

менения противодействия и особенностей изготовления входной кромки отверстия.

#### Библиографический список

1. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. М.: Машиностроение, 1992. 672 с.

2. ГОСТ 8.586.5-2005. Методика выполнения измерений. Измерений расхода и количества жидкостей и газов с помощью стандартных сужающих устройств. М.: Стандартинформ, 2007.10 с.

УДК 621.438.253.5

## ТЕПЛОВАЯ ЗАЩИТА БОКСА ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩЕГО АГРЕГАТА ОТ ГОРЯЧЕГО КОРПУСА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

©2016 Д.А. Замалиева, А.В. Волкова, А.В. Гимбицкий

Казанский национальный исследовательский технический университет имени А.Н. Туполева -КАИ

## THERMAL PROTECTION OF GAS-COMPRESSOR UNIT BOX FORM HOT CASE OF GAS-TURBINE ENGINE

Zamalieva D.A., Volkova A.V., Gimbitskii A.V. (Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev– KAI, Kazan, Russian Federation)

*Has been considered the studying of problems that appear if Gas Turbine engine used as a part of Gas Pumping Plant. Have been presented ways to organize protection of surrounding space for the block-container: ventilation system, heat insulation, screening and the studies in that area.*

В настоящее время в связи с совершенствованием газотурбинных двигателей (ГТД), а следовательно, с увеличением таких параметров, как степень повышения давления в компрессоре  $\pi_k^*$  и температура газа перед турбиной  $T_{\Gamma}^*$ , всё большее значение приобретают методы тепловой защиты окружающего пространства, а также узлов и деталей обвязки двигателя.

Данная проблема является особенно актуальной при использовании ГТД, работающих в стационарном режиме, т.к. в данном случае имеется ряд особенностей таких, как отсутствие естественного обдува корпуса двигателя набегающим потоком воздуха при полёте самолёта; непрерывность работы в течение длительного времени на стационарном теплонапряженном режиме; расположение двигателя в тесном, замкнутом пространстве отсека (контейнер-бокс).

На современных газоперекачивающих агрегатах (ГПА) газотурбинные установки монтируются в отдельные шумо-теплозащитные кожухи (КШТ) для обеспечения требований безопасности эксплуатации, а также снижения шума. Как известно, работа

ГТУ связана с высокими температурами и высокими тепловыми выделениями, которые могут вывести из строя вспомогательные системы, размещённые в кожухе, негативно сказаться на аварийной устойчивости агрегата и негативно повлиять на экологическую обстановку на предприятии и, как следствие, условия труда персонала станции. Имеющиеся разработки в этой области частично решают эти проблемы.

Исследования теплопереноса в боксе, проведенные авторами в работе [1] показали, что при естественной конвекции с увеличением числа Gr увеличивается интенсивность теплопереноса, образуются локальные вихри, увеличивается скорость течения, температура потока увеличивается. При этом при  $Gr = 10^8$  имеет место более равномерное распределение температуры по всей полости, что свидетельствует о смене режима течения.

В случае использования системы вентиляции расход воздуха внутри КШТ для некоторых установок варьируется в пределах 10–12 м<sup>3</sup>/с, что достаточно энергозатратно [2]. Кроме того, охлаждающий воздух не может подаваться вдоль оси ГТУ и равно-

мерно обтекать ее поверхность, что приводит к неравномерному распределению охладителя и приводит появлению застойных зон, что приводит к повышению температуры в этих областях и неравномерности радиальных зазоров по окружности турбины, ухудшающей характеристики ГТУ [3].

При эксплуатации ГПА имеют место режимы работы с кратковременными отключениями системы охлаждения ГТУ при переключении вентиляторов на источник бесперебойного питания. Прекращение подачи охлаждающего воздуха под кожух ГТУ при продолжении работы двигателя приводит существенное увеличение температуры воздуха в отсеке, температура вокруг двигателя распределяется неравномерно и разница может составлять выше 150 К [3].

Еще одним способом тепловой защиты является применение тепловой изоляции – использование материалов с малой теплопроводностью. В работе [4] проведено исследование по оценке эффективности тепловой изоляции корпуса конвертированного ГТД и её влияния на тепловое состояние оборудования в отсеке турбокомпрессорного агрегата. По результатам расчётных исследований было выявлено, что при использовании изоляции температура корпуса двигателя над рабочим колесом первой ступени СТ достигает 610°C (без изоляции в этом же месте 570°C), а максимальная температура достигает 630°C. Увеличение температуры корпуса ГТД ведёт к дополнительному тепловому расширению и, как следствие, к увеличению радиальных зазоров. Это ведёт к ухудшению характеристик двигателя.

В КАИ предложен способ тепловой защиты экранированием, которая рассмотрена в работе [5]. Здесь холодный воздух подводится в верхнюю прослойку (ресивер) и, проходя по поровым каналам пористого экрана, попадает в горячую прослойку, образуя воздушную завесу. Далее из горячей зоны воздух эвакуируется в выходной канал. Полученные результаты подтвердили высокую эффективность организации тепловой защиты вдувом воздуха через пористый экран. Данный способ является достаточно экономичным с точки зрения затрат охладителя.

## Заключение

Обзор литературы по исследования в области тепловой защиты показали, что, при использовании таких способов организации тепловой защиты, как вентиляция и тепловая изоляция, возникает ряд проблем: при использовании вентиляции – образование рециркуляционных зон и неравномерность охлаждения по радиусу корпуса двигателя, при использовании тепловой изоляции – увеличение радиальных зазоров. Учитывая данных проблем при применении названных способов увеличивает трудоёмкость, поэтому наиболее приемлемым способом является тепловая защита экранированием, что подтверждается работами [5-6]. Однако выбор наиболее оптимального и экономичного способа тепловой защиты остаётся актуальной проблемой.

## Библиографический список

1. Месропян А.В., Мухаметзянова И.И. Численное моделирование газодинамики и тепломассопереноса в системе охлаждения бокса ГТД / Вестник УГАТУ, Т.14, №1 (36), г. Уфа, 2010. С. 25-31.
2. Капралов Д.А. ГТЭС-24: электроэнергия для нефтегазового месторождения / Ж. Турбины и Дизели, г. Пермь, сентябрь-октябрь 2005.
3. Чарнцев Д.А. «Исследование газодинамических характеристик шумотеплоизолирующего кожуха газотурбинной установки газоперекачивающего агрегата. С. 70-73
4. Кирилад Е.И., Костюк В.Е. Обеспечение теплового состояния оборудования турбокомпрессорного агрегата теплоизоляцией газотурбинного двигателя. // Ж. Технологический аудит и резервы производства - №3/1(23), 2015. С. 18-21.
5. Гимбицкий А.В., Гильфанов Р.Н., Дезидерьев С.Г., Каримова А.Г. Влияние способа тепловой защиты на температурное состояние экрана и оболочки / Изв. ВУЗов «Авиационная техника», 2015. №4, С. 60-62.
6. Гимбицкий А.В., Каримова А.Г., Дезидерьев С.Г., Тагиров М.А. Влияние различных факторов на систему тепловой защиты экранированием при создании воздушной завесы /Труды Академэнерго, 2016. №1. С.31-41.