

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-64098 от 18 декабря 2015 г.

Учредитель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза, летчика-космонавта А.А. Леонова» (141074, Московская область, г. Королев, ул. Гагарина, д. 42)  
Издается с сентября 2014 г.  
Выходит 4 раза в год

ISSN 2409-1650

Журнал «Информационно-технологический вестник» включён в Перечень ведущих периодических изданий ВАК

Группы научных специальностей и научные специальности в рамках групп научных специальностей, по которым издание входит в Перечень:  
2. Технические науки; 2.2. Электроника, фотоника, приборостроение и связь; 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации [2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации; 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей]; 2.5. Машиностроение [2.5.13. Проектирование, конструкция и производство летательных аппаратов]; 2.6. Химические технологии, науки о материалах, металлургия; [2.6.17. Материаловедение]

Подписной индекс в каталоге «Почта России» ПП1997

Главный редактор  
**Артюшенко Владимир Михайлович**,  
д.т.н., профессор

Над выпуском работали  
Паршина Ю.С.  
Пирогова Е.В.

Адрес редакции:  
141070, Королев,  
Ул. Октябрьская, 10а  
Тел. (495)543-34-30 (доб.138),  
E-mail: rio-kimes@mail.ru,  
Site: www.unitech-mo.ru

Редакция не несет ответственности за достоверность информации в материалах, в том числе рекламных, представленных авторами для публикации  
Материалы приводятся в авторской редакции.

## СОДЕРЖАНИЕ

### ***СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ, УПРАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ИНФОРМАЦИИ***

Воронин Ф.А., Соловьёв С.В., Харчиков М.А.  
**ПРИМЕНЕНИЕ СЦЕНАРНОГО ПОДХОДА ДЛЯ ФОРМАЛИЗАЦИИ ОТРАБОТКИ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКОГО СОПРЯЖЕНИЯ НАУЧНОЙ АППАРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ НА РОССИЙСКОМ СЕГМЕНТЕ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ СТАНЦИИ.....**3

Емельянов А.Д.  
**ПРИМЕНЕНИЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ДИАГНОСТИКЕ ОБРЫВА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КАНАЛА.....**20

Минитаева А.М., Михнюк И.О.  
**ОБЗОР МЕТОДОВ ВЫЧИСЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ АВТОРЕГРЕССИИ ДЛЯ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННЫХ НЕЛИНЕЙНЫХ НЕСТАЦИОНАРНЫХ ПРОЦЕССОВ.....**30

Шайхутдинов А.А.  
**РАСШИРЕННЫЕ КОМПЛЕКСНЫЕ МАТРИЦА МЕТРИЧЕСКОГО ТЕНЗОРА И ПРОСТРАНСТВО МИНКОВСКОГО ДЛЯ СИСТЕМ ЛЮБОЙ ПРИРОДЫ....**42

### ***МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ***

Белых Е.А., Гольчевский Ю.В.  
**АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ СПОСОБОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ГЕНЕРАЦИИ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ШАБЛОНОВ.....**66

Воловач В.И., Жданов Э.Р.  
**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НАКЛОНОВ СТАТИСТИЧЕСКИ ШЕРОХОВАТОЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ВЕЛИЧИНУ ОТРАЖЕННОГО СВЕРХВЫСОКОЧАСТОТНОГО СИГНАЛА.....**77

Ионченкова Я.Ю., Самаров Е.К.  
**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОСВЕННОГО МЕТОДА НЕЛИНЕЙНОЙ ФИЛЬТРАЦИИ МАРКОВСКИХ ПРОЦЕССОВ.....**88

### ***ПРОЕКТИРОВАНИЕ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ***

Артюшенко В.М., Воловач В.И.  
**КОМПЛЕКС АППАРАТУРЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИСКЛЮЧЕНИЯ ПОРАЖЕННЫХ ЧАСТОТ И ПЕРЕХОДА ОТ УЗКОЙ ПСЕВДОСЛУЧАЙНОЙ РАБОЧЕЙ ЧАСТОТЫ К ШИРОКОЙ.....**100

## РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

1. **Барканов Е.Н.**, Dr.sc.ing.
2. **Васильев Н.А.**, д.т.н., профессор
3. **Леоненко Д.В.**, д.ф.-м.н., профессор
4. **Тимофеев А.Н.**, д.т.н., профессор

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

1. **Аббасов Э.М.**, к.т.н.
2. **Аббасова Т.С.**, к.т.н., доцент
3. **Бухаров С.В.**, д.т.н., профессор
4. **Бершадский В.А.**, д.т.н., профессор кафедры
5. **Воловач В.И.**, д.т.н., профессор
6. **Кучеров Б.А.**, к.т.н.
7. **Логачев И.А.**, к.т.н.
8. **Логачева А.И.**, д.т.н., профессор
9. **Макаров М.И.**, д.т.н., профессор
10. **Матвиенко Ю.Г.**, д.т.н., профессор
11. **Мороз А.П.**, д.т.н., профессор
12. **Мосалов О.П.**, к.ф.-м.н.
13. **Разумовский И.М.**, д.ф.-м.н., профессор
14. **Рудаков В.Б.**, д.т.н., профессор
15. **Самаров Е.К.**, д.т.н., доцент
16. **Скрябин М.Л.**, к.т.н.
17. **Соляной В.Н.**, к.т.н.
18. **Стреналюк Ю.В.**, д.т.н., профессор
19. **Халиулин В.И.**, д.т.н., профессор
20. **Чесноков А.В.**, д.т.н.
21. **Щурин К.В.**, д.т.н., профессор

Подписано в печать 16.12.2024

Формат В5

Печать офсетная. Усл.печ.л. 11,0

Тираж 500 экз.

Заказ № 97-04

Отпечатано в типографии  
ООО «Научный консультант»  
г. Москва

Хорошевское шоссе, 35, корп. 2

Ковалев И.И., Аббасова Т.С.

**ДИФФЕРЕНЦИРОВАННОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ  
С АДАПТАЦИЕЙ СЕРВЕРОВ В КОСМИЧЕСКОЙ  
ТЕЛЕМЕТРИИ.....111**

Самаров Е.К.

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ВОЗМУЩЕНИЙ  
НА ХАРАКТЕРИСТИКИ СИНТЕЗИРОВАННОЙ  
АПЕРТУРНОЙ АНТЕННЫ ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОЙ  
ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНОГО  
АППАРАТА.....124**

## МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Силин А.В., Михед А.Д., Шульженко С.Н.

**СОЗДАНИЕ МОДЕЛИРУЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ  
ДЛЯ РАСЧЁТА СЛОЖНЫХ  
ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ.....132**

Спирин Б.Л., Фролов С.В.

**ЧАСТНЫЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ  
ВАРИАЦИОННЫХ МЕТОДОВ ПРИ РАСЧЕТАХ  
УПРУГИХ СТРУКТУР.....149**

Шульженко Н.А., Сорвина О.В.

**АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПОЗИТНЫХ  
МАТЕРИАЛОВ ПРИ ОБУСТРОЙСТВЕ  
АЭРОДРОМОВ.....162**

УДК 629.78

**Дифференцированное обслуживание с адаптацией серверов  
в космической телеметрии**

**Игорь Иванович Ковалев**, кандидат технических наук, доцент,  
**Татьяна Сергеевна Аббасова**, кандидат технических наук, доцент,  
кафедра информационных технологий и управляющих систем,  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Технологический университет имени дважды Героя Советского Союза,  
летчика-космонавта А.А. Леонова», г. Королев, Московская область

*Исследованы космические системы телеметрии, применяющиеся для управления космическими аппаратами; предложено развитие архитектурных решений с применением сетевых технологий и предоставления приоритетов для обслуживания различного вида телеметрических данных с помощью многоканальной архитектуры и обслуживания с помощью серверов; на основе анализа схем построения сетевых систем телеметрии и оценок качества обслуживания разработан алгоритм дифференцированного обслуживания с адаптацией серверов.*

Многоканальная телеметрия; мультиклассовая система; сетевая технология; космический сервер; приоритеты обслуживания.

**Decision support based on rules of evidence-based reasoning**

**Igor Ivanovich Kovalev**, Candidate of technical Sciences, Associate Professor,  
**Tatyana Sergeevna Abbasova**, Candidate of technical Sciences, Associate Professor,  
Department of Information technologies and control systems,  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Technological University named after twice Hero of the Soviet Union,  
pilot-cosmonaut A.A. Leonov», Korolev, Moscow region

*Space telemetry systems used to control spacecraft have been studied; proposed the development of architectural solutions using network technologies and providing priorities for servicing various types of telemetry data using multi-channel architecture and servicing using servers; Based on the analysis of schemes for constructing network telemetry systems and quality of service assessments, an algorithm for differentiated service with server adaptation was developed.*

Multichannel telemetry; multiclass system; network technology; space server; service priorities.

## Введение

Телеметрия – это автоматизированный процесс измерения и беспроводной передачи данных с использованием датчиков для получения информации из удаленных источников, которыми в космической телеметрии являются космические летательные аппараты. Данные поступают в заданные моменты времени и свидетельствуют о состоянии объекта во время предполетной подготовки и во время полета. В космической телеметрии обрабатываются цифровые данные об инженерных измерениях (измерения температуры различных частей космического корабля, тока, напряжения, давления в узлах корабля, изображения с камер летательного аппарата) [3, С.56]. В телеметрии актуально развитие решений [12, С.76] с применением сетевых технологий [2, С.114], космического сервера, и предоставления приоритетов [1, С.160] для обслуживания различного вида телеметрических данных с помощью многоканальной архитектуры и обслуживания с помощью серверов [5, С.51].

## Результаты исследования

В каналах управления космическим аппаратом (КА) с помощью современных сетевых технологий применяются геостационарные спутники-ретрансляторы (ГСР) [6, С.20]. Типовая схема решения с применением сетевых технологий и межспутниковых связей показана на рисунке 1 для организации связи между одной контрольно-измерительной станцией (КИС) и несколькими ГСР и оптимизации потоков маршрутизации информации.

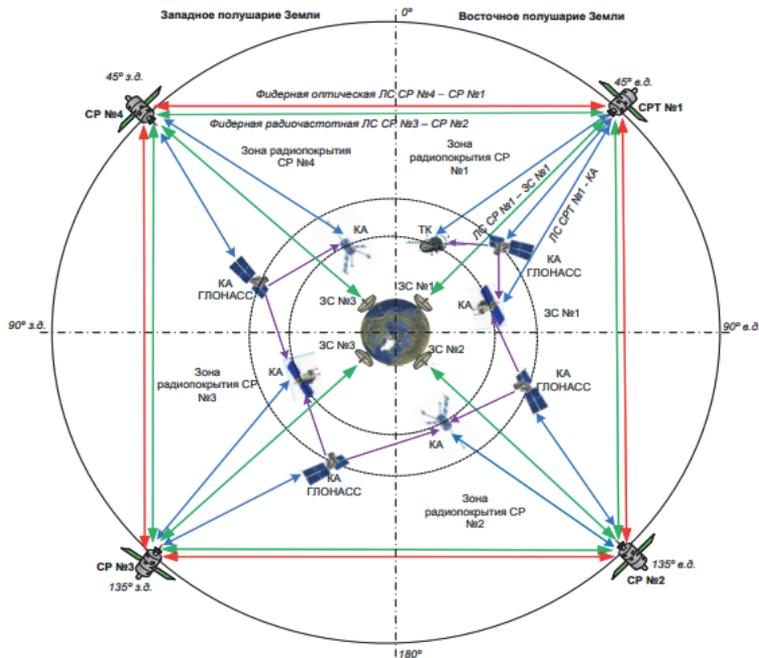


Рисунок 1 – Пример схемы организации телеметрической связи с космическим аппаратом с помощью геостационарных спутников-ретрансляторов

В приеме, обработке и передаче первичных и вторичных параметров ТМИ участвуют операторы: оператор повышения точности датчиков, кодирующий оператор, оператор согласования с каналом связи, оператор получения вторичных параметров, оператор калибровки, оператор повышения достоверности, декодирующий оператор, оператор согласования с системой анализа. Алгоритм первичной обработки ТМИ с помощью средств вычислительной техники и операторов, а также взаимосвязи между средствами вычислительной техники и операторами приведен на рисунке 2.

В функции оператора повышения точности датчиков входит учет влияния факторов окружающей среды на датчики (температура, влажность, электромагнитные поля, гравитация и пр.). В результате учета подобных вредных влияний оператор должен провести организационно-технические мероприятия, направленные на уменьшение погрешности и увеличение точности датчиков.

В функции кодирующего оператора входит перекодировка данных ТМИ с помощью помехоустойчивого кода. Далее данные ТМИ передаются оператору согласования с каналом связи, в функции которого входит согласование данных в соответствии с их скоростью поступления и структурой.

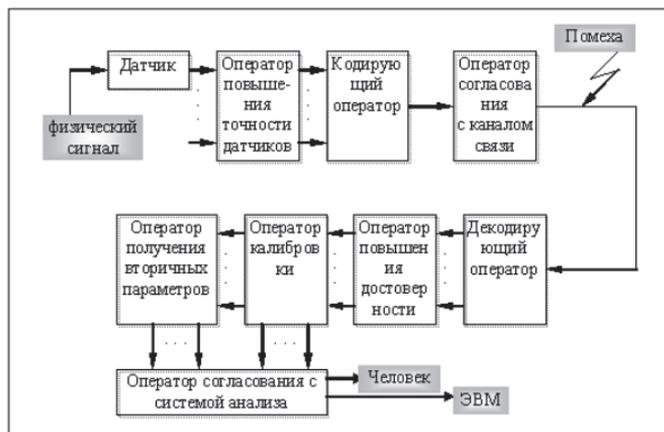


Рисунок 2 – Типовая схема обработки телеметрической информации с помощью операторов

Та часть обработки ТМИ, которая участвует в формировании данных, нужных одному из операторов или системе поддержки принятия решений, называется вторичной обработкой ТМИ. Решения, которые генерирует система поддержки принятия решений, направлены на управление телеметрическими объектами, поиск неисправностей в телеметрическом оборудовании, а также на исследование и контроль параметров, контролируемых с помощью телеметрии систем (телеметрируемых систем). Схема управляющих воздействий при поддержке принятия решений по результатам обработки вторичной ТМИ показана на рисунке 3.



**Рисунок 3 – Схема системы поддержки принятия решений при вторичной обработке телеметрической информации**

Запрос на анализ должен учитывать задачи и виды анализа, так как от задач и видов зависит конкретная схема построения телеметрической системы и обрабатываемые объемы ТМИ.

Телеметрическую систему можно представить как семиуровневую иерархическую модель взаимодействия открытых систем. На рисунке 4 показаны требования к услугам каждого уровня. На основании этих требований разрабатываются показатели качества обслуживания.

При постановке задачи более полного и компактного отображения телеметрируемых данных и процессов, соответствующих схемам обработки этих данных, предъявляются менее жесткие требования к минимизации времени такой обработки, по сравнению с оперативной обработкой ТМИ. Результаты полной обработки позволяют вычислять обобщенные характеристики телеметрируемой системы (объекта).

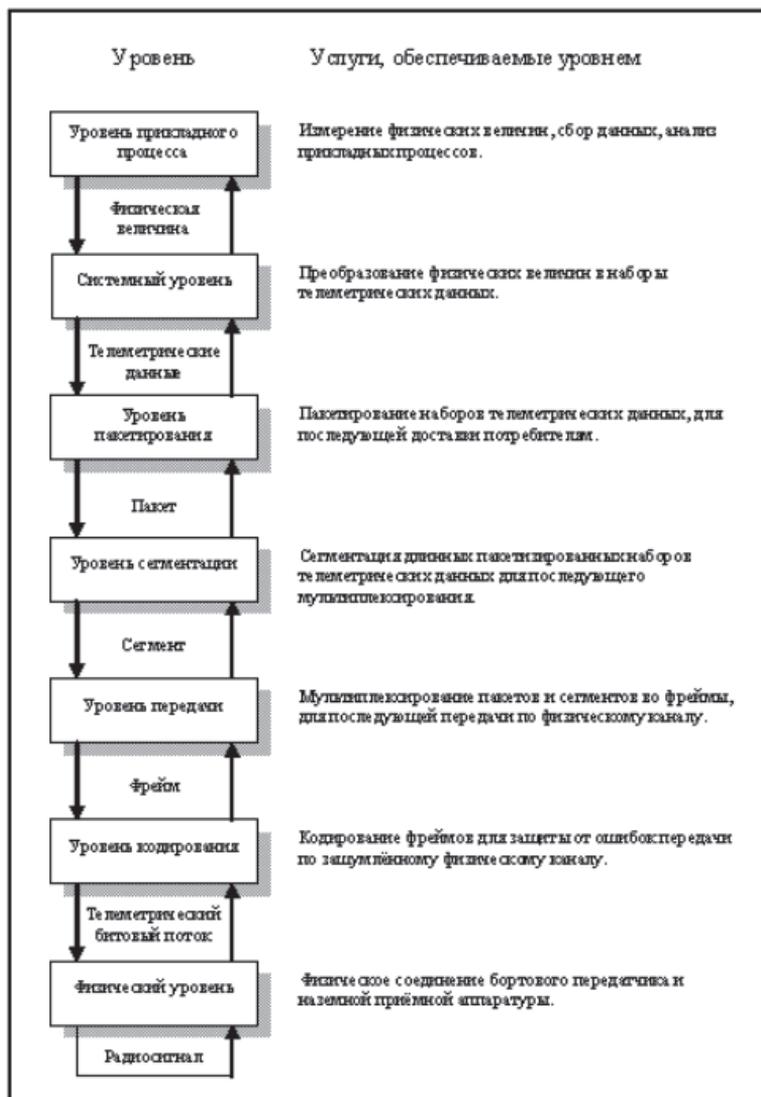
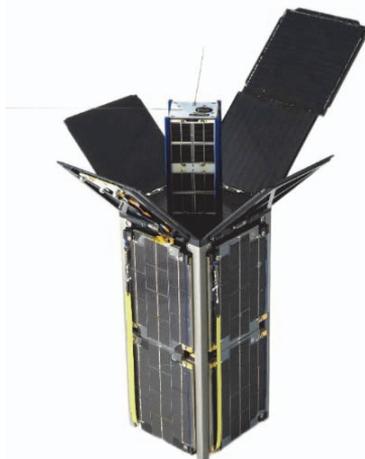


Рисунок 4 – Структура иерархической модели телеметрических служб

Современные международные космические станции выполняют функции космических центров обработки данных (ЦОД), на них можно разместить космические серверы. Выполнять функции серверных стоек могут также спутники, которые раньше выполняли в основном роль ретрансляторов. Однако существуют проекты построения отдельных космических ЦОД японскими, американскими и российскими телекоммуникационными компаниями. Применение в таких ЦОД космических серверов привлекательно с точки зрения кибербезопасности, так как к таким серверам нет прямого доступа. Также появляется возможность обрабатывать автоматически и с высокой скоростью большие данные о космических

исследованиях. Пример конструкции космического сервера, который доставляется на орбиту с пусковым контейнером, приведен на рисунке 5.



**Рисунок 5 – Конструкция космического сервера с пусковым контейнером**

С внедрением серверов на орбите [7, С.125] активно разрабатываются космические центры обработки данных (ЦОД), в которых предлагается применить сервис с дифференцированным обслуживанием с адаптацией серверов. Необходимо создать эффективное клиент-серверное распределение поступающих вызовов, рациональное использование ресурсов ЦОД и минимизацию обслуживаемых устройств (аппаратного обеспечения) ЦОД, в том числе в центрах управления полётом (ЦУП).

Данное исследование во многом мотивировано состоянием современных многоканальных распределенных телеметрических систем. Цель проведения численного исследования – показать, что предлагаемое решение работает очень хорошо, даже для систем среднего размера. При численном и компьютерном моделировании, идентификации параметров телеметрической системы необходимо провести оптимизационный расчет по заданному критерию. Оптимизационные модели применяются для решения задач оптимального управления моделируемым объектом и основаны на использовании линейного и динамического программирования или использования теории игр. При моделировании сложных телеметрических систем возникают следующие проблемы: недостаток информации о системе, требование значительных упрощений, проблема размерности и шага численного моделирования.

Динамическое программирование применяется преимущественно в теории управления и теории вычислительных систем для решения сложных задач путём разбиения их на более простые подзадачи. Уравнение Беллмана переформулирует оптимизационную задачу в рекурсивную последовательность более простых подзадач и позволяет перейти от решения исходной многошаговой задачи оптимизации к последовательному решению нескольких одношаговых за-

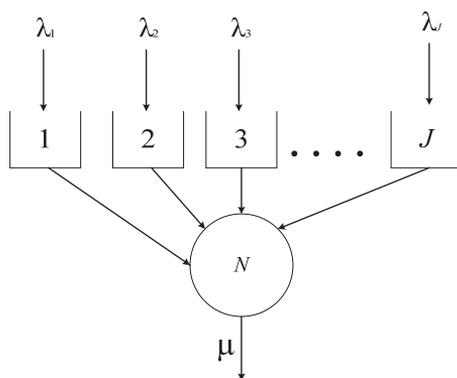
дач оптимизации. Метод динамического программирования требует большой вычислительной работы.

В теории игр не ставится задача найти какое-то конкретное числовое решение, необходимо очертить область возможных решений или предоставить дополнительные сведения о возможном развитии событий и рекомендовать правила поведения. В очень редких (исключительных) случаях для игровых моделей определяется количественная оценка или указывается оптимальное решение. Возможно сведение задачи теории игр к задаче линейного программирования.

Оптимизационные модели можно разделить на модели в управлении и модели в проектировании. Когда речь идет об оптимизационных моделях технических систем, объектов и устройств, то необходимы конкретные числовые решения.

Основываясь на собственном опыте, а также других исследованиях, проводимых в этой области, использующих методологии, аналогичные представленным, существуют основания полагать, что необходима оптимизационная модель управления, приближения работают очень хорошо, и приведенный ниже числовой пример является показательным в уникальности методологии. Для решения задач оптимизации параметров и повышения эффективности функционирования устройств предлагается использовать специализированные программные пакеты

Предлагаемое решение используется в простом трехклассовом примере. Для решения примера используется V-модель, в которой параллельно каждому этапу разработки идет этап тестирования. V-модель в данном исследовании является продолжением стандартной модели нагрузки Эрланговской системы ожидания  $M/M/N$ . В обобщенном виде эта модель приведена на рисунке 6, представлены  $n$  классов обслуживания.



**Рисунок 6 – Структурная схема V-модели для  $n$  классов обслуживания с одним сервером  $N$**

В V-модели для проведения исследования заданы три класса обслуживания с одинаковыми интенсивностями отказов  $\lambda$ . Разные классы обслуживания означают, что данные классы 1 ожидают задержку во времени обслуживания менее всего, например, 5 секунд; что данные класса 2 ожидают задержку во време-

ни обслуживания, которая больше, чем для данных класса 1, например, 25 секунд; данные класса 3 могут ожидать во времени обслуживания в 1 минуту или более. Данный пример показывает, что даже в этой, казалось бы, двойственной ситуации представленная процедура решения работает очень хорошо, в соответствии с классами данных, но с одинаковой надежностью.

V-модель предназначена для решения вопроса, сколько серверов требуется для дифференцированного обслуживания системы космической телеметрии.

Количество необходимых серверов для системы космической телеметрии зависит от множества факторов, включая объем данных, частоту передачи данных, требования к обработке и хранению информации, а также масштабируемость системы.

Основные аспекты, которые необходимо учитывать при планировании инфраструктуры телеметрической системы:

1) Передача данных. Для получения данных с космических аппаратов требуются мощные коммуникационные системы, способные обрабатывать большие объемы данных в реальном времени. Это может потребовать нескольких специализированных серверов для обработки и маршрутизации данных.

2) Хранение данных. Хранение больших объемов телеметрических данных требует значительных ресурсов хранения. Возможно использование распределенных систем хранения данных (например, Hadoop) для эффективного управления и доступа к данным.

3) Анализ данных. Обработка и анализ данных могут включать сложные алгоритмы и методы машинного обучения. Для этого могут понадобиться отдельные серверы для выполнения аналитических задач.

4) Безопасность и надежность. Космическая телеметрия часто содержит конфиденциальную информацию, поэтому безопасность данных является критическим аспектом. Системы резервного копирования и восстановления данных должны быть тщательно продуманы.

5) Масштабируемость: Система должна быть способна расширяться по мере роста объема данных и увеличения числа космических аппаратов. Использование облачных решений может упростить масштабирование.

В нашем случае будет полезно рассмотрение системы  $M/M/N$  с частотой прибытия, скоростью обслуживания и обслуживанием FCFS (от англ. First-Come, First-Served – первое прибытие, первое обслуживание), в котором необходимо найти минимально необходимое оборудование, чтобы среднее время ожидания составило менее заданного значения. Значения требуемых уровней укомплектования для этой упрощенной задачи можно легко получить с помощью любого Erlang-C калькулятора. Для этой цели использовалась функция расширенного запроса в программном обеспечении, в котором рассматривались значения от 500 до 2000 поступлений в час.

Чтобы подчеркнуть размер рассматриваемых систем телеметрии, необходимо оценить параметр, дает хорошее представление о размерах загруженности (объем работы, поступающей за единицу времени)

$$R = \lambda/\mu. \tag{1}$$

Для оценки производительности для разных классов данных используется инверсия точных преобразований Лапласа, приведенных в работе Schaack and Larson (1986). На рисунке 7 показан уровень производительности для классов 1 и 2 с использованием заданной нижней границы с применением правила статического приоритета с наивысшим приоритетом для класса 1 и с наименьшим для класса 3. Как видно, политика выполнима для всех значений  $R > 35$ .

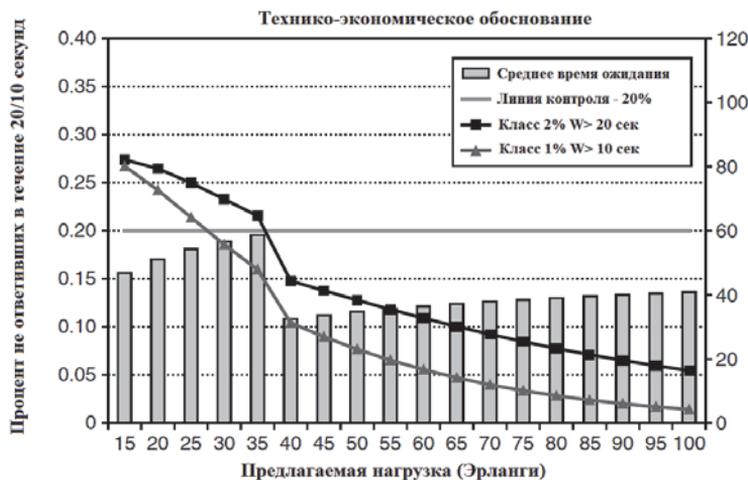


Рисунок 7 – Удовлетворение ограничений для классов 1 и 2: использование статического приоритета

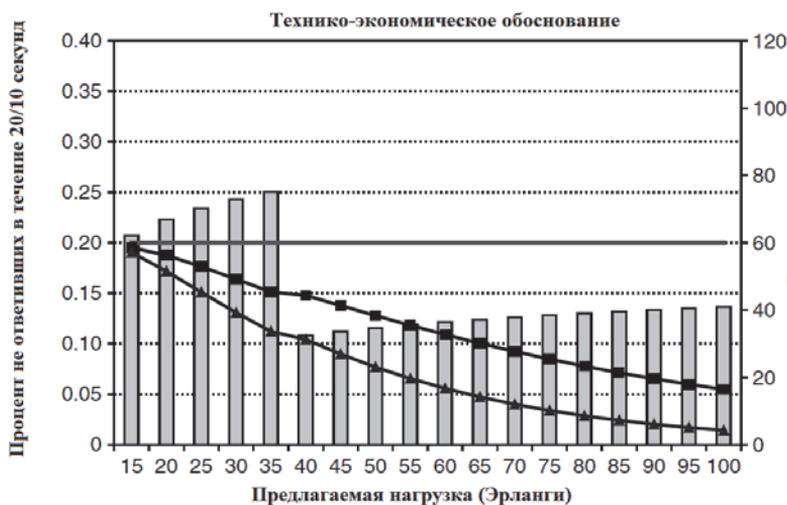


Рисунок 8 – Удовлетворение ограничений для классов 1 и 2: использование порогов

Затем применяется контроль порогового приоритета, рекомендованный

предлагаемой процедурой, с тем же порядком приоритета, но с пороговым значением, примененным к классу 3 (для  $R \leq 35$ ), то есть данные 3 класса будут приняты на обслуживание только при наличии более одного свободного обслуживающего устройства, а очереди 1 и 2 при этом свободны. В этом случае, как показано на рисунке 8, видно, что  $R$  выполняется для классов 1 и 2 для всех значений.

Использование этих порогов, естественно, приведет к еще большему нарушению глобального ограничения для небольших систем. Однако, согласно представленным расчетам, выполнение процедуры обеспечивается для всех значений нагрузки, строго превышающих 35. Схемы систем телеметрии характеризуются укомплектованием различными обслуживающими устройствами, которые асимптотически оптимальны по мере увеличения показателей прибытия. Если общий коэффициент прибытия для этой системы достаточно велик, то ожидается, что асимптотически оптимальная политика будет почти оптимальной для этой системы.

Для того, чтобы осуществить асимптотический подход, системы надо индексировать  $r = 1, 2, \dots$  (для обозначения надстрочного индекса) с возрастающей общей скоростью поступления  $\lambda^r = \sum_{i=1}^J \lambda_i^r$  и фиксированной скоростью обслуживания  $\mu^r \equiv \mu$ . Пусть  $R^r = \lambda^r / \mu$  – общая загрузка системы; тогда без ограничения считается, что индекс  $r$  выбран так, что

$$r \equiv R^r \tag{2}$$

Показатели прибытия в разные классы могут быть относительно общими. Предполагается, что скорость поступления с самым низким приоритетом сопоставима с  $\lambda^r$  для каждого  $r$ , и что существуют  $J$  чисел  $\xi_k \geq 0, k = 1, \dots, J$ , с  $\sum_{k=1}^J \xi_k = 1$ , так что скорость поступления каждого класса ведет себя согласно следующему правилу

$$\begin{aligned} \lim_{r \rightarrow \infty} \frac{\lambda_k^r}{\lambda^r} &= \xi_k, \quad k = 1, \dots, J, \\ \xi_J > 0, \xi_i &\geq 0, \quad i = 1, \dots, J - 1. \end{aligned} \tag{3}$$

Для каждого фиксированного  $r$  дифференциация уровня обслуживания между классами  $1, \dots, J - 1$  математически определяется с помощью следующей формулировки:

Минимизировать количество оборудования  $N$ , при условии

$$\begin{aligned} E[W^r] &\leq T^r, \\ P\{W_i^r > T_i^r\} &\leq \alpha_i, \quad i = 1, \dots, J - 1, \\ N &\in \mathbb{Z}_+, \pi \in \Pi, \end{aligned} \tag{4}$$

где  $T$  и целевые показатели уровня обслуживания,  $T_i, i=1, \dots, J-1$ , строго положительные константы  $0 < \alpha_i < 1$ .

Предполагается, что, классы  $i = 1, \dots, J - 1$  упорядочены в неубывающем порядке  $T_i^r$ , причем  $\alpha_i < \alpha_{i+1}$  всякий раз, когда  $T_i^r = T_{i+1}^r$ . Кроме того, неофициальное предположение о том, что ограничения для классов  $i = 1, \dots, J - 1$  имеют меньший порядок величины, чем глобальное ограничение, формально дается через следующее соотношение

$$T^r = \hat{T}/r^\gamma, T_i^r = \hat{T}_i/r^{\gamma_i}, \text{ и } \gamma_i > \gamma \text{ для всех } i < J \text{ и } \gamma \in (0, \infty).$$

В дальнейшем берется во внимание, что предположение выполнено. Результаты будут даны для произвольных  $\gamma \in (0, \infty)$ .

Таким образом, для контроля приоритетов обслуживания данных разного класса предложены правила предельного приоритета незанятого сервера с дифференцированием.

С точки зрения структуры, правила дифференцированного обслуживания даны следующим образом: рассматривается последовательность систем, проиндексированных  $r$ , со скоростью обслуживания  $\mu$  и совокупной скоростью поступления  $\lambda^r$  для  $r$  системы так, что выполняется (3). Затем правило управления *FCFS* даются следующим образом: должен быть определен уровень обслуживания  $\mu$  и правило управления, которое для  $j = J - 1, \dots, 1$  формируется рекурсивно следующим образом

$$K_{j+1}^r - K_j^r = \left\lfloor \frac{\ln\left(\frac{\alpha_j}{P\{W_{j+1}^r > 0\} \bar{F}(N^{*r}, T_j^r; \sigma_j^r; \sigma_{j-1}^r)}\right)}{\ln(\sigma_j^r)} \right\rfloor \vee 0, j = J - 1, \dots, 1. \quad (5)$$

Получено

$$P\{W_j^r > 0\} = P\{W_{j+1}^r > 0\}(\sigma_j^r)^{K_{j+1}^r - K_j^r}. \quad (6)$$

$$P\{W_j^r > 0\} := P\{W_{\lambda^r, \mu}^{FCFS}(N^{*r}) > 0\} \text{ и } \sigma_j^r = \sum_{k=1}^j \rho_k^r = \sum_{k=1}^j \left(\frac{\lambda_k^r}{N^r \mu}\right). \quad (7)$$

Фактически, пороговые значения определяются установкой  $K_1^r = 0$ . Следует обратить внимание, что приведенные выше правила комплектования оборудованием ЦОД и контроль определяются через параметры  $T^r$  и  $T_i^r, \alpha_i, i = 1, \dots, J - 1$ , и независимы от параметров масштабирования  $\gamma_i, i = 1, \dots, J$ . На практике, реализация данной политики проста и не требует определения коэффициентов масштабирования.

### Заключение

Проанализированы решения с применением сетевых технологий, космических центров обработки данных и космических серверов.

Составлена V-модель для решения вопроса, сколько серверов требуется для дифференцированного обслуживания системы космической телеметрии.

Разработан механизм для космического сервера, входящего в систему телеметрии, который мог бы обеспечить равномерное распределение информации в многомерном запросе путем предоставления приоритетов с использованием определенного (минимально возможного) количества обслуживающих устройств, а также приоритеты при обслуживании различных классов данных.

Для контроля приоритетов обслуживания данных разного класса предложены правила предельного приоритета незанятого сервера с дифференцированием.

#### *Литература*

1. Аббасова Т.С., Аббасов Э.М. Обработка агрегированных данных веб-сервисов / Современные информационные технологии. Сборник научных статей 9-й Международной научно-технической конференции. Бургас, 2023. Издательство: Институт гуманитарных наук, экономики и информационных технологий, Бургас (04-05 июля 2023 года). С. 159-166 (340 с.).
2. Аббасова Т.С., Басистый И. Развитие систем связи и интернета в космосе / В сборнике: Русский космизм: история и современность. Место и роль науки и технологий в решении глобальных проблем современности. Сборник трудов по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. Москва, 2024. С. 113-121 (314 с.).
3. Аббасова Т.С., Комраков А.А. Восстановление и проверка корректности телеметрических данных // Информационно-технологический Вестник. 2015. № 2(04). С. 55-64.
1. Аббасова Т.С., Мудрецов А.В. Модели и методы машинного обучения для анализа данных о космических объектах // Информационно-технологический вестник. 2023. № 4(38). С. 94-104.
4. Аббасова Т.С., Петровская З.В. Повышение оперативности обработки цифровой телеметрии в ракетно-технических системах // Информационно-технологический вестник. 2022. № 2(32). С. 49-56.
5. Аббасова Т.С., Погосян А.Т. Анализ структуры наземного комплекса управления космическими летательными аппаратами // Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации (ITRT-2016): сб. статей VI международной заочной научно-технической конференции. Ч. 1 / Поволжский гос. ун-т сервиса. Тольятти: Изд-во: ПВГУС, 24-25.03.2016. С. 19-22 (345 с.).
6. Аббасова Т.С., Ярыжко И.С. Применение больших данных и аналитики в космической науке / В сборнике: Русский космизм: история и современность. Место и роль науки и технологий в решении глобальных проблем современности. Сборник трудов по материалам VIII Всероссийской научно-практической конференции. Москва, 2024. С. 122-131 (314 с.).
7. Аббасов Э.М. Методика оценки дальности приема современными телеметрическими средствами при пусках изделий с космодромов // Информационно-технологический Вестник. 2020. № 3(25). С. 3-12.
8. Артюшенко В.М., Васильев Н.А., Аббасова Т.С. Комплекс полунатурного моделирования систем автоматического управления летательных аппаратов и

ракетно-космической техники // Современные образовательные технологии, используемые в очном, заочном и дополнительном образовании / Сборник – Королев МО: Изд-во «Канцлер», Финансово-технологическая академия, ФТА, 2014. С. 17-22 (426 с.).

9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей М.: Наука, 1969. 576 с.
10. Ковалев И.И., Аббасова Т.С. Поддержка принятия решений на основе правил доказательной аргументации // Информационно-технологический вестник. 2024. № 1(39). С. 34-47.
11. Теодорович Н.Н., Ковалев И.И., Семенов А.Б. Оптимизация параметров оборудования перспективных многолучевых спутниковых систем // Информационно-технологический вестник. 2020. № 3(25). С. 75-87.