

УДК 621.43.001.519.711.3: 681.518.54

А. И. ИВАЩЕНКО, Г. Ф. ЦАЛИМОВ, В. В. НЕРУБАССКИЙ, Н. Н. ЛОПУНОВА

АО «Элемент», Одесса, Украина

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПРОВЕРКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЖГУТОВ АВИАЦИОННЫХ ГТД

*Приведено описание, дан перечень функций и отражены технические особенности контрольно-проверочного комплекса тестирования электрических жгутов. Разработанный комплекс позволяет проверять электрические жгуты, коллектора термонапар и проверку правильности подключения датчиков типа ДБСКТ, ДТА и ДЧВ. Отмечено, что разработанный комплекс имеет второе «переносное» исполнение, назначение которого – проверка жгутов непосредственно на месте установки и эксплуатации, в том числе, и при подсоединённых агрегатах. Рассмотрена архитектура программного изделия и последовательность выполнения операций для проверки жгутов. Показано, что выполнение оператором проверки сводится к простейшим операциям, что в свою очередь снижает требования к квалификации персонала, ускоряет процесс проверки и снижает себестоимость проверяемого изделия.*

**Ключевые слова:** контрольно-проверочный комплекс, контроль параметров, контроль изоляции, контроль сопротивления проводов, метрологические характеристики, электрический жгут.

### Введение

Важным элементом авиационного двигателя является электропроводка (жгуты), длина которой может достигать десятков метров.

Для выявления возможных дефектов изоляции, повреждения защитной оболочки (КЗ, обрывы, холодные пайки) жгут, на каждом этапе - непосредственно после изготовления, монтажа и в процессе эксплуатации, проверяется.

С целью повышения эффективности технологического процесса проверки на всех этапах применяются автоматизированные средства тестирования, основным производителем которых на сегодняшний день в странах СНГ является Россия. Причем, системы, присутствующие на рынке СНГ, можно охарактеризовать как надежные, но недостаточно удобные в эксплуатации из-за больших массогабаритов. В отличие от существующих аналогов: ТЕСТ-9110-VXI (Россия), SYNOR 5000P (Франция), Horizon 1500 (США), разработанное и изготавливаемое АО «Элемент» изделие – контрольно-проверочный комплекс электрических жгутов КПК-ЖГУТ – выгодно отличается компактностью и малым весом, простотой в эксплуатации, а кроме того, дополнительно обеспечивает проверку фазировки датчиков типа ДБСКТ, ДТА и ДЧВ. Изделие КПК-ЖГУТ имеет два исполнения: КПК-ЖГУТ стационарный – предназначен для проверки жгута после изготовления или ремонта и КПК-ЖГУТ переносной – для выполнения проверок непосредственно на месте эксплуатации жгута, в том числе и при подсоединённых агрегатах.

### 1. Основные функции КПК-ЖГУТ

КПК-ЖГУТ стационарный и КПК-ЖГУТ переносной выполняют проверку электрических жгутов на:

- короткое замыкание или обрыв;
  - соответствие требованиям сопротивления изоляции;
  - соответствие эталону (эталон - конфигурационный файл жгута, в котором представлена схема и параметры цепей);
  - соответствие заданному сечению проводников;
  - соответствие заданному сопротивлению проводников (в т.ч. коллекторов термонапар).
- Обеспечивается проверка фазировки датчиков типа ДБСКТ, ДТА, ДЧВ.
- Автоматизируются следующие операции:
- сохранение результатов испытаний (проверок) в электронном архиве и формирование протоколов испытаний (технологических паспортов);
  - предоставление оператору возможности редактирования формы технологических паспортов;
  - определение типа подсоединённого жгута из библиотеки эталонов;
  - создание и редактирование эталонов;
  - определение метрологических характеристик измерительных каналов КПК-ЖГУТ при их метрологической аттестации и при проверке;
  - выполнение самотестирования блока УСО встроенной системой контроля (ВСК).

## 2. Состав изделий

КПК-ЖГУТ стационарный состоит из двух подсистем: блока устройства связи с объектом (блок УСО) и рабочей станции (системный блок, монитор, принтер) приведенных на рис. 1.



Рис. 1. Изделие КПК-ЖГУТ стационарный

Блок УСО состоит из набора модулей коммутации (до 10 шт.), модуля управления и блока питания.

Модуль коммутации предназначен для подключения проверяемого жгута через переходные жгуты к блоку УСО. Модули коммутации имеют по 40 контактов каждый. Таким образом, КПК-ЖГУТ позволяет проверить электрический жгут с числом контактов до 400.

Модуль управления получает команды на измерение от рабочей станции по интерфейсу RS-232, выполняет измерение и возвращает ответный пакет информации.

Для обеспечения портативности КПК-ЖГУТ переносного в качестве рабочей станции служит ноутбук, а блок УСО содержит два модуля коммутации (рис. 2).



Рис. 2. Изделие КПК-ЖГУТ переносной

## 3. Программное изделие

Для ввода данных проверки, выполнения функций и визуализации полученных результатов разработано программное изделие (ПИ), устанавливаемое на рабочую станцию под операционной системой реального времени QNX 4.25 [1, 2].

В состав ПИ входит 14 программных модулей, каждый из которых выполняет определённую функцию. После загрузки операционной системы запускаются программы авторизации и верификации ПИ, которые защищают от несанкционированного доступа и нарушения целостности. ПИ имеет три уровня доступа: оператор, технолог, администратор. В зависимости от уровня доступа отдельные программные модули могут быть открыты или закрыты для использования.

Модули ввода исходных данных готовят данные для проверок и формирования протокола. Шаблон электрического жгута создаётся редактором эталонов, а форма протокола может редактироваться редактором технологических паспортов. Перед началом оператор вводит исходные данные (номер комплекта, наименование и десятичный номер проверяемой единицы), которые потом фиксируются в протоколе.

Из основного модуля проверки жгутов осуществляется выбор файла эталона, вида проверки (КЗ, обрыв, сопротивление изоляции, сопротивление проводников, заданное сечение проводников, проверка коллектора термопар, проверка датчиков) и запуск проверки. Для жгутов предусмотрен вид проверки «Автомат», который включает в себя проверку на КЗ, обрыв, контроль сопротивления изоляции. Программа предоставляет доступ к остальным программным модулям.

Программа протоколирования формирует и отображает протокол проверки (рис. 3). Все протоколы автоматически сохраняются в архив в виде html-страниц.

В состав ПИ входят модули автоматизации дополнительных операций:

- программа встроенной системы самоконтроля определяет неисправности модулей блока УСО, неисправность в модуле коммутации идентифицируется с точностью до контакта;

- программа автоматизации метрологической аттестации предназначена для проверки измерительных каналов, в том числе и при государственной метрологической аттестации изделия КПК-ЖГУТ;

- программа идентификации позволяет определить тип подсоединённого жгута (в произвольном порядке) используя библиотеку эталонов.

Для каждого типа жгута программно создаётся конфигурационный файл (эталон), содержащий схему жгута и значения его параметров по ТУ. Таким образом, создаётся библиотека электрических жгутов.

Последовательность выполнения проверки оператором следующая:

- подключить проверяемый жгут к блоку УСО;
- в окне программы проверки выбрать файл эталона из имеющейся библиотеки;
- ввести исходные данные проверяемой сборочной единицы;
- выбрать вид проверки;
- запустить проверку.

После запуска проверки программное изделие осуществляет формирование и отправку команд на выполнение измерения модулю управления блока УСО. ПИ выполняет математическую обработку полученных результатов, сравнение их с эталонными значениями, формирование отчетов о проверках. Когда все цепи эталона будут проверены, на экран выводится сформированный протокол (рис. 3), который по команде оператора выводится на печать. Протокол содержит в себе исходную информацию о проверяемом объекте (номер комплекта, десятичный номер и т.д.), таблицу цепей несоответствующих эталону, итоговое заключение о соответствии ТУ и поле подписей ответственных лиц.

#### 4. Технические характеристики

В зависимости от исполнения основные характеристики блока УСО могут меняться (таблица 1).

Таблица 1  
Характеристики блока УСО КПК-ЖГУТ

Характеристика	Стационарный	Переносной
Количество проверяемых проводов (контактов)	200 (400)	40 (80)
Время выполнения контроля для цепи	сопротивления – 0,5 с сопротивления изоляции – 1 с	
Диапазон контроля сопротивления	проводников – от 0,2 до 3 кОм изоляция – от 10 до 100 МОм	

Габаритные размеры и масса блока УСО КПК-ЖГУТ стационарный: 462×140×300 мм и 7,5 кг.

Габаритные размеры и масса блока УСО КПК-ЖГУТ переносной: 165×148×260 мм и 3,5 кг.

Напряжение питания блока УСО 220 В переменного тока либо (27±2,7) В постоянного тока.

#### Заключение

Проверка функционирования показала, что КПК-ЖГУТ позволяет быстро и достоверно проверить жгут в автоматическом режиме. Для каждого проверяемого объекта протокол проверки форми-

**КПК ЖГУТ**  
АХША.54 000-03

Диск: 74.1 Гб (99%) 17 Май 2015 г.  
Память: 1681 Мб (84%) 13:08:02

**Протокол проверки жгутов на обрыв**

Номер комплекта: 113  
Изделие: АИ-450  
Обозначение сборочной единицы: АХША.654234.54  
Наименование сборочной единицы: Тестовый кабель  
Дата: 17.05.15

№	Обозначение цепи жгута		Контроль монтажа на отсутствие обрыва
п/п	Контакт №1	Контакт №2	соответствует/обрыв
1	X1:1	X1:2	обрыв
2	X1:20	X1:21	обрыв
3	X1:39	X1:40	обрыв
4	X5:1	X5:2	обрыв
5	X5:20	X5:21	обрыв
6	X5:39	X5:40	обрыв
7	X10:1	X10:2	обрыв
8	X10:39	X10:40	обрыв
9	X11:1	X11:2	обрыв
10	X11:20	X11:21	обрыв

страница 2

17	X14:20	X14:21	обрыв
18	X14:39	X14:40	обрыв
19	X15:1	X15:2	обрыв
20	X15:20	X15:21	обрыв
21	X15:39	X15:40	обрыв
22	X16:1	X16:2	обрыв
23	X16:20	X16:21	обрыв
24	X16:39	X16:40	обрыв
25	X17:1	X17:2	обрыв
26	X17:20	X17:21	обрыв
27	X17:39	X17:40	обрыв

Сборочная единица не соответствует ТУ  
Табельный номер оператора: 654

Слесарь-электромонтажник: \_\_\_\_\_ П.П. Петров  
Контролер: \_\_\_\_\_ А.В. Сидоров  
Старший мастер: \_\_\_\_\_ И.И. Иванов

Печать Выход

FileMan F1 Помощь F2 Идент. F3 Проверка F4 Ост./Пуск F5 Архив F6 Исх. данные F8 Метрол. F10 Выход

Рис. 3. Сформированный протокол проверки программного изделия

руется, подготавливается для печати и автоматически сохраняется на рабочей станции. Методики выполнения проверок жгутов демонстрируют простоту эксплуатации при широком наборе функций, предоставляемых пользователю.

В настоящее время изделие готовится к прохождению испытаний на АО «Мотор Сич» и сдачи в эксплуатацию.

Намечены цели дальнейшего усовершенствования – уменьшение времени измерений, повышение точности измерительных каналов, возможность реализации наращивания числа модулей коммута-

ции и возможность подключения нескольких блоков УСО для совместной работы.

## Литература

1. Зыль, С. Н. *Операционная система реального времени QNX: от теории к практике [Текст] / С. Н. Зыль. – СПб. : БХВ-Петербург, 2004. – 192 с.*
2. Алексеев, Д. И. *Практика работы с QNX [Текст] / Д. И. Алексеев. – М. : КомБук, 2004. – 430 с.*

*Поступила в редакцию 15.05.2015, рассмотрена на редколлегии 19.06.2015*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В. Ф. Миргород, Военная академия, Одесса.

### АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕВІРКИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ДЖГУТІВ АВІАЦІЙНИХ ГТД

*О. І. Іващенко, Г. Ф. Цалимов, В. В. Нерубаський, Н. Н. Лопунова*

Наведено опис контрольно-перевірочного комплексу тестування електричних джгутів, дано перелік функцій і відображено технічні особливості. Розроблений комплекс дозволяє перевіряти електричні джгути, колектора термопар та вірність підключення датчиків типу ДБСКТ, ДТА і ДЧВ. Відзначено, що розроблений комплекс має друге "переносне" виконання, призначення якого перевіряти джгут безпосередньо на місці установки та експлуатації, у тому числі, і при приєднаних агрегатах. Розглянуто архітектуру програмного виробу та послідовність виконання операцій для перевірки джгутів. Показано, що виконання оператором перевірки зводиться до найпростіших операцій, що, у свою чергу, знижує вимоги до кваліфікації персоналу, прискорює процес перевірки і знижує собівартість виробів, що перевіряються.

**Ключові слова:** контрольно-перевірочний комплекс, контроль параметрів, контроль ізоляції, контроль опору провідів, метрологічні характеристики, електричний джгут.

### AUTOMATION OF TECHNOLOGICAL PROCESS CHECKS ELECTRICAL HARNESSSES GTE OF THE AIRCRAFT

*A. I. Ivashchenko, G. F. Tsalimov, V. V. Nerubasskiy, N. N. Lopunova*

It is described the control and verification of the complex testing of electrical harnessses, given a list of functions and technical features reflect. Designed complex allows you to check the electrical wiring, including in conjunction with the connected sensors, thermocouples and collector-type sensors are connected correctly DBSKT, DTA and DCHV. It was noted that developed complex has a second "mobile" version, whose function is to check the wiring on-site installation and operation, including when the connected units. It is described the architecture of the software product and the sequence of operations to test harness. It is shown that the performance of the operator inspection is reduced to simple operations, which consequently reduces the requirements for qualification of personnel, speed up the verification process and reduces the cost of the product being tested.

**Key words:** control and testing complex, parameters monitoring, insulation monitoring, test of the resistance wires, metrological characteristics, electric harness.

**Цалимов Григорій Фёдорович** – канд. техн. наук, вед. науч. сотр., АО «Элемент», Одесса, Украина, e-mail: odessa@element.od.ua.

**Нерубасский Вадим Владимирович** – науч. сотр., начальник бюро программного обеспечения, АО «Элемент», Одесса, Украина, e-mail: vnerubaskiy@yandex.ru.

**Іващенко Александр Игоревич** – инженер-программист 3-й категории, АО «Элемент», Одесса, Украина, e-mail: odessa@element.od.ua.

**Лопунова Нина Николаевна** – ведущий инженер-программист, АО «Элемент», Одесса, Украина, e-mail: odessa@element.od.ua.