

УДК 681.515

А.Г. БУРЯЧЕНКО, Г.С. РАНЧЕНКО, Д.С. БУРУНОВ

АО «Элемент», Одесса, Украина

МОДИФИКАЦИЯ ТИПОВОЙ КОНСТРУКЦИИ РЕГУЛЯТОРА ДВИГАТЕЛЯ АИ-450М – СУЩНОСТЬ, ПРОЦЕДУРЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Показаны суть и результаты работы по внесению главного изменения в типовую конструкцию комплектующего изделия категории А (согласно АП-21), ранее получившего Свидетельство о годности и обеспечившего сертификационные испытания двигателя. Описаны внесенные изменения, обусловленные, во-первых, требованием заказчика о введении новой функции по дополнительной защите двигателя и, во-вторых, стремлением разработчика использовать новые технологические возможности. Освещены процедура внесения главного изменения, особенности проведения дополнительных квалификационных работ с целью получения Дополнения к Свидетельству о годности комплектующего изделия.

Ключевые слова: комплектующее изделие образца авиационной техники, закон управления, алгоритм контроля, главное изменение типовой конструкции, квалификационные работы.

Введение

В 2014 году регулятор двигателя цифровой РДЦ-450М (рис. 1), разработанный в АО «Элемент» по техническому заданию ГП «Ивченко–Прогресс», прошел весь комплекс испытаний для изделия категории А (согласно АП-21) и в мае получил от Авиарегистра МАК Свидетельство о годности комплектующего изделия. Затем аналогичное Свидетельство было выдано и Госавиаслужбой Украины – разработка и квалификация регулятора описаны в [1].

Таким образом, сертификационные испытания двигателя АИ-450М образцы регулятора обеспечивали в статусе «для эксплуатации» и регулятор в качестве комплектующего изделия был включен в комплектацию образцов авиационной техники, выпускаемой АО «Мотор Сич».

1. Формулирование проблемы

По результатам сертификационных испытаний двигателя АИ-450М и государственных испытаний вертолета Ми-2М и Ми-2МСБ уже к концу 2015 года были сформированы предложения по уточнению реализованных в типовой конструкции регулятора законов управления двигателем и алгоритмов контроля параметров его работы.

Выполненная согласно наперед заданным критериям оценка планируемых изменений показала, что необходимо провести процедуру внесения «главного изменения типовой конструкции», поскольку среди многочисленных корректировок присутствовало требование ввести новую функцию, а именно – «ограничение максимальной мощности двигателя».

© А.Г.Буряченко, Г.С.Ранченко, Д.С.Бурунов, 2017

Следует отметить, что хотя на первый взгляд требуемые разработчиком двигателя изменения не затрагивали аппаратную часть регулятора и могли быть реализованы посредством изменения встроенного программного обеспечения регулятора, такой подход был признан специалистами АО «Элемент» неприемлемым. Было принято решение о замене типа центрального процессора, что диктовалось, как необходимостью увеличения объема памяти, так и достаточно быстрой сменой «поколений» микросхем на рынке электронных компонентов.



Рис. 1. Регулятор двигателя цифровой РДЦ-450М – исполнение, соответствующее типовой конструкции, одобренной в 2014 году

Далее, рассмотрев возможность применения новых технологических решений, разработчик регулятора счел целесообразным внести конструктивно-технологические изменения.

В результате были сформулированы следующие задачи модификации типовой конструкции:

- замена типа центрального процессора со всеми сопутствующими доработками электрических схем (с учетом задачи снижения потребляемой мощности) и адаптацией программного обеспечения;

- доработка программного обеспечения под новые требования разработчика двигателя с введением значительного объема изменений уточняющего характера и с реализацией новой функции – ограничение максимальной мощности двигателя;

- внедрение новых конструкторских и технологических решений, способствующих снижению трудоемкости изготовления регулятора, повышению его устойчивости к внешним воздействиям и надежности;

- проведение комплекса дополнительных квалификационных работ, требуемых процедурой внесения главного изменения типовой конструкции комплектующего изделия авиационной техники категории А.

2. Решение проблемы

Прежде всего, были рассмотрены возросшие вследствие заданных заказчиком изменений программного обеспечения требования к объему памяти и запасу вычислительной мощности центрального процессора управления – со структурой РДЦ-450М можно ознакомиться в [1]. При этом было учтено, что используемый в типовой конструкции микроконтроллер PHUCORE-MCP555 присутствует на рынке более 10 лет.

По результатам рассмотрения имеющихся на рынке предложений был выбран новый микроконтроллер с ядром Cortex-M4 (обеспечивающий существенное повышение производительности и объема памяти), и последующая доработка программного обеспечения велась, так сказать «под него».

Основным результатом доработки встроенного программного обеспечения согласно заданным заказчиком изменениям было введение функции ограничения максимальной мощности двигателя для обеспечения его дополнительной защиты, а кроме того, были внесены уточнения в:

- расчетные формулы и зависимости,
- последовательность выполнения операций,
- состав эксплуатационных регулировок,
- логику формирования сообщений.

Доработка ПО проведена с соблюдением процедур, регламентированных КТ-178В, и сопровождалась разработкой всех требуемых документов, в том числе организационного характера.

Были внесены и конструктивно-технологические изменения.

В рамках совершенствования технологии изготовления и снижения трудоемкости сборочных операций проводной монтаж внутри корпуса заменен монтажом на беспроводной основе.

Для улучшения условий теплоотвода наружная поверхность корпуса РДЦ-450М в новой конструкции выполнена оребренной (рис. 2) и приняты дополнительные меры для минимизации теплового сопротивления между корпусом РДЦ-450М и радиаторами тепловыделяющих элементов.

Одновременно за счет некоторого обновления элементной базы (например, преобразователей питания с повышенным КПД) и новых схемотехнических решений была в полтора раза снижена потребляемая мощность.



Рис. 2. РДЦ-450М – исполнение с введенным в 2017 году главным изменением

Введены конструктивно-технологические изменения, потенциально способствующие улучшению экранирующих свойств корпуса – ликвидированы съемные крышки. В результате вместо четырех периметров сопряжения частей корпуса остался один. При этом электрический контакт по всему периметру прилегания панелей достигается за счет электропроводящих герметизирующих прокладок.

По требованию заказчика введен ряд исполнений РДЦ-450М, отличающихся значениями ограничиваемой мощности двигателя и типом устанавливаемого на двигателе датчика вибрации, на работу с которыми настраивается регулятор при выпуске из производства. Следует отметить, что первоначально предполагалось сделать настройку ограничителя под заданную мощность двигателя доступной в эксплуатации с помощью специально разработанной контрольно-проверочной аппаратуры. Таково было первоначальное требование заказчика, и этот вариант уже был реализован разработчиком, но при согласовании с Авиарегистром МАК выяснилось, что это недопустимо по требованиям обеспечения безопасности. В

результате в конструкторской документации представлен ряд исполнений, однозначно идентифицируемых уже при выпуске и обеспечивающих эксплуатацию всех сертифицированных модификаций двигателя – АИ-450М, АИ-450М1, АИ-450М-Б, АИ-450М-П и АИ-450М1-П.

Это один из примеров тесного переплетения собственно технических вопросов с вопросами процедурно-организационного характера, которые необходимо было решать специалистам АО «Элемент» при выполнении комплекса дополнительных квалификационных работ по внесению главного изменения в типовую конструкцию РДЦ-450М. В этой связи важно понимать, что Госавиаслужба Украины в настоящее время проводит реформирование норм и правил с целью их наиболее полной гармонизации с требованиями Европейского агентства авиационной безопасности (European Aviation Safety Agency – EASA). В условиях упомянутого реформирования процедурные вопросы, вопросы документирования, а также взаимодействия заинтересованных сторон содержат, так сказать, элементы новизны не только для специалистов АО «Элемент», но и для специалистов Госавиаслужбы Украины. Это стало ясно уже при подаче заявки на внесение главного изменения [2].

По результатам обсуждения объема типовых и дополнительных квалификационных испытаний соответствие ряду требований квалификационного базиса в части устойчивости к внешним воздействующим факторам было признано целесообразным подтвердить посредством проведения инженерного анализа подобию «нового» регулятора (с внесенным главным изменением) и ранее прошедшей все испытания типовой конструкции.

Проведенный анализ был признан экспертами Авиарегистра МАК достаточным для подтверждения соответствия.

Для подтверждения соответствия другим требованиям квалификационного базиса модифицированный регулятор прошел необходимые испытания. Прежде всего, это распространялось, разумеется, на подтверждение выполнения всех функций по назначению – это подтверждение было обеспечено в полной мере испытаниями на площадке разработчика с использованием специально разработанного ранее стенда-имитатора двигателя [3]. Также на площадке разработчика были проведены испытания на воздействие климатических и механических внешних воздействующих факторов согласно КТ-160D.

Затем были проведены испытания в составе двигателя и вертолета на площадке заказчика.

Весь комплекс дополнительных квалификационных работ (включая испытания), проводившихся под контролем Независимой инспекции и экспертов Авиарегистра МАК, завершён в апреле 2017 года. По результатам рассмотрения отчетных материалов Авиарегистром МАК выдано Дополнение к Свидетельству о годности комплектующего изделия авиационной техники на модифицированный регулятор РДЦ-450М, включающий ряд исполнений.

Выдача аналогичного документа от Госавиаслужбы Украины находится в стадии завершения – задержка обусловлена упомянутыми выше мероприятиями по реформированию норм и правил, на которых базируется деятельность службы (похоже, изменений много – от основополагающих оценок и определений до формы бланков документов).

В настоящее время работы по модифицированному регулятору продолжаются. АО «Элемент» подана заявка на следующее главное изменение – увеличение ресурсов и срока службы для новой модификации. Эквивалентно-циклические испытания запланированы на ближайшее время.

Заключение

В результате проведенной АО «Элемент» модернизации регулятора РДЦ-450М турбовального газотурбинного двигателя АИ-450М и последующих дополнительных квалификационных работ, завершившихся получением Дополнения к Свидетельству о годности, создан ряд исполнений регулятора, обеспечивающих испытания и эксплуатацию всех пяти модификаций указанного двигателя.

Все исполнения новой модификации типовой конструкции РДЦ-450М обеспечивают дополнительную защиту двигателя и повышение безопасности полетов за счет введения новой функции – ограничение максимальной мощности двигателя.

Конструктивно-технологические и схемотехнические изменения обеспечили замену центрального процессора устаревшего типа на один из наиболее современных, снизили энергопотребление (в полтора раза) и трудоемкость изготовления.

Дальнейшее развитие описанных результатов состоит в проведении эквивалентно-циклических испытаний новой модификации регулятора РДЦ-450М с целью подтверждения заданных показателей долговечности.

Литература

1. Ранченко Г.С. Регулятор двигателя АИ-450М – результаты разработки и квалификации

на категорию А / Ранченко Г.С., Буряченко А.Г., Грудинкин В.М., Голубев, Данилов В.В. // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2014. – №10 (117) – с. 93 – 98.

2. Ранченко Г.С. Квалификация КИ АТ – современные требования и взаимодействие национальных и межгосударственных авиационных властей / Ранченко Г.С., Буряченко А.Г.

// *Авиационно-космическая техника и технология*. 2016. №4 (131) – с.33- 37.

3. Буряченко А.Г. Стенд-имитатор турбовального двигателя АИ-450М для испытаний регулятора двигателя. Метрологическое обеспечение и аттестация стенда / Буряченко А.Г., Грудинкин В.М., Бурунов Д.С. // *Вестник двигателестроения*. – 2015. – №2. – с. 95 – 101.

Поступила в редакцию 14.06.2017 г.

А.Г. Буряченко, Г.С. Ранченко, Д.С. Бурунов. Модифікація типової конструкції регулювальника двигуна АИ-450М – суть, процедури та результати

Показані суть та результати роботи по внесенню головної зміни до типової конструкції комплектуючого виробу категорії А (згідно АП-21), який раніше здобув Свідоцтво про придатність та забезпечив сертифікаційні випробування двигуна. Описані внесені зміни, що обумовлені, по-перше, вимогою замовника що до введення нової функції по додатковому захисту двигуна, та, по-друге, прагненням розробника використати нові технологічні можливості. Висвітлені процедура внесення головної зміни, проведення додаткових кваліфікаційних робіт з метою надбання Додатку до Свідоцтва про придатність комплектуючого виробу.

Ключові слова: комплектуючий виріб зразка авіаційної техніки, закон керування, алгоритм контролю, головна зміна типової конструкції, кваліфікаційні роботи.

A.G. Buryachenko, G.S.Ranchenko, D.S.Burunov. Modification of the engine AI-450M regulator standard model – essence, procedure and results

There are shown the essence and results of the main change to component unit of the aircraft unit standard model («А» category according to the AP-21). This unit was qualified before, had the Certificate (Appliance design approval) and supported the engine certificate tests. The changes which are based on the customer's request concerning the additional engine protection and on the developer's requirements to use the latest technological achievements are described. Procedure of main change and the additional work of qualification in order to receive the Supplement to Certificate (to Appliance design approval) are described the.

Key words: component unit of the aircraft unit type, law of the controlling, algorithm of the controlling, main change of the standard model, qualification.