

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОХЛАЖДЕНИЯ ЛОПАТОК ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ТУРБИН ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ СПИРАЛЕВИДНЫХ ТУРБУЛИЗАТОРОВ

Белова С.Е., Дехян Н.Р.

РГАТУ имени П.А. Соловьева, г. Рыбинск, belova_se@mail.ru

Ключевые слова: турбина, охлаждаемая лопатка, турбулизатор, спираль.

Главной причиной выхода из строя лопаток первой ступени турбины газотурбинного двигателя является прогар оболочки лопатки [1]. Наиболее проблемным участком сопловой лопатки турбины (особенно это касается сопловых лопаток первой ступени) является передняя кромка – именно эта зона обтекается трактовым газом с наиболее высокими (по отношению к другим сечениям по длине профиля) температурами.

В настоящее время в высокотемпературных турбинах ГТД применяются сопловые лопатки, у которых зона передней кромки имеет обособленный канал охлаждения, т.е. организована самостоятельная полость в зоне передней кромки, в которую подается охладитель. Вместе с тем результаты испытаний натурных турбин показывают, что радиальная эпюра температуры газа перед лопаткой имеет максимум, расположенный примерно в средней части верхней половины пера (т.е. примерно на 2/3 высоты лопатки от втулочного сечения). Учитывая требования к уровню эффективности охлаждения перспективных турбин и результаты определения радиальной температуры газа перед турбиной натурального двигателя, можно предложить следующую конструкцию лопатки соплового аппарата. Такая лопатка содержит полую оболочку, внутренняя часть которой разделена на три полости: две в зоне передней кромки (располагаются одна над другой по высоте лопатки) и одна – для охлаждения средней части лопатки (по её длине) и хвостовой части лопатки. Преимущество такой лопатки заключается в том, что её конструкция позволяет подавать к наиболее проблемному в плане температурной напряженности (максимально горячему) участку пера лопатки поток охлаждающего воздуха, не использованного при охлаждении других (в данном случае – корневых) участков пера лопатки, за счет чего достигается более высокий уровень эффективности охлаждения, более интенсивно снижается температура лопатки, а значит, снижается вероятность появления трещин и прогара. В итоге – повышается надежность лопатки и её ресурс.

Также практикой проектирования охлаждаемых лопаток турбин ГТД предусмотрено расположение во внутренних каналах турбулизаторов различных форм. Применяются ребра, штырьки, матрицы, стержни [2]. Целесообразно рассмотреть новые формы турбулизаторов, которые позволят получить необходимый уровень повышения интенсивности теплообмена без критического снижения напора охладителя для организации его эффективного выдува в проточную часть после теплосъема. Такой формой может стать спираль.

Проведенное авторами экспериментальное исследование характера обтекания спирали показало, что этот тип турбулизатора позволяет получить высокую степень турбулизации потока, что приведет к росту теплосъема. Спиралевидный турбулизатор устанавливается в канале подвода охладителя в сечении, соответствующем области втулочного сечения пера.

Экспериментальное исследование обтекания конусовидной спирали позволило сделать выводы о высокой степени турбулизации потока, генерируемой обтеканием спирали. А установка конусовидной спирали непосредственно вплотную к передней кромке позволяет организовать хорошо закрученный поток, распространяющийся вверх по передней кромке и способствующий её интенсивному охлаждению. Выброс охладителя в трактовый газ целесообразно организовать в концевой части лопатки.

Целесообразно изготавливать спиралевидные турбулизаторы из графена. Проведенное авторами исследование характеристик остывания графена показало, что графен с более

высокой скоростью осуществляет теплосъем. Графен – двумерный материал, к тому же весьма эластичный, поэтому он может быть легко свернут в спираль аналогично нанотрубке. Из таких графеновых нанотрубок изготавливается спиралевидный турбулизатор. Свойства спиралевидного турбулизатора из графеновой нанотрубки будут весьма высоки как с позиций прочности, так и с позиций теплообмена.

Спиралевидные турбулизаторы, изготовленные с применением технологии сворачивания графена в нанотрубку, обладают очень высокой прочностью и высокой степенью теплоотвода от лопаток турбины. Одноатомный слой графена легко сворачивается и может образовывать необходимую для турбулизатора конфигурацию.

Список литературы

1. Диагностика авиационных двигателей / Лозовский В.Н., Бондал Г.В., Каксис А.О. [и др.]. М.: Машиностроение. 1988. 280 с.
2. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели. ОАО Авиадвигатель. Пермь: 2006. 398 с.

Сведения об авторах

Белова Светлана Евгеньевна, канд. техн. наук, доцент кафедры «Авиационные двигатели». Область научных интересов: аэродинамика и охлаждение турбин газотурбинных двигателей.

Демян Нахджаван Рональд, студент. Область научных интересов: проектирование авиационных газотурбинных двигателей.

IMPROVING THE COOLING EFFICIENCY OF HIGH-TEMPERATURE TURBINE BLADES THROUGH THE USE OF SPIRAL TURBULATORS

Belova S.E., Dehian N.R.

Rybinsk State Aviation Technical University named after P.A. Solovyov, Rybinsk, Russia,
belova_se@mail.ru

Keywords: turbine, cooling blade, turbulator, spiral, helix.

To increase the cooling intensity in the blades of modern gas turbines, turbulators of various shapes are used. The spiral-shaped and helical turbulators proposed make it possible to significantly turbulate the flow of the cooler for a more efficient removal of heat, almost without increasing the mass of the blade if not decrease it.