

4. При проведении приемочных испытаний ВП на установившихся частичных нагрузках обязательен пересчет результатов опытов на номинальные параметры ГТП и ТА, указанные в ТЗ. Для пересчета целесообразно использовать рекомендации [10].

5. В условиях высокой цены на природный газ внедрение надежных эффективных конструкций (со степенью регенерации не менее $E = 80\%$), позволит существенно сократить срок окупаемости ВП, устанавливаемых на модернизированных ГПА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Халатов А.А., Костенко Д.А. Какие газотурбинные двигатели необходимы газотранспортной системе Украины? // Газотурбинные технологии. – 2008. – № 1(68). – С. 22–24.
2. Микаэлян Э. Требования к эксплуатационной пригодности газотурбинных ГПА // Газотурбинные технологии. – 2004. – № 1(28). – С. 14–17.
3. Будзуляк Б.В., Шайхутдинов Ф.Ф., Щуровский В.А. К вопросу о повышении эффективности транспортировки газа в России // Газотурбинные технологии. – 2003. – № 6 (27). – С. 2–4.
4. Васин О., Завальный П., Михайлов А., Русецкий Ю. Модернизация ГПА стационарного типа в условиях компрессорных станций // Газотурбинные технологии. – 2001. – № 1(10). – С. 22–26.
5. Мовчан С.Н., Бочкарев Ю.В., Соломонок Д.Н. Этапы развития стационарных и судовых ГТУ с регенерацией теплоты // Газотурбинные технологии. – 2008. – № 8(69). – С. 8–10.
6. Бродов Ю.М. и др. Теплообменники энергетических установок. – Екатеринбург: Сократ, 2003. – 968 с.
7. Виноградов В.В., Орберг А.Н., Сударев В.Б., Шевченко Е.П. Опыт внедрения трубчатых регенераторов на КС // Газовая промышленность. – 2002. – № 11. – С. 68–71.
8. *Тепловой* расчет котлов (нормативный метод). Изд. 3-е. – СПб. – 1998. – 256 с.
9. *Аэродинамический* расчет котельных установок (нормативный метод). Изд. 3-е. – Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
10. Фрумкин Б.С. Определение параметров судовых газотурбинных установок. – Л.: Судостроение, 1974. – 240 с.
11. Арсеньев Л.В. и др. Стационарные газовые турбины / Справочник. – Л.: ЛО. Машиностроение, 1989. – 543 с.
12. Дрейцер Г.А. Современные проблемы анализа эффективности, проектирования, производства и эксплуатации компактных трубчатых теплообменных аппаратов. “Физические основы экспериментального и математического моделирования процессов газодинамики и тепломассообмена в энергетических установках”. 13-я Школа-семинар под рук. акад. РАН А.И.Леонтьева. – СПб. МЭИ. – 2001. – Т.2. – С. 299–306.
13. Игнатьев Е., Походяев С.Б. Повышение эффективности и надежности теплообменного оборудования для ГТУ // Газотурбинные технологии. – 2001. – № 1 (10). – С. 38–40.
14. Биргер И.А., Шор Б.Ф., Иосилевич Г.Б. Расчет на прочность деталей машин. Изд. 3-е, – М.: Машиностроение, 1979. – 702 с.
15. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета прочности. ГОСТ 14249-89. – М.: Изд-во, Стандартов. – 52 с.
16. Романов В.И., Кучеренко О.С. Газотурбинный двигатель для газовой промышленности // Энергетика. – 2007. – № 8. – С. 92–95.
17. Поршаков Б.П., Лопатин А.С., Назарьина А.М., Рябченко А.С. Повышение эффективности эксплуатации энергопривода компрессорных станций. – М.: Недра, 1992. – 207 с.

Получено 16.04.2009 г.

От редакции:

Публикуемая статья одного из ведущих российских специалистов в области промышленно-

го газотурбостроения Главного конструктора НЦ “Керамические двигатели” д.т.н., профессора

Сударева А.В. является откликом на ряд публикаций в украинской и российской печати. В ней рассматривается опыт российских специалистов по внедрению серийных модульных регенераторов трубчатой конструкции без интенсификации теплообмена, которые подтвердили высокую эксплуатационную надежность в условиях российской ГТС. Учитывая важность рассматриваемого автором вопроса и для нашей страны, к статье прилагаются комментарии ведущих украинских ученых в области промышленного газотурбостроения, которые участвовали в разработке Концепции создания промышленных газовых турбин нового поколения для газотранспортной системы Украины [3].

Чл.-корр. НАН Украины, проф. Халатов А.А. (зав. отделом высокотемпературной термогазодинамики ИТТФ НАН Украины, г. Киев, председатель Комиссии по промышленным газовым турбинам при отделении ФТПЭ НАН Украины)

В статьях [1, 2, 3] рассмотрена важная для Украины проблема модернизации газотранспортной системы (ГТС), которая обеспечивает транспортировку природного газа в Украину и Европу. Несмотря на то, что Украина входит в десятку стран мира, обладающих полным циклом проектирования и производства газотурбинных двигателей (ГТД) для механического привода нагнетателей газа, состояние парка ГТД вызывает серьезную тревогу.

Сегодня на компрессорных станциях Украины относительная доля газотурбинного привода превалирует и составляет более 82%.

Для механического привода на ГТС Украины сегодня применяются газотурбинные двигатели стационарного типа, конвертированные авиационные и судовые ГТД. В целом на ГТС Украины эксплуатируются 455 ГТД суммарной мощностью 4,6 млн. кВт. В России доля газотурбинного привода также превалирует, достигая 87% от общей мощности приводов.

Как альтернатива газотурбинному приводу на компрессорных станциях Украины, расположенных в регионах с избыточным производством электричества, могут получить развитие элект-

роприводные агрегаты с регулируемой частотой нагнетателя. Однако ряд сложностей их применения, отсутствие инфраструктуры производства электродвигателей мощностью 12...25 МВт затрудняют использование электропривода в ближайшее время. Применение газопоршневых двигателей, несмотря на КПД более 40%, ограничивается мощностью 2...3 МВт. При дальнейшем увеличении мощности значительно возрастает объем агрегата, его масса, возникает проблема расхода большого количества смазочного масла.

В последние годы в работе ГТС Украины возникли серьезные проблемы, связанные с выработкой назначенного ресурса газотурбинными двигателями и низкой экономичностью морально устаревших ГТД. В период с 2009 по 2015 гг. плановой замене подлежат 184 ГТД, в то время как ежегодно заменяются только 3–4 установки. Экономичность (КПД) морально устаревших ГТД на украинской ГТС составляет всего 18...25%, в то время как зарубежные ГТД механического привода аналогичной мощности (6...25 МВт) имеют КПД на уровне 34...38%. Низкая экономичность двигателей является главной причиной значительного “пережога” природного газа, который в 2006 г. составил около 2 млрд. м³, и дополнительных выбросов двуокси углерода в атмосферу (3,5 млн. тонн ежегодно).

В статьях [1, 2, 3] указывается, что выход из создавшейся ситуации состоит в скорейшей разработке нового поколения украинских газотурбинных двигателей мощностью 6...25 МВт для ГТС Украины, основанных на использовании регенеративного цикла с коэффициентом регенерации 0,85...0,88. Совершенно ясно, что оптимизация регенеративного цикла требует изменений в конструкции двигателя, а не в простом использовании регенератора на выходе газовой турбины. В отдельных случаях допустима установка регенератора на уже работающие агрегаты, однако при этом должны быть учтены особенности термодинамики газотурбинного двигателя, спроектированного для работы по простому циклу. Последний путь в последние годы широко используется в России.

ЛИТЕРАТУРА

1. Халатов А.А., Костенко Д.А. Какие газотурбинные двигатели необходимы газотранспортной системе Украины? // Газотурбинные технологии. – Сентябрь, 2008. – С. 22–24.

2. Патон Б.Е., Халатов А.А. Какие промышленные газотурбинные двигатели нужны украинской ГТС? // Зеркало недели. – № 26 (705). – Июль 2008.

3. Патон Б.Е., Халатов А.А., Костенко Д.А. та ін. Концепція (проект) Державної науково-технічної програми “Створення промислових газотурбінних двигунів нового покоління для газової промисловості та енергетики” // Вісник Національної академії наук України. – 2008. – № 4. – С. 3–9.

Д.т.н. Билека Б.Д. (зав. отделом технологии комбинированной выработки энергии ИТТФ НАН Украины, г. Киев)

Вопрос создания высокоэффективного, надежно и длительно работающего воздухоподогревателя (ВП) для газотурбинных установок (ГТУ) с умеренной начальной температурой газа является одним из ключевых в проблеме повышения экономичности ГТУ и ее ресурса работы. Поэтому тематика статьи, несомненно, актуальна, а рассматриваемые в ней вопросы представляют интерес как для проектантов, так и для исследователей, занимающихся созданием и эксплуатацией ГТУ и, в частности, ВП. По содержанию статьи следует сделать некоторые замечания:

1. При определении выходных параметров ВП по результатам испытаний на частичных режимах следовало бы давать не только уровень потерь давления на номинальном режиме, а и потери мощности ГТУ, которые в силу различия параметров самих ГТУ будут различными, поэтому граница приемлемости уровней потерь будет размыта. По рецензируемому варианту ВП информация на этот счет отсутствует вообще.

2. В постановке задачи обеспечения надежности работы ВП автор сам отмечает, как ключевую задачу, термоциклическое напряженное состояние элементов ВП. Однако в материалах

статьи рассматривает только термостатическое напряженное состояние, что усложняет оценку и сравнение ВП по этому параметру.

3. По рекомендуемым для широкого применения модульным трубчатым ВП, которые безусловно интересны и возможность применения их заслуживает внимания, следовало бы дать более полные данные, поскольку кроме степени регенерации отсутствуют данные о величине гидравлических потерь и потерь мощности, данные об удельных массовых и объемных показателях, а также данные о предполагаемом ресурсе работы ВП, его стоимости (или удельной стоимости типа).

Д.т.н Шевцов А.П. (главный научный сотрудник, предс. правления ОАО “НЭТ”, г. Николаев, Украина)

ГПА типа ГТК–10-4, ГТ–750-6, выработавшие свой ресурс и имеющие в своем составе пластинчатые генераторы, могут быть восстановлены, если пластинчатые генераторы заменить трубчатыми со степенью регенерации, близкой к 0,8. Такая степень регенерации достигается гладкотрубной модульной конструкцией с оптимизированной раздачей рабочих сред по обоим трактам воздухоподогревателя.

Однако массогабаритные показатели трубчатых конструкций значительно превосходят аналогичные показатели пластинчатых регенераторов. Экономичность модернизируемых ГПА зависит не только от высоких показателей эффективности и надежности регенератора, но и от состояния самого газотурбинного двигателя, который выработал свой ресурс. Такой оценки в статье нет даже на уровне известных методик малых отклонений. Автор прав, что парковый состав стационарных ГПА типа ГТК–10-4; ГТ–750-6 ОАО “Газпром” (Россия), так и ГТС Украины практически невозможно обновить за короткий срок. Необходимы огромные финансовые ресурсы для приобретения ГПА нового поколения. Однако, если даже для их создания и опытно-доводочных работ необходимо 3...5 лет, это надо делать сегодня и сейчас. Одновременно с созданием регенеративных ГТУ нового поколения необходимо на действующих ГПА заменять старые пластинчатые регенераторы новыми, с высо-

кими показателями эффективности и надежности. Экономическая целесообразность такой модернизации обосновывается стоимостями замены регенераторов и ремонта ГПА. Применение новых регенераторов на устаревших ГПА обеспечивает обработку модулей их конструкций для нового поколения регенеративных ГТУ.

К большому сожалению, а может и стыду, специалистам ОАО “НЭТ” известны только малочисленные примеры и достоверные результаты широкомасштабной замены дефектных пластинчатых регенераторов на трубчатые ОАО “Газпром” в течение более трех десятилетий, включая змеевиковую конструкцию типа РГ–10 предприятия “Анод” (Россия). Учитывая, что в названии статьи анонсируется “...опыт России”, целесообразно было бы выполнить конструктивный анализ и сравнение эффективности с регенераторами предприятий “ОРМА” и “ЗИО-Подольск”. Такие гладкотрубные регенераторы в составе ГПА применяются на газокompрессорных станциях России и Украины. Отсутствие в статье массогабаритных и конструктивных показателей регенераторов конструкции НПП “Теплопроект” со степенью регенерации 0,8 не позволяет выполнить сравнительный анализ с аналогичными показателями других конструкций. В то же время ограничения на массы размещаемых регенераторов в составе ГПА на газокompрессорных станциях из-за несущей способности штатных фундаментов, недопустимости усиления свайного

поля известны. Применение в составе ремонтируемых ГПА регенераторов со степенью регенерации более 0,8 может вызвать дополнительные проблемы с повышением массы или с сокращением ресурса.

По заключению статьи стоит отметить следующее:

1. Модульные трубчатые регенераторы действительно по результатам эксплуатации в составе ГПА подтверждают более высокую эксплуатационную надежность, чем пластинчатые.

2. Для выполнения тепло- и гидравлических расчетов можно использовать достоверные и многократно подтвержденные рекомендации ЦКТИ-ВТИ. Однако не следует пренебрегать и другими методиками, а существенные ошибки при проектировании теплообменных аппаратов исключать предварительными испытаниями их моделей.

3. Приемочные испытания регенераторов следует выполнять в составе ГПА и по программам – методикам испытаний ГПА. Тогда результат испытаний позволит корректно определить технико-экономические показатели агрегатов и регенераторов после модернизации.

4. К сожалению, в статье и заключении не приведены рекомендации по снижению массогабаритных показателей трубчатых регенераторов, особенно при степенях регенерации более 0,8.