
ДОСЯГНЕННЯ І ПРОБЛЕМИ УКРАЇНСЬКОГО ГАЗОТУРБОБУДУВАННЯ

Виступ академіка НАН України Артема Артемовича Халатова

Газотурбостроение — наукоемкая и высокотехнологичная область техники, является одной из ведущих и наиболее устойчиво работающих отраслей промышленности Украины. Сегодня в мире только 10 стран (в том числе Украина) обладают полным циклом проектирования, производства и ремонта газотурбинной техники. Быстрое развитие газотурбостроения в XX в. определило конструктивное совершенство и высокий КПД в простом (до 40%) и сложном (более 60%) циклах. Факторами роста отрасли являются большая удельная мощность, низкий уровень вредных выбросов в атмосферу, эксплуатационная надежность, ремонтпригодность и развитая служба сервиса. Сегодня наибольшая единичная мощность ГТУ простого цикла достигла 375 МВт («Сименс», Германия), а ПГУ — превысила 650 МВт.

Основу инфраструктуры газотурбостроения Украины составляют ГП НПКГ «Зоря» — «Машпроект», (Николаев), ГП «Ивченко-Прогресс» и ОАО «Мотор-Сич», (Запорожье), ОАО «Турбоатом» (Харьков), ОАО «Сумское МНПО им. М.В. Фрунзе», Криворожский турбинный завод «Констар». В эту структуру входят также институты НАН Украины, работающие в области проблем материаловедения, сварки металлов, ремонта, прочности и надежности, теплофизики, электродинамики, химии и горения топлив.

В 2007 г. при Отделении физико-технических проблем энергетики НАН Украины создана Комиссия по промышленным

газовым турбинам и электроприводам, оказывающая научно-техническую поддержку отрасли. В состав Комиссии входят ведущие ученые и специалисты институтов НАН Украины, высшей школы, газотурбинной промышленности Украины. Подготовка инженерных кадров ведется в университетах Киева, Харькова, Николаева, Запорожья.

Отличительной чертой газотурбостроения Украины является широкая номенклатура изделий — для авиации, военно-морского флота, газотранспортной системы и энергетики. Предприятием «Зоря» — «Машпроект» создано более 30 типов главных и ускорительных корабельных газотурбинных установок, которыми оснащены около 30% газотурбинных кораблей мирового флота. Продукция предприятия составляет 33% суммарной мощности газотурбинных двигателей морских транспортных средств мира, продажа корабельных ГТД осуществляется в 20 стран мира. Свыше 660 приводных и энергетических газовых турбин мощностью от 6 до 25 МВт установлены в России, Беларуси, Казахстане, Туркменистане и других странах. В последние годы предприятием создана энергетическая ГТУ мощностью 110 МВт, которая эксплуатируется в России в составе ПГУ-325 (КПД = 52%), для ГТС разработан проект высокотехнологичной регенеративной ГТУ-16Р мощностью 16 МВт с КПД около 40%, в стадии завершения проект энергетической газовой турбины ГТЭ 45/60 мощностью 60 МВт.

Газотурбинные авиационные двигатели, созданные в ГП «Ивченко-Прогресс», применяются на 54 типах летательных аппаратов

в 122 странах мира. На 2012 г. суммарная наработка парка авиадвигателей составила более 2,1 млн часов. Недавно для газотранспортной системы был разработан проект приводного ГТД АИ-312 мощностью 12 МВт с КПД около 38%, проводится работа по проектированию ГТД АИ-28 для серии гражданских самолетов АН-148, АН-158, АН-168, АН-178.

В настоящее время можно назвать следующие тенденции развития современного газотурбостроения:

1. Рост температуры газа перед турбиной до 1500–1600°C в энергетических ГТУ и до 1750–1800°C в авиационных ГТД.

2. Повышение степени сжатия воздуха в компрессоре до 30–35 в энергетических ГТУ и до 40–45 — в авиационных ГТД, разработка осевых компрессоров для энергетических ГТУ с расходом воздуха до 800 кг/с.

3. Разработка новых жаропрочных материалов и жаростойких теплозащитных покрытий.

4. Обеспечение длительной и надежной работы промышленных ГТУ на режиме максимальной мощности (полный ресурс — до 150–200 тыс. ч; ресурс лопаток — 25–50 тыс. ч; наработка на отказ — не менее 5 тыс. ч; ресурс работы до первого капитального ремонта — до 30 тыс. ч).

Основные научно-технические проблемы газотурбостроения состоят в следующем:

1. Термогазодинамика высоконагруженных осевых компрессоров и высокотемпературных газовых турбин.

2. Тепловые процессы в системах внутреннего и внешнего охлаждения лопаток высокотемпературных газовых турбин.

3. Эффективные теплозащитные покрытия для лопаток газовых турбин и камер сгорания.

4. Новые сплавы с повышенной жаропрочностью и жаростойкостью, пригодные для монокристаллического литья.

5. Снижение эмиссии NO_x и CO при сгорании различных топлив.

6. Новые технологии литья, сварки, механической обработки изделий ГТД и ГТУ, восстановительного ремонта лопаток.

7. Высокоточные методы расчета трех- и четырехмерного компьютерного проектирования.

Часть этих вопросов изучается в институтах НАН Украины. В Институте электро-сварки им. Е.О. Патона исследуют новые технологические процессы сварки и пайки металлов, теплозащитные покрытия, ремонт и восстановление деталей ГТД. В Институте

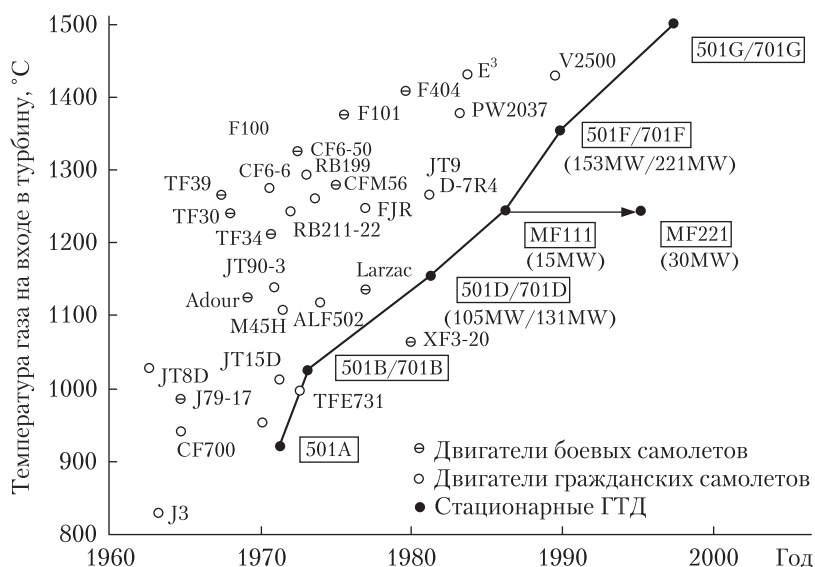


Рис. 1. Динамика роста температуры газа перед турбиной для авиационных и стационарных ГТД

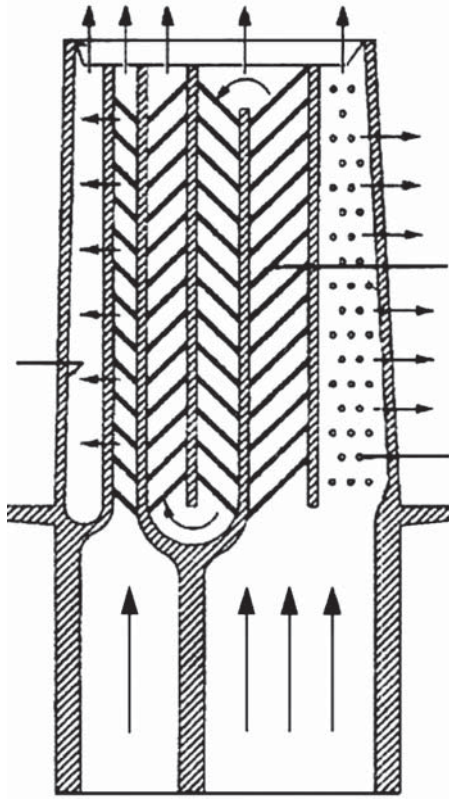


Рис. 2. Внутренний вид современной лопатки высокотемпературной газовой турбины авиационного ГТД

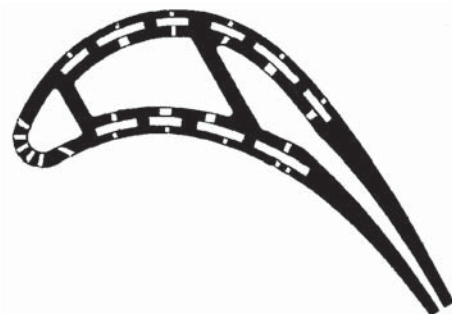


Рис. 3. Лопатка авиационного ГТД с перспективной системой внутрискрипного охлаждения

проблем материаловедения им. И.Н. Францевича созданы титановые сплавы, ультравысокотемпературная керамика, пористые материалы. В Институте проблем прочности им. Г.С. Писаренко разрабатываются методы и средства обеспечения надежности и долговечности ГТД. В Институте техниче-

ской теплофизики (ИТТФ НАН Украины) создаются инновационные системы охлаждения и новые поверхности теплообмена вихревого типа для регенераторов газовых турбин. В Институте проблем машиностроения им. А.Н. Подгорного проводится активная работа по развитию методов компьютерного моделирования проточной части высоконагруженных газовых и паровых турбин.

Главной проблемой современного газотурбостроения остается охлаждение лопаток. Как показывает статистика фирмы «Роллс-Ройс» (Великобритания), за последние 50 лет рост температуры газа перед турбиной ГТД на 80% обеспечивался за счет создания и совершенствования систем внутреннего и внешнего охлаждения лопаток. Уже к концу XX в. температуры газа перед турбиной в ГТД для гражданских и боевых самолетов, а также в стационарных ГТУ практически сравнялись между собой (рис. 1). Таким образом, проблемы создания систем охлаждения для различных типов ГТД и ГТУ стали идентичными.

Сопловой аппарат и лопатка современной газовой турбины представляют собой наукоемкое и высокотехнологичное изделие (рис. 2), стоимость которого достигает 5000 долларов США за единицу. В ИТТФ НАН Украины разработана новая концепция системы внутреннего охлаждения сопловых аппаратов первой ступени с интенсивными вихревыми структурами, которая реализована в конструкции ГТД АЛ-31Ф для лучшего в мире боевого самолета СУ-27 и его модификаций. В этом же Институте в содружестве с ГП НПКГ «Зоря»—«Машпроект» создается перспективная лопатка с циклонно-вихревым охлаждением передней кромки рабочей лопатки, выполняются исследования новой концепции осциллирующего пленочного охлаждения, эффективность которого почти в два раза выше эффективности традиционных схем пленочного охлаждения.

В 80-е годы XX в. в ИТТФ совместно с ИЭС им. Е.О. Патона проводилась разработка перспективной лопатки с внутрискрип-

ночным охлаждением (рис. 3). В такой лопатке радиальные каналы охлаждения располагаются очень близко к внешней поверхности, что существенно улучшает условия охлаждения. В охлаждающих каналах малого размера реализуется течение, соответствующее распределению давления газа по профилю и высоте лопатки, что упрощает условия охлаждения и эксплуатации. Суммарная толщина стенки такой лопатки не превышает 2,0 мм, а в области выходной кромки она составляет всего 0,4–0,5 мм. Как показывают расчеты, при температуре обтекающего газа 1800°C расход охладителя составляет всего около 5%, а средняя эффективность охлаждения достигает 0,67. К сожалению, после распада СССР эти работы в Украине были прекращены, но получили активное развитие в России и США.

Несмотря на определенные успехи, газотурбостроение Украины в последние годы испытывает серьезные проблемы. Оно фактически не имеет государственной финансовой поддержки по разработке перспективной техники; научно-технический задел, накопленный отраслью в советский период, близок к исчерпанию. В связи с этим не удалось создать планируемые ГТЭ-110+ мощностью 140 МВт и ГТЭ-110М мощностью 160 МВт, а также ПГУ-430 и ПГУ-500 на их основе. Хотя Украина сохраняет свои позиции на

международном рынке, но уже отмечается некоторое отставание от мировых производителей в технологиях проектирования, производства и доводки ГТД и ГТУ. На несколько лет задерживается выход на рынок перспективной энергетической газовой турбины ГТЭ-45/60 МВт с перспективой создания на ее основе ПГУ-85 и ПГУ-170 средней мощности. Крайне необходима государственная поддержка создания и серийного выпуска ГТУ-16Р («Зоря»–«Машпроект») для газотранспортной системы и авиационного двигателя АИ-28 («Ивченко-Прогресс»).

Для поддержки газотурбинной отрасли назрел вопрос создания в Украине научно-технического центра перспективного развития газотурбостроения (по типу ЦИАМ, ВИАМ, ЦКТИ в России), а пока его роль по отдельным направлениям выполняют институты нашей Академии. Украине крайне необходима Национальная программа развития и внедрения газотурбостроения по типу программ, существующих в США, Японии, Западной Европе (например, E3, ATS, NGGT).

Мировой опыт показывает, что восстановление утраченных позиций на мировом рынке либо невозможно, либо потребует во много раз больших затрат, чем те, которые необходимы сегодня для научно-технической поддержки украинского газотурбостроения.