

ВЫБОР И ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТУРБОПРИВОДОВ СВЕРХМАЛОЙ МОЩНОСТИ

Григорьев В.А., Радько В.М., Калабухов Д.С.

Самарский государственный аэрокосмический университет

CHOICE AND JUSTIFICATION OF CRITERIA FOR EVALUATING THE ULTRALOW POWER TURBODRIVES EFFICIENCY

Grigoriev V.A., Radko V.M., Kalabuhov D.S. Initial design concepts of ultralow power turbodrives (ULPTD) and their efficiency are reviewed. It is shown that the concept of ULPTD efficiency should be based on the principles of a systemic approach. Under the efficiency of the turbine can be understood as a complex energy, mass, dimensions and technical-economic indices turbodrives. The necessity of inclusion in multiobjective optimization problems regime and constructive-geometric parameters are not only energy criteria, but criteria for evaluating the mass and feasibility ULPTD indicators are shown. The main problems of using cost criteria in the problem of optimizing the ULPTD parameters are defined.

Задачей начального этапа проектирования турбоприводов сверхмалой мощности (ТПСММ) [1] является обеспечение его эффективности. Основным путем повышения эффективности является оптимизация конструктивно-геометрических и режимных параметров турбины сверхмалой мощности (ТСММ). При проектировании ТСММ под ее эффективностью до сих пор понимают экономичность, т.е. мощностной КПД и удельный расход рабочего тела. Однако в рамках современного системного подхода к проектированию технических устройств формирование рационального облика ТСММ должно происходить на иерархическом уровне системы ТУРБИНА-ТУРБОПРИВОД. При этом под эффективностью турбины можно понимать комплекс энергетических, массовых, габаритных и технико-экономических критериев оценки эффективности турбопривода.

Выбор комплекса критериев обусловлен назначением привода. Так, к ТПСММ аэрокосмической техники изначально предъявляется требование минимизации их массы, но в традиционных методах проектирования ее допустимая величина задается лишь как проектное ограничение. Однако величина массы зависит от значений множества конструктивно-геометрических, режимных параметров турбины и взаимосвязано с величиной КПД. Например, увеличение диаметра рабочего колеса турбины приводит к увеличению габаритов и массы с одной стороны, но

и к росту КПД с другой. Увеличение степени понижения давления π_r вызывает падение удельного расхода рабочего тела, что при заданной мощности приводит к уменьшению площадей проточной части турбины и массы ТПСММ в целом. Но, например, у осевых ТПСММ при значениях степени парциальности $\varepsilon < 0,5$ с ростом π_r величина КПД ТСММ увеличивается, а при $\varepsilon > 0,5$, наоборот, уменьшается [2]. Возрастание ε , в свою очередь, обуславливает рост массы.

Таким образом, наличие сложных взаимосвязей значений оптимизируемых параметров, КПД и массы ТПСММ, рациональных значений массы обуславливает необходимость включения массы ТПСММ в состав критериев при многокритериальной оценке эффективности. Кроме массы ТПСММ в качестве оценочного критерия можно использовать его удельную массу. Удельные величины позволяют сравнить массовую эффективность ТПСММ различных типов, а также массовую эффективность турбинных приводов и приводов других типов, которые могут использоваться для привода конкретного агрегата.

Одним из критериев оценки эффективности технических устройств являются габаритные размеры устройства. Однако в случае ТПСММ габариты зависят от разных параметров для разных типов ТСММ, некоторые из габаритных размеров напрямую выражаются через геометрические параметры тур-

бины, что не позволяет их использовать в качестве общего критерия оценки эффективности ТПСММ, но величина этих размеров в задаче оптимизации может ограничиваться проектным заданием.

Проект любого технического объекта требует технико-экономического обоснования, поэтому важную роль в оценке эффективности ТПСММ играют технико-экономические, в частности стоимостные критерии. Усилия, направленные на увеличение КПД, минимизацию массы, могут привести к нерентабельности производства и эксплуатации турбопривода. Для некоторых ТПСММ (например, одноразового применения) стоимостные факторы оказывают преобладающее значение при принятии проектных решений.

Наиболее общим стоимостным критерием несомненно является стоимость жизненного цикла ТПСММ:

$$S_{\text{ж ТПСММ}} = S_{\text{ОКР}} + S_{\text{изг}} + S_{\text{эсп}} + S_{\text{утил}}$$

$S_{\text{ОКР}}$ – стоимость научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по созданию образцов ТПСММ, включающая также затраты на их испытания;

$S_{\text{изг}}$ – себестоимость изготовления ТПСММ в условиях серийного или единичного производства;

$S_{\text{эсп}}$ – стоимость эксплуатации ТПСММ, включающая стоимость часового расхода рабочего тела, стоимость замены турбопривода в турбоагрегате на новый в случае отказа первого и т.п.;

$S_{\text{утил}}$ – стоимость утилизации отработавшего ресурс ТПСММ.

Составляющие $S_{\text{ж ТПСММ}}$ также являются самостоятельными стоимостными критериями. Основной проблемой включения в задачу оптимизации параметров ТПСММ стоимостных критериев является невозможность их точного определения на начальном этапе проектирования. Например, при оценке как $S_{\text{ОКР}}$, так и $S_{\text{изг}}$, требуются знания норм расхода материалов на детали, веса и

стоимости реализуемых отходов производства, стоимости попутных изделий и др. Подобные данные при начальном проектировании могут быть получены с помощью анализа конструкторско-производственной документации уже выполненных изделий, поэтому они носят лишь статистический, оценочный характер.

Отметим, что величины оптимизируемых параметров ТПСММ могут существенно влиять на те составляющие стоимостных критериев, которые выражаются через заработную плату основных рабочих, занятых изготовлением и эксплуатацией узлов. Она определяется на основании трудоемкости, величина которой зависит в первую очередь от особенностей конструкции ТСММ и ее изготовления [3]. Поэтому влияние режимных и конструктивно-геометрических параметров должно учитываться в математической модели трудоемкости изготовления ТСММ.

Формирование математических моделей критериев оценки эффективности целесообразно производить на основании разработанных авторами методов планирования эксперимента при испытаниях ТСММ.

Библиографический список

1. Григорьев, В.А. Анализ состояния проблемы повышения эффективности турбоприводов сверхмалой мощности и пути её решения / В.А. Григорьев, Д.С. Калабухов, В.М.Радько, Н.Ф.Мусаткин // *Авиационно-космическая техника и технологии.*– НАУ ХАИ.– X., 2010.– №7.– с. 168-172.
2. Тихонов, Н.Т. Совместное влияние высоты лопаток соплового аппарата и степени парциальности на экономичность осевых микротурбин / Н.Т. Тихонов // *Изв. вузов. Энергетика.*– 1991.– №3.– с. 105-106.
3. Матвеев, В.Н. Улучшение технологичности соплового аппарата центростремительной микротурбины конструктивным способом / В.Н. Матвеев // *Тез. докл. отраслев. науч.-тех. совещ. / Омск. филиал НИИ технологии и организ. производства двигателей.*– 1990.– с.19-24.