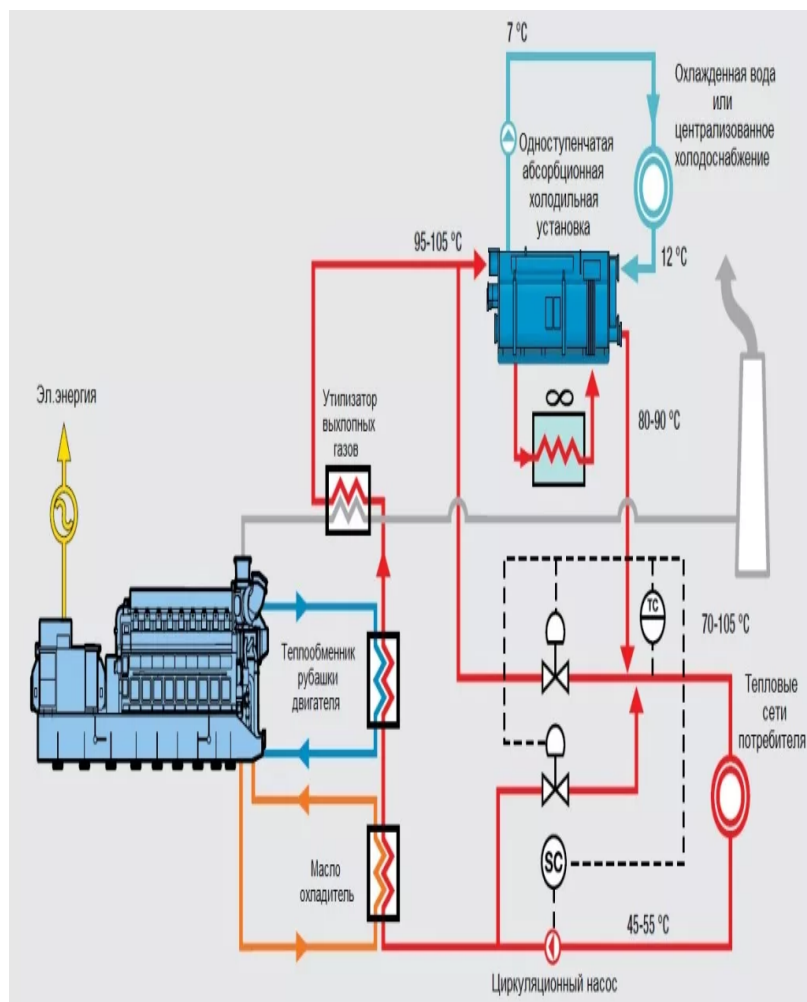


3D-визуализация тепловых компоновки газопоршневой установки и парового котла-утилизатора

Тригенерация

Помимо режима когенерации с одновременной выработкой двух энергоресурсов, на газопоршневой установке можно с помощью специально установленного оборудования организовать режим тригенерации – одновременной выработки трех энергоресурсов – электроэнергии, тепла и холода.

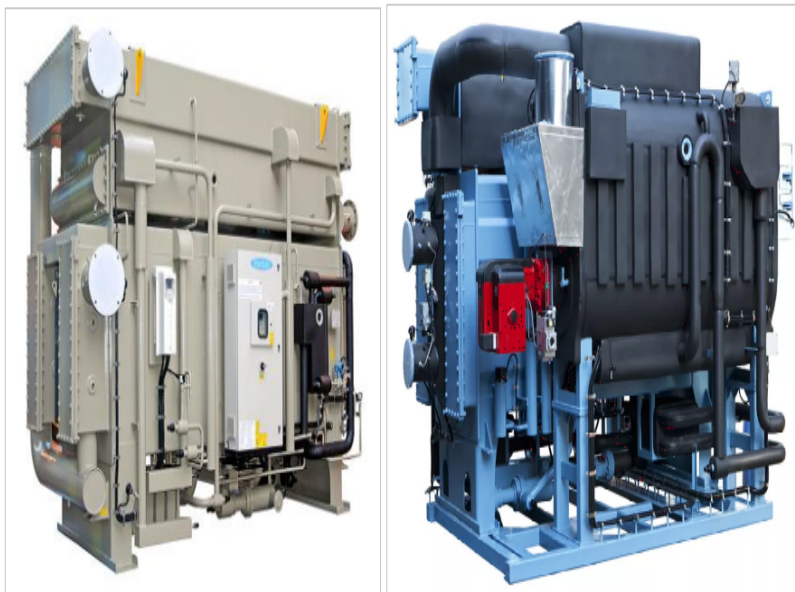
Тригенерационные установки являются очень выгодным оборудованием в сфере малой распределенной генерации, т.к. позволяют использовать утилизированное с газопоршневых установок тепло не только зимой в целях отопления, но и летом для кондиционирования помещений или охлаждения в технологических нуждах. Тем самым повышается общий КПД установки, которая в таких условиях может использоваться круглый год, сохраняя высокую эффективность.



Общая структурная схема режима тригенерации

Для целей тригенерации используются абсорбционные бромисто-литиевые холодильные установки (АБХМ) - предназначенные для отбора и удаления избыточного тепла от тепловых агрегатов и поддержания заданного оптимального температурного и теплового режимов. В качестве абсорбента в

них используются различные растворы. Часть тепла, утилизируемого от ГПУ, подается в АБХМ для генерации холода. Холод может использоваться как для охлаждения воды как и в системах кондиционирования, или на технологические нужды.



Внешний вид АБХМ различной мощности



Система тригенерации, внедренная на объекте

Топливо

Когенерационные станции работают на различных видах горючего газообразного топлива. Наиболее распространенным и эффективным видом топлива является природный газ. Другие возможные виды газообразного топлива:

- свалочный газ;
- биогаз;
- попутный нефтяной газ;
- шахтный газ;
- очистной газ;
- рудничный газ;
- коксовальный газ;
- жидкий газ (пропан, СПГ) и др.

При использовании альтернативных видов газообразного топлива необходим предварительный анализ газа и проверка состава и параметров газа на соответствие требованиям завода-изготовителя.

Оборудование

«Сердце» газопоршневой когенерационной электростанции – газовый двигатель MWM, соединенный на одном валу и установленный на одной раме с генератором переменного тока. Установка оснащается сопутствующим оборудованием, необходимым для нормальной эксплуатации. Линейку газопоршневых агрегатов MWM с указанием основных технических характеристик можно посмотреть на нашем сайте в разделе [«Оборудование»](#).

На рынке также существуют иные производители когенерационных установок: caterpillar, viessmann, jenbacher, cat, man и т.д.

Оборудование системы утилизации тепла (тепловой модуль) для газопоршневой когенерационной установки поставляется комплектно с КГУ. Расположение вспомогательного оборудования предусматривается таким образом, чтобы обеспечить безопасное производство работ при техническом обслуживании, ремонте и замене.

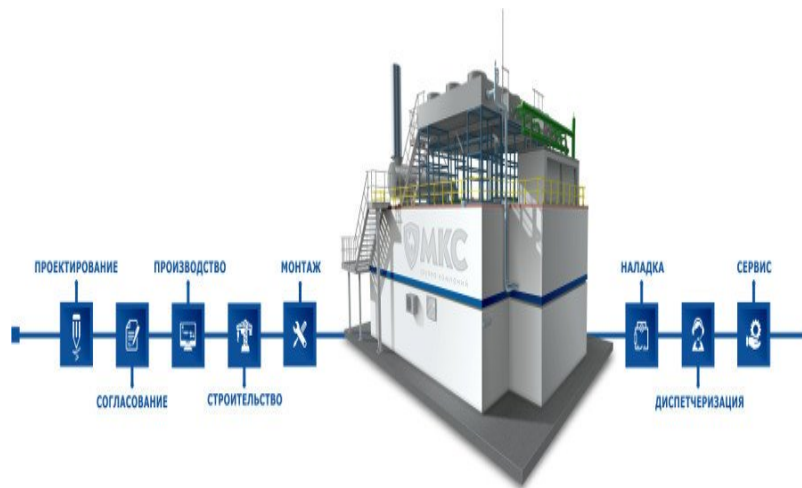


Когенерационная установка (КГУ) MWM на объекте

Реализация проектов когенерации

При реализации объектов газопоршневых когенерационных электростанций основное внимание уделяется качеству и комплексу оказываемых услуг, поэтому, как правило, такие проекты реализуют инжиниринговые компании, выполняющие весь комплекс работ «под ключ» – от проектно-изыскательских работ до запуска объекта и его обслуживания.

На диаграмме представлена укрупненная блок-схема процесса выполнения работ по строительству ГПЭС «под ключ» силами одного из лидеров по запуску таких объектов в России на базе газопоршневых когенерационных установок Группа компаний «МКС». Каждый этап этой технологической цепочки очень важен, не возможен без других и требует высочайшей компетенции исполнителей. Очевидно, что если все работы выполняются одной компанией «под ключ», то итоговая стоимость такого объекта будет ниже, чем если бы каждый этап выполняли разные подрядчики. Также единый исполнитель проконтролирует качество работ на каждом этапе, чего нельзя сказать о нескольких подрядчиках, где каждый отвечает только за свой конкретный объем, а не за проект в целом.



Укрупненная блок-схема работ «под ключ»



Когенерационные установки (КГУ) на объекте

Преимущества когенерации

Проекты когенерации (тригенерации) обладают целым рядом преимуществ. Основные из них следующие:

- одновременная выработка нескольких полезных энергетических ресурсов – электрическая энергия, тепло, холод при сжигании одного и того же объема топлива;
- максимальная общая эффективность установки (до 90%);

- низкий уровень себестоимости производства электроэнергии в режиме когенерации (тригенерации);
- оптимальная стоимость когенерационных установок;
- широкая линейка номинальных мощностей когенерационной установки;
- длительные межсервисные интервалы и максимальная наработка до капитального ремонта среди установок своего класса;
- компактность, возможность блочно-модульного исполнения;
- экологичность и безопасность, отвечающие европейским нормам;
- оптимальные расходы на сервисное обслуживание и эксплуатацию;
- быстрая окупаемость проектов.

Экономика и эффективность когенерации

Когенерационные установки повышают эффективность для предприятия потребителя в части его системы энергоснабжения. Основным экономический эффект при использовании когенерационной установки заключается в получении попутных условно бесплатных энергетических ресурсов (тепло, холод) без дополнительных затрат на топливо. Этот эффект приводит к заметному снижению себестоимости выработки электроэнергии по отношению к режиму моногенерации (только выработка электричества), когда все затраты распределяются только на один ресурс. В результате когенерации потребитель получает все вырабатываемые ресурсы значительно дешевле, чем от централизованных сетей.

Также значительным критерием в сторону когенерации является размещение генерирующего объекта в непосредственной близости от потребителя – это снижает потери при передаче и исключает наличие транспортной составляющей в стоимости энергетических ресурсов.

В связи с этим, проекты реализации газопоршневых когенерационных электростанций сейчас имеют довольно привлекательный срок окупаемости для предприятия-потребителя – до 5 лет. При этом, сроки реализации таких проектов укладываются, как правило, в один календарный год, что делает проекты установок когенерации (тригенерации) не только доступным, но и очевидно выгодным и логичным шагом.



Мини-ТЭС производства Группы компаний «МКС» в составе предприятия по добыче и переработке природного камня

Стоимость реализации проектов когенерации

Вопрос стоимости реализации проектов когенерации и тригенерации всегда остается одним из основных. По средним оценкам инжиниринговых компаний, организующих реализацию проектов мини-ТЭС, ориентировочная удельная стоимость строительства такого объекта «под ключ» в режиме когенерации составляет около 650 евро за 1 кВт установленной электрической мощности. При усложнении проекта до режима тригенерации предварительная удельная стоимость может составить до 750-800 евро за 1 кВт установленной электрической мощности и выше, в зависимости от сложности и объема оборудования.

Группа компаний «МКС» – ведущее инжиниринговое предприятие России, основным направлением деятельности которого является строительство объектов малой энергетики – газопоршневых электростанций «под ключ». За 14 лет ввела в эксплуатацию 53 мини-ТЭС в различных регионах и за рубежом. Суммарная мощность всех введенных объектов Группы компаний «МКС» составила 244 МВт. Группа компаний «МКС» - официальный российский дилер и

сервис-партнер MWM Austria GmbH.