

Первый опыт внедрения высоко-эффективной системы фильтрации КВОУ на ГТУ F-класса в России

А. Р. Богдан, Д. Е. Круговых – ООО «Пауэр Инжиниринг Технолоджиз»

Все чаще генерирующими компаниями ставятся задачи по сокращению эксплуатационных и ремонтных издержек при работе ГТУ, а также по продлению ресурса дорогостоящих компонентов холодной и горячей части турбины.

В статье рассмотрены причины издержек, связанных с работой КВОУ, а также способы и опыт внедрения энергоэффективных решений, произведена количественная и качественная оценка на примере турбины SGT5-4000F (Siemens).

In brief

Implementation of high-efficient inlet air filter unit for F-class gas turbine in Russia.

The article presents the successful experience of customized solution for working body processing for SGT-4000F gas turbine plant on the site of one of Russian power stations. As far as is known 60 % of gas turbine plant is spent for axial compressor drive which converts mechanical work of shaft rotation to potential power of gas turbine working body. Axial compressor output depends on blades profile and their smooth surface maintenance. During the operation the components of gas turbine hot path are exposed to low- and high-temperature corrosion, vibration and increased wear. Impurities deposition changes the blades profile and blocks cooling channels which results in local stress concentration and service life decrease. Customized solution for inlet air filtration gives the opportunity to considerably reduce this negative effect.

Большинство современных ПГУ в России построено в рамках договоров поставки мощности (ДПМ), используемых в качестве стимулирующего инструмента по обновлению топливно-энергетического комплекса. Приоритетной задачей, положенной в основу современных рыночных отношений на оптовом рынке электроэнергии и мощности, является безотказная работа оборудования в энергосистеме РФ. Привлекательность программы обновления основных фондов заключается не только в строительстве высокоэффективных станций, но и в поддержании мощностей в состоянии высокой готовности и надежности.

Балансирующим фактором в работе генерирующих компаний в рамках ДПМ является выход на более привлекательные финансово-экономические показатели реализованных проектов, с одной стороны, и выплата штрафов за их неисполнение – с другой. Российский опыт эксплуатации различных энергоблоков показал, что при использовании ПГУ с их более высокой эффективностью и экономичностью, по сравнению с традиционными паросиловыми блоками, статья расходов на обслуживание ГТУ, особенно зарубежного производства, зачастую перекрывает весь экономический эффект. А это, в свою очередь, требует поиска эффективных решений, направленных на исполнение в полном объеме обязательств ДПМ, а также продление ресурса работы дорогостоящего энергетического оборудования.

Авторы статьи предлагают рассмотреть первый опыт успешного применения индивидуально подобранных решений по подготовке рабочего тела ГТУ SGT5-4000F на одной из российских электростанций.

Как известно, около 60 % мощности ГТУ расходуется на привод осевого компрессора, который преобразует механическую работу вращения вала в потенциальную энергию рабочего тела (воздуха) газовой турбины.

Производительность осевого компрессора напрямую зависит от профиля лопаток, а также от сохранения гладкой формы поверхности.

В процессе эксплуатации элементы проточной части подвергаются низко- и высокотемпературной коррозии, вибрации и повышенному износу. Оседание загрязнений изменяет форму лопаток и блокирует каналы охлаждения лопаток турбины, создавая локальную концентрацию напряжения, что приводит к быстрому сокращению срока их службы.

Вместе с воздухом в проточную часть ГТУ могут проникать различные загрязняющие частицы: пыль органического и неорганического происхождения, несгоревшие углеводороды и химические реагенты. Вещества, вызывающие коррозию металла, могут находиться в трех агрегатных состояниях:

- твердом – частицы соли и окислов;
- жидком – водные хлориды и кислоты, растворенные в проникающей в КВОУ влаге;
- газообразном – пары кислот, которые крайне сложно удалить механической фильтрацией.

Индивидуально подобранная система фильтрации КВОУ может существенно минимизировать негативное воздействие, связанное с загрязнением элементов проточной части и влиянием на технико-экономические показатели ГТУ. На оценку и выбор технических решений по подготовке рабочего тела ГТУ влияет большое количество факторов: фоновое загрязнение площадки эксплуатации, климат, режимы работы оборудования и требования к качеству подготовки воздуха на всасывающем тракте осевого компрессора.

На мировом рынке существует множество фильтрующих элементов КВОУ ГТУ, поэтому выбрать качественный продукт, который подходит для индивидуальных условий эксплуатации электростанции, достаточно сложно. В связи с отсутствием соответствующих международных стандартов для фильтров КВОУ,

чаще всего их испытания проводятся согласно внутренней утвержденной методике производителя ГТУ, и при положительном результате испытаний производитель фильтров регистрируется в списке рекомендуемых поставщиков.

Первичными требованиями при выборе систем фильтрации является наличие у производителя фильтров положительных заключений независимых лабораторий при прохождении следующих испытаний на эффективность по EN-779:2012 или EN-1822:2011:

- *пылезадерживающая способность.* Тестируются все ступени КВОУ в сборке на определение комбинированной эффективности и пылезадерживающей способности;
- *испытание на разрыв.* Фильтрующие элементы конечной ступени должны выдерживать критический перепад давления без разрыва материала как в сухих, так и во влажных условиях;
- *на эксплуатацию в жестких условиях.* Фильтрующие элементы класса F или E тестируются на эффективность фильтрации до и после проведения испытаний на вибростенде;
- *на гидрофобность.* Определяется способность восстановления номинальных характеристик фильтров при переходе через точку 100 %-й относительной влажности воздуха;
- *на удаление водяных капель.* Фильтрующие элементы должны показать эффективность при удалении водяных капель в пределах установленных значений;
- *на эффективность удаления воды.* Гравиметрическая эффективность удаления воды должна превышать минимальные установленные пределы;
- *на перепад давления при высокой влажности.* Перепад давления фильтрующего элемента не должен превышать установленные пределы при повышенной влажности;
- *на эффективность при высокой влажности.* Кривые эффективности определяются в чистом и сухом/влажном/высушенном состоянии;
- *на эффективность фильтрации при перепаде давления на разрыв.* Кривые эффективности определяются на новом фильтрующем элементе и после достижения перепада давления на разрыв.

Нужно отметить, что очень небольшое количество фильтрующих элементов, представленных на рынке, могут выдержать весь комплекс испытаний. Таким образом, чрезвычайно важно, чтобы при замене частей на КВОУ ГТУ использовались фильтрующие элементы, прошедшие программу испытаний.

Тем не менее, наличие приведенных протоколов испытаний не всегда дает возможность получить положительный результат, так как каждая ГТУ имеет индивидуальные особенности конструкции КВОУ, а также расположения и эксплуатации, которые необходимо учитывать при выборе решения.

В 2012 г. компания «Пауэр Инжиниринг Технолоджиз» выполнила проектно-исследовательские работы по выбору оптимальной схемы подготовки рабочего тела ГТУ, направленные на сокращение эксплуатационных и ремонтных затрат, на российской электростанции, в составе которой применяется SGT5-4000F. Для оценки работы системы фильтрации КВОУ были определены следующие критерии:

- уровень снижения технико-экономических показателей ГТУ;
- затраты на проведение on-line и off-line промывок осевого компрессора;
- затраты на закупку и замену фильтрующих элементов;
- надежность и безаварийность работы ГТУ, связанная с преждевременным выходом из строя как системы воздушной фильтрации, так и компонентов самой ГТУ.

Базовый вариант системы фильтрации КВОУ ГТУ предусматривал трехступенчатую систему, включающую последовательное расположение: а) ступени влагоотделения – фильтров панельного типа с классом очистки G4, б) ступени грубой очистки – фильтров карманного типа с классом G4, в) ступени тонкой очистки – фильтров кассетного типа с классом F8.

Табл. 1. Сравнительные характеристики технических решений КВОУ

Параметр	Базовое решение ФГО	Новое решение ФГО
Класс очистки ФГО	G4	F7
Средняя пылезадерживающая способность, %	~90	99
Средняя эффективность очистки для частиц размером 0,4 мкм, %	<20	~85
Начальный перепад давления, Па	36	66
Активная площадь фильтрации, м ²	20	20
Рекомендуемый конечный перепад давления, Па	250	450

Табл. 2. Сравнительные характеристики технических решений КВОУ

Параметр	Базовое решение ФТО	Новое решение ФТО
Класс очистки ФТО	F8	E10
Средняя эффективность очистки для частиц размером 0,4 мкм, %	~90,0	~98,5
Начальный перепад давления, Па	90	102
Давление фильтра на разрыв, Па	>3500	>5000
Активная площадь фильтрации, м ²	20	31
Рекомендуемый конечный перепад давления, Па	450	600

Фото 1.
Стыковка ФГО и ФТО
комбинированной
системы очистки

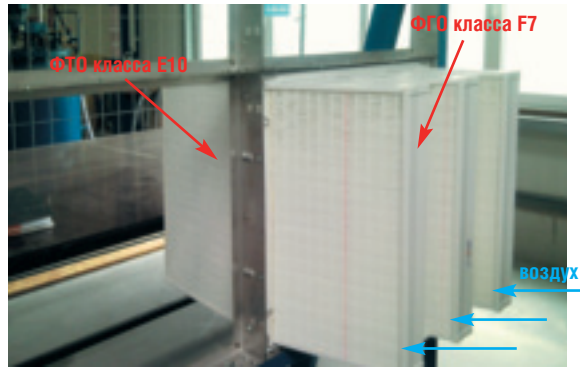


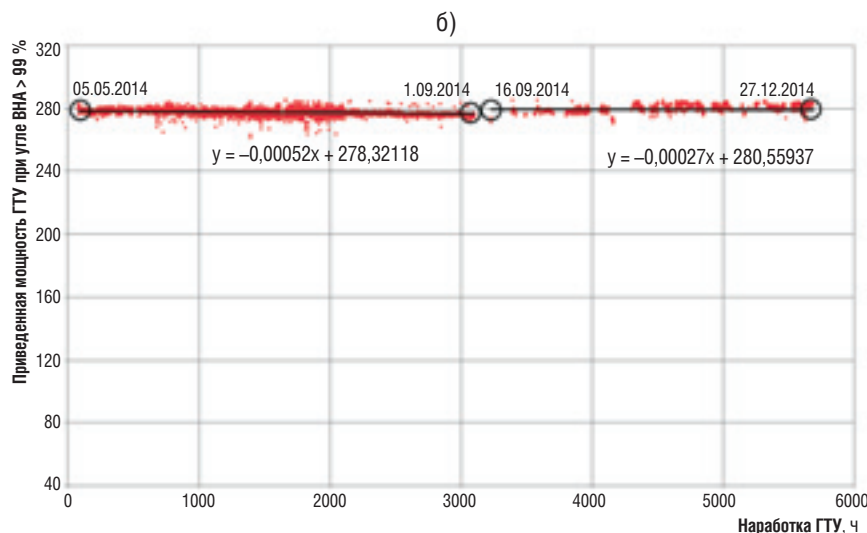
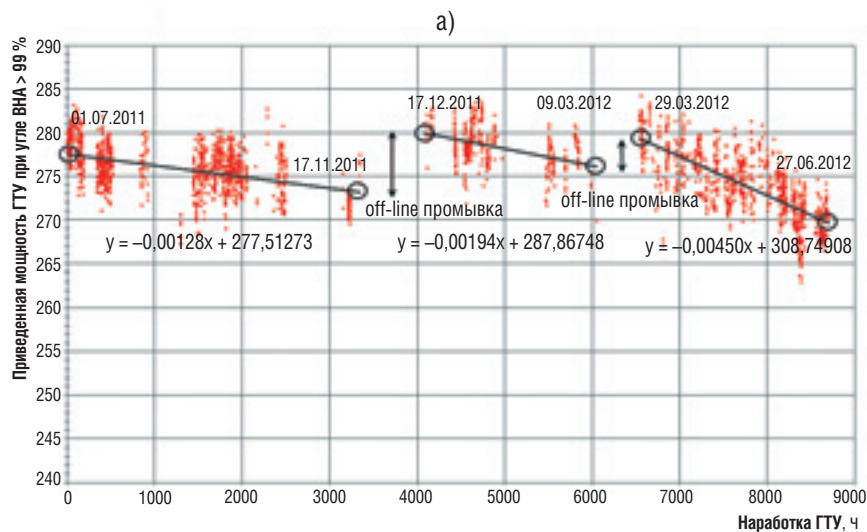
Фото 2.
Размещение ФГО
в КВОУ ГТУ SGT5-4000F



Последовательное размещение ступени влагоотделения-коагуляции с классом очистки G4, карманных фильтров грубой очистки идентичного класса, а также относительно низкая эффективность работы ступени тонкой очистки показали свою нецелесообразность. Лопатки осевого компрессора были сильно загрязнены, годовые затраты на промывки проточной части более чем вдвое превышали стоимость базового комплекта системы фильтрации, выявлены тенденции снижения технико-экономических показателей ГТУ.

Рис.
Изменение электрической
мощности ГТУ SGT5-4000F
при применении

- а) базовой системы
фильтрации КВОУ
- б) новой системы
фильтрации КВОУ



Анализ эффективности работы стандартной системы фильтрации доказал необходимость повышения класса очистки как ФТО, так и ФГО. Вместо карманных фильтров было принято решение установить кассетные фильтры с классом очистки F7. Учитывая тот факт, что ФГО характеризуются пылеемкостью и пылезадерживающей способностью, эффективность очистки фильтров класса F7 от частиц размером 0,5...1,0 мкм в 20 раз выше эффективности установленной ступени. Сравнительные характеристики базового и нового технического решения даны в табл. 1.

Чтобы минимизировать «упущенную выгоду» электростанции, связанную с перерасходом топливного газа и невыработкой электроэнергии ГТУ вследствие загрязнения ее проточной части, было решено в качестве последней ступени очистки использовать фильтры класса HEPA компании EMW Filtrertechnik GmbH в соответствии с рекомендациями компании Siemens. Вместо существующих фильтров тонкой очистки класса F8 были установлены высокоэффективные фильтры с классом очистки E10. Основные сравнительные характеристики базового и нового решения даны в табл. 2.

Конструктивное исполнение стыковки кассетного ФГО с кассетным ФТО комбинированной системы представлено на фото 1, 2.

Специалисты компании «Пауэр Инжиниринг Технолоджи» проводили регулярный мониторинг работы системы фильтрации, анализировали параметры САУ и технико-экономические показатели установки с целью сравнения стандартного и нового технического решения. Степень деградации электрической мощности ГТУ SGT5-4000F при полной нагрузке (угол ВНА >99,0 %) вследствие загрязнения осевого компрессора при применении базовой и новой системы фильтрации показаны на рис. а, б.

В результате проведенной работы при введении индивидуального технического решения по фильтрации рабочего тела ГТУ было установлено следующее:

- применение фильтров грубой очистки с прогрессивной структурой материала позволило продлить ресурс системы фильтрации в среднем до 12 месяцев и сократить затраты на закупку дополнительных комплектов. Ресурс работы оптимально подобранной системы фильтрации соответствует межремонтным интервалам между плановыми остановами ГТУ;
- отмечена высокая степень чистоты проточной части осевого компрессора: отказ от on-line промывок;
- равномерный и прогнозируемый рост перепада давления на всех ступенях модернизированной системы фильтрации;
- сокращение издержек на 80 %, связанных со снижением технико-экономических показателей ГТУ за рассматриваемый период.

Выводы

Новый подход при модернизации штатной системы фильтрации в рамках существующих конструкций КВОУ ГТУ обеспечивает качественную подготовку рабочего тела. Использование высокоэффективных и прогрессивных материалов позволило:

- минимизировать «упущенную выгоду» электростанции, связанную со снижением технико-экономических показателей ГТУ вследствие загрязнения элементов проточной части;
- исключить мероприятия по промывкам проточной части;
- снизить износ компонентов проточной части ГТУ.

Первый успешный опыт внедрения высокоэффективной системы фильтрации в КВОУ газовой турбины SGT5-4000F позволяет говорить о возможности его применения на энергетических объектах в России.

Использованные источники

1. Статья GE Oil and Gas «Высокоэффективные воздухоочистительные системы для ГТУ».
2. Бюллетень Siemens по улучшению качества «Повышение эффективности работы системы фильтрации КВОУ».

power engineering technologies
энергосберегающие технологии

ООО «Пауэр Инжиниринг Технолджиз»

Россия, 115191, Москва,
Б. Староданиловский переулок, д. 2, стр. 9
т. +7 (495) 518-64-70
info@pe-tech.ru
http://pe-tech.ru

GEA



РЕКЛАМА

Теплообменное оборудование ГЕА Машимпэкс

Теплообменное оборудование ГЕА Машимпэкс применяется на тепловых электрических станциях для охлаждения масла турбин и генераторов, работы с паром высокого давления и многих других процессов:

- пластинчатые теплообменники
- охладители масла
- кожухотрубные теплообменники с двойными трубками
- специальное теплообменное оборудование
- самоочищающиеся фильтры.



Многолетний опыт компании ГЕА Машимпэкс и собственное производство в России гарантируют оптимальное решение задачи теплообмена.

GEA Heat Exchangers
GEA Mashimpeks

ГЕА Машимпэкс

Россия, 105082, г. Москва, ул. Малая Почтовая, 12
Тел. +7 (495) 234-95-03 · Факс +7 (495) 234-95-04
hx.ru@gea.com | www.gea-hx.ru

