

Паровые турбины Howden Turbo.

Компания Howden является одним из мировых лидеров в области компрессорного оборудования, в том числе с паровыми приводами. В октябре 2107 года Howden приобрела у компании Сименс предприятие STE GmbH, Франкенталь, Германия, которое производит весьма интересную линейку модульных паровых турбин мощностью от 45 кВт до 20 МВт., которые применяются как привода не только для компрессоров, но и для генераторов, насосов и прочей приводной техники.

История завода.

Сам завод основан в 1899 году и до 2006 года известен как компания КК&К, названная по первым буквам фамилий основателей завода, господ Kühnle, Kopp, Kausch.

В 2006 году завод был приобретен компанией Сименс и именовался как Siemens Turbomashineri Equipment GmbH (STE). После продажи завод получил название Howden Turbo GmbH (HT).

К изготовлению паровых турбин Завод приступил в 1916 г., и по настоящий момент специализируется на их производстве. За эти годы было изготовлено около 18 000 турбоустановок различной мощности.

Кроме того завод выпускает компрессора с паровыми и электрическими приводами и турбодетандеры.

Принципиальное устройство паротурбинных установок (ПТУ) Howden Turbo.

ПТУ HT в корне отличаются от классических многоступенчатых турбин и представляют из себя комбинацию от 1 до 4 малоступенчатых турбин (МСТ), передающих момент вращения через один (в некоторых случаях два) редуктор на один приводной агрегат (генератор, компрессор, насос).

За счет такой конструкции ПТУ по отношению к классическим многоступенчатым турбинам более компактны, более мобильны, проще в монтаже и эксплуатации.

Состав ПТУ.

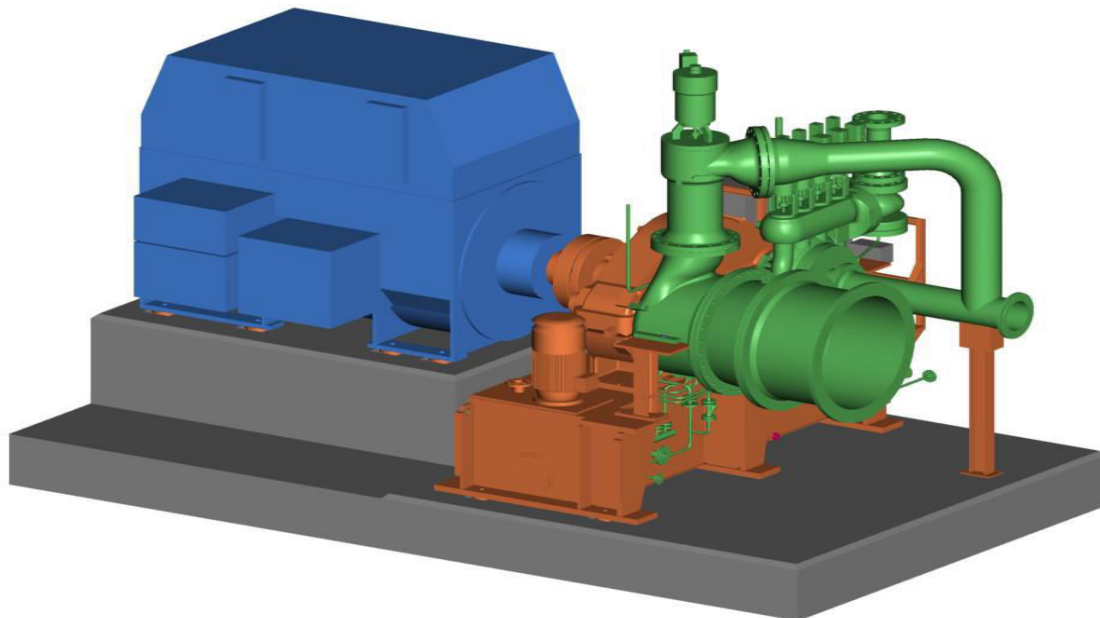
- МСТ;
- Редуктор;
- Приводной агрегат (генератор, компрессор, насос, вентилятор);
- Рама со встроенным масляным баком;
- Система смазки;
- Система управления, состоящая в общем случае из основной и локальной панели управления.
- Приводной агрегат (генератор, компрессор, насос)

Ротор каждой из МПТ одной стороной консольно закреплен в корпусе общего редуктора и опирается на два подшипника скольжения, вмонтированных в корпус редуктора. Участок вала ротора, который находится между подшипниками, выполнен в виде ведущей шестерни редуктора. Другой стороной ротор входит в корпус МСТ, который закреплен на корпусе общего редуктора через устройство, гасящее температурные расширения.

Все МСТ одной ПТУ соединены между собой паропроводами.

Корпус редуктора смонтирован на раме ПТУ, внутри которой находится масляный бак. Так же на этой раме смонтированы все агрегаты маслосистемы, дренажные трубопроводы, локальная панель управления.

У большинство моделей ПТУ STE приводной агрегат обычно устанавливается на собственной раме и соединяется с редуктором валом через гибкую муфту, за исключением воздушных турбокомпрессорных модулей и турбин мощностью до 750 кВт, у которых и турбина и приводной агрегат расположены на одной общей раме.



Устройство узлов ПТУ.

МСТ.

МСТ состоит из корпуса, ротора, рабочего колеса (колес), устанавливаемого на роторе, соплового кольца, угольных уплотнений, регулировочного и запорного клапана с пневмоприводами, устанавливаемых на входе пара в корпус турбины, дренажей.

Пар поступает в корпус турбины через запорный и регулирующий клапана, расширяется во входных соплах и сопловое кольцо, при этом тепловая (потенциальная) энергия пара преобразуется в кинетическую энергию. Затем кинетическая энергия преобразуется в механическую - путем прохождения пара через профилированные лопаточные каналы рабочего колеса (колес) и вращая его.

На заводе производятся следующие стандартные типы МПТ, который различаются по типу используемых рабочих колес.

МСТ с аксиальным потоком пара:

Одноступенчатые ПТ, маркировка АF, ВF, АFА, типоразмеры: ВF 3,5; АF 3,5; ВF 4,5; АFА 4; АFА 6; АFА 10, могут работать как в противодавленческом, так и в конденсационном режиме.

Идеально подходят для расширения сухого насыщенного пара, так как при этом может быть достигнута достаточно высокая степень влажности пара на выходе из турбины (без снижения срока службы рабочего колеса) и, соответственно, сработан большой тепловой перепад.

Трехступенчатая ПТ, устанавливается на пар высоких и средних параметров, работает в противодавленческом режиме.

МСТ с радиальным потоком пара (типа Кертиса):

Одноступенчатые ПТ, маркировка АFР, СFР, типоразмеры АFР 3; СFР 3; СFР 5;

Используются только в противодавленческом режиме, работают на перегретом паре высоких параметров, и применяются в случае большого перепада давлений между входом и выходом турбины.

Трехступенчатые ПТ, устанавливаются на пар низких параметров, используется как конденсатный модуль.

Краткое описание основных узлов МПТ.

Рабочие колеса.

Все рабочие колеса (радиального и аксиального типа) изготавливаются из цельной металлической заготовки и имеют несколько типовых стандартных размеров:

- аксиального типа, диаметрами 350, 400, 600, 1000 мм;
- радиального типа, диаметрами 364, 455 мм;
- отдельный типоразмер для трехступенчатой аксиальной ПТ и конденсатного модуля.

Корпус.

В зависимости от размера и типа колеса применяют соответствующие стандартные корпуса. Причем корпуса разработаны двух типов, с дроссельным парораспределением, и сопловым

парораспределением.

Корпуса с сопловым парораспределением имеют на входе три отдельных канала, над каждым из которых устанавливается свой регулировочный клапан. Такое устройство корпуса позволяет сохранять эффективную работу турбины во всем доступном диапазоне паропроизводительности, но они сложнее и дороже.

Корпуса с дроссельным парораспределением более простые и применяются для турбин, которые обычно работают в базовом постоянном режиме. Для регулировки подачи пара применяется общий клапан с функцией запорного и регулировочного.

Корпус турбины имеет вертикальный разъем, что позволяет обеспечивать легкий и быстрый доступ к рабочему колесу и следующим за РК угольным уплотнениям.

Сопловое кольцо.

Вмонтированный в корпус сопловое кольцо всегда имеет индивидуальное изготовление и индивидуальный расчет проточной части, который учитывает требования к работе турбины.

Ротор (вал) МСТ.

Ротор имеет составную конструкцию. Основной вал ротора вытачивается из цельной заготовки, имеет специализированный сложный профиль, внутренняя сторона помещена в корпус турбины, внешняя закреплена в редукторе. Второй, меньший вал, полностью находится в корпусе турбины, вворачивается одной стороной в основной вал. На свободной части вала устанавливается рабочее колесо и прижимается к основному валу стопорным утолщением на малом валу. Соединение рабочего колеса и торца основного вала производится посредством зубчатого соединения Хирта.

Уплотнения.

Расположены в корпусе турбины за рабочим колесом.

Редуктор.

Редуктор состоит из корпуса редуктора, ведомой шестерни, опорных сегментных подшипников скольжения. В корпусе редуктора, как уже говорилось ранее, закреплены роторы МПТ, с выточенными на них ведущими шестернями.

Редукторы выпускаются 2 типов, с одной ведущей шестерней, и с двумя ведущими шестернями.

Корпус редукторов имеют несколько стандартных типоразмеров:

Первого типа (с одной ведущей шестерней): 1; 2; 3; 4; 5; 6.

Второго типа, с двумя ведущими шестернями: 5; 6; 7

Все редукторы оснащены встроенными маслососами. Соотношение диаметров, количества зубьев на ведомой и ведущей шестернях рассчитывается всегда индивидуально.

Рама и система смазки .

Рама так же имеет несколько стандартных типоразмеров.

В раме вмонтирован масляный бак из углеродистой стали, допускающий отстой масла более 3 мин.

На раме установлены агрегаты маслосистемы:

Главный масляный насос с приводом от редуктора.

Пусковой масляный насос с электроприводом переменного тока,

Аварийный масляный насос с приводом от постоянного тока,

Сдвоенный масляный фильтр

Стойка с указателями давления и температуры масла; маслопроводы, арматура

Водяной охладитель масла

Так же на раме устанавливается локальная панель управления.

Система управления.

Система управления выполнена на трех уровнях:

- датчики и исполнительные механизмы – для сбора информации и осуществления автоматических операций;

- линейка контроллеров – для выполнения расчетов с использованием информации, полученной от датчиков, и выдачи сигналов исполнительным механизмам в процессе работы;

- человеко-машинный интерфейс (SCADA-система) – для отображения информации о протекающих на турбоагрегате процессах в понятной для восприятия форме и, при необходимости, изменения параметров процессов вручную.

Система управления позволяет реализовать следующие функции:

- регулировка скорости вращения и защита от превышения скорости;

- регулировка давления пара;
- защита генератора;
- синхронизация генератора;
- регулировка напряжения;
- управление вспомогательным оборудованием;
- индикация, мониторинг и архивация данных;
- связь верхним уровнем, для чего применяются стандартные открытые протоколы передачи данных: Profibus, Modbus, Ethernet;
- дистанционная диагностика системы управления;

Система управления турбоагрегата поставляется в полностью собранном шкафу управления (ШУ). Стандартная высота шкафа 2 метра.

На лицевой панели ШУ расположены: сенсорный TFT-дисплей для отображения и изменения параметров технологического процесса, панель оператора, показывающие приборы, переключатели, ключи управления.

Для отображения состояния турбоагрегата используется мнемосхема, схематически изображающая элементы турбоагрегата, цифровые отображения значений параметров и уставок, цветовая индикация.

В нижней части ШУ располагается цоколь для удобного подвода кабелей.

В течение рабочего процесса возможна полностью автономная работа турбоагрегата. Таким образом, постоянного присутствия персонала в нормальном режиме не требуется.

Модельный ряд ПТУ.

На базе вышеописанных компонент заводом разработан и предлагается следующий модельный ряд ПТУ.

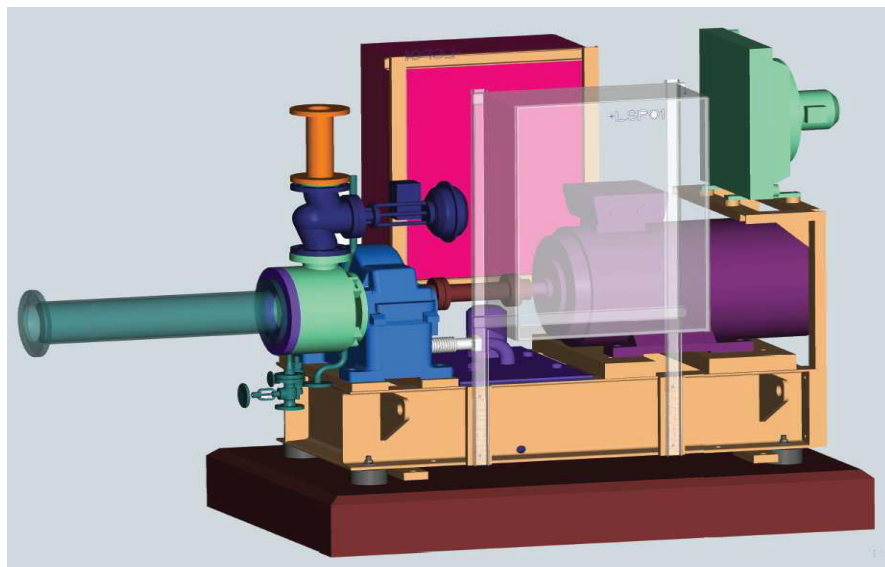
Модель.	Мощность (кВт)	Параметры свежего пара	Тип привода
Base (SST-040)	75 - 1000	До 40 бар/440 С	Генератор
Base (SST-050)	45 - 750	До 100 бар/500 С	Мех.
CORE (SST-060)	До 6 000	До 131 бар/530 С	Генератор/Мех.
Mono (SST-060)	До 6 000	До 131 бар/530 С	Генератор/Мех.
TWIN (SST-110)	До 7 000	До 131 бар/530 С	Генератор/Мех.
Tandem (SST-120)	До 18 000	До 131 бар/530 С	Генератор/Мех.
TRI (SST-111)	До 12 000	До 131 бар/530 С	Генератор/Мех.

ПТУ Base (SST-040)

Состав:

- одна одноступенчатая турбина AFA 3,5;
- редуктор;
- генератор с системой охлаждения и возбуждения;
- панель управления;
- одна общая для всех агрегатов рама, со встроенным масляным баком;
- система смазки

Поставляется как полностью собранный блок, включая ряд заводских испытаний. Габаритные размеры: 1,5 x 2,5 x 2 м, вес 4 500 кг. Давление отработанного пара от 0,1 до 7 бар, то есть может работать как в конденсационном режиме, так и в противодавленческом.



ПТУ Base (SST-050)

Состав:

- одна одноступенчатая турбина AF или BF;
- наличие редуктора зависит от типа турбины (BF предназначена для прямого, безредукторного привода).
- как правило, механический привод: насос, компрессор, вентилятор.
- панель управления;
- одна общая для всех агрегатов рама, со встроенным масляным баком;
- система смазки

Примерные габариты: 1 x 2,5 x 1,3 м.

ПТУ MONO (SST-060).

Базовая ПТУ установка, предлагаемая заводом.

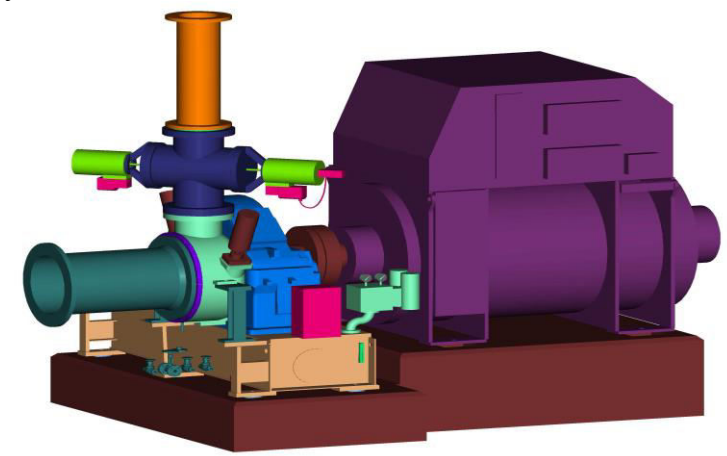
Состав:

- одна одноступенчатая турбина (AFA, AFR, CFR).
- редуктор;
- генератор на собственной раме с системой охлаждения и возбуждения либо механический привод;
- панель управления;
- одна общая для всех агрегатов, кроме привода, рама, со встроенным масляным баком;
- система смазки

Габаритные размеры без привода: 1,5 x 2,5 x 2,5 м.

Может быть сконструирована как конденсационная турбина, так и противоаварийная.

Отличаются прочной конструкцией и высокой надежностью даже в самых сложных условиях эксплуатации.



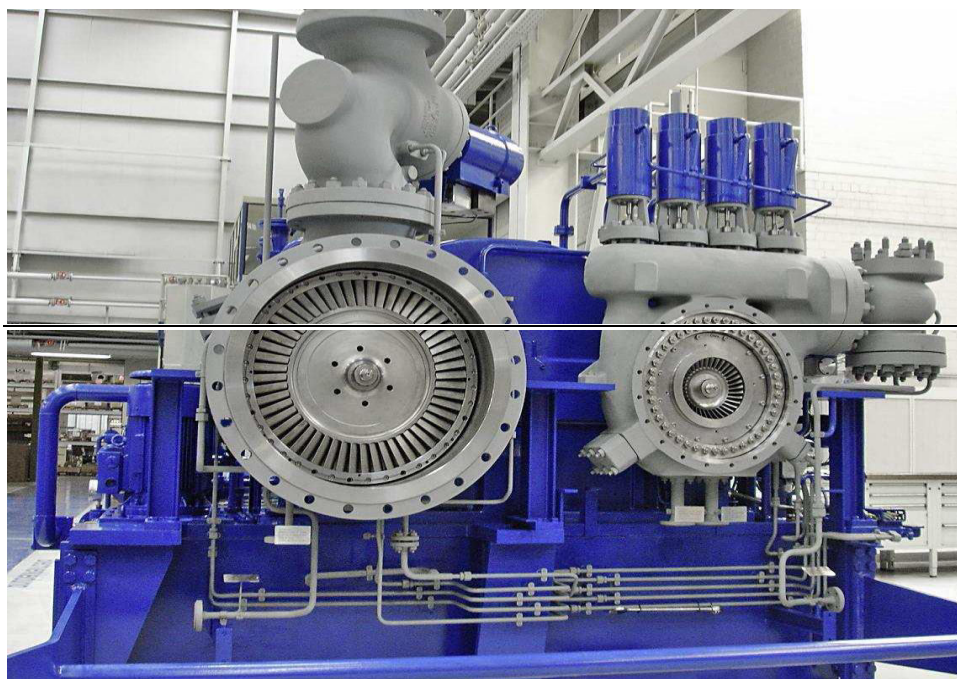
ПТУ (TWIN) SST-110.

В качестве привода используются две МСТ, роторы которых расположены параллельно и вращают один общий редуктор.

МСТ могут соединяться между собой последовательно, т.е. пар после расширения в турбине высокого давления направляется на вход турбины низкого давления, могут работать параллельно - для расширения большого количества пара.

При последовательной организации движения пара первой по ходу пара устанавливаю обычно радиальную турбину типа AFR или CFR (в классической ПТ - аналог - первая ступень), на которой срабатывает пар высоких параметров, а затем турбину типа AFA (вторая ступень), на которой пар срабатывает либо до более низкого противодавления, либо до конденсата.

Конструкция TWIN позволяет дросселировать пар в большем диапазоне, нежели на SST 060, с возможностью организации регулируемого отбора пара. Параметры на входе, выходе, в отборах паровых турбин определяются параметрами МСТ, входящих в состав ПТУ.



ПТУ TRI (SST-111).

Данная ПТУ всегда конденсационная, имеет до двух регулируемых отборов, и имеет самый глубокий вакуум на хвосте и соответственно самую высокую эффективность.

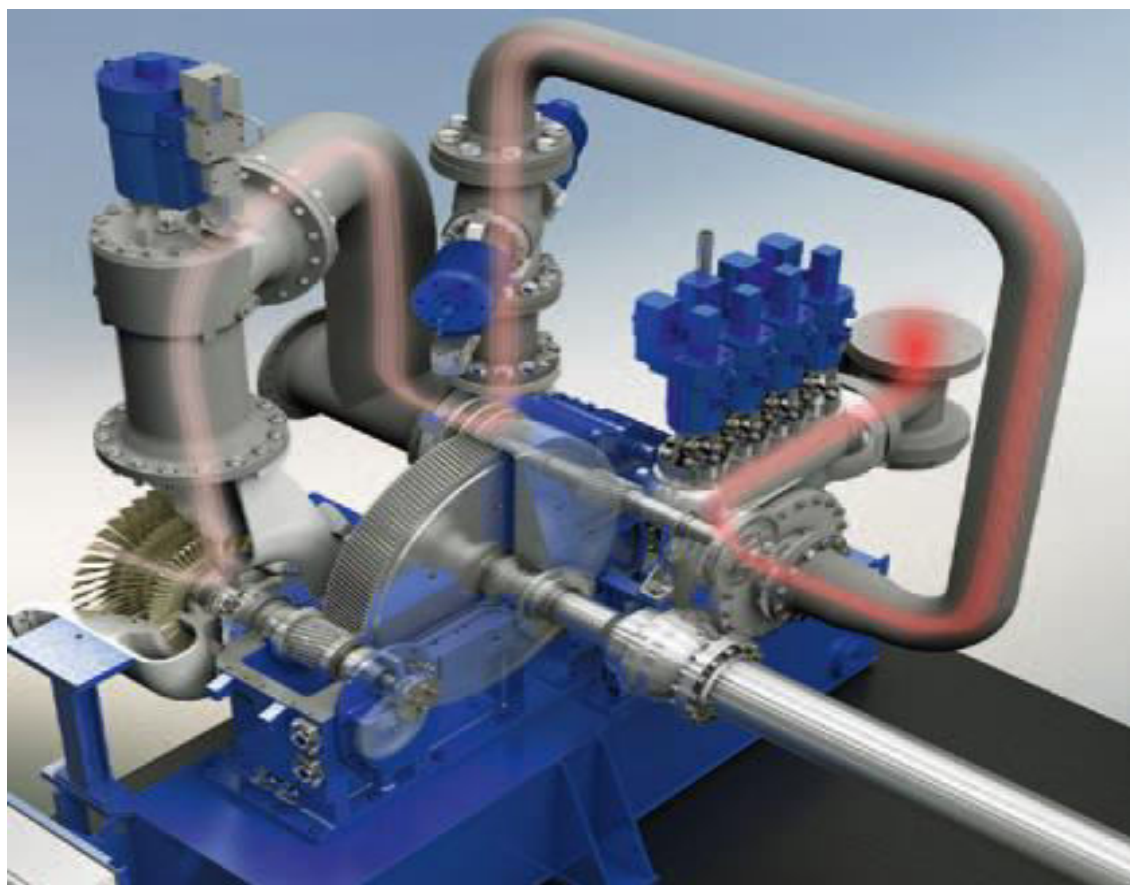
В качестве привода используется 3 (три) МСТ.

Первая ступень - радиальная МСТ типа AFR или CFR;

Вторая ступень - осевая трехступенчатая МСТ;

Третья ступень - конденсатный трехколесный модуль.

Первые две МСТ имеют один общий вал, и расположены на противоположных концах вала. Средняя часть вала проходит через редуктор. Конденсатный модуль имеет свой вал, и расположен параллельно валу, на котором расположены первые две МСТ.

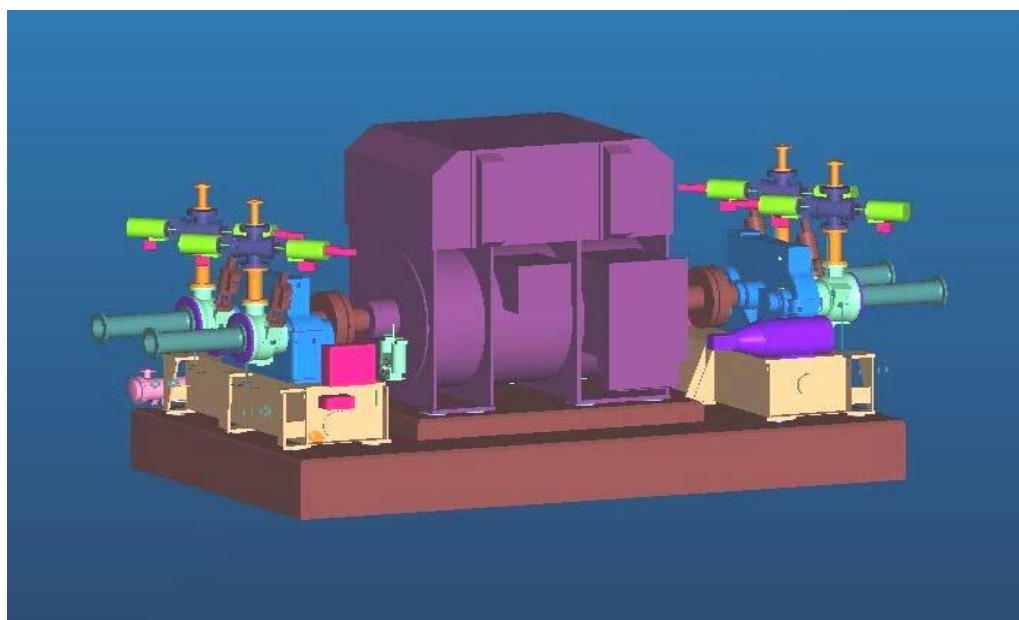


ПТУ TANDEM (SST-120).

По сути - это две турбины типа TWIN, расположенные по обе стороны приводного агрегата. Самая мощная ПТУ, предлагаемая заводом.

Как и в турбоустановках типа TWIN, турбины в установках Tandem могут быть соединены между собой последовательно, а также могут работать параллельно, т.е независимо друг от друга.

Для ПТУ TANDEM существует возможность подсоединения/отсоединения одной из турбин непосредственно во время ее работы, и при использовании в конструкции синхронизированной самоперемещающейся муфты типа SSS этот процесс можно полностью автоматизировать.



Приоритетные качества паровых турбин компании НТ.

Каждая из предлагаемых ПТУ изготавливается максимально точно под конкретные требования Заказчика в очень широком диапазоне. То есть, максимально точно выполняются требования не только по всем параметрам свежего пара, но и по все параметрам пара в отборе.

Если в классических паровых турбинах малой и средней мощности отборы пара имеют достаточно фиксированные параметры, и Заказчик обычно подстраивается под эти параметры. То в случае с турбинами НТ ситуация выглядит наоборот - производитель турбин подстраивается под параметры пара, которые удобны Заказчику.

ПТУ НТ имеют модульную компоновку, небольшие габаритные размеры и массу. При их установке предъявляются минимальные требования к производственной площадке, что обуславливает низкие затраты на строительство фундамента и оснащение машинного зала.

Компания НТ осуществляет комплектную поставку оборудования высокой заводской готовности (турбина, редуктор, генератор, электронно-гидравлическая система управления, вспомогательное оборудование), которое прошло стендовые испытания на предприятии-изготовителе. В связи с этим максимально возможно сокращаются монтажные и пусконаладочные работы на объекте.

Благодаря высокой степени унификации, простоте конструкции, а также превосходному качеству изготовления данные турбоустановки имеют отличные показатели надежности. Гарантируемый компанией уровень надежной работы оборудования в течение гарантийного периода составляет 96%, статистический уровень - более 99%. Компания НТ, как и все лучшие мировые изготовители, предоставляет гарантию и на заявленные технические характеристики турбоустановок.

Турбоустановки производства НТ отличаются, с одной стороны, высокой для турбин данного диапазона мощностей эффективностью, несмотря на простоту конструкции, а с другой стороны - низкой удельной стоимостью оборудования. Это достигнуто благодаря применению передовых технологий проектирования и изготовления, а также постоянному совершенствованию конструкции. Если оценивать турбоустановки как продукт, то в данном случае можно сказать, что такой продукт имеет очень хорошее соотношение цена/качество.

В паровых турбинах НТ, в зависимости от условий объекта, может быть использовано как сопловое парораспределение, позволяющее достигать высокой эффективности на частичных режимах, так и дроссельное, которое дает возможность работать на скользких параметрах пара.

Консольная конструкция ротора позволяет осуществлять быстрый пуск установки из холодного состояния до режима рабочих оборотов без предварительного прогрева. Время пуска ограничивается только массовым моментом инерции вращающихся частей и составляет, как правило, около 10 секунд. Кроме того, при такой конструкции снижается также стоимость паровой турбины, так как уплотнение турбинного вала требуется только с одного конца ротора.

Эксплуатационные затраты значительно снижаются благодаря эксплуатационной надежности и простоте техобслуживания (корпус открывается только с одной стороны). Идея, заложенная в проектирование турбин такого типа, заключается в том, чтобы установка одинаково хорошо работала как в условиях длительной эксплуатации, так и в условиях частых пусков/остановов, обеспечивая при этом минимально возможное время пуска.

Обслуживание.

Общий установленный срок службы турбин НТ превышает 25 лет.

Срок службы турбины, а также ее элементов зависит от регулярности и качества ее техобслуживания.

Регламент технического обслуживания базируется на установленных сроках службы основных расходных элементов: Типовые сроки службы элементов турбоустановки (при работе на чистом паре) составляют:

- ТО 1 - замена угольных кольцевых уплотнений вала 1 раз/25 000 часов, время работ - 6 часов;
- ТО 2 - замена лабиринтных уплотнений вала 1 раз/ 50 000 часов, время работ 8 - 10 часов;
- ТО 3 (капитальный ремонт) замена подшипников, рабочего колеса турбины, колес редуктора 1 раз/100 000 ч, ориентировочный срок проведения работ - одна неделя).

Уникальность конструкции позволяет во время капитального ремонта проводить модернизацию оборудования, в связи с изменившимися условиями на объекте, например, путем замены рабочих колес.

С целью экономии средств организации, эксплуатирующей турбину, STE предлагает провести перед каждым ТО диагностику. По вызову заказчика на объект, где работает установка, на один день

приезжает специалист компании. После изучения эксплуатационных параметров турбоустановки, проверки значений давлений и температур, вибрационного анализа на различных режимах определяется объем планируемого обслуживания, перечень запасных частей, которые необходимо будет заказать, и согласованный план действий по их замене.



Области применения паровых турбин

Паровые турбины компании НТ могут использоваться на промышленных предприятиях различных отраслей - металлургической, химической, нефтеперерабатывающей, пищевой, на мусоросжигающих заводах, в коммунальном хозяйстве, малой энергетике и др. Наиболее выгодно применение паровых турбин малой мощности на станциях когенерационного и комбинированного циклов; электростанциях, работающих на возобновляемых источниках энергии, преимущественно на биомассе (древесных отходах, лузге и т. д.); утилизационных станциях, использующих тепловую энергию технологических процессов.

Несмотря на то что в диапазоне малых мощностей паротурбинная технология при выработке электроэнергии уступает газопоршневой и газотурбинной технологии по таким показателям, как электрический КПД и общая стоимость оборудования всей станции, она имеет свои преимущества:

- более длительные сроки службы оборудования и межремонтные интервалы,
- значительно более низкая стоимость технического обслуживания,
- и что важно отметить, возможность использования в цикле практически любого вида топлива,

Отдельно необходимо отметить, что благодаря своей конструкции, турбины НТ намного мобильнее классических многоступенчатых паровых турбин. Мобильность турбин заключается в возможности быстрого (до 2 мин.) пуска и останова турбин, неограниченного количества пусков турбин из холодного состояния.

А если учесть, что в некоторых случаях топливные затраты на выработку электроэнергии могут быть нулевыми (или минимальными), то преимущества использования паротурбинной технологии очевидны. Обеспечение высокой эффективности паровой турбины при сохранении низкой удельной стоимости установки и высокой надежности оборудования - это современный стандарт для проектирования паровых турбин малой мощности.

Паровые турбины компании STE в полной мере соответствуют этому стандарту, в их конструкции применяются самые передовые технические решения, поэтому использование данного оборудования очень выгодно во многих отраслях, где может быть применена паротурбинная технология.

Пример расчета окупаемости ПТ.

Пример расчета окупаемости мини ТЭЦ с паросиловой технологией выработки электроэнергии, с использованием топлива, которое является побочный продукт основного производства и его стоимость принята равной нулю. Объект: металлургический завод по производству ферромарганца.

Основная технология: доменное производство.

Основное топливо: доменный газ.

Технология производства электроэнергии - паросиловая.

Топливо сжигается в паровых котлах, которые вырабатывают пар давлением 40 бар/440 С. Пар

поступает на трехступенчатые паровые турбины TRI. Срабатывает на первой ступени до 13 бар/300 С, часть этого пара отбирается на технологические нужды и поступает на турбовоздушный компрессор, который обеспечивает наддув воздуха в домы.

Оставшийся пар поступает во вторую ступень, срабатывает до 2 бар/160 С, после чего часть пара поступает в бойлера, где нагревает воду, которая используется на отопление производственных корпусов предприятия, часть идет на собственные нужды ТЭЦ (подогрев сетевой воды и конденсата, деаэрация).

А оставшаяся часть пара поступает в третью ступень, которая выполняет роль конденсационного модуля, где срабатывает до достаточно глубокого вакуума - 0,1 бара/45 С. Все три ступени - это МПТ, все они через один общий редуктор передают момент вращения на генератор, на клеммах которого вырабатывается электрический ток.

Ниже приведена таблица с основными параметрами станции.

В первом разделе "Расход сырья" представлены данные по расходу топлива, воды и сделан расчет по теплосодержанию этого топлива.

Во втором разделе "Объем вырабатываемой продукции" представлены данные по объемам вырабатываемой продукции: тепловой и электрической энергии, в физическом выражении.

Далее представлен раздел "Расчет стоимости продукции (тепловой и электрической энергии)" Стоимость определена по ценам внешних энергоснабжающих организаций. Цель этих данных показать, каких затрат избегает предприятие (получает экономию), установившее данную ТЭЦ.

Следующий раздел - расчет затрат на обслуживание ТЭЦ (топливо, ремонты, зарплата персонала).

Последний раздел - расчет окупаемости. Расчет выполнен как отношение капитальных затрат на создание ТЭЦ к разнице между потенциальной экономией за счет того что не нужно покупать энергию со стороны и реальных затрат на обслуживание ТЭЦ.

$$O = K3 / (\varepsilon - 3)$$

O - окупаемость

K3 - Капитальные затраты

Э - Экономия

3 - Затраты на эксплуатацию ТЭЦ.

Параметры станции.		
Расход сырья.		
Расход ДГ в массовом выражении, т/ч	50	
Удельная теплотворная способность ДГ (t = 50 С), кДж/кг	4 252	
Общая теплотворная способность всего расхода ДГ, МДж/час	212,6	
Расход ПГ в объемном выражении, нм ³ /час	665,8	
Удельная теплотворная способность ПГ, кДж/нм ³	31 840	
Общая теплотворная способность всего расхода ПГ, МДж/час	21,2	
Расход воды (прим.) на подпитку, м ³ /час	10	
Расход электроэнергии на собственные нужды ТЭЦ, кВт.	1 200	
Объемы вырабатываемой продукции	За 1 час	За год (8 500 часов)
Объем пара вырабатываемого на паровых котлах (40 бар/440 С), ГКал	53,1 (67,3 т/ч)	451 330
Электроэнергия (в режиме с теплофикационным отбором), зимний режим, усреднено 4 250 часов/год, кВт*час	12 005	51 017 тыс.
Электроэнергия (в режиме без теплофикационного отбора), летний режим, усреднено 4 250 часов/год	13 020	55 335 тыс.
Электроэнергия за год (брутто)		106 342 тыс.
Электроэнергия за год (нетто, за вычетом собственных нужд)		96 142 тыс.
Технологический пар (13,9 бар/330 С/741,2 ккал/кг), отбирается с турбины после 1 ступени, ГКал	9,6 (13 т/ч).	81 897
Теплофикационный пар (2,4 бар/190 С/675,1 ккал/кг), отбирается с турбины после 2 ступени, ГКал.	6,7 (10 т/ч)	28 692
Расчет стоимости выработанной за год полезной продукции,		

тыс. руб. (без НДС).	
Электроэнергия (усреднено, 3 руб./кВт*час).	288 426
Технологический и теплофикационный пар (1 500 руб./ГКал.)	165 883
Итого стоимость полезной продукции	454 309
Расчет затрат, тыс. руб. (без НДС)	
Основное топливо (доменный газ), бесплатно	
Второе топливо (природный газ) 4 руб/нм ³ .	22 637
Техническое обслуживание	5 000
Заработная плата персонала, с отчислениями (12 чел x 720 тыс. руб./год), руб.	8 640
Расчет окупаемости.	
Доход до налогообложения, тыс. руб. / год.	417 832
Капитальные затраты, тыс. руб.	750 000
Окупаемость без учета налогообложения*, лет	1,8

* Ради справедливости необходимо отметить, что в данном примере топливо практически бесплатно, если в качестве топлива использовать природный газ на 100 %, то окупаемость будет порядка 4 - 6 лет.

Выводы.

1. Для производства электроэнергии паросиловая технология менее эффективна, чем газопоршневая (ГП) или газотурбинная (ГТ), при использовании в качестве топлива природного газа или дизельного топлива.

2. При использовании топлива, которое по технологическим причинам не может быть использовано для ГП и ГТ, (доменный (генераторный, коксовый) газ, уголь, отходы деревообработки, отходы маслоэкстракционных заводов, птицефабрик, свинокомплексов, ТБО), и более того, когда это топливо является побочным продуктом основной технологии, паросиловой вариант эффективен.

3. Турбины STE, разработанные по схеме "несколько МПТ работающих на один генератор" для небольших ТЭЦ вполне конкурентоспособны и зачастую более эффективны, чем классические многоступенчатые ПТ.

Их основные преимущества:

- мобильности: бесконечно много пусков остановов, быстрые пуски остановки;
- низкие капитальные и эксплуатационные затраты;
- простота обслуживания.

4. Классические ПТ выигрывают за счет более высокого КПД.