

УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ЭЛЕКТРО- И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ АВИАЦИОННОГО ТОПЛИВА

П. А. Федюнин, А. М. Сафин, Д. П. Федюнин

ФГКВООУ ВПО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж

Рецензент д-р техн. наук, профессор В. Н. Чернышов

Ключевые слова и фразы: авиационный комплекс; диэлектрический волновод; качество авиационного топлива; теплофизические параметры; эксплуатация; экспресс-контроль; электрофизические параметры.

Аннотация: Приведен анализ статистики авиационных катастроф самолетов оперативно-тактической авиации по материалам зарубежной печати, а также показаны причины авиационных катастроф из-за отказов агрегатов авиационных силовых установок. Рассмотрено устройство контроля параметров авиационного топлива на основе комбинированного преобразователя на диэлектрическом волноводе, в котором обеспечивается независимое управление электромагнитным полем СВЧ диапазона и ввод материальных потоков в диэлектрический трубопровод, что позволяет осуществлять измерения электро- и теплофизических параметров авиационного топлива в трубопроводе, например, при заправке воздушного судна.

Эффективность применения авиационного комплекса определяется его высокой надежностью и безопасностью работы, а это возможно в том случае, если каждая составляющая такой сложной организационно-технической системы будет работать надежно и безотказно.

Развитие и совершенствование летательных аппаратов (ЛА), характерное для современного этапа отечественной авиации, осуществляется в направлении повышения надежности гидравлических и топливных систем ЛА и вытекающего из этого повышения уровня боеготовности и эффективности применения боевого авиационного комплекса (БАК) в це-

Федюнин Павел Александрович – доктор технических наук, профессор, e-mail: fpal@yandex.ru; Сафин Альберт Мирсалимович – кандидат технических наук, доцент, e-mail: safin_albert@mail.ru; Федюнин Дмитрий Павлович – курсант, ФГКВООУ ВПО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. проф. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина», г. Воронеж.

лом. Высокие требования предъявляются к качеству авиационных жидкостей, в том числе авиационного топлива на наличие посторонних фракций, например влаги и механических мелкодисперсных примесей различной физической природы, процентное содержание серы и удельной проводимости топлива. Особое внимание при этом должно уделяться безопасности контроля, а сам контроль должен быть оперативным и высокоточным [1].

На рисунке 1, *а* представлен анализ статистики авиационных катастроф самолетов оперативно-тактической авиации по материалам зарубежной печати с выделением их причин, а также причины авиационных катастроф из-за отказов агрегатов авиационных двигателей (АД) (рис. 1, *б*).

Из анализа следует, что значительный процент катастроф определяет отказ двигателей в целом и неполадки в масляной и топливной системах в частности.

Безотказность гидравлических и топливных систем является одной из главных составляющих надежности любого ЛА, так как эти системы обеспечивают работу силовой установки и управления ЛА.

Возникающее техническое противоречие между возможностями существующих методов, способов и средств контроля авиационных жидкостей и все возрастающими требованиями к уровню их качества, а значит и надежности функционирования гидравлических и топливных систем,



Рис. 1. Статистика причин авиационных катастроф самолетов (а) и отказов агрегатов АД (б)

устраняется переходом к разработке высокоточных методов, базирующихся на эффектах различной физической природы, способов и приборов аналитического контроля параметров авиационных жидких сред.

Основным требованием, предъявляемым к первичным измерительным преобразователям (ПИП), особенно в вопросах пожаро- и взрывобезопасности и возможности применения в технологическом процессе перекачки топлива, удовлетворяют ПИП на диэлектрических волноводах (ДВВ).

Расширение метрологических возможностей ПИП на ДВВ, как волноводов поверхностных волн, позволяет их комплексирование в устройствах измерения электро- и теплофизических параметров с гофрированными и спиральными замедляющими структурами с управляемым коэффициентом замедления. На рисунке 2 представлена обобщенная схема комбинированного преобразователя на ДВВ.

Основными технологическими недостатками измерителей на ДВВ является трудность сопряжения возбуждения поверхностной волны (с приемным согласованием и минимумом быстрых волн) и вводом материальных потоков в диэлектрический волновод (нельзя сопрягать возбудитель и ввод жидкости), невозможность байпасного ввода. Применение специальных волноводных щелевых антенн (ВЩА) не только устраняет вы-

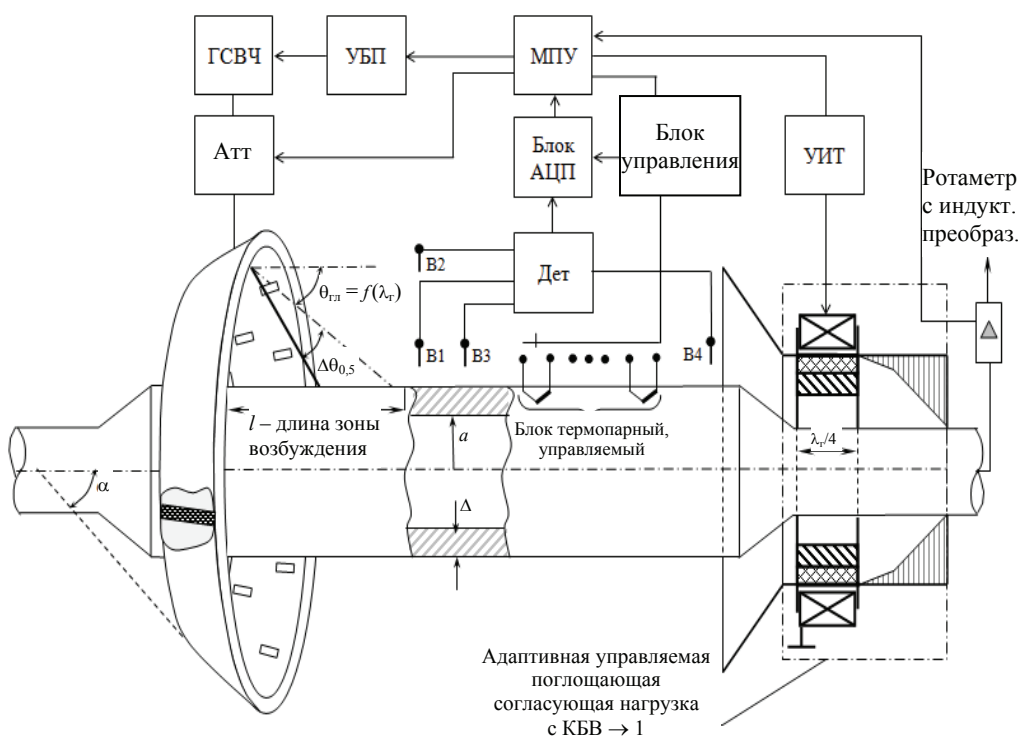


Рис. 2. Обобщенная схема комбинированного преобразователя на ДВВ:

- ГСВЧ – генератор сверхвысокой частоты; АтТ – аттенюатор;
- УБП – управляемый блок питания; МПУ – микропроцессорное устройство;
- АЦП – аналого-цифровой преобразователь; УИТ – управляемый источник тока;
- В1 – В4 – вибраторы; Дет – детектор

шеуказанные трудности, но и позволяет осуществлять контроль электрофизических (диэлектрической и магнитной проницаемостями), теплофизических и влажностных параметров потока жидкой среды в ДВВ [2].

При разработке ПИП на ДВВ главным является оптимальный выбор структуры возбуждаемой поверхностной волны и величины соотношения диэлектрического радиуса a к длине волны генератора – a/λ_r . Этот выбор позволяет разрешить компромисс между максимизацией чувствительности $d\alpha_r/d\varepsilon$ и линейности характеристики коэффициента ослабления поля в радиальной плоскости $\alpha_r = \Phi(\varepsilon)$ в широком диапазоне измерения диэлектрической проницаемости ε . В разработанном устройстве применяется линейно поляризованная несимметричная волна HE_{11} , которая возбуждается с помощью кольцевой ВВЦА решетки. Угол наклона ВВЦА α должен обеспечивать падение волны на поверхность трубопровода под углом Брюстера (полного преломления), чтобы обеспечить ввод максимума энергии падающей волны в трубопровод. Условие одномодового режима работы приведено в [2].

Комплексирование позволяет совместно с управляемым возбудителем на ВВЦА повышать метрологические характеристики и возможности измерений путем разрешения задач [2]:

1) оптимизации минимума быстрой волны – рассматриваются два режима работы ПИП: режим бегущих волн (**БВ**) и режим стоячих волн (**СВ**);

2) импульсного СВЧ-нагрева путем изменения положения диаграммы направленности (**ДН**) ВВЦА вплоть до пространственного сопровождения зоны нагрева со скоростью равной ламинарному течению нагреваемой жидкости, протекающей в диэлектрическом трубопроводе;

3) эффективной реализации алгоритмов перемещения зоны возбуждения (нагрева) в пространстве и во времени, реверса бегущей волны и качания луча ДН.

Применительно к рассмотренному устройству основным источником погрешности измерений является режим работы измерителя в целом, то есть режим в линии передачи – волноводе. С целью обеспечения режима бегущих волн устройство имеет адаптивную управляемую поглощающую нагрузку, которая обеспечивает коэффициент бегущей волны (**КБВ**) в пределах 0,83...0,87, что позволяет считать режим весьма близким к чистому режиму БВ. Осуществляется реактивное согласование нагрузки по максимуму КБВ на поглощение конусом и на вывод энергии через вибратор В4.

Список литературы

1. Разносчиков, В. В. Авиационные топлива и смазочные материалы (авиационная химмотология) / В. В. Разносчиков, А. И. Чепанов. – М. : ВВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2007. – 51 с.

2. Федюнин, П. А. Волноводные методы неразрушающего контроля параметров и свойств материалов в прикладной электродинамике : монография / П. А. Федюнин, Д. А. Дмитриев ; под ред. П. А. Федюнина. – Тамбов : ТВВАИУРЭ (ВИ), 2006. – 410 с.

3. Микроволновая термовлагометрия : монография / П. А. Федюнин [и др.] ; под ред. П. А. Федюнина. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 208 с.

References

1. Raznocchikov V.V., Chepanov A. I. *Aviatsionnye topliva i smazochnye materialy (aviatsionnaya khimmotologiya)* (Aviation fuels and lubricants (aviation Chemmotology)), Moscow: VVVIA im. prof. N. E. Zhukovskogo, 2007, 51 p.
2. Fedyunin P.A. (Ed.), Dmitriev D.A. *Volnovodnye metody nerazrushayushchego kontrolya parametrov i svoystv materialov v prikladnoi elektrodinamike* (Waveguide methods of nondestructive testing parameters and material properties of Applied Electrodynamics), Tambov: TVVAIURE (VI), 2006, 410 p.
3. Fedyunin P.A. (Ed.), Dmitriev D.A., Vorob'ev A.A., Chemyshev V.N. *Mikrovolnovaya termovlagometriya* (Microwave termovlagometriya), Moscow: Mashinostroenie-1, 2004, 208 p.

Device for Control Electro-Physical and Thermo-Physical Parameters of Aviation Fuel

P. A. Fedyunin, A. M. Safin, D. P. Fedyunin

Air Force Academy named Professor N.E. Zhukovsky and Yu. A. Gagarin, Voronezh

Key words and phrases: aviation complex; dielectric waveguide; electro-physical parameters; exploitation; express control; quality of aviation fuel; thermo-physical parameters.

Abstract: The paper analyzes the statistics of operational and tactical aviation accidents by the materials of foreign press, and shows the causes of aviation accidents due to failures of aircraft propulsion. We studied a device to control the parameters of aviation fuel on the basis of the combined inverter on the dielectric waveguide, which provides independent control of the electromagnetic field and microwave input material flows in the dielectric pipe, thus allowing the measurement of electro-physical and thermo-physical parameters of aviation fuel in the pipeline, for example, when filling the air vessel.

© П. А. Федюнин, А. М. Сафин, Д. П. Федюнин, 2014