

УТВЕРЖДАЮ



2019 г.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» по диссертации Гончарова Владислава Борисовича «Аппаратно-алгоритмические средства повышения точности систем определения уровня топлива в баках ракетоносителей на основе волноводного метода», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 - Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Диссертация «Аппаратно-алгоритмические средства повышения точности систем определения уровня топлива в баках ракетоносителей на основе волноводного метода» выполнена на кафедре Автоматических систем Института кибернетики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет».

Гончаров Владислав Борисович в 2006 г. окончил кафедру «Системы автоматического и интеллектуального управления» Московского авиационного института (технического университета) по специальности «Управление и информатика в технических системах».

В период подготовки диссертации Гончаров Владислав Борисович проходил обучение с 2011 г. по 2015 г. - в очной аспирантуре РТУ МИРЭА.

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2018 году федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, Лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники Ивченко Валерий Дмитриевич работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» на кафедре «Автоматические системы» в должности профессора.

На заседании кафедры «Автоматические системы» присутствовали: д.т.н., проф. А.З. Асанов, Е.О. Гурьянова, д.т.н., проф. В.Д. Ивченко, зав. лаб. А.С. Лифаничев, к.т.н., доц. В.Т. Лузинский, д.т.н., проф. Л.Д. Певзнер, д.т.н., проф. С.Л. Портной, д.т.н., проф. А.Б. Филимонов, к.т.н., доц. В.Н. Арбузов, к.т.н. Д.А. Акимов, с.н.с. С.А. Павельев, к.т.н., доц. Н.В. Осипова, д.т.н., проф. А.Г. Лютов.

Слушали: выступление соискателя Гончарова В.Б. с изложением основных результатов диссертационного исследования.

В процессе обсуждения были заданы следующие вопросы:

1) д.т.н., проф. Л.Д. Певзнер - откуда берутся условия, определяющие данные для модели уровнемера компонентов ракетного топлива?

Ответ: Условия, определяющие данные для численного моделирования уровнемера компонентов ракетного топлива берутся исходя из размеров баков ракетоносителя, принципов работы СВЧ датчиков, располагаемой элементной базой, свойств компонентов топлива.

2) д.т.н., проф. А.Б. Филимонов - совпадают ли уравнения, определяющие модель для случая с поплавком в волноводе и для случая с отражением от бурлящей поверхности?

Ответ: Для случаев с отражением от бурлящей поверхности и от идеального поплавка внутри волновода были разработаны разные модели т.к. в случае отражения от бурлящей поверхности будут оказывать влияние диэлектрическая и магнитная проницаемости измеряемой среды, а также шумовая составляющая от неровной поверхности.

3) к.т.н., доц. В.Н. Арбузов - в каких диапазонах частот проводилось моделирование и какая полоса пропускания?

Ответ: Моделирование проводилось в диапазоне от 4 до 20 ГГц, полоса пропускания составляет  $8,333 \cdot 10^9$  -  $12,5 \cdot 10^9$  Гц.

4) д.т.н., проф. А.Г. Лютов - почему нельзя применить ультразвуковой уровнемер для измерения компонентов топлива?

Ответ: Ультразвуковой датчик крепится внизу бака и волна распространяется по среде до воздуха, таким образом, возможно не учитывать длину волны. Из существенных недостатков стоит отметить то, что он может использоваться только в резервуарах с нормальным атмосферным давлением, что ограничивает область применения в баках ракетоносителей.

5) к.т.н., доц. В.Т. Лузинский - как учитывается перемещение топлива при наклонах баков ракетоносителя в полете?

Ответ: Компоненты жидкого топлива в невесомости неуправляемо перемещаются в пространстве баков. Для их осаждения применяются специальные меры, например, включаются вспомогательные двигатели. Т.к. измерительные датчики всегда находятся по центральной оси бака, то любые наклоны ракетоносителя, допустимые траекторией полета, абсолютно неважны для измерения – измерительная точка всегда будет в центре сечения бака на поверхности уровня компонента топлива.

6) д.т.н., проф. А.З. Асанов - какие способы по снижению бурления поверхности компонентов жидкого топлива вы рассматривали?

Ответ: В волноводном уровнемере, в качестве трубы успокоителя выступает волновод. Волновод будет создавать внутри себя менее возмущенную поверхность по такому же принципу, как и используемые трубы успокоители с емкостными датчиками. В случае применения конструкции с поплавком внутри волновода, площадь поплавка будет сглаживать все неровности, поддерживая поверхность поплавка на истинном уровне поверхности строго перпендикулярном волноводу.

На все вопросы были даны полные и исчерпывающие ответы.

#### **По итогам обсуждения принято следующее заключение:**

#### **АКТУАЛЬНОСТЬ ТЕМЫ**

Актуальность темы исследования обусловлена важностью решения проблемы повышения точности измерений уровня компонентов топлива ракетоносителей с самыми распространенными двухкомпонентными жидкостными двигателями. Высокая точность определения уровня позволяет повысить экономию компонентов топлива, реализуя более точные пропорции во время работы двигателя, увеличить массу полезной нагрузки и снизить вес ракетоносителя. Для измерения уровня топлива применяют различные датчики. Разработанная модель волноводного датчика позволяет повысить точность измерения уровня компонентов топлива в современных ракетоносителях.

#### **НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ**

Основные результаты работы являются новыми и заключаются в следующем:

- предложена функциональная схема волноводного уровнемера компонентов топлива ракетоносителя, позволяющая получить отраженный сигнал независимо от диэлектрических свойств и колебаний среды за счет

демпфирования бурлящей поверхности, что дает возможность достичь экономии компонентов топлива, реализуя более точные пропорции во время работы двигателя;

- разработана математическая модель уровнемера, учитывающая диэлектрическую проницаемость измеряемой среды и характеристики волновода, которая позволяет получить корректный для обработки сигнал от среды с малой диэлектрической проницаемостью, синтезировать параметры уровнемера;

- разработан алгоритм вычисления уровня топлива, основанный на непрерывном вейвлет-преобразовании с механизмом подбора вейвлета, позволяющий снизить влияние помех, за счет чего реализуются более точные пропорции компонентов топлива во время работы двигателя и достигается их экономия.

## ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ И ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ РАБОТЫ

Результаты исследования носят теоретический характер и могут быть использованы для значительного повышения точности применяемых в данный момент уровнемеров компонентов топлива ракетоносителей. Вследствие этого, с помощью системы управления двигателями поддерживается оптимальное соотношение компонентов топлива и корректная работа двигателей в полете, определяются оптимальные запасы окислителя и горючего, заправляемые на стартовой позиции, необходимые для выполнения задач, достижения максимального быстродействия, снижения веса и увеличения максимальной полезной нагрузки ракетоносителя, а также увеличения максимального пройденного расстояния в полете и экономии компонентов топлива ракетоносителя.

## ДОСТОВЕРНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты диссертации обосновываются с помощью основных научных положений и выводов сопоставлением полученных теоретических и

экспериментальных результатов, а также результатов других авторов. Телеметрическая информация системы управления расходом топлива на летных испытаниях ракетоносителя была успешно сопоставлена с результатами математического моделирования.

## АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

Основные положения диссертации обсуждались на заседаниях кафедры «Автоматические системы» РТУ МИРЭА в 2013-2019 г. г. По теме диссертации опубликовано 10 работ, из них 3 – в изданиях, включенных в перечень ведущих рецензируемых научных журналов и изданий ВАК. Научные и прикладные результаты докладывались и обсуждались на 62-ой научно-технической конференции РТУ МИРЭА в 2013 г., конференции «Современные технологии в задачах управления и автоматики и обработки информации» г. Алушта в 2013 г., 9-ой научно-технической конференции «Люльевские чтения» г. Екатеринбург в 2014 г., конференции молодых специалистов АО «ГосНИИП» в 2015 г., Научно-техническом совете АО «ГосНИИП» в 2019 г.

## ЛИЧНЫЙ ВКЛАД АВТОРА

Личный вклад автора состоит в проведении анализа известных способов измерения уровня жидкости и уровнемеров компонентов топлива современных ракетоносителей, разработке нового волноводного датчика, разработке алгоритма цифровой обработки информации на основе вейвлет-анализа для повышения точности датчика, проведении моделирования на ЭВМ, подготовке основных публикаций.

## **ПОЛНОТА ИЗЛОЖЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ ДИССЕРТАЦИИ В ПУБЛИКАЦИЯХ:**

Основное содержание и результаты диссертации с достаточной полнотой опубликованы в 10 работах, в том числе три из которых опубликованы в журналах, входящих в перечень ВАК.

### **Соответствие диссертации требованиям, установленным п.14 Положение о присуждении ученых степеней.**

Диссертация и автореферат прошли проверку на наличие неправомерных заимствований в системе «Антиплагиат.ВУЗ».

Оценка оригинальности:

Диссертация – 86,7%

Автореферат – 92,08%

### **Научная специальность, которой соответствует диссертация:**

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.05 – «Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления», пункты 1, 2.

Представленная диссертация удовлетворяет требованиям, предъявляемым в пункте 9 «Положение о порядке присуждения ученых степеней» ВАК РФ от 24.09.2013 г.:

В диссертации содержится решение важной научной задачи повышения точности системы контроля уровня компонентов топлива в ракетоносителях для обеспечения экономии компонентов топлива за счет реализации более точных пропорций и повышения массы полезной нагрузки ракетоносителя. Проведено исследование обработки частотного сигнала уровнемера с помощью нового алгоритма на основе вейвлет-анализа. Исследованы математические модели и проведен анализ погрешностей волноводного уровнемера с поплавком внутри волновода и с отражением от бурлящей поверхности.

Диссертация «Аппаратно-алгоритмические средства повышения точности систем определения уровня топлива в баках ракетоносителей на основе волноводного метода» Гончарова Владислава Борисовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.05 - Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления.

Заключение принято на заседании кафедры Автоматические системы «МИРЭА – Российский технологический университет».

Присутствовало 13 чел.

Результаты голосования: «за» - 13 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол №3 от «27» 09 2019 г.

Заведующий кафедры Автоматические системы

д.т.н., профессор

А.З. Асанов

Ученый секретарь кафедры Автоматические системы

к.т.н., доцент

В.Н. Арбузов