

Отзыв

официального оппонента

доктора технических наук, профессора Кукушкина Сергея Сергеевича
на диссертацию Шелудяк Татьяны Борисовны, выполненной
на тему: «Методика многоуровневого мониторинга цифрового
телевизионного тракта в наземном комплексе управления российским
сегментом международной космической станции»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление
и обработка информации (авиационная и
ракетно-космическая техника)»

Исключительно важное значение в преобразующей деятельности человека при освоении космического пространства и в достижении при этом новых результатов принадлежит информационным системам и инновационным информационным технологиям. В существующих экономических условиях рентабельность использования каждого из КА определяется объемами данных и, соответственно, скоростями передачи информации, поэтому отмечается устойчивая тенденция к их увеличению. Однако при этом, в соответствии с физическими законами, относящимися к передаче информации, ухудшаются показатели её достоверности. В этом заключается основное противоречие развития существующих систем передачи информации и информационного обмена (ИО) данными.

Новые возможности для его разрешения появились при переходе на цифровые методы передачи информации и на цифровые технологии её обра-

ОБЩИЙ ОТДЕЛ МАИ

Вх. № 04-06.2019

ботки. Они способствовали появлению множества ранее не известных приёмов, представляющих собой изобретения человека, позволяющего за счёт различных хитростей, к которым подвигает его разум, выйти, как бы, за пределы физических законов, соблюдая их и оставаясь, по сути, в установленных ими пределах. Такого рода хитрость в виде различных технологий сжатия данных цифровых уже давно существует при передаче видеоизображений и телевизионной информации (ТВИ), но при этом, в виде своеобразной мести за допущенную вольность трактовки физических законов, вопросы, относящиеся к мониторингу цифрового телевизионного тракта, осуществляющего оперативный контроль достоверности их получения, становятся более сложными. Так, например, при сокращении на основе технологий сжатия избыточности передаваемых данных, создаются новые условия для размножения ошибок, которые появляются при искажении отдельных символов кода сжатых данных. Для их коррекции применяют помехоустойчивое кодирование, в результате чего, вместо сокращённой при сжатии избыточности вводится новая её составляющая, входящая в состав используемых помехоустойчивых кодов. Из-за этого транспортная скорость передачи ТВИ, вначале уменьшается за счет сжатия, а затем повышается при использовании избыточного помехоустойчивого кодирования. Искусство ученого заключается в том, чтобы введенная дополнительная избыточность была меньше исключенной при сжатии. При этом необходимо использование комплексного подхода, заключающегося в том, чтобы, помимо повышения помехоустойчивости передачи данных, можно было бы дополнительно достичь и других важных научных результатов, к числу которых относится, например, оценка качества получаемого изображения и коррекция искажений за счёт учёта информации предшествующих и последующих кадров. Эта важная для прикладной науки и практики её применения установка предполагает разработку модели проектируемой системы многоуровневого мониторинга качества цифровой телевизионной информации (ЦТВИ) в НКУ РС МКС, предназначенной для реали-

зации системы мониторинга сетевой и серверной инфраструктуры и объективной оценки качества ТВИ.

Поэтому диссертация Шелудяк Т.Б., посвящённая разработке методики многоуровневого мониторинга цифрового телевизионного тракта в наземном комплексе управления российским сегментом международной космической станции, выполнена на актуальную тему и имеет существенную научную и практическую значимость.

В диссертационной работе проведен научно-обоснованный анализ системы оценки качества телевизионного сигнала и факторов, влияющих на качество телевизионной информации, а также используемых при этом методов. Это позволило разработать модель цифровой телевизионной (ТВ) системы в наземной комплексе управления (НКУ) российского сегмента (РС) международной космической станции (МКС).

На защиту выносятся следующие результаты диссертационных исследований:

1. Модель цифровой ТВ системы, предназначенная для имитирования функционирования основных элементов, входящих в состав комплекса программно-аппаратных средств ТВ-каналов связи НКУ РС МКС, а также для тестирования штатных процедур и моделирования нештатных ситуаций на базе модели.

2. Модель проектируемой системы многоуровневого мониторинга качества цифровой телевизионной информации (ЦТВИ) в НКУ РС МКС, предназначенная для реализации системы мониторинга сетевой и серверной инфраструктуры и объективной оценки качества ТВ информации.

3. Методика многоуровневого мониторинга качества ЦТВИ в НКУ РС МКС, предназначенная для анализа работы ТВ тракта на трех функциональных уровнях при его введении в эксплуатацию и мониторинга работы всех элементов системы при проведении оперативных работ.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем.

1. Разработана и реализована модель цифровой ТВ системы, предназначенная для имитирования функционирования основных элементов, входящих в состав комплекса программно-аппаратных средств ТВ-каналов связи НКУ РС МКС, отличающаяся от известных аналогов тем, что в неё на передающей стороне включены системы кодирования, компрессии (сжатия) и инкапсуляции ТВ сигнала, а на приёмной – её декапсуляции, декомпрессии и декодирования, осуществляемых в обратном порядке с обеспечением контроля достоверности воспроизведения ЦТВИ. При этом обеспечивается возможность реализации различных методов сжатия помехоустойчивого кодирования передаваемой информации для определения перспектив развития программно-аппаратных средств ТВ-каналов связи НКУ РС МКС.

2. Реализована модель проектируемой системы многоуровневого мониторинга качества ЦТВИ НКУ РС МКС, отличающаяся от известных аналогов тем, что в неё включены в качестве исследуемых подсистем три уровня процессов: форматирования, сжатия и передачи, учитывающие специфические особенности спутниковых и наземных каналов связи, по которым ТВИ поступает в ЦУП, различные технологии их организации и соединения, включающие в себя коммутацию каналов и коммутацию пакетов. Разработанная модель системы многоуровневого мониторинга качества ЦТВИ позволила создать и протестировать систему оценки качества работы всех систем, составляющих основу формирования ТВ тракта передачи и приёма цифровых сигналов в НКУ РС МКС как при разработке и внедрении новых информационных технологий, так и при поиске неисправных элементов.

3. Методика многоуровневого мониторинга качества ЦТВИ в НКУ Российского сегмента (РС) МКС, предназначенная для анализа работы ТВ тракта на выделенных трёх функциональных уровнях проведения исследований на этапах введения в эксплуатацию и при реализации мониторинга работы всех элементов системы при проведении оперативных работ, отличающаяся от известных аналогов тем, что позволяет осуществлять поиск

неисправных элементов при возникновении нештатных ситуаций при распределении. Использование методики также позволяет осуществлять оперативный контроль и диагностику цифрового ТВ тракта на всех уровнях передачи, приёма и получения телевизионных изображений, быстро локализовать источник ухудшения качества, оптимизировать время оценки и выбора лучшего из ТВ потоков при одновременной работе с несколькими НИПами, а также уменьшить вероятность ошибки оператора.

Научная значимость диссертационной работы состоит в возможности формализации на основе разработанного модельно-алгоритмического обеспечения процессов передачи и многоуровневого мониторинга качества ЦТВИ в НКУ РС МКС, предназначенного для анализа работы ТВ тракта на выделенных трёх функциональных уровнях проведения исследований, а также в развитии теории форматирования, сжатия и передачи ТВ информации, обеспечивающей возможность учёта специфических особенностей, как самих передаваемых данных, так и организации спутниковых и наземных каналов связи, обеспечивающих одновременную работу с различными НИПами. Научная значимость выполненных исследований также заключается в использовании системного подхода при анализе и разработке различных процессов организации и соединения спутниковых и наземных каналов связи, включающие в себя новые технологии коммутации каналов и коммутацию пакетов данных.

Практическая значимость работы заключена в совершенствовании существующей информационной технологии передачи изображений с МКС и обеспечении контроля достоверности воспроизведения ЦТВИ, также в том, что разработанные модели и методика составляют основу многоуровневой оптимизации процессов передачи, восстановления и коррекции ТВИ, благодаря чему обеспечено существенное повышение качества получаемых изображений и показателей достоверности их передачи.

Практическая значимость полученных результатов подтверждается также достигнутыми успехами в области повышения качества передачи изображений с МКС и обеспечении возможности контроля достоверности воспроизведения ЦТВИ, получаемых от различных НИПов, благодаря чему упрощается поиск неисправных элементов и трактов передачи худшего качества, а также уменьшается вероятность ошибок оператора и, в итоге, принятия необоснованных решений по управлению работами, выполняемыми на МКС.

Практическая значимость работы подтверждается использованием полученных результатов при выполнении ряда работ, имеющих важную научную и практическую значимость. В их числе:

1) проведение комплексных испытаний системы обмена информацией по широкополосным каналам магистральной цифровой сети связи с использованием волоконно-оптических линий передачи данных и системы спутниковой связи «Приморка» и участие во вводе данной системы в эксплуатацию;

2) подготовка ЦУП к проведению 500-суточного эксперимента, моделирующего полёт к Марсу в части реализации и тестирования системы обмена ТВИ между ЦУП и ИМБП для участников 105-суточного и 500-суточного эксперимента;

3) создание системы передачи видеоинформации и потокового видео для передачи по каналам связи с недостаточной пропускной способностью в части реализации и тестирования системы видео-конференц-связи и для улучшения качества видеосигнала в информационных трактах локальных вычислительных сетей.

Результаты внедрения полученных результатов подтверждены получением 6 актов о внедрении.

Достоверность полученных результатов подтверждается: 1) приведением строгих математических доказательств сформулированной в работе

научной задачи; 2) использованием апробированного математического аппарата теории функционально-структурного анализа таких сложных информационных систем, как комплекс передачи ЦТВИ с МКС, теории помехоустойчивого кодирования, теории вероятностей, методов математической статистики и имитационного моделирования; 3) результатами практического использования результатов исследований в существующей практике передачи изображений.

Обоснованность полученных научных результатов подтверждается глубоким военно-системным анализом существующей практики передачи ЦТВИ с МКС, детальным исследованием информационных аспектов повышения качества передачи и восстановления ЦТВИ, апробацией предлагаемого методико-алгоритмического обеспечения при управлении МКС.

Отличительная особенность работы заключена в глубоком и всестороннем изучении, позволяющем получить возможность объективного представления объекта исследований с учётом существующих противоречий, требующих разрешения, в детальном рассмотрении возможных факторов, приводящих к ухудшению качества передачи ЦТВИ с МКС и достоверности получаемой при этом информации.

Автореферат логично структурирован, использованы общепринятые термины и определения, стиль изложения и оформления соответствуют требованиям, предъявляемым к диссертационным работам. Результаты работы прошли апробацию, реализованы в ряде проводимых НИОКР и опубликованы в 7 научных трудах, 3 из которых выполнены единолично.

Отмечая особую актуальность темы диссертации и целый ряд полученных результатов, отличающихся новизной, считаем необходимым отметить следующие недостатки представления результатов диссертационной работы.

1. В диссертации выделены две основные группы, которые имеют место при использовании цифровых телевизионных технологий: искажения,

вызванные системой сжатия ТВ сигналов и искажения, появление которых обусловлено ошибками в каналах связи. Они подробно описаны, но недостаточно рассмотрены предложения по возможности автоматизации их редактирования, предполагающего устранение или уменьшение искажений первого и второго типов. Особую актуальность это приобретает, например, при контроле действий космонавтов в различных сложных ситуациях, требующих выдачу оперативных рекомендаций в ходе выполнения работ по ремонту оборудования МКС в открытом космосе.

2. Основное внимание в работе обращено на использование различных систем объективной оценки качества ЦТВИ, использующие множество различных метрик и их реализацию в разработанной системе на основе программного обеспечения (ПО). Но такая ориентация требует большой избыточности передаваемых видеоизображений для того, чтобы повысить показатели надёжности приёма уникальной информации, а она, в целом ряде случаев, может отсутствовать, например, при передаче информации в нештатных условиях и на фоне повышенного уровня помех.

3. С позиций всестороннего и объективного рассмотрения всех разработанных предложений и их возможных альтернатив, относящихся к мониторингу транспортного потока цифровых, недостаточно полно рассмотрены вопросы рационального использования различных информационных технологий передачи и обработки получаемых видеоизображений. В существующих условиях для восполнения недостатков от перехода на отечественную элементную базу, требуется разработка уникальных информационных инновационных технологий, обеспечивающих возможность опережающего развития ТВ тракта в наземном комплексе управления Российским сегментом (РС) МКС. Например, ранее использовавшиеся технологии сжатия ЦВТ и помехоустойчивого кодирования, каждая из которых до сих пор развивалась отдельно друг от друга, целесообразно было бы объединить в единую технологию компрессии данных, экономного (безызыточного и

малоизбыточного) помехоустойчивого кодирования с возможностью одновременного использования существующих методов.

Несмотря на указанные недостатки, работа обладает научной новизной и практической ценностью, выполнена на актуальную тему. Выводы и результаты, полученные автором в достаточной степени убедительны.

В целом, подводя итог обоснованности и значимости полученных результатов, необходимо отметить, что соискатель учёной степени кандидата наук Шелудяк Татьяна Борисовна, является перспективным учёным и отмеченные недостатки следует отнести к категории допустимых, не снижающих качество выполненной диссертационной работы. В качестве рекомендаций по дальнейшему совершенствованию тех знаний, которые были получены соискателем в результате выполненных диссертационных исследований, считаем необходимым обратить внимание на инновационные технологии, которые развивают изобретательскую способность исследователя и учёного. Их научно-методическую основу составляют новые возможности, появляющиеся при решении задач повышения качества ЦТВ, на основе использования в составе ПО математических методов, например, дополнительного кодирования пикселей передаваемого изображения с применением прикладной конструктивной теории конечных полей. Она разработана с целью устранения существующих недостатков классической теории Э.Галуа, которые появляются при попытках её расширенного использования для решения прикладных задач. Использование новых методов позволяет, например, повысить качество принимаемой видеоинформации и обеспечить мониторинг ТВ тракта на основе инвариантов нового типа, представляющих собой выделенные из преобразованных пикселей «групповые свойства равноостаточности».

Заключение. Диссертационная работа соответствует специальности 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации

(авиационная и ракетно-космическая техника)» и удовлетворяет требованиям п. 14 «Положения о порядке присвоения ученых степеней и присуждения ученых званий» ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, является законченной научной работой, а её автор, Шелудяк Татьяна Борисовна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Официальный оппонент
заместитель начальника отдела 0502
АО «Российские космические системы»
доктор технических наук, профессор,
заслуженный изобретатель Российской Федерации,
заслуженный деятель науки и техники Московской области,
заслуженный испытатель космической техники

«17» мая 2019 г.

моб. тел. 8(905)539-46-26,
эл. почта adaptermetod@mail.ru

Кукушкин С.С.

