



СИЛОВЫЕ МАШИНЫ. ЭНЕРГИЯ НА РЕЗУЛЬТАТ

# ОБОРУДОВАНИЕ И УСЛУГИ ДЛЯ ТЕПЛОЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ



ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКА

## МИССИЯ КОМПАНИИ

Предоставлять надежные и эффективные комплексные решения для удовлетворения нужд мировой энергосистемы, непрерывно совершенствуя свои технологии и бизнес-процессы.

## ВИДЕНИЕ КОМПАНИИ

Занимать первое место на рынке энергетического машиностроения России и СНГ и быть ключевым игроком на мировом рынке.

## ЦЕННОСТИ КОМПАНИИ

ВНИМАНИЕ К КЛИЕНТАМ  
ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ОПЕРАТИВНОСТЬ  
ИННОВАЦИОННОСТЬ  
БЕЗОПАСНОСТЬ  
КОМАНДНАЯ РАБОТА  
УВАЖЕНИЕ К ЛЮДЯМ

«Силловые машины» – крупнейшая энергомашиностроительная компания России, имеющая международный опыт и компетенцию в области проектирования, изготовления и комплектной поставки оборудования для тепловых, атомных и гидравлических электростанций.

Компания «Силловые машины» создает эффективные комплексные проекты для мировой энергетики, опираясь на полуторавековой опыт производственных активов компании и применяя новейшие достижения науки и техники.

Оборудование, изготовленное и поставленное предприятиями компании, работает в 57 странах мира и в настоящее время насчитывает более 300 000 МВт установленной мощности.

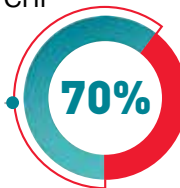
### В 57 СТРАНАХ МИРА

установлено и работает оборудование, произведенное на предприятиях «Силловых машин»



### 70% – ДОЛЯ КОМПАНИИ

на внутреннем рынке России и СНГ



### БОЛЕЕ 300 ГВт –

совокупная мощность произведенного компанией оборудования





## «СИЛОВЫЕ МАШИНЫ» – ПОСТАВЩИК КОМПЛЕКСНЫХ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Обладая большим опытом в разработке и производстве оборудования, всеми необходимыми конструкторскими и производственными ресурсами, компания «Силловые машины» предлагает предприятиям теплоэнергетики эффективные комплексные решения по оснащению основным генерирующим оборудованием и его обслуживанию.

СВЫШЕ

**2300** паровых турбин

**2700** турбогенераторов

• изготовлено «Силловыми машинами»

БОЛЕЕ 45% ТЭС

• и около 40% газотурбинных электростанций и парогазовых установок в России оснащены паротурбинным оборудованием «Силловых машин»

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА

Качество и надежность продукции обеспечиваются неукоснительным соблюдением технологии производства и принятой в компании политики в области качества. Система менеджмента качества «Силловых машин» сертифицирована на соответствие требованиям стандартам ISO серии 9000 (ISO 9001:2015, ГОСТ Р ИСО 9001-2015).

Конструкторские и технологические решения основаны на детальном расчете и исследованиях, а готовые изделия проходят окончательную проверку – контрольную сборку и испытания на заводских испытательных стендах.

Особое внимание в компании уделяется контролю качества на каждом этапе производства. Таким контролем подвергаются все материалы, а для особенно значимых узлов и деталей проводятся повторные проверки механических свойств.

Перед предъявлением заказчику все детали проходят проверку отделом технического контроля. Кроме того, основные узлы оборудования подвергаются контрольной сборке и испытаниям в присутствии заказчика. Участие в испытаниях позволяет заказчику убедиться в высоком качестве изготовленного оборудования.

Производство «Силловых машин» оснащено современным технологическим оборудованием.

# ОСНОВНАЯ ПРОДУКЦИЯ ДЛЯ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКИ

Компания «Силловые машины» проектирует, производит и поставляет:

- паровые турбины различных типов мощностью до 1200 МВт, включая турбины для АЭС;
- турбогенераторы различных типов мощностью до 1200 МВт;
- котельное оборудование: энергетические котлы, котлы-утилизаторы, теплообменное вспомогательное оборудование и др.;
- электротехнические системы автоматики;
- вспомогательное оборудование: конденсаторы, маслоохладители, КПУ, обратные клапаны на отборах пара, фильтры и др.

В области сервиса «Силловые машины» реализуют полный комплекс работ, включающий:

- обследование;
- проектирование энергооборудования различных модификаций и мощностей, а также систем автоматики на основе самых прогрессивных технологий;
- закупки, производство и комплектацию;
- транспортировку и складирование;
- монтаж и пусконаладку;
- приемочные испытания, ввод в эксплуатацию и гарантийные испытания;
- сервис в гарантийный и послегарантийный периоды;
- модернизацию оборудования;
- консультации персонала заказчика по продукции.

## БОЛЕЕ 100 ЛЕТ ОПЫТА

- в проектировании и производстве оборудования для тепловых станций



# ПАРОТУРБИННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ



Производство турбинного оборудования средней и большой мощности компании «Силловые машины» сосредоточено на Ленинградском Металлическом заводе (ЛМЗ), который является основным российским поставщиком данного типа оборудования.

Завод обладает более чем столетним опытом создания паровых турбин различных модификаций и мощностей. Первая турбина, выпущенная Ленинградским Металлическим заводом, введена в промышленную эксплуатацию в 1907 году.

## Общие характеристики и основные преимущества паровых турбин производства «Силловых машин»

### Высокая экономичность и надежность

Технико-экономические показатели выпускаемых турбин по характеристикам проточных частей находятся на уровне ведущих мировых производителей.

Многолетний опыт эксплуатации турбин позволяет сегодня уверенно гарантировать их работоспособность в течение более 40 лет и межремонтный период не менее 6 лет.

Высокие показатели экономичности и надежности паровых турбин компании «Силловые машины» обеспечены:

- внедрением современных прогрессивных методов проектирования, а также технологий и оборудования от ведущих российских и мировых производителей;
- трехмерным профилированием рабочих и направляющих лопаток;
- оптимизацией паровпусков, отборов и выхлопов CFD-методами;
- новыми усовершенствованными конструкциями уплотнений;
- плавными меридиальными обводами проточной части;
- аэродинамическими экспериментальными испытаниями лопаток и элементов проточных частей, подтверждающими как их надежность, так и эффективность;
- проведением поверочных расчетов элементов проточных частей CFD-методами.

## Снижение потерь

Снижение потерь достигается применением высокоэкономичного облопачивания, современных типов уплотнений, развитого влагоудаления в конструкции проточной части низкого давления, а также развитой системы регенеративных подогревателей.

## Рабочие лопатки

Рабочие лопатки всех ступеней выполняются с цельнофрезерованными бандажами, что повышает надежность и эксплуатационные характеристики ступеней.

Специалистами «Силовых машин» разработаны и внедрены новые типы высокоэффективных уплотнений, которые позволяют уменьшить

радиальные зазоры рабочих лопаток и обеспечить снижение протечек. Внедрение этих уплотнений на турбинах для АЭС позволило повысить их экономичность, улучшить маневренные характеристики.

Меридиональное профилирование позволило повысить экономичность и существенно снизить эрозионные повреждения лопаточного аппарата.

## Общие принципы проектирования и исследований

Подход «Силовых машин» к разработке нового оборудования соответствует главной тенденции развития энергетики – постоянному увеличению КПД за счет повышения начальных параметров пара и совершенствования конструкции турбины.

При создании паровых турбин используется принцип модульного проектирования, основанный на применении базовых элементов: цилиндров,

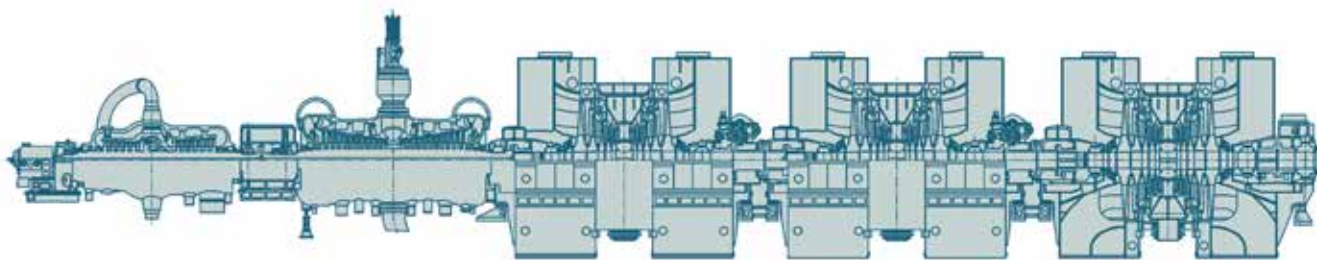
группы ступеней, отдельных ступеней, роторов, корпусов, подшипников и других. Базовые элементы турбин имеют высокую степень конструкторско-технологической отработки и подтвержденные эксплуатационные характеристики. Такой подход позволяет воплотить в новых конструкциях все положительные наработки, накопленные при эксплуатации обширного парка турбин-прототипов, а также сократить время выполнения проекта.

## Продукция

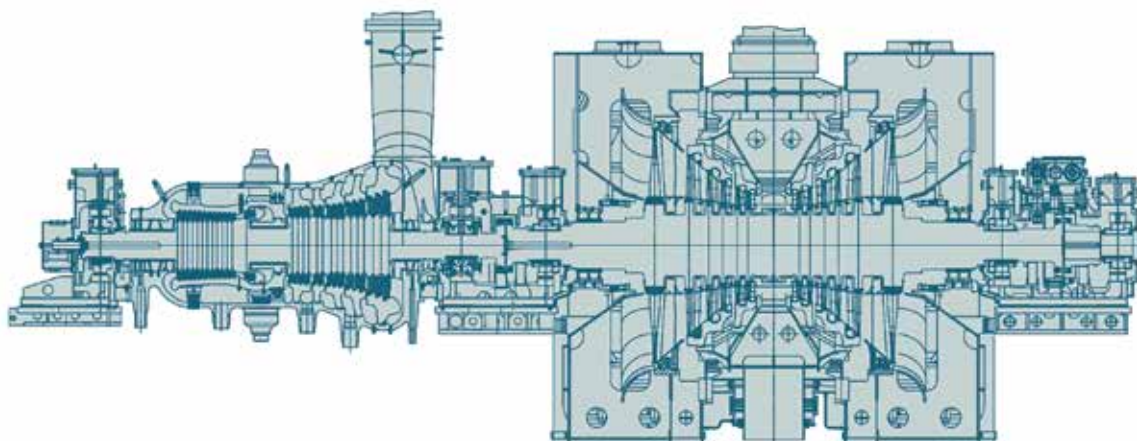
Обладая значительным опытом и всеми необходимыми возможностями для разработки и производства конкурентоспособного паротурбинного оборудования, «Силовые машины» предлагают широкий спектр паровых турбин собственной разработки мощностью от 20 до 1200 МВт как для нового строительства, так и для перевооружения действующих электростанций.

Сегодня «Силовые машины» проектируют, изготавливают и поставляют большой выбор турбин различного назначения:

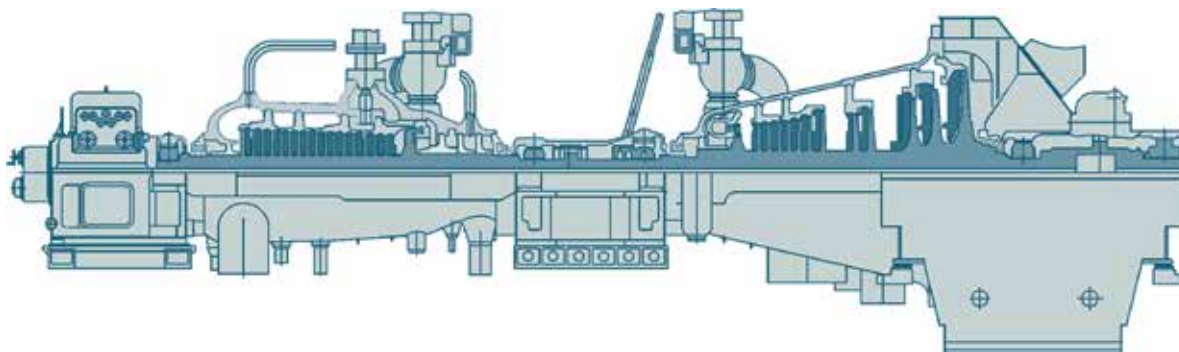
- Конденсационные турбины на докритические и сверхкритические параметры пара до 1200 МВт.



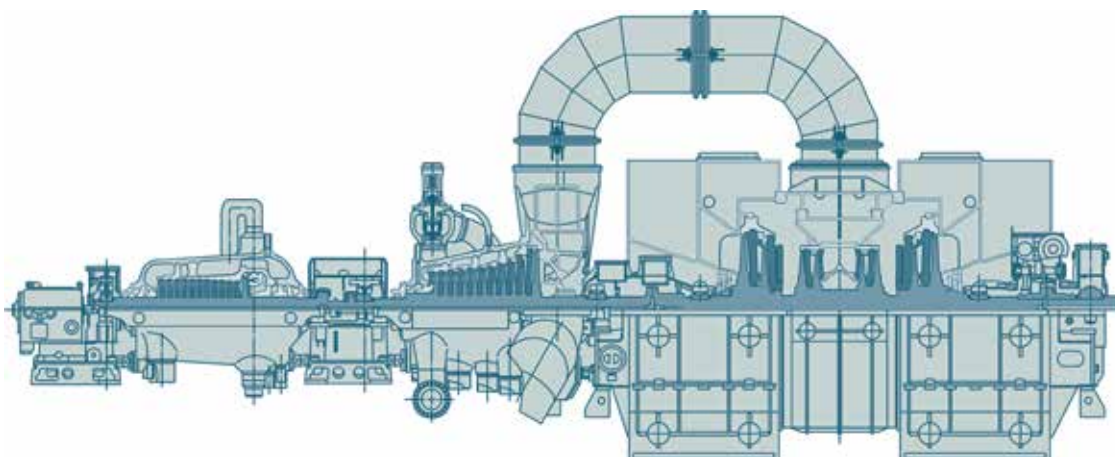
- Конденсационные турбины с теплофикационным отбором до 330 МВт.



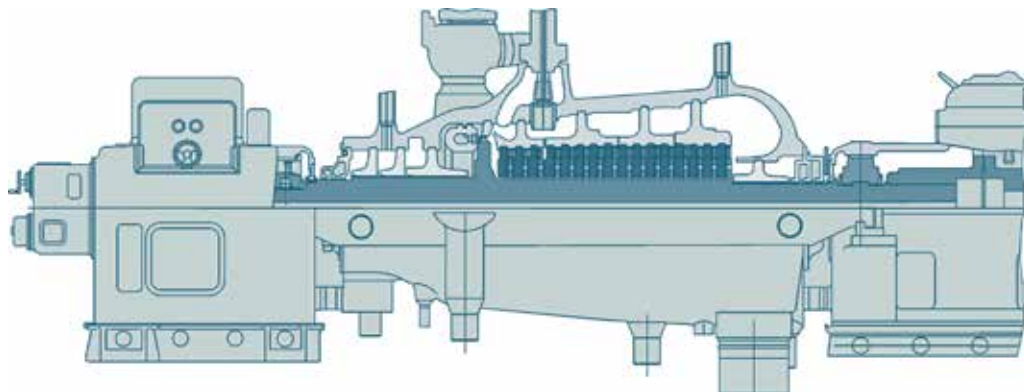
- Теплофикационные турбины с производственным и теплофикационным отбором до 140 МВт.



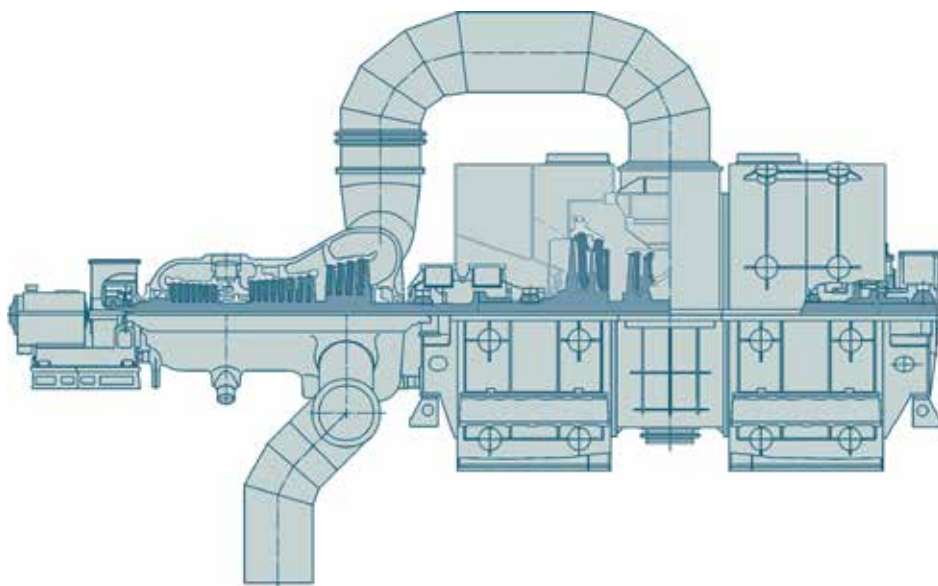
- Теплофикационные турбины с промперегревом до 210 МВт.



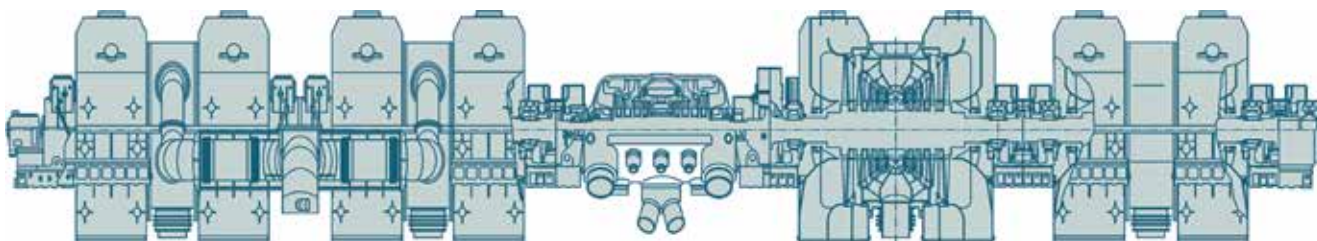
- Турбины с противодавлением до 85 МВт.



- Турбины для ПГУ до 160 МВт.



- Турбины для АЭС до 1200 МВт.





# ТУРБОГЕНЕРАТОРЫ



Производство турбогенераторов в «Силowych машинах» сосредоточено на заводе «Электросила». К настоящему времени изготовлено более 2730 турбогенераторов суммарной мощностью 283,8 ГВт или 334 ГВ·А.

Диапазон мощностей турбогенераторов, выпускаемых предприятием, составляет от 6 до 1200 МВт. Все турбогенераторы удовлетворяют стандартам ГОСТ, МЭК и другим национальным стандартам.

## Типы турбогенераторов:

- турбогенераторы с форсированным водородным охлаждением (ТВФ);
- турбогенераторы с водородно-водяным охлаждением (ТВВ);
- турбогенераторы с полным водяным охлаждением (ТЗВ);
- турбогенераторы с воздушным охлаждением (ТА, ТФ, ТЗФ, ТЗФА, ТЗФАУ);
- турбогенераторы с комбинированным воздушно-водяным охлаждением (ТЗФСУ).

## Достоинства турбогенераторов:

- высокая надежность;
- низкий уровень нагрева и вибрации;
- высокий КПД;
- работа в режимах с потреблением реактивной мощности;
- шумозащитные кожухи, упругая подвеска сердечника статора.

## Комплект поставки турбогенераторов:

- генератор с шумозащитным кожухом;
- система возбуждения;
- системы охлаждения и вентиляции;
- автоматизированная система контроля и диагностики;
- комплект запасных частей и монтажных приспособлений;
- комплект технической документации.

Турбогенераторы оснащаются системами возбуждения следующих типов:

- системами тиристорными самовозбуждения (СТС);
- системами тиристорными независимого возбуждения (СТН);
- системами бесщеточными диодными (СБД);
- системами тиристорными самовозбуждения реверсивными (СТС-Р) – для асинхронизированных турбогенераторов.

Турбогенераторы, сопрягаемые с газовыми турбинами, дополнительно комплектуются тиристорными пусковыми устройствами (ТПУ).

Монтаж, наладка и ввод оборудования в эксплуатацию производится представителями «Силовых машин». При реконструкции и модернизации турбогенераторов предусматривается повышение параметров генераторов: увеличение мощности, снижение температуры, повышение надежности, продление срока службы.

## Турбогенераторы с водородным охлаждением серии ТВФ

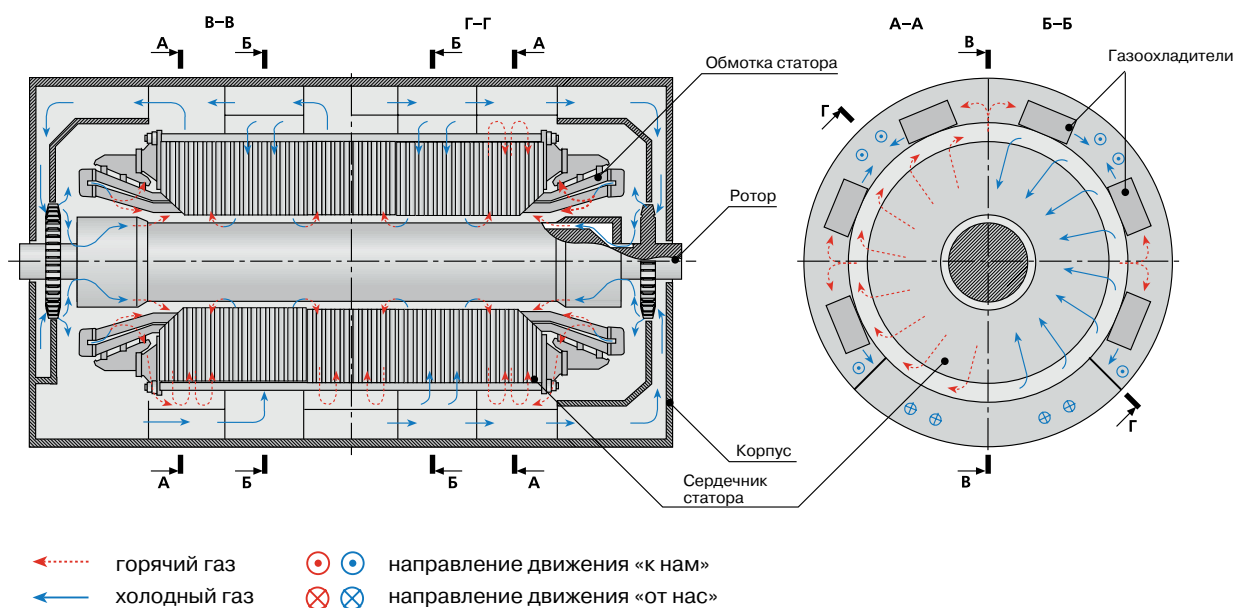


Схема вентиляции турбогенератора серии ТВФ

## Конструктивные особенности турбогенераторов серии ТВФ:

- охлаждение обмотки статора – косвенное водородное;
- охлаждение обмотки ротора – непосредственное водородное по схеме самовентиляции;
- охлаждение активной стали статора – непосредственное водородное;
- изоляция обмотки статора – на термореактивных связующих класса нагревостойкости F;
- изоляция обмотки ротора – класса нагревостойкости F на основе стеклоткани и теплостойких лаков.

Мероприятия по модернизации:

- перематка статоров, замена роторов и систем возбуждения действующих турбогенераторов типа ТВФ.

## Типы генераторов серии ТВФ

Тип генератора	Номин. мощность, МВт	Полная мощность, МВ·А	КПД, %	Напряжение, кВ	Частота вращения, об/мин	Год ввода в серийное производство
ТВФ-120-2	100	125	98,4	10,5	3000	1967
ТВФ-165-2	165	194,12	98,6	18	3000	2012
ТВФ-200-2	200	235,3	98,5	11	3000	1957
ТВФ-100/3600	100	117,5	98,3	10,5	3600	1968, модернизация 2013
ТВФ-660-2	660	776,5	99	24	3000	Проект

## Турбогенераторы с водородно-водяным охлаждением серии ТВВ

Турбогенераторы этого типа обеспечивают более 80% установленной мощности турбогенераторов на ТЭС и АЭС России и стран ближнего зарубежья. Турбогенераторы серии ТВВ предназначены для сопряжения с паровой турбиной и установкой на тепловых и атомных электростанциях в классе мощностей от 160 до 1200 МВт.

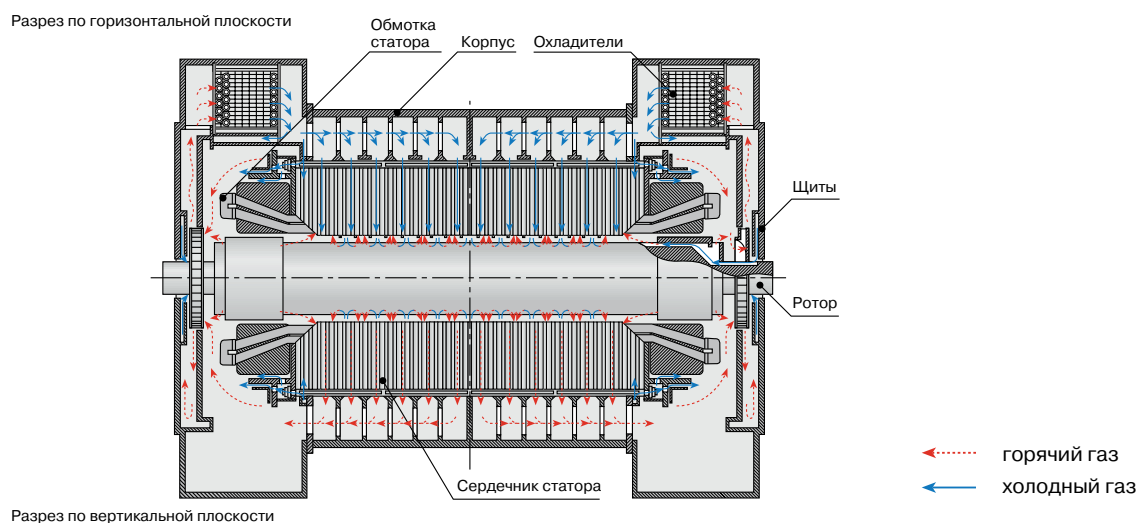


Схема вентиляции турбогенератора серии ТВВ

В турбогенераторах с водородно-водяным охлаждением применены единые принципы конструирования основных узлов. Это позволило максимально отработать их конструкцию и наладить серийное производство с высокой степенью унификации узлов.

### Преимущества турбогенераторов серии ТВВ:

- высокая экономичность;
- маневренность;
- надежность;
- улучшенное вибрационное состояние;
- повышенная теплостойкость;
- удобство при ремонте и эксплуатации в различных климатических условиях;
- возможна эксплуатация в режимах с потреблением реактивной мощности.

### Конструктивные особенности турбогенераторов серии ТВВ:

- охлаждение обмотки статора – непосредственное водяное;
- охлаждение обмотки ротора – непосредственное водородное по схеме самовентилиации, с забором газа из зазора между статором и ротором;
- охлаждение активной стали статора – непосредственное водородное;
- усовершенствование конструкции коллекторов водяного охлаждения обмотки статора за счет применения упругого крепления и виброгасящих элементов;
- изоляция обмотки статора – непрерывная, терморезистивная, класса нагревостойкости F;
- изоляция обмотки ротора – на основе стеклоткани и теплостойких лаков, класса нагревостойкости F;
- кардинальное изменение системы крепления лобовых частей обмотки статора, обеспечивающее снижение вибрации на 20–25% по отношению к требованию стандарта и повышенную ремонтпригодность за счет разборной конструкции;
- усовершенствование конструкции торцевой зоны сердечника статора, обеспечивающее снижение нагревов на 20–30% и повышение надежности при эксплуатации.

### Типы генераторов серии ТВВ

Тип генератора	Номин. мощность, МВт	Полная мощность, МВ·А	КПД, %	Напряжение, кВ	Частота вращения, об/мин	Год ввода в серийное производство
ТВВ-160-2Е	160	188,2	98,5	18	3000	1980
ТВВ-220-2Е	220	259	98,6	15,75	3000	1987
ТВВ-220-3600Т	220	259	98,4	15,75	3000	1987
ТВВ-320-2Е	320	376	98,75	20	3000	1987
ТВВ-350-2	350	411,8	98,75	20	3000	1994
ТВВ-500-2Е	500	588,2	98,75	20	3000	1986
ТВВ-500-2М	550	647	98,65	20	3000	2013
ТВВ-500-4	500	588,2	98,7	20	1500	2007
ТВВ-600-2	660	776,5	98,8	20	3000	Проект
ТВВ-660-2Т	660	776,5	98,75	24	3000	2006

Тип генератора	Номин. мощность, МВт	Полная мощность, МВ·А	КПД, %	Напряжение, кВ	Частота вращения, об/мин	Год ввода в серийное производство
TBB-800-2E	800	889	98,8	24	3000	1984
TBB-1000-2	1000	1111	98,75	24	3000	1984
TBB-1000-2/27	1000	1111	98,71	27	3000	2001
TBB-1000-4	1000	1111	98,8	24	1500	1977
TBB-1000-4	1170	1300	98,75	24	1500	2018
TBB-1200-2	1200	1333	98,8	24	3000	1975
TBB-1200-4	1255	1394	99,0	24	1500	Проект

## Турбогенераторы с полным водяным охлаждением серии ТЗВ

Турбогенераторы этой серии предназначены для вновь строящихся электростанций, а также для замены генераторов, отработавших свой ресурс.

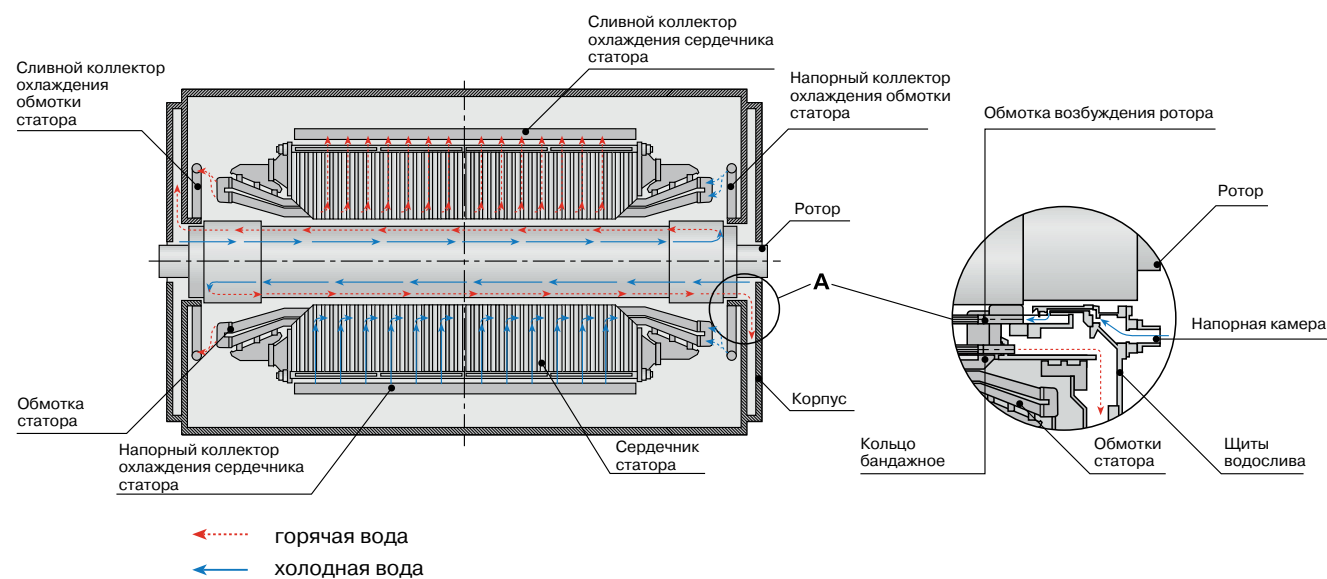


Схема охлаждения турбогенератора серии ТЗВ

С учетом перспектив развития энергетики «Силовыми машинами» разработана и освоена в производстве серия мощных турбогенераторов с полным водяным охлаждением обмоток статора, ротора и активной стали сердечника статора типа ТЗВ (три воды), не имеющая мировых аналогов.

### Преимущества турбогенераторов серии ТЗВ:

- взрыво- и пожаробезопасность;
- высокая маневренность и перегрузочная способность вследствие низких уровней нагрева и вибрации;
- отсутствие масляных уплотнений вала, вентиляторов и встроенных в статор газоохладителей.

## Конструктивные особенности турбогенераторов серии ТЗВ:

- наличие «самонапорной» системы охлаждения ротора, в которой отсутствуют гидравлические связи обмоток ротора с валом;
- наличие полной демпферной системы ротора;
- применение плоских силуминовых охладителей в виде сегментов с залитыми в них змеевиками из нержавеющей стальной трубки, устанавливаемых между пакетами для охлаждения активной стали сердечника статора.

## Высокая надежность обеспечена:

- мероприятиями, исключающими кавитацию и эрозию стенок полых проводников обмоток статора и ротора;
- низким уровнем поперечных колебаний ротора и подшипников;
- креплением пазовой части обмотки статора с помощью встречных клиньев и упругих прокладок;
- специально разработанной конструкцией крепления лобовых частей обмотки статора;
- улучшенной спрессовкой сердечника статора ввиду отсутствия вентиляционных распорок между пакетами.

## Типы генераторов серии ТЗВ

Тип генератора	Номинальная мощность, МВт	Полная мощность, МВ·А	КПД, %	Напряжение, кВ	Частота вращения, об/мин	Год ввода в серийное производство
ТЗВ-63-2	63	78,75	98,4	6,3/10,5	3000	1968
ТЗВ-110-2	110	137,5	98,6	10,5	3000	1995
ТЗВ-220-2	220	258,8	98,8	15,75	3000	1998
ТЗВ-320-2	320	376,5	98,8	20	3000	1998
ТЗВ-800-2	800	888,9	98,9	24	3000	1980
ТЗВ-890-2А	890	988,9	98,85	24	3000	2010
ТЗВ-1200-2А	1200	1333	98,97	24	3000	2012

## Турбогенераторы с воздушным охлаждением серии ТА, ТФ и ТЗФ

Турбогенераторы предназначены для вновь строящихся парогазовых, газотурбинных и паротурбинных установок и для замены генераторов с водородным и водородно-водяным охлаждением, выработавших свой ресурс. Охватывают диапазон мощностей от 6 до 350 МВт.

Во всех сериях применены:

- новейшая терморезистивная изоляция обмоток статора и ротора;
- электротехническая сталь с малыми удельными потерями;
- современные конструктивные материалы;
- в зависимости от мощности генераторов для изоляции обмотки статора применяется изоляция типа «Монолит-2» – сухими стеклослюдинитовыми лентами с последующей вакуумно-нагнетательной пропиткой и запечкой обмотки, уложенной в сердечник статора. Либо изоляция Resin Rich – предварительно пропитанными лентами с последующей гидростатической опрессовкой.

## Преимущества турбогенераторов с воздушным охлаждением современной конструкции:

- повышенная надежность, обусловленная простотой конструкции;
- уменьшенный объем вспомогательного оборудования;
- простота и сокращение сроков профилактического ремонта;
- повышенная маневренность;
- безопасность при обслуживании;
- высокая заводская готовность, вплоть до отгрузки моноблока агрегата, испытанного в заводских условиях;
- сокращенный срок монтажа.

### Серия ТА

Серия ТА – турбогенераторы с косвенным охлаждением обмотки статора и ротора и непосредственным воздушным охлаждением сердечника статора.

Тип генератора	Номин. мощность, МВт	Полная мощность, МВ·А	КПД, %	Напряжение, кВ	Частота вращения, об/мин	Год ввода в серийное производство
ТА-6-2	6	7,5	97,8	10,5/6,3	3000	2002
ТА-12-2К	12	15	98,35	10,5/6,3	3000	2003
ТА-15-2/6,6Т	15	18,75	98,35	6,3 (6,6)	3000	2004
ТАП-25-2	25	31,25	98,4	10,5/6,3	3000	2007
ТАП-30-2	30	37,5	98,4	10,5/6,3	3000	2012

### Серия ТФ

Серия ТФ – турбогенераторы с непосредственным воздушным охлаждением обмотки ротора и сердечника статора, с косвенным охлаждением обмотки статора.

Тип генератора	Номин. мощность, МВт	Полная мощность, МВ·А	КПД, %	Напряжение, кВ	Частота вращения, об/мин	Год ввода в серийное производство
ТФП-18-2ТЗ	18	22,5	98,1	6,3/10,5 (11)	3000	2004
ТФП-25-4	25	27,78	97,5	10,5	1500	1996
ТФП-35-2М5	35	43,75	98,1	10,5	3000	2008
ТФП-40-2Н	40	50	98,3	6,3/10,5	3000	2004, модернизация 2016
ТФП-110-2/13,8	110	137,5	98,5	13,8	3000	1998

## Серия ТЗФ

Серия ТЗФ – турбогенераторы с воздушным охлаждением по трехконтурной схеме. Турбогенераторы этой серии являются дальнейшим развитием серии ТФ. Конструкция турбогенераторов типа ТЗФ позволяет увеличить единичную мощность турбогенераторов с воздушным охлаждением до 350 МВт. Надежность и перегрузочная способность достигается за счет разделения потоков воздуха, охлаждающего статор и ротор, исключения их взаимного отрицательного влияния. Это позволяет снизить нагрев активных и конструктивных частей генератора при одновременном снижении расхода воздуха.

Турбогенераторы этой серии отличаются:

- более интенсивным и равномерным охлаждением активных частей;
- применением изоляционных материалов с повышенной теплопроводностью;
- улучшенными характеристиками;
- меньшей монтажной массой статора.
- повышенным значением КПД;
- лучшим использованием электротехнических материалов;

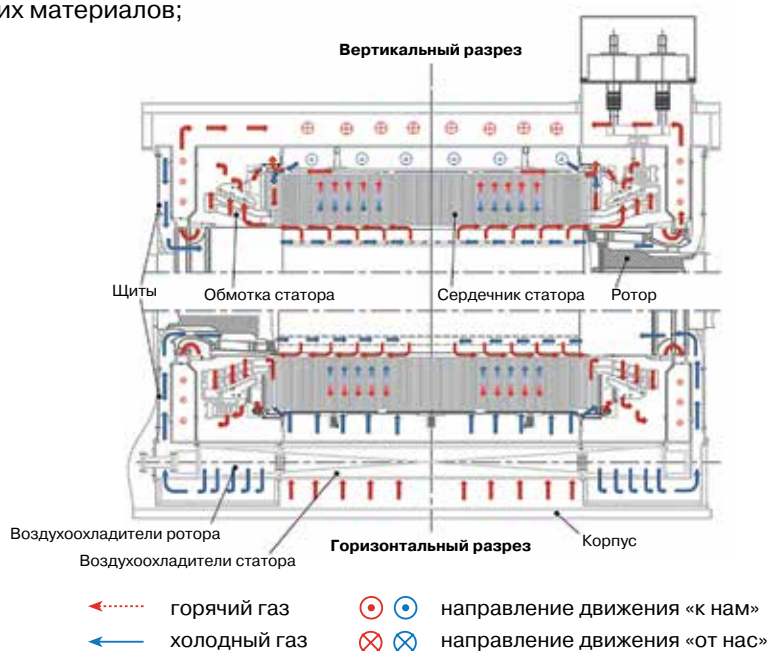


Схема вентиляции турбогенератора серии ТЗФ

## Типы генераторов серии ТЗФ

Тип генератора	Номин. мощность, МВт	Полная мощность, МВ · А	КПД, %	Напряжение, кВ	Частота вращения, об/мин	Год ввода в серийное производство
ТЗФП-63-2М ТЗФГ-63-2М	63	78,75	98,4	10,5/6,3	3000	2004 2007
ТЗФП-80-2М	80	100	98,5	10,5	3000	2016
ТЗФП-110-2М ТЗФГ-110-2М	110	137,5	98,45	10,5	3000	2006 2002
ТЗФП-130-2	130	162,5	98,45	10,5	3000	2014
ТЗФП-160-2М ТЗФГ-160-2М	160	188,2	98,7	15,75	3000	2004 2002
ТЗФГ-180-2	180	211,8	98,6	15,75	3000	2011
ТЗФП-220-2	225	264,7	98,6	15,75	3000	2008
ТЗФП-350-2	350	411,8	98,75	20	3000	Проект



## ТЗФА, ТЗФАУ, ТЗФСУ, АСК

### Асинхронизированные турбогенераторы типов ТЗФА, ТЗФАУ и ТЗФСУ с воздушным и комбинированным воздушно-водяным охлаждением

Асинхронизированные турбогенераторы с воздушным и комбинированным воздушно-водяным охлаждением мощностью 110, 160 и 320 МВт, а также компенсаторы предназначены для регулирования уровня реактивной мощности в энергосистемах и напряжения сети

в узле подключения. Турбогенераторы данного типа устанавливаются на вновь строящихся электростанциях, а также при замене генераторов, отработавших свой ресурс, на стандартные фундаменты блоков соответствующей мощности.

### Установка генераторов этой серии является радикальным и экономичным средством решения проблем работы энергосистем и позволяет:

- повысить статическую и динамическую устойчивость энергосистемы;
- потреблять и вырабатывать реактивную мощность в широком диапазоне;
- стабилизировать уровень напряжения в сети.

Конструктивное исполнение торцевых зон сердечника статора характеризуется повышенной механической прочностью и интенсивным охлаждением.

Две управляемые обмотки возбуждения на роторе, питаемые от индивидуальных систем возбуждения и управляемые общим автоматическим регулятором, обеспечивают повышенную динамическую устойчивость энергоблоков и энергосистемы в целом.

Тип генератора	Номин. мощность, МВт	Полная мощность, МВ·А	КПД, %	Напряжение, кВ	Частота вращения, об/мин	Год ввода в серийное производство
ТЗФА-110-2УЗ	110	116	98,1	10,5	3000	2003
ТЗФАУ-160-2УЗ	160	177,8	98,45	15,75	3000	2007
ТЗФСУ-320-2УЗ	320	376,5	98,6	20	3000	2008

### Асинхронизированные компенсаторы (АСК)

АСК обеспечивают регулирование реактивной мощности в электрической сети, что особенно актуально при передаче электроэнергии по длинным линиям и в локальных сетях при существующем периодическом изменении потребляемой мощности.

Асинхронизированные компенсаторы отличаются от синхронных наличием дополнительной обмотки возбуждения по поперечной оси ротора. Для АСК неявнополюсного исполнения магнитодвижущая сила (МДС) этой обмотки может быть выполнена существенно меньшей, чем МДС основной обмотки возбуждения.

Тип компенсатора	Мощность, МВар	Напряжение, кВ	Частота вращения, об/мин	Год ввода в серийное производство
АСК-100-4	-100 ... +100	20	1500	2008

# СИСТЕМЫ ВОЗБУЖДЕНИЯ



## Основные типы систем возбуждения, изготавливаемых «Силовыми машинами» для теплоэлектростанций:

- системы тиристорные самовозбуждения (СТС, СТСН);
- системы тиристорные независимые (СТН);
- системы тиристорные резервные (СТР);
- системы бесщеточные диодные (СБД);
- системы тиристорные реверсивные (СТС-Р, СТСН-Р);
- силовая преобразовательная техника;
- системы управления и регулирования возбуждения;
- защиты систем возбуждения.

Системы возбуждения обеспечивают следующие режимы работы синхронных генераторов:

- начальное возбуждение;
- холостой ход;
- включение в сеть методом точной синхронизации или самосинхронизации;
- работу в энергосистеме с нагрузками и перегрузками, допустимыми для генератора;
- демпфирование качаний ротора (системный стабилизатор в соответствии с российскими и международными стандартами);
- форсировку возбуждения с заданной кратностью по напряжению и по току;
- разгрузку по реактивной мощности до значения  $\cos\varphi=1$ ;
- развозбуждение при нарушениях в энергосистеме;
- гашение поля генератора в аварийных режимах и при нормальном останове;
- переход с рабочего возбуждения на резервное возбуждение и обратно.

## Преимущества систем возбуждения нашей конструкции:

- Максимальная безопасность обслуживающего персонала и оборудования обеспечивается комплексом специальных мероприятий, в том числе применением оптических кабелей и тиристорных преобразователей выкатной конструкции (по запросу заказчика).
- Удобство обслуживания щитов возбуждения достигается сочетанием блочно-модульной конструкции, обеспечивающей удобный доступ к любому элементу щита, с рациональным расположением органов управления, сигнализации, приборов и контрольных точек.

- Разнообразие конструктивных исполнений по желанию заказчика – это возможность легкой трансформации унифицированных секций.
- Охлаждение тиристорных преобразователей – водяное, принудительное воздушное или естественное воздушное.
- Высокая степень заводской готовности осуществляется благодаря выполнению всех электрических соединений между секциями внутри щита.
- Подтвержденное качество. Испытания систем возбуждения производятся на оборудовании лучших фирм мира.
- Улучшенный дизайн щитов с учетом европейского стандарта эргономических характеристик достигается использованием современных конструкционных материалов.

## АВТОМАТИКА

Реализуя комплексные проекты оснащения теплоэлектростанций, «Силловые машины» поставляют генерирующее оборудование с системами управления и автоматизации. Компания предлагает следующие услуги:

- Автоматизация машинного зала под ключ, включая системы автоматического управления агрегатами и вспомогательным оборудованием, системы защит (гидромеханических и электрических), системы виброконтроля.
- Автоматизация основного оборудования ТЭС, в том числе: регуляторы частоты и мощности турбоагрегатов, системы теплового контроля, системы виброконтроля, системы технологической автоматики, системы управления вспомогательным оборудованием.
- Автоматизация теплоэлектростанции под ключ, включая системы автоматического управления турбоагрегатами, системы управления и контроля общестанционных систем, системы управления распределительными устройствами, верхний уровень управления, в том числе общестанционные регуляторы активной и реактивной мощности.

### Поставка, ввод в эксплуатацию, сервис и модернизация автоматических систем технологического контроля турбогенераторов:

Для увеличения сроков службы генераторного оборудования, расширения межремонтных интервалов и прогнозирования состояния оборудования, турбогенераторы могут оснащаться автоматизированными системами контроля и диагностики. В поставку с генератором могут входить следующие системы:

- система технологического контроля турбогенератора;
- система мониторинга состояния изоляции методом частичных разрядов;
- система контроля вибрации конструктивных элементов статора турбогенератора;
- система мониторинга токов вала ротора (валопровода) турбоагрегата;
- система контроля межвитковых замыканий в обмотке ротора;
- система мониторинга щёточно-контактного аппарата.

### Поставка, ввод в эксплуатацию, сервис и модернизация систем релейных защит:

- защиты генератора;
- защиты системы возбуждения;
- защиты блока генератор-трансформатор;
- системы синхронизации генератора;
- защиты блочных трансформаторов и трансформаторов собственных нужд,
- шкафы автоматики управления генераторным выключателем.

Специалисты компании имеют практический опыт ввода в работу, сервиса и модернизации оборудования систем автоматики и микропроцессорных защит, свидетельства и сертификаты от ведущих производителей на право проведения пуско-наладочных работ и технического обслуживания (ООО НПП «ЭКРА», Siemens, GE).



Компания «Силовые машины» предоставляет полный пакет сервисных услуг по шефмонтажу, шефналадке, испытанию вводимого в эксплуатацию энергооборудования, модернизации, проведению ремонтно-восстановительных работ, поставке запасных частей и специальных материалов.

Сервисные услуги, предоставляемые компанией «Силовые машины», включают техническое руководство монтажом, пусконаладочными работами и сдачей в эксплуатацию энергетического оборудования, а также гарантийное обслуживание, участие в плановых ремонтах, разработку технологий ремонта, а также обучение персонала заказчика, его подрядчиков, консультационные услуги и послегарантийное сервисное обслуживание.

### Сервис паровых турбин от 50 до 1200 МВт:

- полная или частичная модернизация цилиндров высокого, среднего и низкого давления турбин с увеличением или без увеличения расхода пара с целью повышения мощности и экономичности на 2–12% и снижения удельного расхода топлива на 3–10% (в зависимости от объемов реконструкции, исходного состояния оборудования и местных условий);
- модернизация отсеков паровых турбин с производственным отбором с целью увеличения их пропускной способности за счет снижения расхода пара на производственные нужды с соответствующим увеличением вырабатываемой мощности;
- реконструкция турбин с целью адаптации основного и вспомогательного оборудования блока к парогазовому циклу;
- организация дополнительных отборов из цилиндров высокого, среднего или низкого давления турбин 60–300 МВт для удовлетворения нужд потребителей в производственных и теплофикационных отборах;
- установка привключенных турбин 25–70 МВт, работающих на паре неиспользуемых производственных отборов паровых турбин;
- организация регулируемых теплофикационных отборов для конденсационных турбин 200–1200 МВт для получения тепловой мощности от 100 до 300 Гкал/ч;
- модернизация клапанов, систем парораспределения и регулирования;
- модернизация и поставка современных систем контроля, вибромониторинга и диагностики;
- модернизация АСУ ТП с переходом на электронную систему;
- замена конденсаторов, совершенствование вспомогательного оборудования.

## Сервис и запасные части к электрооборудованию

Склад типовых запчастей и расходных материалов дает возможность осуществлять экстренные поставки потребителю в любой регион.

В течение всего срока службы оборудования заказчик предоставляется широкий спектр услуг в области сервисного обслуживания: шефмонтаж, шефналадку, шефнадзор, ревизия,

ремонт, поставка и замена необходимых запасных частей и компонентов, – при этом гарантируется высокое качество и надежность работы поставляемого оборудования.

Программа сервисного обслуживания предусматривает гибкую систему скидок и использование взаимовыгодных сервисных технологий, таких как:

- продление срока службы;
- предоставление дополнительных запчастей и материалов;
- получение необходимого оборудования непосредственно с сервис-склада предприятия;
- услуги по комплексному обследованию и диагностированию оборудования с применением современных испытательных и диагностических средств.

В комплект поставки запасных частей включены такие специализированные детали, как бандажные кольца, токоведущие болты, лавсановые шнуры и т. д. Предусматриваются специальные химические компоненты: лаки, эмали и прессующие материалы.



# ПАРОВЫЕ КОТЛЫ

Котельное оборудование изготавливается на Таганрогском котлостроительном заводе «Красный котельщик», который обладает компетенциями в создании энергетических паровых котлов, барабанных и прямоточных, производительностью от 50 до 3 950 тонн пара в час на рабочее давление до 25,5 МПа и более, для работы на всех видах энергетического топлива.

Разработка паровых котлов ведется в инженеринговых подразделениях ТКЗ «Красный котельщик», которые обладают обширным и успешным опытом разработки и исследований. Таганрогский котлостроительный завод обладает многолетним опытом производства:

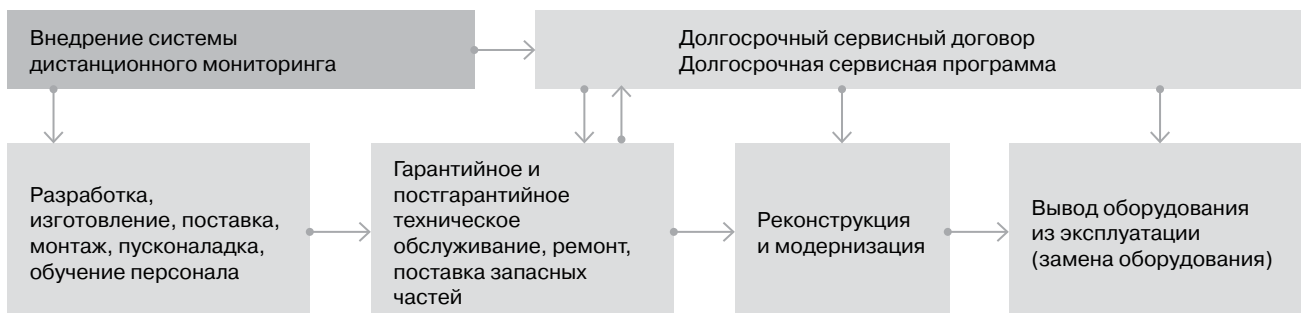
- котлов производительностью до 500 т/ч;
- котлов для блоков 200 МВт;
- котлов СКД для блоков 300 МВт;
- котлов СКД для блоков 500 МВт;
- котлов СКД для блоков 660-800 МВт;
- котлов СКД для блоков 1200 МВт.

Производственные мощности ТКЗ «Красный котельщик» позволяют выпускать до 6 ГВт в год, намечен план расширения мощностей до 10 ГВт в год. На протяжении нескольких последних десятилетий ТКЗ «Красный котельщик» является ведущим поставщиком прямоточных котлов для энергоблоков 1200, 800, 300 МВт на сверхкритическое давление пара (СКД) для мощных тепловых электростанций России и мира. По основным показателям надежности и экономичности эти котлы соответствуют современному уровню зарубежного котлостроения передовых фирм, что подтверждается многолетним опытом их эксплуатации. ТКЗ «Красный котельщик» является одним из мировых лидеров по суммарному выпуску котлов СКД для энергоблоков 1200, 800 и 250-300 МВт.

## Сервис и модернизация

- Услуги по монтажу и наладке поставленного оборудования;
- Комплексное сервисное обслуживание оборудования на протяжении всего жизненного цикла на основе:
  - долгосрочных сервисных договоров (6-12 лет);
  - внедрения систем дистанционного мониторинга состояния оборудования;
  - разработки и исполнения стандартов сервисно-ремонтного обслуживания оборудования основанных на фактической наработке и степени критичности отказов;
  - разработки и выполнения долгосрочных программ технического обслуживания, ремонтов и модернизации оборудования, охватывающих весь жизненный цикл.
- Принятие ответственности за технико-экономические показатели и готовность оборудования.

## Фирменный сервис для вновь вводимого оборудования





## ПАО «СИЛОВЫЕ МАШИНЫ»

Россия, 195009, Санкт-Петербург,  
ул. Ватутина, д. 3а  
Тел.: +7 (812) 346-7037  
Факс: +7 (812) 346-7035

Россия, 129090, Москва,  
Протопоповский пер., 25а  
Тел.: +7 (495) 725-2763  
Факс: +7 (495) 725-2742

[mail@power-m.ru](mailto:mail@power-m.ru)  
[www.power-m.ru](http://www.power-m.ru)