

УДК 681.586

В.М. ГРУДИНКИН¹, В.Ф. МИРГОРОД¹, С.И. ШАНЬКИН², А.Н. ШИЙКА²

¹ОАО «Элемент», Одесса, Украина

²ОАО «Мотор Сич», Запорожье, Украина

РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ БОРТОВОГО РЕГУЛЯТОРА ТЕМПЕРАТУРЫ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ

Показаны задачи модернизации бортового регулятора температуры выходящих газов и пути их решения. Приведены основные характеристики модернизированного регулятора, результаты его испытаний, в том числе летных в составе самолета Л-39 с модернизированным двигателем АИ-25ТЛШ, проведено сравнение полученных характеристик с параметрами прототипа – регулятора РТ-12.

установившиеся и переходные режимы работы двигателя, погрешность измерений, встроенная система контроля, скважность импульсного напряжения, бортовой регистратор, встроенное программное обеспечение

Введение

Модернизация и продление ресурса эксплуатационного парка отечественных двигателей – актуальная задача современного авиационного двигателестроения Украины, предусматривающая частичную замену технических средств устаревшей авионики современными микроэлектронными приборами и системами. В рамках выполнения этой задачи в ОАО «Элемент» – головной организации Минпромполитики по направлению «Электронные системы измерения, контроля параметров и управления авиационными двигателями» – выполнена разработка бортового регулятора температуры выходящих газов (БРТ) для модернизируемого ГТД АИ-25ТЛШ.

Целью разработки явилось создание блока БРТ, который предназначен для замены используемого в настоящее время регулятора РТ12 и должен обеспечить, прежде всего, повышение точности регулирования температуры выходящих газов.

Повышение точности поддержания заданной температуры газа за турбиной на установившихся и переходных режимах работы ГТД – важное условие увеличения ресурса двигателя и КПД его работы. Превышение заданного предела температуры при-

водит к появлению помпажных колебаний, снижению прочности лопаток турбины и даже к полному выходу двигателя из строя.

Как свидетельствует опыт эксплуатации зарубежных двигателей одним из главных факторов, влияющих на ресурс двигателя в эксплуатации, является уменьшение запаса по температуре выхлопных газов [1]. Уменьшение запаса по температуре газов зависит от уровня тяги, интенсивности эксплуатации и среднего времени полетного цикла.

1. Формулирование проблемы

При разработке блока БРТ была поставлена задача – создать современный аналог регулятора РТ12, выполняющий следующие основные функции:

- ограничение совместно с топливным регулятором температуры выходящих газов двигателя на установившихся и переходных режимах работы двигателя;
- формирования команды на включение электромагнитного клапана для выключения двигателя при достижении предельно допустимой температуры выходящих газов.

Для выполнения ограничения температуры выходящих газов блок БРТ должен определять теку-

щее значение температуры, измеряя сигнал термопар, и, в зависимости от величины превышения заданного предела, изменять скважность импульсного напряжения, выдаваемого на электромагнитный клапан уменьшения подачи топлива в двигатель.

В результате разработки необходимо было обеспечить:

- снижение погрешности измерений (с $\pm 12^\circ\text{C}$ для РТ12 до $\pm 3^\circ\text{C}$ для БРТ);
- возможность оперативной регулировки задаваемых пределов температуры, а также настройки на работу с различными типами термопар;
- максимальное удобство замены регулятора РТ12 на вновь созданный блок БРТ – снижение массо-габаритных показателей должно было достигаться с одновременным сохранением присоединительных размеров.

Необходимым условием являлось также наличие в блоке БРТ встроенной системы контроля работоспособности блока (а также исправности цепей термопар), обеспечивающей передачу информации о состоянии работы блока в системы самолета.

2. Решение проблемы

На первом этапе разработки был изготовлен действующий макет, алгоритм работы которого базировался на исходных данных и требованиях, выданных разработчиком двигателя. Однако, первые запуски на двигателем стенде ГП ЗМКБ «Ивченко-Прогресс» показали, что имеющихся данных недостаточно для формирования адекватных алгоритмов, обеспечивающих устойчивую работу блока БРТ на реальном двигателе, поэтому разработчиком блока были выполнены следующие работы:

- идентификация математической модели ГТД, соответствующей экспериментальным данным испытаний на выборках баз данных стендовых испытаний;
- исследование дозирующего элемента (клапана) и проверка его сливной (проливочной) характе-

ристики (на стенде «Одесавиаремсервис»);

- моделирование структуры и алгоритмов функционирования разрабатываемого блока БРТ (в среде MATLAB) с учетом полученных данных о двигателе и дозирующем элементе.

Проведенная работа достаточно подробно описана в [2]. Опытный образец блока БРТ был изготовлен с учетом результатов моделирования (прежде всего была разработана новая версия встроенного программного обеспечения) и предварительные испытания продемонстрировали эффективность проведенной доработки – опытный образец обеспечил выполнение всех требований по назначению и блок БРТ был признан годным для представления на летные испытания самолета Л-39 с модернизированным двигателем АИ-25ТЛШ.

Блок БРТ в принятом профиле успешно прошел ряд предусмотренных техническим заданием испытаний:

- летные, в составе самолета Л-39 с модернизированным двигателем АИ-25ТЛШ;
- межведомственные, в составе двигателя АИ-25ТЛШ на стенде ГП ЗМКБ «Ивченко-Прогресс»;
- межведомственные «автономные».

Общий вид блока БРТ показан на рис. 1.



Рис. 1. Блок регулирования температуры БРТ разработки ОАО «Элемент»

Данные для сравнения основных параметров и функций регулятора РТ12 [3] и блока БРТ приведе-

ны в табл. 1.

Испытания подтвердили, что в результате разработки создан блок, обеспечивающий четырехкратное снижение погрешности измерений температуры по сравнению с заменяемым прототипом, предоставляющий дополнительные возможности в эксплуатации (регулировки, настройки, выдача данных в бортовой регистратор), имеющий дополнительный технологический канал и при этом обладающий

массой в пять раз меньшей, чем масса прототипа.

Следует отметить, что использование современной элементной базы, то есть комплектующих с повышенной степенью интеграции, обеспечив снижение массы при расширении функциональных возможностей, гарантирует также повышение надежности блока БРТ по сравнению с регулятором РТ12, являющимся относительно старой (снятой с производства) разработкой.

Таблица 1

Сравнительные характеристики регулятора РТ-12 и блока БРТ

Наименование параметра, функции	Численное значение параметра	
	БРТ	РТ12-6
Погрешность измерений, °С	±3	±12
Масса, кг	0,7	3,5
Возможность оперативного изменения настройки температуры ограничения с передачей данных по цифровому каналу в КПА	обеспечена	отсутствует
Возможность оперативной регулировки уровня повышения настроек с передачей данных по цифровому каналу в КПА	обеспечена	отсутствует
Выдача данных в бортовой регистратор	обеспечена	отсутствует
Технологический канал, обеспечивающий визуализацию параметров и запись базы данных при стендовых испытаниях	имеется	отсутствует
Возможность оперативного переключения на работу с любым из двух типов термодатчиков	имеется	отсутствует
Функция ЧР – повышение температуры ограничения по дискретному сигналу со стенда или с борта	имеется	отсутствует
Примечание – функция ЧР реализована при доработке блока БРТ для работы в составе двигателя ТВЗ-117ВМА		

Еще одним достоинством новой разработки является заложенная во встроенном программном обеспечении возможность редактирования с целью адаптации изделия к различным моделям ГТД. Эта возможность была использована разработчиком для обеспечения испытаний блока в составе двигателя ТВЗ-117ВМА на двигательном стенде ОАО «Мотор Сич».

Требования к доработке блока и Программа испытаний были разработаны совместно с ОАО «Мотор Сич». Испытания успешно проведены в

запланированном объеме, в том числе исследовано функционирование блока в режимах ПРИЕМИСТОСТЬ и 1 КРЕЙСЕРСКИЙ с имитацией забросов температуры.

Технологический канал блока БРТ был использован для регистрации результатов испытаний – на рис. 2, 3 показаны графики изменения температуры в процессе отработки забросов на режиме 1 КРЕЙСЕРСКИЙ:

- рис. 2 отражает динамику регулирования при пошаговых забросах температуры до значений, ле-

жащих в диапазоне от 559,4 до 530,8 °С с шагом 5... 8 °С,

- на рис. 3 показана отработка резкого заброса на 30 °С.

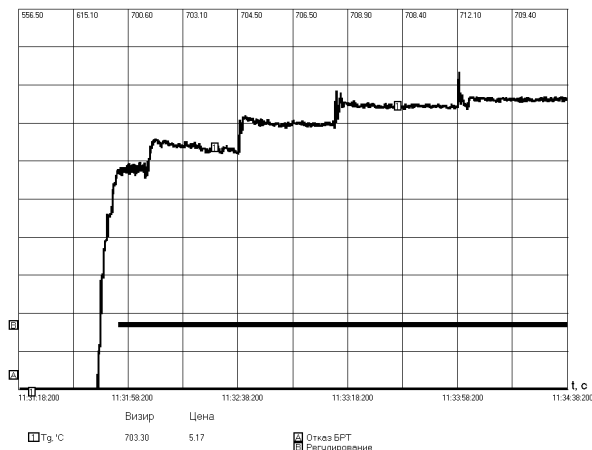


Рис. 2. Отработка забросов температуры блоком БРТ

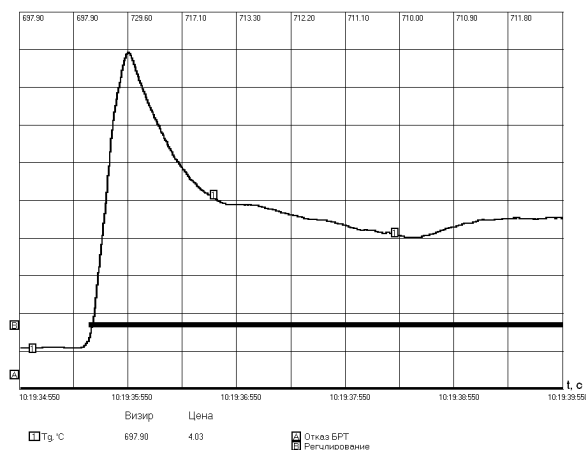


Рис. 3. Отработка блоком БРТ резкого заброса температуры на 30 °С

Заключение

1. В рамках рассматриваемой работы ОАО «Элемент» создан современный блок регулирования температуры выходящих газов БРТ, обеспечивающий замену устаревшего регулятора РТ12 и отличающийся рядом преимуществ, в том числе

снижением погрешности измерений температуры в четыре раза. Блок в профиле, предназначенном для модернизируемого ГТД АИ-25ТЛШ, прошел комплекс испытаний, включая летные.

2. В разработанном блоке БРТ предусмотрена возможность посредством доработки встроенного программного обеспечения адаптировать блок к работе в составе ГТД другого типа. Эта возможность была реализована для обеспечения испытаний блока в составе двигателя ТВЗ-117ВМА на двигателем стенде. Программа испытаний выполнена успешно.

3. Перспективы работы заключаются в разработке алгоритмов регулирования температуры выходящих газов для ГТД различных типов и адаптации блока БРТ к обеспечению режимов возможно большего количества типов двигателей.

Литература

1. Шереметьев А.В. Анализ опыта эксплуатации зарубежных ГТД по техническому состоянию // Авиационно-космическая техника и технология: Научн.-техн. журн. – 2003. – № 5 (40). – С. 5-8.
2. Миргород В.Ф., Грудинкин В.М. Имитационное моделирование и управление температурным режимом ГТД АИ-25 ТЛШ // Авиационно-космическая техника и технология: Научн.-техн. журн. – 2006. – № 8 (34). – С. 42-45.
3. Регулятор температуры РТ12-6 2-й серии. Техническое описание и руководство по эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1975. – 340 с.

Поступила в редакцию 28.05.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.А. Нестеренко, Одесский национальный политехнический университет, Одесса.