

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКТИВНЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПОВЫШЕНИЮ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ПЛАСТИНЧАТЫХ РЕКУПЕРАТОРОВ ГТД

Ардатов К. В.

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),
г. Москва, Россия

Рассматривается задача увеличения до расчетной величины ($\sigma_p = 0,9$) степени регенерации. В двигателе ГТД-1000 реальная конструкция рекуператора не позволяет получить заданную степень регенерации тепла выхлопных газов. Основной причиной этого явления можно считать недостатки конструкции рекуператора, в результате которых, в процессе работы двигателя * в рекуператоре происходит значительная утечка закомпрессорного воздуха в выхлопной тракт. Основным источником утечек воздуха являются сварные швы, соединяющие рабочие пластины рекуператора в единый блок. Конструктивное исполнение швов таково, что в процессе работы двигателя в местах расположения швов возникает градиент температур, обусловленный протеканием между рабочих пластин «холодного» ($T_k^* = 557,3$ (К)), закомпрессорного воздуха, и наружным обтеканием шва «горячими» ($T_T = 826$ (К)) выхлопными газами. Постоянное воздействие на сварной шов переменных (зависящих от режима работы двигателя и внешних условий) градиентов температур и давлений, приводит к трещинообразованию в шве. В дальнейшем через появившиеся в сварных швах трещины начинает утекать (в связи с воздействием градиента давлений (давление воздуха за компрессором составляет $P_k^* = 76300$ (Па), а давление выхлопных газов за турбиной $P_T = 126000$ (Па)) давлений) закомпрессорный воздух.

В качестве решения поставленной задачи предлагается внести изменения в конструкцию пластин рекуператора. Объективным ограничением для вносимых конструктивных изменений будет условие неизменности габаритных и расчетных (эффективная площадь теплопередающей поверхности и пр.) размеров, а также общей конструкции рекуператора (включая материалы и технологии изготовления), и параметров термодинамического цикла двигателя.

Предлагается изменить конструкцию стыка пластин рекуператора. Путем введения в конструкцию стыка пластин второго сварного шва и промежуточной, замкнутой (отделенной от межпластинного объема) полости между швами, по контуру пластин рекуператора. Для такой конструкции основной градиент температур (обусловленный процессом теплообмена от выхлопных газов к закомпрессорному воздуху) будет вблизи первого сварного шва, в котором будет образовываться основное число трещин. Воздух, протекающий через трещины в первом шве, будет попадать в замкнутую полость относительно малого объема. Второй сварной шов будет находиться по внешнему контуру пластин рекуператора и будет подвержен воздействию градиента температур, обусловленного процессом теплообмена между замкнутой воздушной полостью малого объема, наддуваемой закомпрессорным воздухом, и выхлопными газами и теплопередаче по материалу пластин. Градиент температур будет во втором шве много меньше, чем в первом, так как расход воздуха протекающего в замкнутой полости крайне мал. Меньшие значения градиента температур на втором сварном шве приводят к меньшему числу трещин в нем. Также снижение количества трещин во втором сварном шве будет происходить за счет релаксации температурных напряжений в материале тонкостенных пластин за счет геометрии конструкции, допускающую деформацию от температурных напряжений. А соответственно, за счет разного числа трещин в первом и втором швах сжатый воздух, попадая из межпластинного канала в замкнутую полость малого объема будет нагреваться (почти изохорно) и

соответственно у первого сварного шва будет возникать градиент давлений, способствующий герметизации основного канала (обратное положение в сравнении с исходной конструкцией). Таким образом полость между швами будет выполнять функцию газодинамического уплотнения, для межпластинного канала воздушного тракта рекуператора.

Данные изменения конструкции пластин рекуператора позволят значительно снизить утечки воздуха и получить в конечном итоге расчетные параметры термодинамического цикла двигателя. Также необходимо заметить, что изменения конструкции пластин газовоздушного теплообменника не выходят за рамки установленных ограничений, и требуют небольших технологических (разработка новых штампов для пластин рекуператора, и несущественные изменения в конструкции спецприспособлений для сварки пластин в сегментные блоки) изменений для внедрения в производство.

Из недостатков данной конструкции необходимо отметить следующие. 1) Образование трещин в сварных швах не прекращается полностью, так как основное число трещин во втором шве будет образовываться во время «холодных» запусков и остановов двигателя (за счет действия на сварные швы переменных по времени температурных напряжений (быстрые прогрев и охлаждение)). 2) Усложнение технологии сварки и контроля сварных швов.