

## ОПТИМИЗАЦИЯ ВОЗДУШНОГО ТУРБОСТАРТЕРА С УЧЕТОМ ЕГО СОВМЕСТНОЙ РАБОТЫ С ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

Зубанов В.М., Батулин О.В., Новикова Ю.Д., Матвеев В.Н., Корнеева А.И.  
Самарский университет, г. Самара, waskes91@gmail.com

*Ключевые слова:* вспомогательная силовая установка, воздушная турбина, оптимизация, совместная работа, ГТД, запуск, время запуска, крутящий момент.

Авторы статьи разработали и успешно апробировали на практике метод оптимизации воздушного турбостартера газотурбинного двигателя (ГТД) с учетом его совместной работы с вспомогательной силовой установкой (ВСУ) (рис. 1). В результате был найден способ повысить эффективность существующей системы запуска при модернизации ТРДД. Под эффективностью запуска здесь и далее понимается сокращение времени запуска двигателя и его возможность во всех условиях эксплуатации.



Рис. 1 – Принципиальная схема системы запуска с ТСВ

При проектировании и модернизации ГТД основное внимание обычно уделяется его основным узлам: компрессору, камере сгорания, турбине и т.д. Для улучшения свойств этих узлов тратятся огромные усилия, о чем свидетельствует огромное число публикаций. Однако в ГТД существует ряд «второстепенных» элементов, которым традиционно уделяется меньше внимания. Один из них – система запуска и входящий в ее состав турбостартер – малоразмерная турбина, приводимая в движение сжатым воздухом, отбираемым от ВСУ. Она используется для раскрутки ротора двигателя при старте [1]. Несмотря на то, что этот элемент мал в масштабах двигателя, и работает лишь незначительное время, работа ГТД без него невозможна. Эта система должна обеспечить возможность запуска двигателя за короткое время (для военных самолетов в очень короткое) в любых условиях эксплуатации.

Представленная работа родилась при решении задачи проверки возможности применения существующих турбостартеров на модернизируемом двигателе при выполнении всех имеющихся эксплуатационных ограничений. Для ее решения была разработана методика определения возможности совместной работы турбины стартера и ВСУ, а также параметры воздушной системы там. Суть методики заключается в том, что на основании CFD моделирования в программе NUMECA для воздушной турбины турбостартера определяется ее характеристика вида: параметр расхода – функция от перепада давления на турбине. Расчетная характеристика турбины строилась с учетом найденных при верификации поправочных коэффициентов, и хорошо согласуется с данными эксперимента качественно и количественно.

Полученная характеристика совмещалась с характеристикой ВСУ, построенной в тех же координатах для разных полетных условий. Точки пересечения характеристик турбины и ВСУ

соответствовали рабочим точкам системы запуска. Непересечение характеристик ВСУ и турбины сигнализирует о невозможности работы системы запуска на данном режиме. В найденных точках работы с помощью CFD-моделирования определялись основные параметры системы запуска. В частности, проверялось значение крутящего момента на выходном валу. В случае, если он превышал предельное значение по условиям прочности конструкции, работа на данном режиме считалась невозможной. Значение крутящего момента также использовалось для расчета времени запуска двигателя.

На базе разработанной методики определения возможности совместной работы системы запуска и расчета получающихся при этом ее параметров был разработан и реализован алгоритм оптимизации турбины турбостартера.

Опираясь на разработанный инструментарий, была проанализирована возможность применения существующих одно- и двухступенчатых турбостартеров для запуска модернизируемого двигателя. Было установлено, что обе турбины не удовлетворяют предъявляемым требованиям: двухступенчатая показывает крутящий момент выше допустимого, а одноступенчатая большое время запуска. С помощью разработанных алгоритмов была проведена оптимизация формы проточной части двухступенчатой турбины, которая позволила найти такой вариант ее модернизации, который при минимальных изменениях в конструкции устройства обеспечивает допустимое значение крутящего момента на валу при приемлемом времени запуска на всех режимах эксплуатации.

### **Список литературы**

1. Алабин М.А., Кац Б.М., Литвинов Ю.А. Запуск авиационных газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 1968. 227 с.

#### **Сведения об авторах**

Зубанов Василий Михайлович, младший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Батурин Олег Витальевич, канд. техн. наук, доцент, старший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Новикова Юлия Дмитриевна, младший научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Матвеев Валерий Николаевич, д-р техн. наук, профессор, ведущий научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

Корнеева Анастасия Ивановна, научный сотрудник. Область научных интересов: рабочие процессы турбомашин и ГТД, проектирование и численное моделирование лопаточных машин.

## **OPTIMIZATION OF AN AIR TURBO STARTER CONSIDERING ITS JOINT WORK WITH AN AUXILIARY POWER UNIT**

Zubanov V.M., Baturin O.V., Novikova U.D. Matveev V.N., Korneeva A.I.  
Samara National Research University, Samara, Russia, waskes91@gmail.com

*Keywords: auxiliary power unit, air turbine, optimization, joint operation, gas turbine engine, start-up, start-up time, torque.*

The work develops a methodology for matching the air turbine and auxiliary power unit working process, as well as a methodology for determining the start-up time of a GTE. The results obtained were used to select the air turbine for the new GTE.