

Труды МАИ. 2024. № 139
Trudy MAI. 2024. no. 139. (In Russ.)

Научная статья
УДК 681.518.5:621.398
URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=183469>
EDN: <https://www.elibrary.ru/VQOWON>

СИСТЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ НАЗЕМНЫХ КОМПЛЕКСОВ УПРАВЛЕНИЯ КОСМИЧЕСКИМИ АППАРАТАМИ

Дмитрий Александрович Махалов¹✉, Андрей Владимирович Куимов²,
Юрий Анатольевич Пермяков³

^{1,2,3}Центральный научно-исследовательский институт машиностроения,
Королев, Московская область, Россия

¹mda@mcc.rsa.ru✉

²kuimovav@tsniimash.ru

³permyakovya@tsniimash.ru

Аннотация. В статье обосновывается потребность разработки и внедрения специализированных систем функционального контроля средств управления космическими аппаратами. Приводится описание разработанной системы функционального контроля, позволяющей выполнять интегрированный мониторинг функционального состояния программно-технических комплексов центра управления полетом, сектора главного конструктора космических аппаратов, командно-измерительных станций наземного комплекса управления и отдельных устройств бортовой аппаратуры космических аппаратов. Представляется состав программных и технических средств, архитектура системы функционального

контроля, реализованной на средствах телеметрического информационно-вычислительного комплекса центра управления полетами российского сегмента Международной космической станции. Описывается порядок сбора, обработки, хранения и представления информации функционального контроля. Представляются формы отображения информации функционального контроля и описывается порядок действий персонала при работе с ними. Приводятся результаты опытной эксплуатации системы для функционального контроля телеметрического информационно-вычислительного комплекса ЦУП, приводится пример анализа произошедшей нештатной ситуации с применением системы. В заключение даются предложения по дальнейшему развитию и внедрению разработанной системы.

Ключевые слова: функциональный контроль, информационно-вычислительный комплекс, телеметрическая информация, сбор, обработка, отображение, мнемосхема

Для цитирования: Махалов Д.А., Куимов А.В., Пермяков Ю.А. Система функционального контроля наземных комплексов управления космическими аппаратами // Труды МАИ. 2024. № 139. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=183469>

Original article

FUNCTIONAL CONTROL SYSTEM OF THE SPACECRAFT GROUND CONTROL COMPLEXES

Dmitry A. Makhalov^{1✉}, Andrey V. Kuimov², Yury A. Permyakov³

^{1,2,3}Central Research Institute for Machine Building,

Korolev, Moscow Region, 141070, Russia

¹mda@mcc.rsa.ru✉

²kuimovav@tsniimash.ru

³permyakovya@tsniimash.ru

Abstract. The article presents the purpose and main tasks of functional monitoring of spacecraft control facilities. The existing universal software products for monitoring the condition and functioning of software and hardware of computing and telecommunication equipment are assessed, their advantages and disadvantages are reflected in terms of implementing functional monitoring tasks. The need for development and implementation of specialized systems for functional monitoring of software and hardware is substantiated. A description of the developed system for functional monitoring of the telemetry information computing complex is provided. This system allows for real-time integrated monitoring of the technical condition and correct functioning of software and hardware complexes of the flight control center, as well as the facilities interacting with it: the sector of the chief designer of spacecraft, command and measurement stations of the ground control complex and individual devices of spacecraft. A three-level architecture of the functional monitoring system implemented on the basis of the telemetry information computing complex of the MCC of the Russian segment of the International Space Station is presented. The procedure for collecting, processing, storing and presenting functional monitoring information; the types of functional monitoring implemented in the system, the composition of the generated diagnostic information and the main information flows are described. The description of user interaction with the system is given: types of display forms based on interactive mnemonic diagrams and display forms, indication of the

functional state of controlled software and hardware and information exchange channels. The results of trial operation of the system for functional control of the telemetric information and computing complex are given, an example of analysis of an emergency situation that occurred using the system is given. In conclusion, proposals are given for further development and implementation of the developed system.

Keywords: functional control, information and computing complex, telemetry information, collection, processing, display, mnemonic diagram

For citation: Makhalov D.A., Kuimov A.V., Permyakov Yu.A. Functional control system of the spacecraft ground control complexes. *Trudy MAI*. 2024. No. 139. (In Russ.). URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=183469>

Введение

Одним из ключевых факторов обеспечения надежного управления полётами космических аппаратов (КА) является функциональный контроль (ФК) входящих в состав его наземного комплекса управления (НКУ) программно-технических средств (ПТС): центров управления полетом (ЦУП), командно-измерительных систем (КИС) и наземных приемно-регистрирующих станций (НПРС), привлекаемых из состава наземного автоматизированного комплекса управления (НАКУ), средств главного конструктора (СГК) КА, а также отдельных устройств бортовой аппаратуры (БА) КА, обеспечивающих обмен управляющей и измерительной информацией между средствами НАКУ и КА. Вопросы функционального контроля работоспособности сложных программно-аппаратных комплексов посвящены работы [1-13].

Цель ФК состоит в своевременном выявлении несоответствий и/или неблагоприятных тенденций в изменениях значений контролируемых параметров ПТС до возникновения и развития критических ситуаций, приводящих к нарушению работоспособности средств управления, что позволяет своевременно принять меры по их парированию. Для достижения данной цели при ФК выполняются следующие задачи [14, 15]:

1. Сбор информации функционального контроля (ИФКТ) о состоянии ПТС, включая:

- состояние ПТС в целом;
- состояние отдельных элементов ПТС: технических средств, специального (СПО) и общесистемного (ОПО) программного обеспечения;
- состояние и загрузку каналов связи;
- состояние основных абонентов ПТС;
- состояние периферийного оборудования;

2. Обработка всей собранной ИФКТ, архивирование и выдача ее на отображение.

3. Представление результатов обработки ИФКТ на формах визуального отображения с сигнализацией о выявленных отклонениях.

4. Ввод информации о запланированных работах по техническому обслуживанию ПТС с сохранением ее в базе данных.

В настоящее время для функционального контроля программно-технических средств ЦУП используются программные средства сторонних разработчиков с

открытым кодом, предназначенные для мониторинга компьютерных систем и сетей: наблюдения, контроля состояния вычислительных узлов и служб, оповещения администратора о случаях прекращения или возобновления работы различных служб. Основным достоинствами данных систем являются: универсальность, высокая производительность, гибкость, широкая полнота охвата контролем ПТС, возможность построения разнообразных (в том числе вложенных многокаскадных) форм отображения ИФКТ. Однако данные системы в первую очередь предназначены для контроля функционального состояния средств вычислительной техники и сетевого оборудования, а не прикладного программного обеспечения. Кроме того, эти системы достаточно сложны в применении, что накладывает дополнительные требования на квалификацию эксплуатирующего персонала. Для контроля функционального состояния программных комплексов, средств НАКУ и бортовых средств КА используются средства телеметрического контроля КА, либо отдельные специализированные средства контроля, что не позволяет оперативно проводить комплексный мониторинг элементов системы управления КА в целом. Данное обстоятельство обосновывает потребность разработки специализированных систем функционального контроля (СФК), обеспечивающих мониторинг как ПТС ЦУП и СГК, так и средств НАКУ и БА КА с отображением ИФКТ на интегрированных формах визуализации.

С учетом имеющихся у универсальных средств контроля ограничений, в ЦУП АО «ЦНИИмаш» разработана специализированная система функционального контроля (СФК), ориентированная на использование дежурным персоналом, эксплуатирующим ПТС ЦУП. Ключевая особенность СФК заключается в

отображении диагностической информации на мнемосхемах конкретного контролируемого программно-технического комплекса с отображением состояния взаимодействующих средств НАКУ, СГК и БА КА, что существенно улучшает эргономические характеристики средств контроля и повышает оперативность ФК. В настоящее время СФК проходит отработку на телеметрическом информационно-вычислительном комплексе (ТМИВК) центра управления полетом российского сегмента Международной космической станции и планируется к внедрению на другие ПТС ЦУП.

Состав и архитектура системы функционального контроля телеметрического информационно-вычислительного комплекса

СФК состоит из технических и программных средств.

В состав технических средств СФК входят:

- два сервера приложений (основной и резервный), расположенные на территориально-распределенных платформах.

- ПЭВМ управления работой сервера.

Программные средства СФК включают:

- программа локального сбора ИФКТ с узлов ПТС ЦУП;
- программа центрального сбора и обработки ИФКТ узлов ПТС, установленная на серверах СФК;
- программа администрирования СФК;
- программа отображения ТМИ в реальном времени;

– программа представления ТМИ из архива.

Сервера СФК имеют сетевой доступ ко всем узлам ТМИВК для сбора с них ИФКТ в реальном времени (рис. 1). Сбор может осуществляться как непосредственно с каждого узла комплекса, так и через некоторый промежуточный сервер (в представленной схеме не используется). Кроме того, в состав собираемой информации включается ИФКТ от наземных станций НКУ и телеметрическая информация о состоянии бортовых систем КА, обеспечивающих обмен информацией ЦУП с КА.

Сбор ИФКТ в СФК организован по трехуровневой схеме. На нижнем уровне осуществляется опрос конкретных параметров, реализованный посредством выполнения программ опроса параметров ИФКТ включающих в себя скрипты, системные команды, а также специальное программное обеспечение.

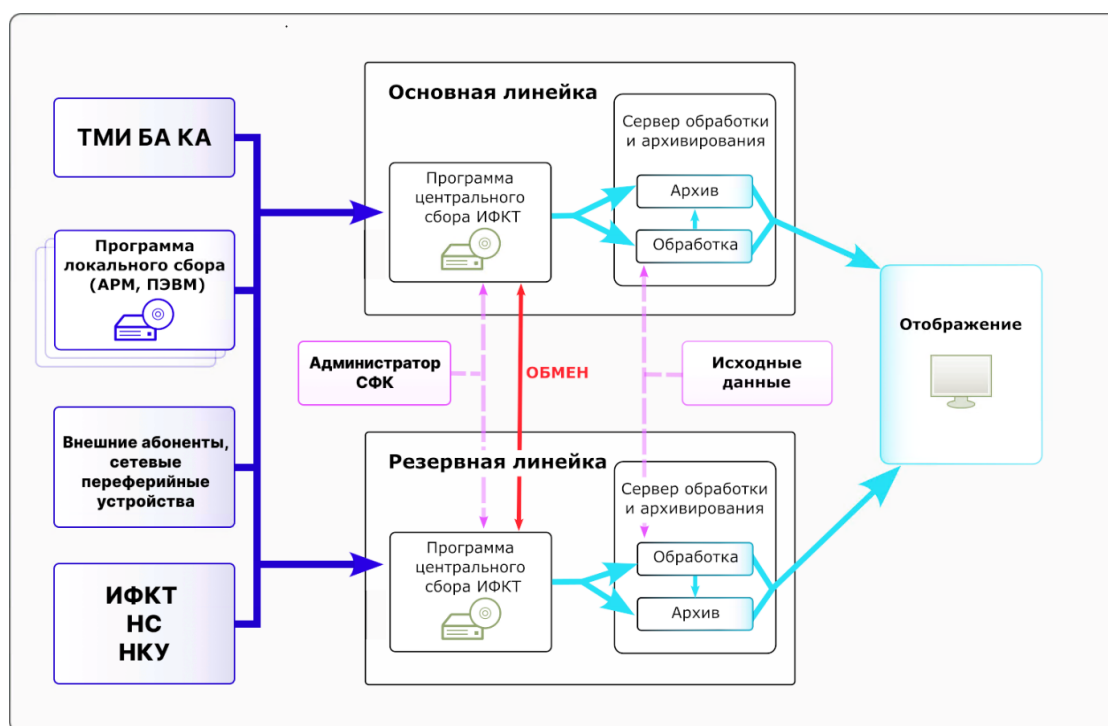


Рис. 1. Схема сбора ИФКТ ТМИВК

На каждом узле постоянно функционирует индивидуально настроенная посредством конфигурационных файлов программа локального сбора ИФКТ, которая собирает сообщения со значениями параметров от программ опроса. У программы локального сбора имеется локальная база данных (БД) файлового типа, в которой хранится история значений параметров за некоторый (предварительно установленный) последний интервал времени (как правило, две недели). Собранные данные программа локального сбора передает по защищённому протоколу в программы центрального сбора ИФКТ, выполняемые на одном или нескольких серверах СФК.

Программа центрального сбора ИФКТ собирает информацию от программ локального сбора ИФКТ, формирует единый поток ИФКТ и передает его на сервер обработки и архивирования ИФКТ, где он обрабатывается, архивируется и выдается на отображение и документирование.

Виды и реализация функционального контроля

В зависимости от технических возможностей и потребностей в уровне контроля функционирования каждого элемента ПТС в СФК предусмотрен сбор следующих видов диагностической информации [16, 17]:

1. Состояние физического доступа к узлам посредством команды «ping». Отсутствие отклика говорит о недоступности узла: либо узел выключен (остановлен), либо отсутствует сетевой маршрут между ним и СФК. Используется для контроля внешних абонентов СФК или тех узлов ПТС, на которые установить СПО СФК невозможно (например, сетевой маршрутизатор, принтер).

2. Состояние оборудования и операционной системы, которое определяется следующими параметрами:

- загрузка центрального процессора(ов);
- свободная оперативная и физическая память;
- количество сбойных секторов на жёстких дисках;
- интенсивность сетевых обменов;
- температура оборудования;
- объём, занимаемый определёнными папками и файлами на сервере;
- наличие либо отсутствие определённых файлов на диске;
- контрольная сумма определённых файлов и папок;
- наличие подключённых сетевых устройств, смонтированных сетевых файловых систем и съёмных накопителей);
- доступность сетевых портов;
- работоспособность веб-сервера и СУБД;
- подключение пользователей к удалённому рабочему столу, по SSH и другим протоколам, включая IP-адрес и логин подключившегося.

3. Выполнение на серверах пользовательских процессов, количество запущенных процессов, наличие и контрольные суммы определённых пользовательских файлов (например, контроль изменения конфигурационных файлов).

4. Работоспособность прикладных процессов контролируется посредством подключения к ним по прикладным протоколам и выполнения тестовых запросов

(например, для контроля телеметрического сервера СФК может раз в минуту подключаться к нему, запрашивать список текущих сеансов связи и список текущих подключений к этому серверу).

5. Работа средств НКУ и БА КА контролируется по объёму информации, предусмотренному разработчиком, в том объёме, который необходим для контроля взаимодействия указанных средств с ЦУП.

В СФК предусмотрено парирование ситуации, когда выдача ИФКТ на обработку невозможна по какой-либо причине, например, нарушение работоспособности сети или сервера обработки. В этом случае программа локального или центрального сбора информации сохраняет собранную информацию локально, а затем выдаёт её на сервер обработки при первой возможности в режиме воспроизведения ранее записанной информации. Информация сохраняется в небольших локальных БД даже в случае внезапного отключения питания или перезагрузки программы сбора до восстановления связи с сервером обработки.

С целью предотвращения ложной сигнализации о неисправностях в СФК реализован механизм управления активными и неактивными узлами. С помощью программы администрирования СФК информация об узлах, снятых с контроля на время проведения регламентных работ, заносится в базу данных и включается в состав потока ИФКТ с целью учёта в алгоритмах обработки и визуализации состояния. То есть сервер, ставший недоступным в период проведения с ним профилактических работ, не будет считаться вышедшим из строя и не будет вызывать аварийную диагностику. Кроме того, программа администрирования СФК позволяет задать основной полуконкомплект (линейку) оборудования ТМИВК.

При внедрении СФК в другие ПТС ЦУП, предварительный перечень видов контроля должен определяться для каждого комплекса и каждого его узла (сетевое устройство) на этапе разработки рабочей документации и уточняться на всех этапах создания и эксплуатации в зависимости от потребностей в контроле.

Используемые механизмы контроля не влияют на функционирование контролируемых узлов. Ввод новых элементов контроля не требует доработки и проведения испытаний, а реализуется посредством конфигурации СФК и корректировки исходных данных на обработку и отображение.

Опрос каждого контролируемого параметра осуществляется с определённой периодичностью, которая может являться как постоянной, заданной в конфигурационных файлах, так и переменной. Так, параметры состояния узла, находящегося в отказе, могут опрашиваться чаще, чем параметры исправного узла. В период проведения особо ответственных работ, периодичность опроса всех параметров комплекса может быть сокращена для повышения оперативности проводимого контроля.

Обработка и отображение ИФКТ

Обработка и автоматизированный анализ ИФКТ выполняется в ТМИВК на штатных программных средствах, используемых для обработки и анализа телеметрической информации РС МКС, пилотируемых и автоматических КА. На специализированном языке подготовки исходных данных для обработки и анализа ТМИ [16, 18, 19, 20] готовится задание, включающее в себя:

- наименования и инженерные названия телеметрических параметров;

- критерии сокращения избыточности и усреднения значений;
- перевод значений из одних единиц измерения в другие;
 например, следующий код переводит значения параметра tmivk.eis1dc.vol-root.total из байтов в гигабайты и сокращает избыточность, отбрасывая значения, которые меняются меньше, чем на 0,01 Гб:

tmivk.eis1dc.vol-root.total = *МАСШ*(ГБ, 0.0009765625), *NE*(0, 0.01);

- приписывание текстовых редакций сигнальным и кодовым значениям;
- границы и логика допускового контроля;
- вычисление значений вторичных параметров;
 например, следующий код вычисляет размер свободного дискового пространства в процентах и задаёт допусков: нижняя граница внимание – 10 %, нижняя граница ненорма – 5 %:

tmivk.tmarch1dc.vol-root.free% = *ФОРМУЛА*(%, (100.0 * tmivk.tmarch1dc.vol-root.free / tmivk.tmarch1dc.vol-root.total)),

ГРАНИЦЫ(НГРН:5.0, НГРВ: 10.0);

- диагностика длительного отсутствия поступления значений от узла;
- формирование протоколов событий;
- и др.

В качестве основного способа оперативного отображения информации функционального контроля предлагаются интерактивные мнемосхемы. Мнемосхема состояния ТМИВК содержит информацию о состоянии всех компонентов ИВК, каналов и узлов связи. На рисунке 2 приводится пример общей мнемосхемы

состояния ТМИВК. Состояние функционирования каждого узла отображается цветом:

- зелёный – штатное функционирование,
- жёлтый – имеются замечания,
- красный – неисправный,
- серый – неактивный,
- белый – нет данных, либо не контролируется,
- фиолетовый – проводятся технические работы.

Не все параметры ИФКТ ТМИВК предназначены для вывода на мнемосхему.

Большая часть технических подробностей собирается с целью контроля по алфавитно-цифровым формулярам или посредством построения графиков и текстовых документов из архива. Такая информация может быть полезна при разборе нештатных ситуаций. Например, при проведении детального анализа неустойчивой работы сервера в некоторый момент времени можно построить график загрузки процессора, объёма свободной оперативной памяти, проверить наличие подключений к нему по удалённому рабочему столу и т. п.

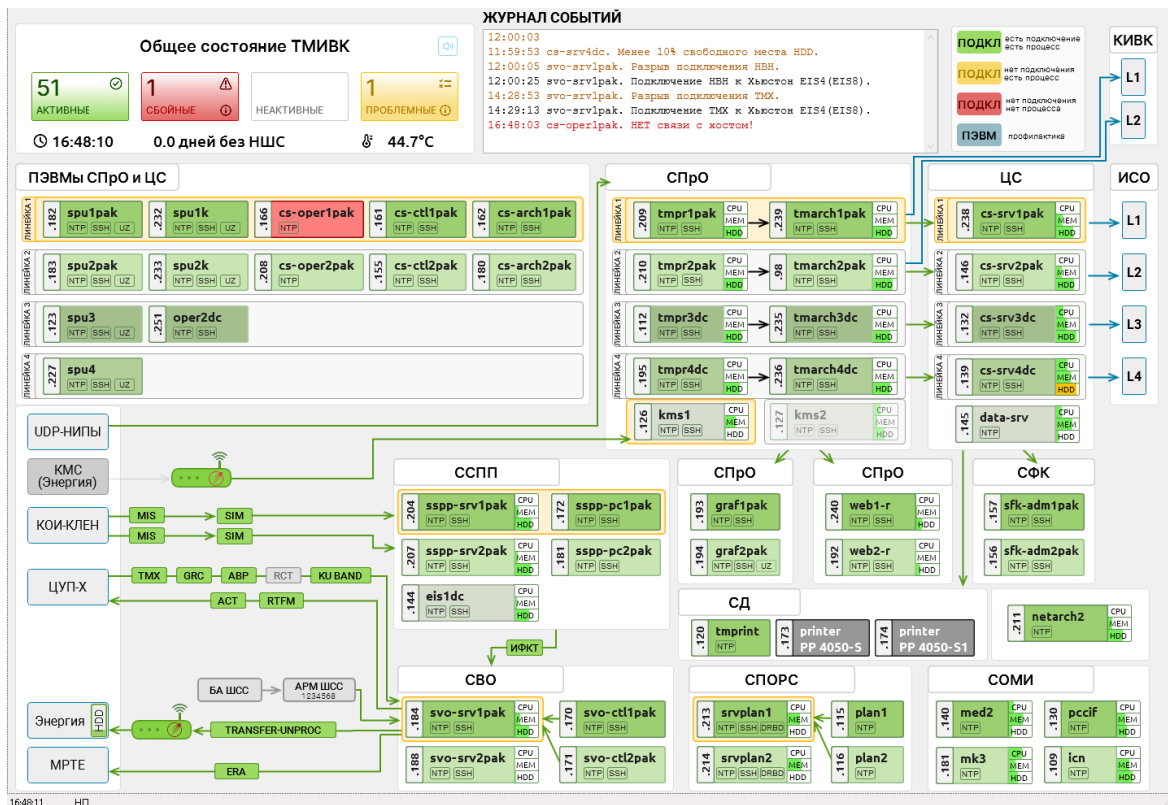


Рис. 2. Форма отображения ИФКТ ТМИВК

При обращении к любому интересующему интерактивному компоненту можно перейти на формуляр указанного узла, содержащий информацию о его состоянии. Для ПЭВМ можно посмотреть схему помещения, где он расположен. На всех узлах небольшими наглядными индикаторами выводятся основные статусы, а на серверах дополнительно загрузка процессора, занятая оперативная память и место на жёстком диске. На рис. 3 приведён пример формуляра состояния сервера ТМИВК.

Кроме того, рядом с узлами и линиями связи может выводиться вспомогательная информация, такая как количество принимаемых потоков информации, количество подключённых клиентов и т. п. Помимо составных частей ТМИВК на мнемосхеме отображаются внешние абоненты и основные роутеры с целью контроля их подключения.

Кнопка в правом-верхнем углу мнемосхемы позволяет включить/отключить звуковое оповещение о происходящих отказах. При возникновении любой нештатной ситуации в центре мнемосхемы будет открываться крупное окно с описанием отказов, и до закрытия этого окна будет воспроизводиться громкий пронзительный звук, привлекающий внимание операторов дежурной смены. Также в окне с отказами выводятся номера помещений, в которых они зафиксированы. После нажатия на кнопку помещения откроется его план, на котором будут подсвечены рабочие места с проблемными узлами.

В случае выхода из строя самой СФК становится невозможным осуществлять какой-либо контроль состояния ПТС ЦУП посредством разработанных мнемосхем. Для того, чтобы сразу обнаружить указанную ситуацию, сами мнемосхемы на рабочих местах пользователей сигнализируют об отсутствии поступления каких-либо данных цветовой индикацией и звуковым сигналом.

Анализ информации функционального контроля СФК

В качестве примера анализа ИФКТ, выполненного с помощью СФК, приведена нештатная ситуация, возникшая при плановом переходе с первого сервера внешних обменов ТМИВК (красный на рис. 4.а) на второй сервер (синий) и обратно. Графики показывают низкую загрузку процессора в процессе работы с периодическим кратковременным повышением загрузки (архивирование файла по завершении каждого сеанса связи перед отправкой внешнему абоненту). В результате сбоя одной из программ обменов, выполняемых на сервере 1 (красный), в 12:28 возникла (рис. 4.б) длительная повышенная нетипичная загрузка процессора и расход оперативной

памяти (зелёный), что было оперативно зафиксировано посредством СФК. Нештатная работы программы была устранена в 13:58, и штатная работа сервера внешних обменов восстановлена. Так как программа выполняла свою целевую функцию, а сбой возник только в части внутреннего взаимодействия приложений, обнаружить его удалось только благодаря контролю системных параметров посредством СФК.

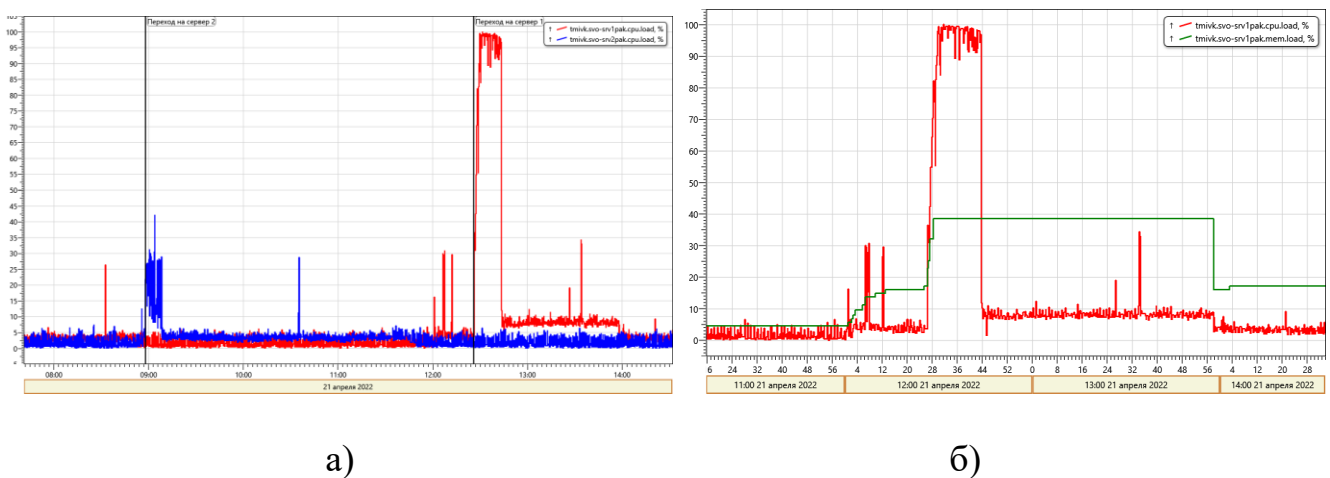


Рис. 4. Графики представления ИФКТ

Заключение

Разработанная в ЦУП АО «ЦНИИмаш» система функционального контроля (СФК) позволяет в реальном времени контролировать состояние технических средств, системных и прикладных программ, сетевого оборудования и периферийных устройств ПТС ЦУП и СГК, взаимодействующих средств НКУ, БА КА, проводить оперативный комплексный анализ функционирования ПТС. Результаты опытной эксплуатации СФК в ТМИВК ЦУП показали, что использование СФК расчетами дежурных смен положительно влияет: на оперативность выявления и диагностирования предпосылок к возникновению отказов в функционировании ПТС,

сокращает время восприятия информации о состоянии ПТС ЦУП, их узлов, взаимодействующих средств НКУ и БА КА, что, в свою очередь, позволяет сократить время выхода из нештатных ситуаций и повысить надёжность управления КА.

Дальнейшее развитие СФК предполагает поэтапное внедрение разработанной системы на все ПТС ЦУП, а также создание обобщённой мнемосхемы состояния всего ЦУП в целом. Так, рабочие места отображения СФК могут быть установлены у руководства ЦУП, руководителей подразделений и оперативных служб, в рабочих залах оперативных служб ЦУП, на рабочих местах сменных руководителей центра. При необходимости возможна реализация выдачи отображения общей мнемосхемы состояния ЦУП на отдельный канал внутреннего телевидения ЦУП.

Список источников

1. Бужин И.Г., Антонова В.М., Поздняков Р.В., Миронов Ю.Б. Особенности обработки сетевого трафика на коммутаторах третьего уровня с открытыми операционными системами // Труды МАИ. 2024. № 136. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=176835>
2. Гумаров С.Г., Гетманцев А.Ю. Контроль исправности технических систем (комплексов) полигонов по центрам распределения погрешности // Труды МАИ. 2023. № 132. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=176850>

3. Копейка Е.А., Вербин А.В. Методический подход оценивания вероятности безотказной работы сложных технических систем с учетом характеристик системы контроля на основе байесовской сети доверия // Труды МАИ. 2023. № 128. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=171411>. DOI: [10.34759/trd-2023-128-22](https://doi.org/10.34759/trd-2023-128-22)
4. Вакульчик О.В. Кибербезопасность функционирования информационно-управляющей системы с участием SQL server // Труды МАИ. 2022. № 127. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=170343>. DOI: [10.34759/trd-2022-127-13](https://doi.org/10.34759/trd-2022-127-13)
5. Лукин В.Н., Чечиков Ю.Б., Секретарев В.Е., Дзюбенко А.Л., Алтухова Н.Ф. Проблемы сопровождения аппаратно-программных комплексов // Труды МАИ. 2022. № 123. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=165573>. DOI: [10.34759/trd-2022-123-21](https://doi.org/10.34759/trd-2022-123-21)
6. Подкопаев А.В., Подкопаев И.А. Централизованный адаптивный алгоритм процедуры оптимального условного поиска места отказа динамических систем // Сибирский аэрокосмический журнал. 2021. Т. 22. № 2. С. 275–287. DOI: [10.31772/2712-8970-2021-22-2-275-287](https://doi.org/10.31772/2712-8970-2021-22-2-275-287)
7. Ааб А.В., Галушин П.В., Попова А.В., Терсков В.А. Математическая модель надёжности аппаратно-программных комплексов обработки информации для систем управления реального времени // Сибирский журнал науки и технологий. 2020. Т. 21. № 3. С. 296-302. DOI: [10.31772/2587-6066-2020-21-3-296-302](https://doi.org/10.31772/2587-6066-2020-21-3-296-302)
8. Владимиров С.С., Глубучик А.Е. Служба группового управления и мониторинга компьютерной сети кафедры ОПДС на базе программного комплекса ITALC // Материалы III международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникации в науке и

образовании» (Санкт Петербург, 25-26 февраля 2014). - СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2014. С. 219-221.

9. Катунцев Е.В. Сбор априорных данных и обработка информации о функциональной готовности комплекса программно-технических средств // Материалы III международной научно-технической и научно-методической конференции «Актуальные проблемы инфотелекоммуникации в науке и образовании» (Санкт Петербург, 25-26 февраля 2014). - СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2014. С. 471-475.

10. Ильичева О.А., Скородумов С.А. Ильичева О.А., Скородумов С.А. Система дистанционного управления и мониторинга программного и аппаратного обеспечения компьютерной инфраструктуры предприятия // IV Международная научно-практическая конференция «Наука и инновации в XXI веке. Актуальные вопросы, открытия и достижения» (Пенза, 05 июня 2017): сборник статей. - Пенза: Наука и Просвещение, 2017. Ч. 1. С. 46-48.

11. Боговик А.В., Сафиулов Д.М. Системный анализ реализации работы автоматизированной системы мониторинга технического состояния техники связи узлов связи пунктов управления оперативного объединения // Известия Тульского государственного университета. 2023. № 2. С. 248-251.

12. Рязанов Г.В. Внедрение систем мониторинга в локальную сеть организации. // Академическая публицистика. 2019. № 5. С. 93-97.

13. Матюшин М.М., Кутоманов А.Ю., Иванов А.А., Котеля В.В. Анализ путей повышения эффективности управления космическими аппаратами различного целевого назначения за счет унификации и интеграции средств управления полетом // Инженерный журнал: наука и инновации. 2021. № 11, С. 1-16.
14. Давыдов П.С. Техническая диагностика радиотехнических устройств и систем. – М.: Радио и связь. 1988. – 265 с.
15. Мельников В.П. Исследование систем управления – М.: Академия, 2008. – 336 с.
16. Матюшин М.М., Титов А.М. Теоретические основы обработки телеметрической информации: монография. – М.: Машиностроение-Полет, 2018. – 508 с.
17. Смоленцев В.П., Мельников В. П., Схиртладзе А.Г. Управление системами и процессами. - М.: Академия, 2010. - 336 с.
18. Титов А.М. Реализация преобразований значений телеметрических параметров // Космонавтика и ракетостроение. 2016. № 8 (93). Ч. 1. С. 77–86.
19. Титов А.М. Реализация преобразований значений телеметрических параметров // Космонавтика и ракетостроение. 2017. № 1 (94). Ч. 2. С. 75–82.
20. Махалов Д.А., Титов А.М. Автоматизированный анализ телеметрической информации // Космонавтика и ракетостроение. 2017. № 2 (95). С. 146–155.

References

1. Buzhin I.G., Antonova V.M., Pozdnyakov R.V., Mironov Yu.B. Features of network traffic processing on third-level switches with open operating systems. *Trudy MAI*. 2024. No. 136. (In Russ.). URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=176835>
2. Gumarov S.G., Getmantsev A.Yu. Monitoring of the serviceability of technical systems (complexes) of polygons according to the centers of error distribution. *Trudy MAI*. 2023. no. 132. (In Russ.). URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=176850>
3. Kopeika E.A., Verbin A.V. A methodological approach for estimating the probability of trouble-free operation of complex technical systems, taking into account the characteristics of a control system based on a Bayesian network of trust. *Trudy MAI*. 2023. No. 128. (In Russ.). URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=171411>. DOI: [10.34759/trd-2023-128-22](https://doi.org/10.34759/trd-2023-128-22)
4. Vakul'chik O.V. Cybersecurity of the functioning of an information management system involving SQL server. *Trudy MAI*. 2022. No. 127. (In Russ.). URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=170343>. DOI: [10.34759/trd-2022-127-13](https://doi.org/10.34759/trd-2022-127-13)
5. Lukin V.N., Chechikov Yu.B., Sekretarev V.E., Dzyubenko A.L., Altukhova N.F. Problems of maintenance of hardware and software complexes. *Trudy MAI*. 2022. No. 123. (In Russ.). URL: <https://trudymai.ru/eng/published.php?ID=165573>. DOI: [10.34759/trd-2022-123-21](https://doi.org/10.34759/trd-2022-123-21)
6. Podkopaev A.V., Podkopaev I.A. A centralized adaptive algorithm for the optimal conditional search for the failure location of dynamic systems. *Sibirskii aerokosmicheskii zhurnal*. 2021. V. 22, No. 2. P. 275–287. (In Russ.). DOI: [10.31772/2712-8970-2021-22-2-275-287](https://doi.org/10.31772/2712-8970-2021-22-2-275-287)

7. Aab A.V., Galushin P.V., Popova A.V., Terskov V.A. Mathematical model of reliability of hardware and software complexes of information processing for real-time control systems. *Sibirskii zhurnal nauki i tekhnologii*. 2020. V. 21. No. 3. P. 296-302. (In Russ.). DOI: [10.31772/2587-6066-2020-21-3-296-302](https://doi.org/10.31772/2587-6066-2020-21-3-296-302)
8. Vladimirov S.S., Glubuchik A.E. Group management and monitoring service of the computer network of the Department of OPDS based on the ITALC software package. *Materialy III mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi i nauchno-metodicheskoi konferentsii «Aktual'nye problemy infotelekkommunikatsii v nauke i obrazovanii»*. (St. Petersburg, February 25-26, 2014). Saint Petersburg: Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi universitet telekkommunikatsii im. prof. M.A. Bonch-Bruevicha Publ., 2014. P. 219-221.
9. Katuntsev E.V. Collecting a priori data and processing information on the functional readiness of the software and hardware complex. *Materialy III mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi i nauchno-metodicheskoi konferentsii «Aktual'nye problemy infotelekkommunikatsii v nauke i obrazovanii»* (Saint Petersburg, February 25-26, 2014). Saint Petersburg: Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi universitet telekkommunikatsii im. prof. M.A. Bonch-Bruevicha Publ., 2014. P. 471-475.
10. Il'icheva O.A., Skorodumov S.A. System of remote control and monitoring of software and hardware of computer infrastructure of the enterprise. *IV Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Nauka i innovatsii v XXI veke. Aktual'nye voprosy, otkrytiya i dostizheniya»* (Penza, June 05, 2017): collection of articles. Penza: Nauka i Prosveshchenie Publ., 2017. Part 1. P. 46-48.
11. Bogovik A.V., Safiulov D.M. System analysis of the implementation of the automated system for monitoring the technical condition of communication equipment communication

nodes control points of the operational association. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta*. 2023. No. 2. P. 248-251. (In Russ.).

12. Ryazanov G.V. Implementation of monitoring systems in the local network of the organization. *Akademicheskaya publitsistika*. 2019. No. 5. P. 93-97. (In Russ.).

13. Matyushin M.M., Kutomanov A.Yu., Ivanov A.A., Kotelya V.V. Analysis of ways to improve the management efficiency of spacecraft for various purposes through the unification and integration of flight controls. *Inzhenernyi zhurnal: nauka i innovatsii*. 2021. No. 11. P. 1-16. (In Russ.).

14. Davydov P.S. *Tekhnicheskaya diagnostika radiotekhnicheskikh ustroystv i sistem* (Technical diagnostics of radio engineering devices and systems). Moscow: Radio i svyaz' Publ., 1988. 265 p.

15. Mel'nikov V.P. *Issledovanie sistem upravleniya* (Research of control systems). Moscow: Akademiya Publ., 2008. 336 p.

16. Matyushin M.M., Titov A.M. *Teoreticheskie osnovy obrabotki teletricheskoi informatsii* (Theoretical foundations of telemetry information processing: monograph). Moscow: Mashinostroenie-Polet Publ., 2018. 508 p.

17. Smolentsev V.P., Mel'nikov V. P., Skhirtladze A.G. *Upravlenie sistemami i protsessami* (Management of systems and processes). Moscow: Akademiya Publ., 2010. 336 p.

18. Titov A.M. Implementation of transformations of values of telemetric parameters. *Kosmonavtika i raketostroenie*. 2016. No. 8 (93). P. 77–86. (In Russ.).

19. Titov A.M. Realization of transformations of values of telemetric parameters. *Kosmonavtika i raketostroenie*. 2017. no. 1 (94). P. 75–82. (In Russ.).

20. Makhalov D.A., Titov A.M. Automated analysis of telemetric information. *Kosmonavtika i raketostroenie*. 2017. No. 2 (95). P. 146–155. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 25.08.2024

Одобрена после рецензирования 05.09.2024

Принята к публикации 25.12.2024

The article was submitted on 25.08.2024; approved after reviewing on 05.09.2024; accepted for publication on 25.12.2024