

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДА ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК

Гончаренко С.А., Григорьев В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В зависимости от применения газотурбинные вспомогательные силовые установки делятся на ВСУ с отбором механической энергии от выходного вала и ВСУ с отбором сжатого воздуха, которые обычно разрешают проводить одновременно и отбор механической энергии и называются универсальными. Газотурбинные ВСУ с отбором сжатого воздуха выполняются с общим компрессором или с дополнительным компрессором.

Преимущества одновальной ВСУ с общим компрессором включают конструктивную простоту, хорошую приемистость, стабильность частоты вращения. Однако применение общего компрессора повышенной производительности усложняет пуск ВСУ. Кроме того, степень повышения давления в таком компрессоре определяется исключительно требованиями к параметрам отбираемого воздуха. Обычно степень повышения давления в компрессоре существенно меньше оптимальной по удельной мощности и по экономичности двигателя.

В одновальной ВСУ с дополнительным компрессором степень повышения давления основного компрессора не связана с требуемыми параметрами отбираемого воздуха, поэтому она может быть выбранной оптимальной по удельной мощности или по экономичности двигателя. Однако применение дополнительного компрессора значительно усложняет конструкцию ВСУ и затрудняет пуск. Если дополнительный компрессор приводится от ротора газогенератора, то он получается неоптимальным по геометрическим соотношениям, так как он вращается с частотой основного компрессора, но рассчитаны они на разные расходы воздуха и степени повышения давления. Это обстоятельство приводит к снижению его КПД.

Двухвальные ВСУ с дополнительным компрессором обеспечивает независимость параметров рабочего процесса газогенератора от параметров отбираемого воздуха, что позволяет иметь высокую экономичность на режиме максимального отбора. Однако такие ВСУ конструктивно сложнее одновальных ВСУ с дополнительным компрессором.

Для получения высоких удельных параметров ВСУ с отбором механической энергии требуются большие значения степени повышения давления в компрессоре и высокая температура газа перед турбиной. Однако обеспечение высоких удельных параметров приводит к неизбежному усложнению двигателя и увеличению его стоимости. Кроме того, реализация больших значений π_k и T_r^* из-за малых размеров лопаток последних ступеней компрессора и первых ступеней турбины затруднительна в двигателях небольшой мощности. Учитывая также отсутствие особых требований по экономичности, ВСУ с отбором механической энергии обычно имеет невысокие параметры рабочего процесса ($\pi_k=3.5-5.0$ и $T_r^*=1100-1250K$). Это позволяет создавать надежные и относительно дешевые ВСУ. Вместе с тем, при начальном проектировании ВСУ, когда имеется возможность реализовать оптимизацию рабочего процесса, просмотреть большое количество вариантов, учесть проектные и эксплуатационные ограничения, целесообразно осуществить эти действия с непосредственной оценкой их последствий по критериям эффективности летательного аппарата.

Используя понятие эквивалентной мощности отбираемого воздуха, можно оценивать рабочий процесс в ВСУ с отбором воздуха по удельной эквивалентной воздушной мощности $N_{уд.в}$ и удельному эквивалентному расходу топлива $C_{с.в}$. Из зависимостей $N_{уд.в}$ и $C_{с.в}$ от π_k и T_r^* для ВСУ с общим компрессором следует, что энергетически выгодно в ВСУ с отбором воздуха, как и в ВСУ с отбором механической энергии иметь высокие значения π_k и T_r^* . С другой стороны возможность их реализации ограничивается малоразмерностью, параметрами отбираемого воздуха. В схеме с общим компрессором высокое значение π_k ведет к увеличению значений давления и температуры отбираемого воздуха. Такое увеличение

параметров отбираемого воздуха практически недопустимо, так как очень сложно создать эффективные воздушные турбины привода потребителей на большие перепады давления, а применяемые теплоизоляции воздушных трубопроводов и уплотняющие материалы в клапанах и регулировочных устройствах накладывают ограничение на температуру отбираемого воздуха. В ВСУ с отбором воздуха за общим компрессором степень повышения давления для всего компрессора должна быть значительно ниже оптимальной по удельной мощности или минимальному расходу топлива и определяется только давлением отбираемого воздуха.

Высокая температура газа в двигателе с отбором воздуха от общего компрессора позволяет увеличить $N_{уд.в}$, что при постоянном $\pi_k = \pi_{отб}$ позволяет получить заданный расход отбираемого воздуха при меньшем общем расходе воздуха через двигатель, что позволяет уменьшить ВСУ. При небольшой степени повышения давления увеличение T_r^* почти не повышает экономичность, а в ВСУ с отбором воздуха от общего компрессора может привести к снижению экономичности, в следствии смещении точки совместной работы компрессора и турбины в зону меньших π_k и более низких КПД компрессора. Хотя экономичность ВСУ с увеличением T_r^* не улучшается, рост относительного расхода воздуха ($G_{от} = G_{отб}/G_v$) столь значителен, что высокая T_r^* представляется целесообразной. Но в следствии снижения КПД компрессора, усложнения конструкции двигателя, повышения его стоимости в ВСУ с отбором воздуха за общим компрессором высокой T_r^* стараются избежать.

В ВСУ с дополнительным компрессором степень повышения давления в дополнительном компрессоре $\pi_{к доп}$ определяется заданным значением давления отбираемого воздуха. Так как параметры рабочего процесса в такой ВСУ непосредственно не связаны с параметрами отбираемого воздуха их можно выбирать достаточно высокими. При ограничении величины π_c требуется оптимизировать два параметра рабочего процесса π_k и T_r^* по критериям эффективности летательного аппарата.