

УДК 621.438 (075)

ПОДДЕРЖАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КОМПРЕССОРОВ СОВРЕМЕННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК

Грицкевич А.И.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Качан С.А.

Компрессор потребляет 50–60% энергии, вырабатываемой газовой турбиной, и все, что оказывает влияние на эксплуатационные параметры компрессора, влияет и на работу газотурбинной установки (ГТУ) в целом.

Газовые турбины работают в условиях загрязненной атмосферы, содержащей частицы аэрозолей, солей, органических и неорганических веществ, масел и т.д. Налипая на лопатки компрессора, они снижают производительность двигателя. Налипание часто сопровождается образованием трудноочищаемых химических соединений – загрязнение лопаток компрессора становится критическим и приводит к значительному увеличению потерь мощности.

В современных ГТУ, оснащенных передовыми системами фильтрации, размер частиц, вызывающих загрязнение, составляет меньше микрона, поэтому именно фильтры тонкой очистки комплексного воздухоочистительного устройства (КВОУ) являются наиболее важными для предотвращения загрязнения компрессора, и к их выбору нужно подходить ответственно [1].

Наибольшая эффективность очистки может быть достигнута при использовании фильтров класса $H12$ или $H13$, которые не только обеспечивают оптимальный перепад давления, но и позволяют осуществлять его контроль.

Отметим, что, как и загрязнение компрессора, перепад давления в воздухозаборной системе является одной из основных причин снижения КПД и мощности ГТУ.

Требования к механическим свойствам фильтров, которые используются для очистки воздуха в ГТУ, значительно отличаются от тех, которые применяются для фильтров, используемых в составе систем кондиционирования помещений, поскольку максимальный проектный перепад давления для фильтров ГТУ должен составлять 2,5 кПа во влажных или сухих условиях

Стекловолоконный материал мокрой укладки обеспечивает наивысшую эффективность очистки воздуха в фильтре, поэтому он используется для изготовления фильтров тонкой очистки (в частности, классов F и H) для большинства ГТУ. Однако практически все виды стекловолоконных материалов отличаются низкой прочностью материала во влажном состоянии, и при высоком перепаде давления материал фильтра попросту рвется без дополнительных мер по повышению его прочности.

Это относится ко всем типам фильтров – и с глубокими складками, и с микроскладками, поэтому при замене фильтров необходимо убедиться в том, что они подходят для использования в составе ГТУ, и в их маркировке присутствует аббревиатура «GT».

В отношении оптимального перепада давления для каждого типа фильтров важными являются начальный перепад давления и динамика его повышения при загрязнении фильтра пылью. В традиционных стекловолоконных фильтрах, применяемых в КВОУ ГТУ, эти показатели зависят от характеристик материала. С увеличением площади фильтрующего материала понижается оба показателя: фильтры с большей площадью фильтрующего материала имеют более низкую скорость прохождения потока и более низкий начальный перепад давления; на фильтре с большей площадью фильтрации количество пыли, осевшей на 1 м^2 , будет меньше и процесс повышения перепада давления будет более медленным.

На рисунке 1 дано сравнение перепада давления стекловолоконных фильтров класса $H10$ с различной площадью фильтрации [1].

Как видно, разница в начальном перепаде давления у фильтров с глубокими складками (площади фильтрации 18 м^2) и микроскладками (36 м^2) составляет 150 Па . Можно показать, что использование фильтра с микроскладками обеспечит ежегодную экономию в сумме значительно большей, чем разница в стоимости данных типов фильтров [1].

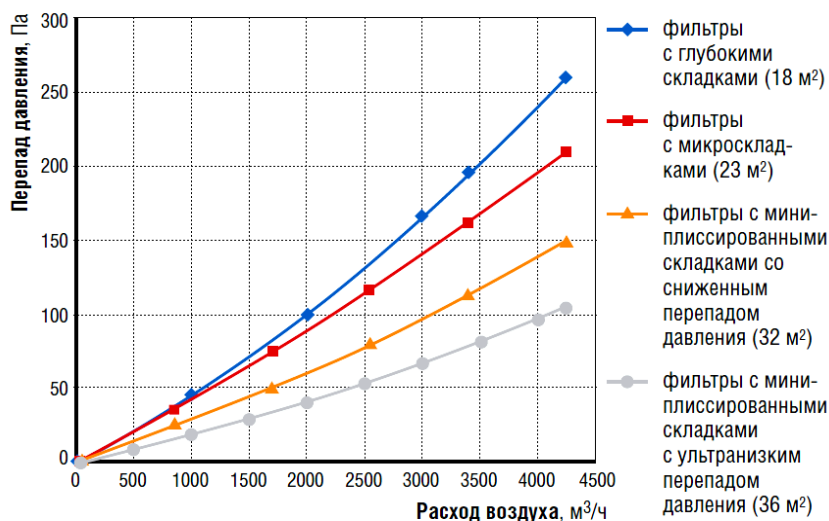


Рисунок 1. Сравнение перепада давления для фильтров H10 с различной площадью фильтрации

Даже не смотря на применение современных фильтров для КВОУ, эффективная работа ГТУ невозможна без периодической очистки лопаток компрессора.

Поскольку системы промывки низкого давления не могут обеспечить очистку в режиме «на ходу», компанией *Gas Turbine Efficiency (GTE)* разработана система высокого давления, обеспечивающая очистку лопаток компрессора как в режиме «на ходу», так и «на холодной прокрутке» [2]. Система может применяться в ГТУ различной мощности и разных производителей.

В результате исследований, проведенных компанией *GTE*, были определены условия, при которых достигается максимально эффективная промывка компрессора газовой турбины.

Прежде всего, это высокое давление моющего раствора – в диапазоне от 4 до 8 МПа. Необходимо, чтобы вода направлялась на вход компрессора так, чтобы лопатки компрессора смачивались по всей высоте. Кроме того, капли воды должны иметь адекватный механический импульс для эффективного контакта с загрязнением на лопатке.

Проведенные полевые и лабораторные испытания показали, что для большинства ГТУ размер капель воды должен быть около не менее $120...200 \text{ мкм}$, чтобы обеспечить эффективный контакт с лопатками компрессора.

Основываясь на этих двух положениях, компания разработала комплекты специфических газотурбинных форсунок, эффективность работы которых подтвердили проведенные исследования и испытания.

На рисунке 2 показаны результаты анализа гидродинамической модели, и полученная характеристика форсунки [2].

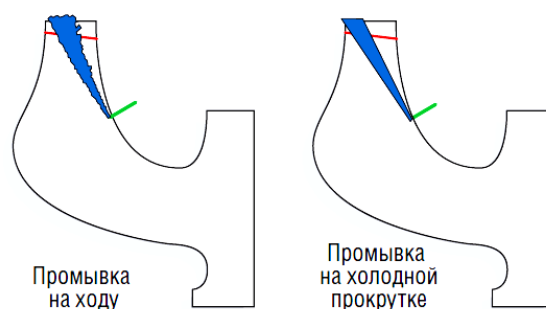


Рисунок 2. Гидродинамическое моделирование промывки на двух режимах при неизменном положении форсунки

Разработанная конструкция может быть реализована при использовании только 5 форсунок, как в режимах «на ходу», так и «на холодной прокрутке». В системах промывки, где используется до 35 форсунок, результат восстановления характеристик более низкий по сравнению с экспериментальной системой *GTE*.

Параллельно с выбором типа форсунок, их размещения, тонкости распыления капель компанией *GTE* была проделана большая экспериментальная работа и выведена зависимость, определяющая необходимый объем воды для эффективной промывки в зависимости от скорости воздушного потока компрессора. В результате создана система промывки высокого давления, которая использует всего 25% объема воды от рекомендованного для традиционных систем.

Промывка в режиме «на ходу» выполняется исключительно водой. При сильных загрязнениях промывка на холодной прокрутке может выполняться с использованием химических реагентов.

Опыт эксплуатации показал, что данная технология позволяет провести очистку загрязненного компрессора до 6-й ступени в режиме «на ходу» и полную промывку остальных ступеней компрессора – «на холодной прокрутке».

На рисунке 3 показаны результаты промывки компрессора с применением традиционной системы очистки (низкого давления) и системы *GTE* [2].

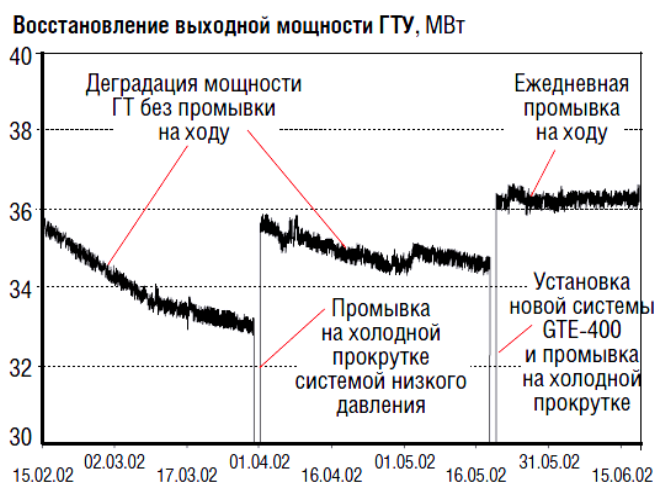


Рисунок 3. Сравнение эксплуатационных характеристик при промывке традиционной системой и системой *GTE*

В заключение отметим, что в настоящее время ужесточаются требования к энергетическому оборудованию: его надежности, долговечности, эксплуатационной готовности, стоимости всего жизненного цикла, а также к уровню вредных выбросов в атмосферу. С целью удовлетворения этих требований должно постоянно совершенствоваться

техническое обслуживание ГТУ с внедрением при этом новейших технологий и инновационных решений.

Литература

1. Маскрофт, Ф. Воздушные фильтры для ГТУ: оптимальный выбор // Турбины и дизели, сентябрь–октябрь 2008. – С. 18 – 21.
2. Тренин, В.М. Система промывки высокого давления для компрессора ГТУ / В.М. Тренин, П. Кросслинг // Турбины и дизели, январь–февраль 2008. – С. 22 – 25