

Контроль и испытания Controlling and testing

Научная статья
УДК 621.317.799
DOI: 10.14529/engin260307

ОБЗОР АВТОМАТИЗИРОВАННОГО СТЕНДА ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПРОВЕРОК ДАТЧИКОВ И КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНОЙ ТЕХНИКИ

В.Г. Дегтярь, src@makeyev.ru

М.Г. Жабин, makson3329@gmail.com

АО «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева», Миасс, Россия

Аннотация. Современные бортовые радиотелеметрические системы обеспечивают измерения критически важных параметров, обеспечивая регистрацию процессов, таких как тепловые режимы, динамика полета, газодинамика и многие другие. При изготовлении составных частей изделий ракетно-космической техники проводится монтаж телеметрических датчиков и кабельной сети. Динамично развивающаяся ракетно-космическая техника требует все большего объема измеряемых телеметрических параметров, что приводит к созданию нового технологического оборудования, предназначенного для проведения электрических проверок телеметрических датчиков и кабельной сети. Данные проверки проводятся путем подачи электропитания на датчики и регистрацией измерительными средствами выходных значений с датчиков. Зарегистрированные значения должны соответствовать технической документации на датчики с учетом условий проведения проверок. **Цель исследования:** краткое описание универсального стенда для автоматизированных электрических проверок телеметрических датчиков и кабельной сети, установленных на составные части изделий ракетно-космической техники. Данный стенд решает вопросы надежного контроля и диагностики состояния телеметрических датчиков, подтверждающих работоспособность и правильность установки датчиков в процессе изготовления составных частей изделий ракетно-космической техники. **Материалы и методы.** Предложен новый метод обработки информации, в результате которого датчикам автоматически присваивается одно из четырех возможных состояний: «обрыв цепи», «короткое замыкание», «неисправность датчика», «датчик исправен». По совокупности полученных состояний формируется итоговый отчет о функционировании датчиков всей системы. На основе предложенного метода определен состав стенда, позволяющего регистрировать различные типы сигналов с датчиков. **Результаты.** Проведены экспериментальные испытания, показавшие правильность регистрации и обработки информации, поступающей с датчиков. На примере трех телеметрических датчиков, таких как емкостный датчик абсолютного давления ДАЕ–2,5, термосопротивление ТМ 221, датчик давления частотный Вт 1201, рассмотрена обработка зарегистрированной информации, позволяющая подтвердить работоспособность и правильность установки датчиков. **Заключение.** Автоматизированный стенд для проверки телеметрических датчиков и кабельной сети соответствует заявленным требованиям и демонстрирует высокую эффективность. Примененный способ обработки информации, позволяющий обнаружить неисправности, упрощает локализацию и устранение повреждений.

Ключевые слова: автоматизация, проверочный стенд, телеметрические датчики, регистрация информации, электрические проверки, обработка информации, технологическое оборудование

Для цитирования: Дегтярь В.Г., Жабин М.Г. Обзор автоматизированного стенда для электрических проверок датчиков и кабельной сети изделий ракетной техники // Вестник ЮУрГУ. Серия «Машиностроение». 2026. Т. 26, № 3. С. 84–93. DOI: 10.14529/engin260307

OVERVIEW OF AN AUTOMATED TEST BENCH FOR ELECTRICAL TESTING OF SENSORS AND CABLE NETWORKS OF ROCKET TECHNOLOGY PRODUCTS

V.G. Degtyar, src@makeyev.ru

M.G. Zhabin, makson3329@gmail.com

JSC "State Rocket Center named after Academician V.P. Makeeva", Miass, Russia

Abstract. Modern onboard radio telemetry systems measure critical parameters, enabling the recording of processes such as thermal conditions, flight dynamics, gas dynamics, and others. During the manufacturing of rocket and space hardware components, telemetry sensors and cable networks are installed. The rapidly evolving rocket and space hardware requires an increasing number of measured telemetry parameters, leading to the development of new test equipment designed for the electrical testing of telemetry sensors and cable networks. These tests are performed by powering the sensors and recording their output values using measuring instruments. The recorded values must comply with the sensors' technical documentation, taking into account the test conditions. **Objective.** To describe a universal test bench for the automated electrical testing of telemetry sensors and cable networks installed on rocket and space hardware components. This test bench addresses the issues of reliable monitoring and diagnostics of telemetry sensor states, confirming their operability and correct installation during the manufacturing process. **Materials and Methods.** A novel information processing method is proposed, wherein each sensor is automatically assigned one of four possible states: "open circuit", "short circuit", "sensor fault", or "sensor operational". Based on the aggregate of the obtained states, a final report on the functioning of all sensors in the system is generated. Based on the proposed method, the test bench configuration is defined to enable the recording of various types of sensor signals. **Results.** Experimental tests were conducted, demonstrating the accuracy of the recording and processing of information received from the sensors. Using three telemetry sensors as examples – the DAE-2.5 capacitive absolute pressure sensor, the TM 221 resistance thermometer, and the Vt 1201 frequency-output pressure sensor – the processing of the recorded data is examined to confirm sensor operability and correct installation. **Conclusion.** The automated test bench for telemetry sensors and cable networks meets the specified requirements and demonstrates high efficiency. The applied information processing method, which enables fault detection, simplifies fault isolation and rectification.

Keywords: automation, test bench, telemetry sensors, data recording, electrical testing, data processing, process equipment

For citation: Degtyar V.G., Zhabin M.G. Overview of an automated test bench for electrical testing of sensors and cable networks of rocket technology products. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mechanical Engineering Industry*, 2026;26(3):84–93. (In Russ.) DOI: 10.14529/engin260307

Введение

Телеметрические датчики играют ключевую роль на этапе опытно-конструкторских работ по ракетно-космической технике, обеспечивая регистрацию критически важных процессов, таких как тепловые режимы, динамика полета, газодинамика и многие другие. Для оснащения ракетно-космических изделий используется широкий спектр датчиков, имеющих различные входные и выходные характеристики [1–3]. После проведения монтажа датчиков и кабельной сети на составные части изделий необходимо выполнить проверки, подтверждающие их работоспособность и правильность установки.

Существует множество средств измерения (Fluke 725 [4], Beamex MC6 [5] и др.), позволяющих выполнить проверки датчиков вручную по одному. Возникают проблемы, когда датчиков на изделии сотни, а то и тысячи, что приводит к большим затратам времени. Разработки [6–8] предполагают использование проверочных стендов, но при этом стенды либо не могут обеспечить проверку всех типов датчиков, либо не обладают необходимой универсальностью, позволяющей выполнять проверки любой сборки изделия со своей кабельной сетью.

Для регистрации информации, поступающей с датчиков, используемых в ракетно-космической отрасли, разработаны бортовые радиотелеметрические системы [9], а также разработан способ и устройство для регистрации телеметрической информации [10]. Данные системы могут обеспечить регистрацию необходимых параметров, но в этих системах отсутствует автоматизированный анализ, который подтвердит работоспособность датчиков и целостность кабельной сети.

Существующим контрольно-измерительным системам, приборам и стендам посвящены работы [11–14]. Данное технологическое оборудование либо не может обеспечить проверку всех типов телеметрических датчиков, либо не обладает необходимой универсальностью, позволяющей выполнять электрические проверки любой сборки изделия со своей кабельной сетью, также в стендах отсутствует необходимая автоматизация процессов проведения электрических проверок и анализа зарегистрированной информации с целью подтверждения работоспособности датчиков.

Алгоритмам регистрации и способам обработки информации посвящено множество работ [15–19]. Данные алгоритмы и способы не предназначены для обработки информации с множества различных аналоговых телеметрических датчиков, а созданы для подтверждения работоспособности сложной радиоэлектронной аппаратуры или отдельных типов датчиков.

Авторами данной статьи получен патент на изобретения «Стенд для проведения электрической проверки телеметрических датчиков и кабельной сети изделий ракетной техники и способ обработки информации для оценки функционирования датчиков» [20]. Основной задачей, которую решают предложенные изобретения, является проведение электрических проверок телеметрических датчиков, установленных на составные части изделий ракетно-космической техники, на заводе-изготовителе. Данные проверки позволяют дать заключение о работоспособности телеметрических датчиков и целостности кабельной сети, а также помогают локализовать возможную неисправность.

Целью данной работы является краткое описание проверочного стенда, обеспечивающего:

- автоматизацию электрических проверок аналоговых датчиков, термопреобразователей сопротивления и преобразователей термоэлектрических, тензо- и виброизмерительных датчиков, дискретных параметров и др.;
- одновременную проверку всех установленных датчиков, что позволит сократить время проведения проверок;
- универсальность применения стенда.

1. Методы и материалы

1.1. Способ обработки информации

Для обработки информации в предлагаемом стенде применяется способ, изображенный на рис. 1. В данном способе информация, поступающая с датчиков, регистрируется и преобразовывается в цифровой код, из полученного кода формируются телеметрические кадры. Затем из кадров формируется файл телеметрических измерений. В автоматическом режиме файл анализируется для оценки функционирования проверяемых датчиков. Анализ проводится с применением базы данных, в которой указаны эталонные значения по каждому параметру с учетом допустимых погрешностей, а также учитывается положение датчиков в пространстве, состояние датчиков и внешние воздействия окружающей среды в момент проведения электрических проверок, что позволяет оперативно выявлять возможные причины неисправности.



Рис. 1. Структурная схема способа обработки информации

Fig. 1. Structural diagram of the information processing method

По результатам анализа зарегистрированных параметров датчикам присваивается одно из четырех состояний: «обрыв цепи», «короткое замыкание», «неисправность датчика», «датчик исправен». По совокупности полученных состояний формируется итоговый отчет о функционировании датчиков.

1.2. Состав стенда

Для реализации способа, приведенного выше, была разработана модель построения и взаимодействия технологического оборудования с объектом проверки, изображенная на рис. 2, при этом: 1 – составная часть ракетной техники; 2 – кабельная сеть, установленная на изделии; 3 – датчики; 4 – технологические кабели; 5 – коммутационное устройство; 6 – блок проверки аналоговых датчиков; 7 – блок проверки частотных датчиков; 8 – блок проверки дискретных параметров; 9 – блок проверки термопреобразователей сопротивления и преобразователей термоэлектрических; 10 – блок проверки сопротивления изоляции и контроля стыковки кабельной сети; 11 – блок управления и формирования телеметрического кадра; 12 – аппаратура управления; 13 – аппаратура регистрации и обработки информации.

Для того чтобы провести электрические проверки датчиков, уже установленных на составную часть изделия, необходимо использовать технологическую кабельную сеть, которая согласована по типам соединителей и распайки контактов с кабельной сетью проверяемого объекта. Технологическая кабельная сеть подготавливается для каждой сборки отдельно.

В состав стенда входит коммутационное устройство, которое стыкуется к составной части изделия при помощи технологических кабелей. В коммутационном устройстве установлены блоки проверок датчиков, а также блок управления и формирования телеметрического кадра.

Блоки проверок аналоговых, частотных и дискретных датчиков обеспечивают запитывание датчиков постоянным напряжением 6 В, ± 12 В, 27 В. Блок проверки термопреобразователей сопротивления и преобразователей термоэлектрических обеспечивает подачу тока 1 мА на проверяемые датчики.

Блок проверки аналоговых датчиков осуществляет регистрацию постоянного напряжения в диапазоне от 0 до 6,2 В по 48 каналам (имеется возможность стыковки 48 датчиков одновременно), индикацию обрыва цепи датчика независимо в каждом канале в виде уровня сигнала от $-1,0$ до $-0,2$ В на выходе канала.

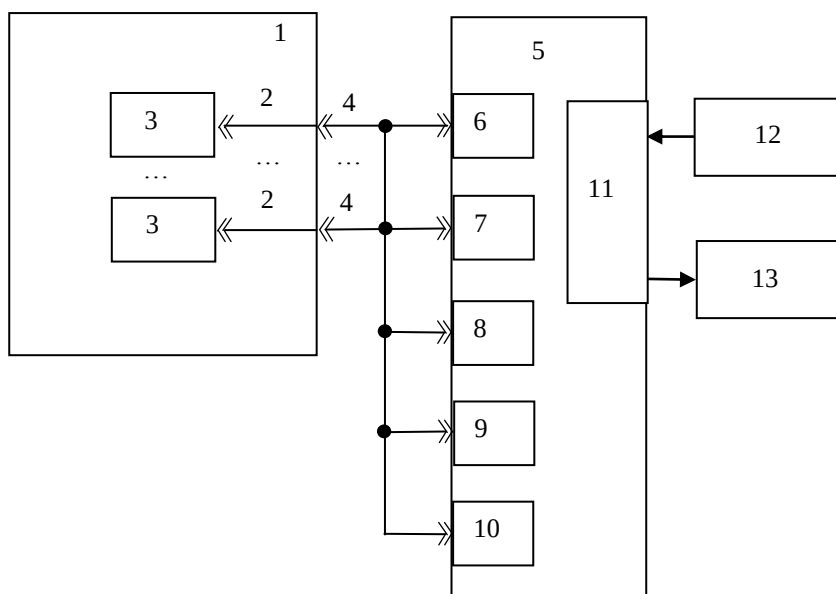


Рис. 2. Структурная схема стенда и объекта проверки

Fig. 2. Structural diagram of the stand and the test object

Блок проверки частотных датчиков имеет 32 канала (возможность стыковки 32 датчиков одновременно) для приема и преобразования сигналов от датчиков с амплитудой импульса $\pm(2,8-7)$ В и частотой 14000–24000 Гц.

Блок проверки термопреобразователей сопротивления и преобразователей термоэлектрических имеет 16 каналов (возможность стыковки 16 датчиков одновременно) для преобразования сигналов от температурных датчиков, способных зарегистрировать изменения термосопротивления в диапазоне от 70 до 220 Ом, а также термопары в диапазоне от 0 до 67 мВ.

Блок проверки дискретных параметров осуществляет регистрацию напряжения от 0 до 5 В по 48 каналам, при этом логический «0» соответствует напряжению на входе от 0 до 1 В или состоянию «замкнуто», логическая «1» соответствует напряжению от 4 до 5 В или состоянию «разомкнуто».

Данные блоки преобразовывают входные сигналы в цифровой код и передают его в блок управления и формирования кадра.

Для увеличения объема проверяемых параметров в коммутационное устройство дополнительно добавляются блоки проверок датчиков.

Блок управления и формирования кадров принимает цифровой код и на его основе формирует телеметрический кадр (последовательность телеметрических сообщений, формируемая в интервале, равном циклу измерений или его части, и ограниченная соответствующими маркерами [21]). Данные кадры составляются на основе ранее заготовленных баз данных, в которых указано распределение, разрядность и частота опроса параметров.

Аппаратура управления предназначена для контроля работы коммутационного устройства и подачи питания на него, а также для возможного перепрограммирования с изменением базы данных измеряемых параметров. Перед подачей питания на датчики, установленные на проверяемом объекте, замеряется сопротивление изоляции и проводится контроль стыковки кабельной сети, результаты отображаются на мониторе аппаратуры управления.

Аппаратура регистрации и обработки информации принимает телеметрические кадры от коммутационного устройства и формирует из них файл телеметрической информации. Затем проводится автоматизированный анализ правильности значений параметров путем сравнения значений зарегистрированных параметров со значениями, указанными в базе данных с учетом допустимой погрешности, при этом зарегистрированным параметрам присваивается одно из четырех возможных состояний. Аппаратура регистрации и обработки информации формирует итоговый отчет. В случае если какие-либо измеряемые параметры имеют значения, не совпадающие с расчетными, то это фиксируется в отчете с указанием возможной причины неисправности. Для удобства анализа результатов и поиска неисправностей предусмотрен режим ручного просмотра значений параметров в виде графиков.

2. Результаты

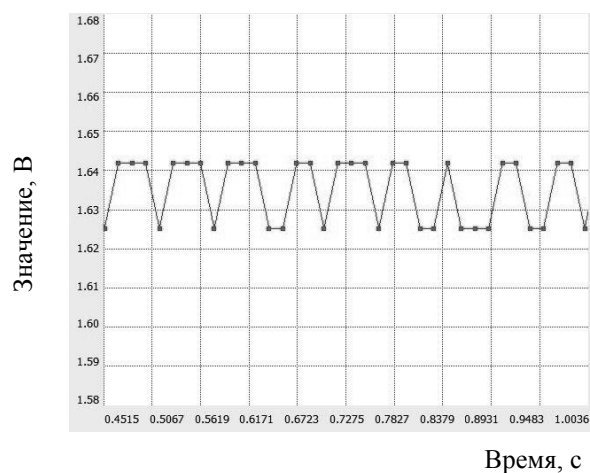
В ходе экспериментальных испытаний стенда получены следующие результаты, подтверждающие его работоспособность и соответствие заявленным требованиям. Тестирование проводилось с множеством различных типов датчиков, для примера рассмотрим 3 датчика: емкостный датчик абсолютного давления ДАЕ–2,5 [22], термосопротивление ТМ 221 [23], датчик давления частотный Вт 1201 [24]. На рис. 3 показаны графики параметров, имеющих значение «датчик исправен».

На графиках рис. 3б и 3с указано значение по оси ординат в двоично-десятичных единицах (дв. ед.).

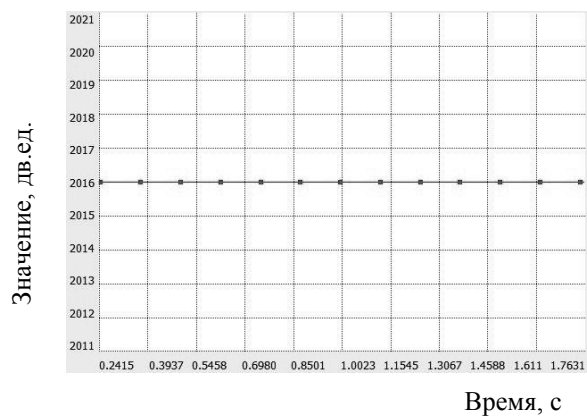
На рис. 3а видно, что полученное значение с датчика ДАЕ–2,5 равно 1,62–1,64 В, в пересчете 735 мм рт. ст., что соответствует атмосферному давлению в момент проведения электрической проверки датчика.

На рис. 3б видно, что полученное значение с датчика ТМ 221 равно 2016 двоично-десятичным единицам, в пересчете 108,5 Ом или 18,8 °С, что соответствует температуре окружающей среды в момент проведения электрической проверки датчика.

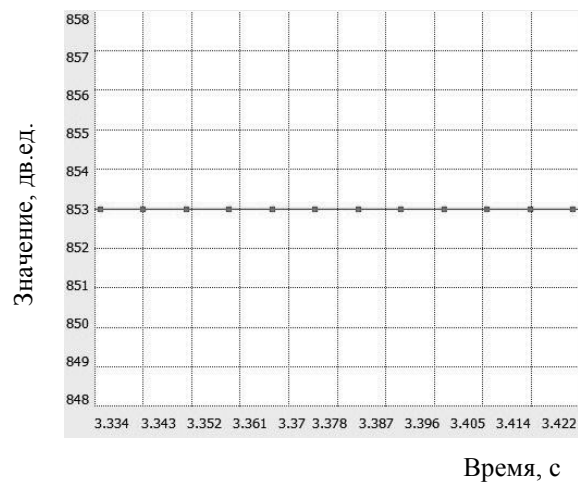
На рис. 3с видно, что полученное значение с датчика Вт 1201 равно 853 двоично-десятичным единицам, в пересчете 14 934 Гц, данная частота соответствует исправному датчику при отсутствии воздействия на него.



а)



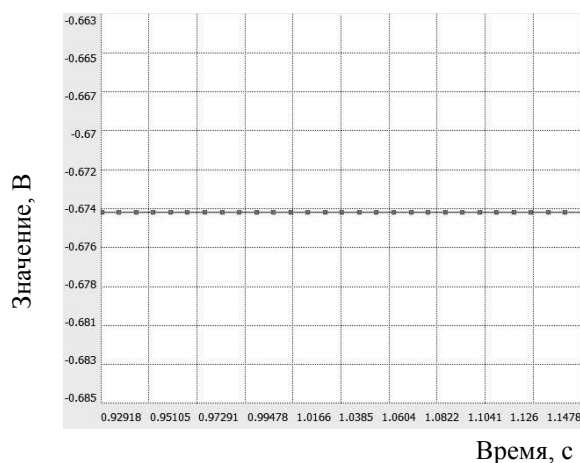
б)



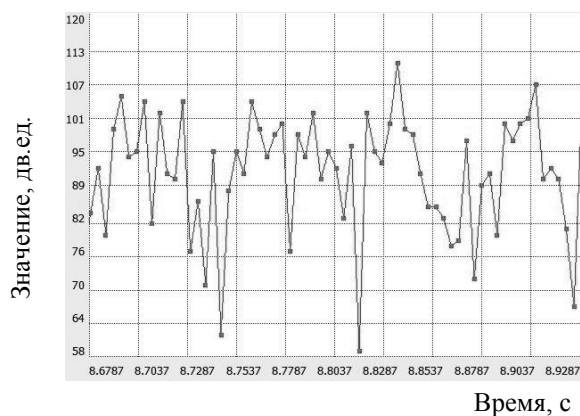
с)

Рис. 3. Графики параметров с допустимыми значениями:
а) график датчика ДАЕ–2,5; б) график датчика ТМ 221; с) график датчика Вт 1201
Fig. 3. Graphs of parameters with acceptable values: а) graph of the DAE–2.5 sensor;
б) graph of the ТМ 221 sensor; с) graph of the VT 1201 sensor

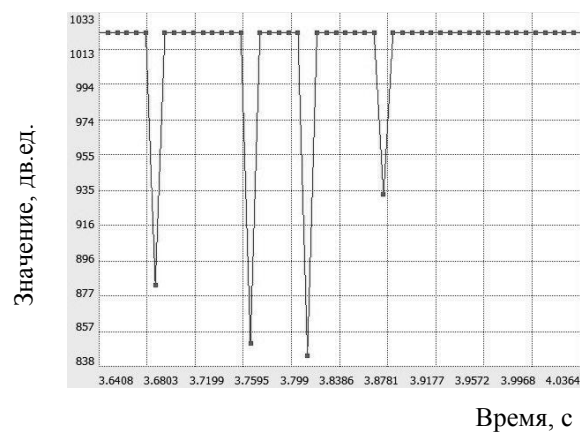
На рис. 4 показаны графики параметров, имеющие недопустимые значения.



а)



б)



с)

Рис. 4. Графики параметров с недопустимыми значениями: а) график датчика ДАЕ–2,5; б) график датчика ТМ 221; с) график датчика Вт 1201

Fig. 4. Graphs of parameters with unacceptable values: а) graph of the ДАЕ–2.5 sensor; б) graph of the ТМ 221 sensor; с) graph of the Вт 1201 sensor

На графиках рис. 4б и 4с указано значение по оси ординат в двоично-десятичных единицах (дв. ед.).

На рис. 4а видно, что полученное значение с датчика ДАЕ–2,5 равно $-0,674$ В, что соответствует значению «обрыв цепи», так как блок проверки аналоговых датчиков осуществляет индикацию обрыва цепи датчика в виде уровня сигнала от $-1,0$ до $-0,2$ В на выходе канала.

На рис. 4б видно, что полученное значение с датчика ТМ 221 равно 58–113 двоично-десятичным единицам, в пересчете 3–6 Ом, что соответствует значению «неисправность датчика», так как температура окружающей среды в момент проведения электрической проверки датчика равна 18,8 °С и значение исправного датчика должно быть равно (2016 ± 20) двоично-десятичным единицам, в пересчете $(108,5 \pm 1)$ Ом (допуски указаны в соответствии с конструкторской документацией на датчик).

На рис. 4с видно, что полученное значение с датчика Вт 1201 равно 840–1022 двоично-десятичным единицам, данное значение указывает на «неисправность датчика», так как в соответствии с конструкторской документацией на датчик значение должно быть равно $(15 \pm 0,5)$ кГц или (845 ± 55) двоично-десятичных единиц.

Таким образом, можно сделать вывод, что предложенный стенд обеспечивает надежную диагностику четырех основных значений для датчиков «обрыв цепи», «короткое замыкание», «датчик исправен» и «датчик неисправен». Особенностью предложенного решения стала его универсальность – возможность работы с разными типами датчиков в рамках единого методического подхода.

Заключение

В данной статье приведено краткое описание автоматизированного стенда, предназначенного для проведения электрических проверок датчиков и кабельной сети, установленных на составные части изделий ракетно-космической техники. Представленный автоматизированный стенд обеспечивает комплексный контроль работоспособности телеметрических датчиков в условиях, приближенных к реальной эксплуатации.

Экспериментальные испытания стенда подтвердили соответствие заявленным требованиям. Данный стенд универсален в применении и способен выполнять проверки в комплексе одновременно всех датчиков. Примененный способ обработки информации, позволяющий обнаружить неисправности, упрощает локализацию и устранение повреждений.

Дальнейшее развитие стенда может включать интеграцию нейросетевых алгоритмов для автоматического анализа данных с датчиков. Обученная модель сможет выявлять скрытые аномалии в работе датчиков, предсказывать возможные отказы.

Таким образом, предложенный стенд демонстрирует высокую эффективность и может быть рекомендован для внедрения в процессы испытаний ракетно-космической техники.

Список литературы

1. Фрайден Дж. Современные датчики: справочник. М.: Техносфера, 2005. 592 с.
2. Аш Ж. и др. Датчики измерительных систем. М.: Мир, 1992. 480 с.
3. Виглеб Г. Датчики. Устройство и применение. М.: Мир, 1989. 196 с.
4. Fluke 725. Multifunction Process Calibrator: User Manual. Rev. 1.5. Fluke Corporation, 2023. 78 p.
5. Beamex MC6. Multifunction Calibrator: User Manual. Version 2.1. Beamex Oy Ab, 2023. 120 p.
6. Прокопченко А.В., Шапран В.В., Рондин А.П., Ознобин Ю.А., Мысрин М.М. Стенд для контроля электрических параметров сложных радиоэлектронных изделий «МОРИШ-УНИВЕРСАЛ»; патент РФ № 72078 U1. Оpubл. 27.03.2008. Бюл. № 9.
7. Федотов М.В., Воронков В.А., Киреев В.А., Моисеева Е.А. Стенд для проверки функционирования датчиков давления, термопреобразователей сопротивления и преобразователей термоэлектрических: патент РФ № 2775620 C1. Оpubл. 05.07.2022. Бюл. № 19.
8. Марденский В.Н. Способ и устройство автоматизированной проверки работоспособности и диагностики неисправностей радиоэлектронной аппаратуры: патент РФ № 2633530 C1. Оpubл. 13.10.2017. Бюл. № 29.
9. Назаров А.Н., Козырев Г.И., Шитов И.В. и др. Современная телеметрия в теории и на практике. М.: НиТ, 2007. 667 с.
10. Дорохин А.В., Иванов П.Е., Бец В.П., Сорокин А.С. Способ регистрации телеметрической информации беспилотного летательного аппарата и устройство для его реализации: патент РФ № 2595064 C1. Оpubл. 20.08.2016. Бюл. № 23.
11. Едимечева Е.Е. Разработка автоматизированного испытательного стенда для входного контроля датчиков вибрации // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2020. Т. 3. С. 934–937.

12. Черкашин С.В., Шишкин В.В., Долбня Н.А. Универсальная система диагностирования бортового радиоэлектронного оборудования // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2009. Т. 11, № 3 (2). С. 392–397.
13. George W., Stinson C. An Automated Telemetry Checkout Station for the Saturn V Systems // IEEE Transactions on Communication Technology. 1966. Vol. 14, no. 6. P. 869–871.
14. El-Bayoumi A., Salem M., Khalil A., El Emam E. A New Checkout-and-Testing-Equipment (CTE) for a Satellite Telemetry Using LabVIEW // IEEE Aerospace Conference. 2015. P. 1–9.
15. Иванов В.А. Обработка сигналов датчиков аналоговой информации на борту космического аппарата // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2012. Вып. 11, ч. 2. С. 137–143.
16. Хасанова Р.А., Антамошкин А.Н. Автоматизированная система обработки результатов испытаний космических аппаратов // Международный научно-исследовательский журнал. 2013. С. 5–7.
17. Водяхо А.И., Жукова Н.А., Пантелеев М.Г., Пузанков Д.В. Доменно-онтологический подход к проектированию интеллектуальных систем сбора и обработки телеметрической информации // Известия вузов России. Радиоэлектроника. 2011. Вып. 1. С. 28–35.
18. Артюшенко В.М., Бекетов В.А., Кузьмин С.В. и др. Сбор и обработка виброакустических процессов на борту ракетно-космической техники // Приволжский научный вестник. 2014. № 4. С. 23–28.
19. Коврига Ю.Ю. Автоматизация проектирования программы телеметрических измерений изделий ракетно-космической техники: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.12. Самара, 2007. 180 с.
20. Жабин М.Г. Стенд для проведения электрической проверки телеметрических датчиков и кабельной сети изделий ракетной техники и способ обработки информации для оценки функционирования датчиков: патент РФ № 2858038 С1. Опубл. 11.03.2026. Бюл. № 8.
21. ГОСТ 19619–74. Оборудование радиотелеметрическое. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2005. 20 с.
22. Датчик абсолютного давления емкостный ДАЕ. Руководство по технической эксплуатации (ДАЕ РЭ). Пенза: АО «НИИ физических измерений» (НИИФИ), 2008. 39 с.
23. Термометр ТМ. Техническое описание (БЯ2.821.221 ТО). М.: НПО «Сапфир», 1986. 15 с.
24. Датчик давления частотный. Техническое описание (Вт2.832.011 ТО). Пенза: АО «НИИ физических измерений» (НИИФИ), 1989. 55 с.

References

1. Frayden D. *Sovremennye datchiki* [Modern sensors]. Moscow, 2005. 592 p.
2. Ash Zh. et al. *Datchiki izmeritel'nykh sistem* [Sensors of measurement systems]. Moscow, 1992. 480 p.
3. Vigleb G. *Datchiki. Ustroistvo i primeneniye* [Sensors. Device and application]. Moscow, 1989. 196 p.
4. Fluke 725. *Multifunction Process Calibrator: User Manual. Rev. 1.5*. Fluke Corporation, 2023. 78 p.
5. Beamex MC6. *Multifunction Calibrator: User Manual. Version 2.1*. Beamex Oy Ab, 2023. 120 p.
6. Prokopchenko A.V., Shapran V.V., Rondin A.P., Oznobin Yu.A., Mymrin M.M. *Stend dlya kontrolya elektricheskikh parametrov slozhnykh radioelektronnykh izdelii "MORSH-UNIVERSAL"* [Test bench for monitoring electrical parameters of complex radio-electronic products "MORSH-UNIVERSAL"]. Patent RF, no. 72078 U1, 2008.
7. Fedotov M.V., Voronkov V.A., Kireev V.A., Moiseeva E.A. *Stend dlya proverki funktsionirovaniya datchikov davleniya, termopreobrazovatelei soprotivleniya i preobrazovatelei termoelektricheskikh* [Test bench for checking the functioning of pressure sensors, resistance temperature detectors and thermoelectric converters]. Patent RF, no. 2775620 C1, 2022.
8. Mardenskii V.N. *Sposob i ustroistvo avtomatizirovannoi proverki rabotosposobnosti i diagnostiki neispravnostei radioelektronnoi apparatury* [Method and device for automated performance testing and diagnostics of radio-electronic equipment]. Patent RF, no. 2633530 C1, 2017.
9. Nazarov A.N., Kozyrev G.I., Shitov I.V. et al. *Sovremennaya telemetriya v teorii i na praktike* [Modern telemetry in theory and practice]. Moscow: NiT, 2007. 667 p.
10. Dorokhin A.V., Ivanov P.E., Bets V.P., Sorokin A.S. *Sposob registratsii telemetricheskoi informatsii bespilotnogo letatel'nogo apparata i ustroistvo dlya ego realizatsii* [Method for recording

telemetry information of an unmanned aerial vehicle and a device for its implementation]. Patent RF, no. 2595064 C1, 2016.

11. Edimecheva E.E. Development of an Automated Test Bench for Incoming Inspection of Vibration Sensors. *Actual Problems of Aviation and Cosmonautics*. 2020. vol. 3. pp. 934–937. (In Russ.)

12. Cherkashin S.V., Shishkin V.V., Dolbnya N.A. Universal System for Diagnosing Onboard Radio-Electronic Equipment. *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2009, vol. 11, no. 3 (2), pp. 392–397. (In Russ.)

13. George W., Stinson C. An Automated Telemetry Checkout Station for the Saturn V Systems. *IEEE Transactions on Communication Technology*. 1966. vol. 14, no. 6. pp. 869–871.

14. El-Bayoumi A., Salem M., Khalil A., El Emam E. A New Checkout-and-Testing-Equipment (CTE) for a Satellite Telemetry Using LabVIEW. *IEEE Aerospace Conference*, 2015, pp. 1–9.

15. Ivanov V.A. Processing of Analog Information Sensor Signals on Board a Spacecraft. *Proceedings of the Tula State University. Technical Sciences*, 2012, issue 11, part 2, pp. 137–143. (In Russ.)

16. Khasanova R.A., Antamoshkin A.N. Automated System for Processing the Results of Spacecraft Testing. *International Research Journal*, 2013, pp. 5–7. (In Russ.)

17. Vodyakho A.I., Zhukova N.A., Panteleev M.G., Puzankov D.V. Domain-Ontological Approach to the Design of Intelligent Systems for Collecting and Processing Telemetry Information. *Proceedings of Higher Educational Institutions of Russia. Radioelectronics*, 2011, issue 1, pp. 28–35. (In Russ.)

18. Artyushenko V.M., Beketov V.A., Kuzmin S.V. et al. Collection and Processing of Vibroacoustic Processes on Board Rocket and Space Technology. *Volga Scientific Bulletin*, 2014, no. 4, pp. 23–28. (In Russ.)

19. Kovriga Yu.Yu. *Avtomatizatsiya proektirovaniya programmy telemetricheskikh izmerenii izdelii raketno-kosmicheskoi tekhniki* [Automation of the design of a telemetry measurement program for rocket and space technology products]. Cand. Eng. Sci. diss. Samara, 2007. 180 p.

20. Zhabin M.G. *Stend dlya provedeniya elektricheskoi proverki telemetricheskikh datchikov i kabel'noi seti izdelii raketnoi tekhniki i sposob obrabotki informatsii dlya otsenki funktsionirovaniya datchikov* [Test bench for electrical testing of telemetry sensors and cable networks of rocket technology products and a method for processing information to assess the functioning of sensors]. Patent RF, no. 2858038 C1, 2026.

21. GOST 19619–74. *Oborudovanie radiotelemetricheskoe. Terminy i opredeleniya* [State Standard 19619–74. Radio telemetry equipment. Terms and definitions]. Moscow, 2005. 20 p.

22. DAE RE. *Datchik absolyutnogo davleniya emkostnyi DAE. Rukovodstvo po tekhnicheskoi ekspluatatsii* [DAE RE. DAE capacitive absolute pressure sensor. Technical operation manual]. Penza, 2008. 39 p.

23. BYa2.821.221 TO. *Termometr TM. Tekhnicheskoe opisanie* [BYa2.821.221 TO. TM thermometer. Technical description]. Moscow, 1986. 15 p.

24. Vt2.832.011 TO. *Datchik davleniya chastotnyi. Tekhnicheskoe opisanie* [Vt2.832.011 TO. Frequency pressure sensor. Technical description]. Penza, 1989. 55 p.

Информация об авторах

Дегтярь Владимир Григорьевич, д-р техн. наук, проф., академик РАН, научный руководитель АО «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева», Миасс, Россия; src@makeyev.ru

Жабин Максим Геннадьевич, инженер 1-й категории, АО «Государственный ракетный центр имени академика В.П. Макеева», Миасс, Россия; makson3329@gmail.com

Information about the authors

Vladimir G. Degtyar, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Academician of RAS, Scientific supervisor of JSC “State Rocket Center named after Academician V.P. Makeeva”, Miass, Russia; src@makeyev.ru.

Maxim G. Zhabin, 1st category engineer, employee of JSC “State Rocket Center named after Academician V.P. Makeeva”, Miass, Russia; makson3329@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 20.11.2025; принята к публикации 20.11.2025.

The article was submitted 20.11.2025; accepted for publication 20.12.2025.