

В.В. Кульба, Б.В. Павлов

**НАУЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
АКАДЕМИКА Е.А. МИКРИНА
В ИНСТИТУТЕ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ РАН**



*Посвящается памяти
академика Микрина Евгения Анатольевича*





Микрин Евгений Анатольевич

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук

В.В. Кульба, Б.В. Павлов

**Научно-организационная деятельность
академика Е.А. Микрина
в Институте проблем управления РАН**

**Москва
ИПУ РАН
2020**

УДК 629.7:004.45

ББК 39.62

К90

Кульба В.В. Научно-организационная деятельность академика Е.А. Микрина в Институте проблем управления РАН / В.В. Кульба, Б.В. Павлов; [под общ. ред. чл.-корр. РАН Новикова Д.А.]. – М.: ИПУ РАН, 2020. – 52 с. – ISBN 978-5-91450-250-5.

Издание посвящено памяти академика Е.А. Микрина. В нем рассматриваются основные результаты научно-организационной деятельности Е.А. Микрина в области создания научных основ разработки информационно-управляющих систем жесткого реального времени космических аппаратов. Рассматриваются также особенности разработки информационного обеспечения автоматизированных систем обработки данных организационными системами, проблемы информационной безопасности систем данного класса. Приведен перечень перспективных научных направлений, поставленных академиком Е.А. Микриным

Мемориальное издание предназначено для сотрудников организаций космической отрасли и Российской академии наук.

ISBN 978-5-91450-250-5

© ИПУ РАН, 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	6
1. Информационно-управляющие системы космических аппаратов	7
2. Информационное обеспечение систем организационного управления..	22
3. Информационная безопасность систем организационного управления.	33
4. Перспективные научные направления.....	41
Основные публикации Е.А. Микрина.....	44

ВВЕДЕНИЕ

Многие годы выдающийся российский ученый, генеральный конструктор пилотируемых программ РФ, генеральный конструктор ОАО РКК «Энергия» им. С.П. Королева, академик РАН, член президиума РАН, руководитель Секции машиностроения и процессов управления ОЭММПУ РАН Евгений Анатольевич Микрин был неформальным научным руководителем группы сотрудников ИПУ РАН (далее – Институт). Эта группа была создана по предложению Е.А. Микрина в один из самых тяжелых периодов жизни страны (в период так называемого «дикого капитализма»). В тот период Е.А. Микрин был руководителем департамента РКК «Энергия». Под его руководством и при его непосредственном участии постоянно совершенствовались математическое и программное обеспечение систем управления космических кораблей типа «Союз» и исследовательских модулей «Заря», «Звезда», МКС и многих других объектов.

1. ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ

В начальный период работы состав группы был небольшим, но довольно быстро число работающих в ней сотрудников Института достигло 12–15 человек. Эти сотрудники работали в течение длительного времени, вплоть до сегодняшних дней.

Основной целью работ созданной группы, которая стала объединяющим звеном дружной эффективной работы сотрудников, являлась разработка теоретических основ проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов. Группой был опубликован ряд коллективных монографий, основная из которых – «Теоретические основы проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов» под редакцией д-ра техн. наук Е.А. Микрина. Данная книга является примером системного рассмотрения основных проблем создания информационно-управляющих систем жесткого реального времени.

На основе единой методологии разработаны методы и средства формализации, алгоритмы и программы проектирования оптимальных модульных систем обработки данных реального времени, реализация которых обеспечивает синтез программного и информационного обеспечения бортового и наземного комплекса управления космическими аппаратами, их комплексную отработку и испытания. Результаты исследований, как отмечал академик Б.Е. Черток, «были использованы в качестве оптимальных методических технических решений при создании бортовых комплексов управления МКС и других космических аппаратов. Успешная реализация космических программ доказывает исключительную практическую ценность предлагаемого научного труда». Одновременно был опубликован ряд научных статей в различных журналах, в том числе и в журнале «Проблемы управления», членом редсовета которого Е.А. Микрин был много лет.

В 2007 году Президиум РАН присудил Е.А. Микрину (совместно с сотрудниками Института В.В. Кульбой и Б.В. Павловым) премию им. академика Б.Н. Петрова за цикл работ «Модели и методы проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов». В удостоенном премии цикле работ обобщены результаты многолетних научных исследований, анализа и опыта практического применения, совершенствования методов проектирования и эксплуатации информационно-управляющих систем

жесткого реального времени специального класса объектов – космических аппаратов. Рассмотрим более подробно результаты работы в данном первом направлении. В рамках данного цикла выпущено три монографии:

1. Кульба В.В., Микрин Е.А., Павлов Б.В., Платонов В.Н. Теоретические основы проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов / Под ред. Е.А. Микрина. М.: Наука, 2006.
2. Кульба В.В., Микрин Е.А., Павлов Б.В. Проектирование информационно-управляющих систем долговременных орбитальных станций / Отв. ред. Е.А. Микрин. М.: Наука, 2002.
3. Микрин Е.А. Бортовые комплексы управления космическими аппаратами и проектирование их программного обеспечения. Уч. пос. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.

В данных монографиях изложены основные результаты работы созданного коллектива. Кратко рассмотрим эти результаты.

В 70-х гг. XX в. академиком Б.Н. Петровым была поставлена проблема разработки формальных моделей и методов проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов и их программного обеспечения, использующих в качестве технологической базы цифровую вычислительную технику.

Несколько позже коллективы Открытого акционерного общества «Ракетно-космическая корпорация «Энергия» им. С.П. Королева» под руководством Е.А. Микрина и Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН в 90-х гг. начали совместную работу по данному направлению. Полученные к настоящему времени результаты исследований позволяют утверждать, что заложены теоретические основы, предложены модели и методы анализа, синтеза и отладки оптимальных модульных информационно-управляющих систем специального класса объектов – космических аппаратов (КА).

Надежность и эффективность функционирования современных КА определяются качеством информационно-управляющих систем (ИУС), включающих бортовой комплекс управления (БКУ), экипаж (для пилотируемых КА) и наземный комплекс управления (НКУ).

Среди всех космических программ XXI века самой сложной по техническим и экономическим параметрам является международная космическая станция (МКС). Бортовой комплекс управления МКС и его программное обеспечение не имеют аналогов среди отечественных и зарубежных космических аппаратов как по масштабам, так и по многообразию решаемых задач. Объем программного

обеспечения (ПО) МКС возрос в десятки раз по сравнению с объемом ПО современных КА вместе с резким увеличением логической сложности решаемых задач, что потребовало нового комплексного подхода к самой технологии (методам и средствам) его создания. Сложность разработки ПО для МКС состояла еще и в том, что наряду с традиционными для КА задачами управления движением и навигацией все задачи управления и контроля бортовых систем (БС) были реализованы в едином БКУ. Важной особенностью управления БС является программное управление резервированием. Сложная логика управления избыточностью требует проведения коммутации соответствующих схем и элементов строго по циклограммам управления, поэтому ПО БКУ не только анализирует числовые значения контрольных величин, но и задает и контролирует временные соотношения в ходе выполнения полетных задач. Создание ПО усложнялось также большим числом внешних связей как с цифровыми абонентами, так и с получателями релейных команд. Существенным отличием БКУ является его работа в реальном масштабе времени на основе современных управляющих и вычислительных средств. Опыт показал, что их практическое использование оказывается эффективным лишь в составе ПО, учитывающего самые многообразные особенности многочисленных бортовых систем, составляющих вместе с наземным комплексом управления и экипажем станции большую и сложную техногенную систему. Трудоемкость и стоимость разработки надежного ПО для космических систем оказались соизмеримыми с затратами на создание аппаратных средств.

Современные ИУС КА характеризуются большим разнообразием и сложностью структуры, обработкой заявок пользователей, поступающих в случайные моменты времени и требующих выполнения жестких ограничений на время обслуживания. Повышение эффективности проектирования ИУС КА связано в первую очередь с использованием методов синтеза оптимального состава модулей программного и информационного обеспечения на этапе технического проектирования системы. Вместе с тем, аппарат для формализации задач анализа и синтеза оптимальных модульных систем обработки данных (СОД), реализуемых в бортовой цифровой вычислительной системе (БЦВС) КА, был недостаточно эффективен, существующие методы проектирования этих систем не учитывали в достаточной мере возможностей вычислительных средств последнего поколения и специфику синтеза систем, работающих в режиме реального времени (РВ).

В связи с вышеизложенным исследования, направленные на разработку моделей, методов и средств проектирования и отладки эффективных модульных структур программного и информационного обеспечения БКУ КА по заданным критериям эффективности и с учетом имеющихся технологических ограничений и возможностей членов экипажа, были весьма актуальны. Трудности создания формальной методологии проектирования объясняются сложностями структуризации систем измерения и контроля параметров отдельных подсистем и системы в целом, а также характеристик информационного и программного обеспечения; большим числом изменений в техническом задании (ТЗ), техническом и рабочем проектах в ходе их разработки; сложностью внедрения формальных методов и автоматизации проектирования; недостаточным использованием возможностей типизации процесса разработки.

Предложенная методология проектирования модульных ИУС РВ КА является естественным развитием методологии создания автоматизированных информационно-управляющих систем. На основе единой методологии были разработаны формализованные методы предпроектного анализа, алгоритмы и программы проектирования оптимальных модульных систем обработки данных реального времени, реализация которых обеспечивает синтез программного и информационного обеспечения БКУ КА, его комплексную отработку и испытания. При синтезе учитываются требования и ограничения к реализуемым в БКУ КА функциям и задачам с учетом их интерфейса, характеристик членов экипажа КА и персонала наземного комплекса управления. Разработана совокупность взаимосвязанных моделей и методов, позволяющих на основе формирования локальных сценариев диалога пользователей и выявления их требований построить интегрированный упорядоченный граф диалоговой подсистемы БКУ КА и оценить его основные характеристики. Для НКУ КА рассмотрены стратегии оптимизации способов хранения и обработки данных в базе данных (БД) с использованием СУБД. Решена задача обеспечения требуемого уровня достоверности хранимой, промежуточной и выходной информации по критериям, коррелированным с максимизацией достоверности информации с учетом ограничений на структуру и состав записей БД, структуру связей между ними, определяемых характеристиками СУБД. Разработаны основные положения методики определения и анализа критичности реализации основных функций и возникновения нештатных ситуаций (НШС) на этапе космического полета КА на примере МКС. Предложена совокупность матричных моделей, обеспечивающая формализованный

анализ и структуризацию процессов появления и развития нестандартных ситуаций, а также подготовку в диалоговом режиме информации для последующего анализа и предупреждения НШС. Разработаны соответствующие алгоритмы, реализующие предложенные модели.

На основе принципа ранней функциональной интеграции и сценарного подхода разработана концепция комплексной отработки и испытаний программного обеспечения БКУ космических аппаратов, в соответствии с которой реализуются процессы планирования и оптимизации комплексной отладки ПО БКУ КА по временным и стоимостным критериям.

Разработанные средства, модели и методы проектирования оптимальных модульных ИУС РВ КА позволяют оптимизировать структуру их информационного и программного обеспечения, сократить затраты и сроки создания таких систем в два – пять и более раз в зависимости от их состава и сложности, повысить эффективность и качество создаваемых систем за счет оптимизации их проектных и эксплуатационных характеристик. Эффективность разработанных моделей и методов проектирования БКУ КА и его программного обеспечения подтверждена положительным опытом их применения в различных проектах.

Информационно-управляющие системы КА принадлежат к классу модульных систем обработки данных жесткого реального времени, которые требуют индивидуальной разработки. Важной особенностью ИУС РВ КА является то обстоятельство, что поступающие заявки пользователей (процессов, задач, устройств, операторов) инициируют процесс решения совокупности вычислительных и диалоговых задач различного состава и сложности, характеристики обслуживания которых определяют общие требования к временным параметрам работы системы. Множество управленческих операций вместе с аппаратно-программными средствами их реализации образуют каналы и контуры управления КА. Можно формально по-разному формировать эти каналы и контуры, разбивая все операции на соответствующие подмножества, причем требование непересечения подмножеств не предъявляется, т. е. одни и те же операции могут входить в разные контуры управления. Основными признаками, по которым выделяются соответствующие подмножества операций, являются:

- направленность или содержательная близость выполняемых операций;
- операции, входящие в контур, как правило, имеют дело с качественно однородной исходной информацией;

- операции, входящие в какой-либо контур управления, содержательно описываются близкими понятиями;
- сложившаяся специализация операций;
- возможность формализации и автоматизации.

Подчеркнем, что указанные признаки достаточно условны и противоречивы, но они, как показала практика проектирования и создания технологии управления КА, дают хорошую основу для структурированного ее описания, что, в свою очередь, позволяет разработать формальные математические модели технологии управления в целом при относительной самостоятельности каждого контура. Например, в наземном комплексе выделяются командные, телеметрические, баллистические первичные каналы информационного обеспечения и канал целевого управления.

Кроме того, ИУС РВ КА независимо от своего функционального назначения характеризуются рядом дополнительных особенностей, к числу которых относятся:

- взаимодействие с пользователем и объектами управления в интерактивном режиме;
- одновременное обслуживание нескольких пользователей и/или объектов управления с использованием единой базы данных;
- стохастический характер моментов поступления заявок на обслуживание и времени их обслуживания;
- использование текущего времени в качестве основного задающего параметра организации вычислительного процесса;
- работа с прерываниями, количество и время появления которых являются случайными;
- использование режимов мультипрограммирования и мультиобработки, непосредственное управление ЭВМ процессами ввода/вывода информации со специализированных устройств сопряжения с объектом;
- работа в режиме теледоступа;
- необходимость динамического изменения правил организации очередей заявок на обслуживание в системе в зависимости от реальной производственной ситуации и приоритетов заявок.

В качестве основных параметров ИУС РВ КА целесообразно использовать допустимое время ожидания результатов решения некоторой задачи пользователя и средний интервал времени между полным циклом обслуживания однотипных заявок (цикличность системы). Эти показатели определяются в основном инерционностью объектов и систем. По числу используемых процессоров в системе ИУС РВ КА делятся на однопроцессорные и многопроцессорные. По организации процесса обслуживания заявок

в системе они подразделяются на системы с разделением и без разделения времени, централизованные и децентрализованные. По режиму обслуживания заявок ИУС РВ КА подразделяются на системы приоритетного и беспriorитетного обслуживания. С точки зрения управления процессом функционирования ИУС РВ КА представляет собой совокупность ресурсов, подлежащих динамическому распределению между заявками пользователей. Система управления распределением ресурсов должна обеспечить их эффективное использование программными модулями задач в условиях, когда моменты времени поступления заявок на обслуживание и количество потребляемых ресурсов заранее не известно и колеблется в достаточно широких пределах. Это обстоятельство обуславливает повышенные требования к качеству анализа характеристик потоков поступающих заявок и синтезу на этой основе оптимальных проектных решений, связанных с выбором структуры программных модулей и информационной базы ИУС РВ КА.

Рассматриваемые по данному направлению ИУС РВ КА относятся, в соответствии с принятой классификацией, к системам высшего (пятого) класса сложности, характеризующегося допустимым временем ответа (реакции) порядка нескольких миллисекунд или доли миллисекунды при обслуживании заявок с относительными и абсолютными приоритетами. Повышение эффективности проектирования систем такого класса связано в первую очередь с использованием методов синтеза оптимального состава модулей программного и информационного обеспечения на этапе технического проектирования БКУ КА.

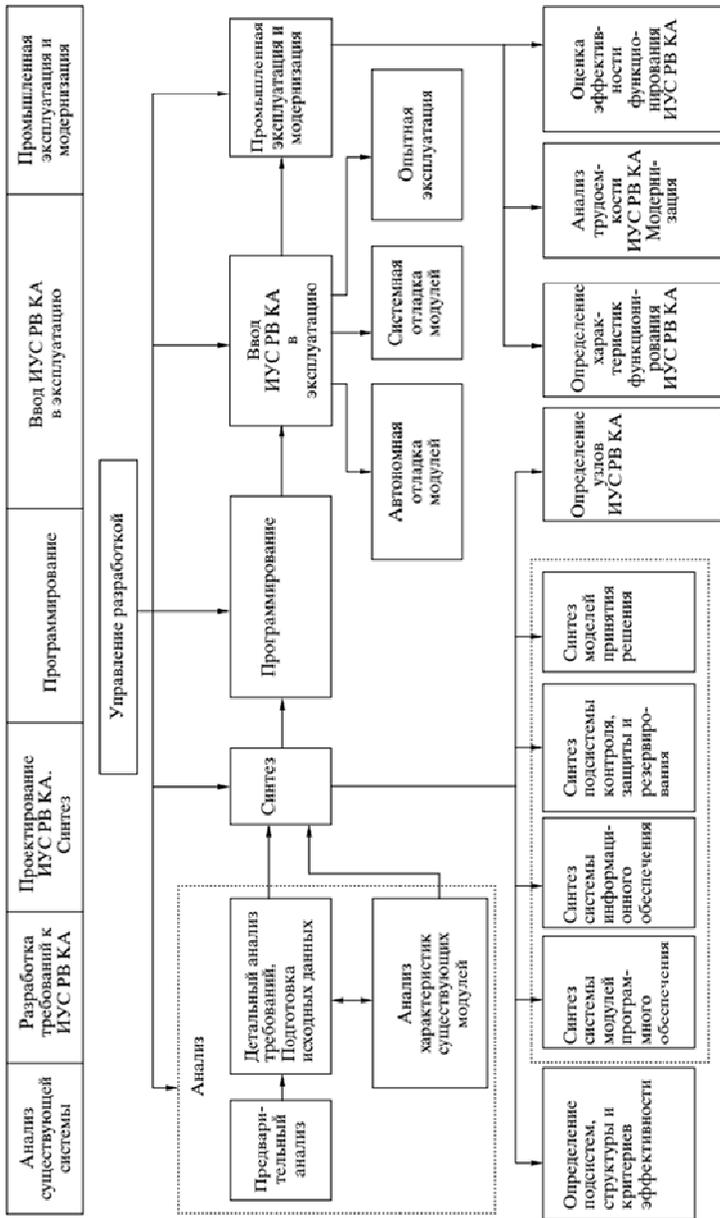
Актуальность решения задач оптимального синтеза модульного информационного и программного обеспечения ИУС РВ КА объясняется повышением требований к эффективности, качеству и надежности систем, увеличением числа и объема информационных массивов, усложнением и удорожанием разработки и отладки используемых программ, а также усложнением переходов от разработки простых и слабо связанных программ к комплексам или системам, содержащим множество взаимодействующих программ объемом в несколько десятков мегабайт каждая. Сроки создания современных БКУ КА составляют, как правило, несколько лет, что обуславливается в основном отсутствием развитой формальной методологии разработки оптимальных систем данного класса в отличие от обычных технических систем. Использование принципа модульности при проектировании информационного и программного обеспечения ИУС РВ КА позволяет свести проектирование к оптимальному синтезу функционально независимых отдельных

частей (модулей), совместно выполняющих заданные функции системы с требуемой эффективностью, и значительно сокращает затраты на разработку, внедрение и модификацию систем.

Проблема разделения информационного и программного обеспечения ИУС РВ КА на отдельные модули и их последующего сопряжения является одной из наиболее трудных и слабо формализованных, так как разделение и сопряжение связаны с планированием и организацией работы системщиков и программистов, процедурами их взаимодействия в процессе разработки, отладки, внедрения функциональных задач и обеспечения их заданных технических характеристик (общий объем программ, число отдельных модулей, надежность работы, стоимость разработки и эксплуатации и т.д.). Проектирование модульных ИУС РВ КА представляет собой многоэтапный процесс, в котором решения принимаются в ходе анализа требований к системе управления, разработки технического задания на новую систему, разработки ее технического и рабочего проектов, ее отладки и внедрения. В соответствии с разработанным проектом БКУ реализуется, внедряется и эксплуатируется. Анализ задач, подлежащих решению при создании БКУ КА, изучение опыта разработки подобных систем и существующих методик проектирования позволяют утверждать, что независимо от специфических условий и требований к конкретной ИУС существует некоторая типовая последовательность этапов разработки системы. На рисунке приведена последовательность основных этапов разработки модульных ИУС РВ КА.

Следует отметить, что некоторые из этапов проектирования могут перекрываться во времени для отдельных подсистем и модулей системы. Выделенные на рисунке этапы обладают характерными особенностями, которые выражаются как в специфичности задач, возникающих на этих этапах, так и в результатах их решений, которые являются исходной информацией для задач последующих этапов. Сложность и степень формализуемости задач модульного синтеза на каждом этапе разработки и внедрения системы во многом определили развитие методов и систем проектирования, позволяющих типизировать и автоматизировать отдельные этапы создания модульных ИУС РВ КА, а также весь процесс проектирования.

На этапе предпроектного анализа при создании модульных ИУС РВ необходимо проведение комплекса работ. Основной из них является декомпозиция системы на подсистемы (модули), обеспечивающая экстремум заданного критерия разбиения, учитывающего удобство последующего детального анализа, разработки



Основные этапы проектирования модульных ИУС РВ КА

и внедрения. Одним из наиболее важных критериев эффективности декомпозиции является минимизация числа информационных связей системы. На основе декомпозиции системы выделяются задачи, подлежащие автоматизации, определяется необходимое множество процедур реализации заданного множества функциональных задач и необходимой для этого информации и осуществляется предварительная оценка уровня типизации используемых алгоритмов. Определение процедур обработки данных, анализ и структуризация самих данных по каждой функциональной задаче базируются на совокупности матричных и графовых моделей, использование которых обеспечивает подготовку исходных данных для технического проектирования оптимальных модульных ИУС РВ КА.

На этапе технического проектирования на основе результатов, полученных на предыдущем этапе, синтезируется оптимальная модульная система обработки данных. При синтезе модульных систем обработки данных необходимо решить следующие задачи: определить множества информационных элементов, необходимых и достаточных для решения требуемых функциональных задач обработки данных; определить множество процедур, необходимых и достаточных для выполнения требуемого преобразования информации, и последовательность выполнения процедур с учетом совместимости средств реализации операторов и других ограничений; синтезировать модули программного обеспечения, распределяя процедуры и связанные с ними информационные элементы по создаваемым модулям и массивам в соответствии с выбранным критерием; синтезировать информационные массивы системы, т. е. распределить наборы записей и информационных элементов (признаков, сигналов и т.п.) по создаваемым массивам в соответствии с заданным критерием; выбрать оптимальные способы организации массивов, типы запоминающих устройств и стратегии обращения к элементам массива; определить взаимное размещение элементов массива и оптимальную величину блока для обмена с внешней памятью бортовой цифровой вычислительной машины при решении задач обработки данных и оптимальный период обновления текущих информационных массивов, а также выбрать рациональные методы обработки данных с учетом характеристик технических средств; определить оптимальные информационные взаимосвязи (интерфейс) между модулями программного обеспечения; выбрать оптимальные методы повышения достоверности при обработке данных, рациональные методы защиты данных. Задачи оптимизации при проектировании ИУС РВ необходимо строить на основе конструктивных критериев, отражающих свойства систем

реального времени, таких как производительность, среднее время задержки обслуживания отдельных заявок и комплекса решаемых системой функциональных задач, сложность разработки программно-информационного обеспечения, общая трудоемкость разработки, привязки и отладки типовых и специфических фрагментов и др.

Эффективность функционирования ИУС РВ с использованием средних времен задержки, возникающих при обслуживании заявок пользователей, оценивается с помощью линейного функционала:

$$E = \sum_{j=1}^N a_{1j} \lambda_j W_j + \sum_{j=1}^N a_{2j} \lambda_j V_j + \sum_{j=1}^N a_{3j} \lambda_j \bar{b}_j$$

где a_{1j} – штраф за единицу времени ожиданиями j -й заявки до начала обслуживания; W_j – средняя длительность ожидания j -й заявки в очереди до начала обслуживания; a_{2j} – штраф за единицу времени ожидания j -й заявки в очереди после начала обслуживания; V_j – средняя длительность ожидания прерванной заявки j -го типа; a_{3j} – штраф за единицу времени ожидания заявки j -го типа в процессе обслуживания; \bar{b}_j – среднее время обслуживания заявки j -го типа; λ_j – интенсивность j -го потока заявок; N – количество типов заявок. Решение задач синтеза позволяет разработать оптимальную модульную блок-схему программного и информационного обеспечения ИУС РВ. Модульная блок-схема системы уточняется и доводится до программной реализации на этапе рабочего проектирования. При этом решаются следующие задачи: выбор средств и методов анализа и моделирования модульных блок-схем, измерение характеристик блок-схем и оценка их эффективности; разработка программ, имеющих модульную структуру, и выбор универсальных и специализированных рабочих языков программирования с учетом совместимости отдельных структур; разработка методов организации процесса программирования, программной поддержки, системных диспетчеров и т. д.

Комплекс программ, разработанный на основе модульной блок-схемы системы, реализуется на этапе внедрения. На данном этапе решают следующие задачи: разработка моделей и методов отладки и внедрения задач, в том числе и в режиме диалога, автоматической генерации тестов, обработки результатов, тестирования; выбор и реализация диагностических методов оценки работоспособности и характеристик модульных программ; разработка методов организации внедрения ПО и информационного обеспечения (ИО) для конкретного заказчика. Как показал анализ, достаточно существенная часть функциональных задач ИУС РВ БКУ для пилотируемых

КА реализуется в диалоговом режиме, т. е. относится к подклассу диалоговых систем (ДС). Последовательность основных стадий разработки ДС совпадает с последовательностью, приведенной на рисунке. Основой для формализованной постановки и решения задач анализа и синтеза оптимальных модульных ИУС РВ является формальное определение многофункционального модуля ИУС РВ, работающего с многими типами данных.

При определении эффективности разрабатываемой ИУС РВ КА необходимо учитывать характеристики и параметры входных потоков и потоков на выдачу сообщений: времена обслуживания заявок различных типов; общую загрузку различными заявками управляющей бортовой цифровой вычислительной машины и систем передачи данных внешним абонентам; структуру и объем памяти для заявок различных типов; дисциплины распределения памяти при приеме и выдаче сообщений. Таким образом, учет особенностей проектирования ИУС РВ КА достигается введением в разработанные модели параметров, определяющих законы поступления заявок на обработку, дисциплины обслуживания и приоритетность заявок, взаимосвязи между заявками по решаемым задачам и т. д. При постановке задач синтеза программного и информационного обеспечения в ИУС необходимо учитывать совместное функционирование отдельных задач системы, общность и специфику технологии их решения.

Задачи оптимизации структурного построения программного и информационного обеспечения ИУС РВ могут быть разделены на три основных класса: синтез оптимальных модульных ИУС РВ с бесприоритетным обслуживанием заявок в режиме разделения времени на однопроцессорных вычислительных средствах; синтез ИУС РВ с приоритетным обслуживанием заявок в системах реального времени на однопроцессорных вычислительных средствах; синтез оптимальных модульных ИУС РВ на многопроцессорных вычислительных средствах. Специфичным при решении задач синтеза оптимальных ИУС РВ с бесприоритетным обслуживанием заявок является однородность входного потока заявок и слабая информационная и временная взаимосвязь между заявками при их обслуживании. При реализации информационного обеспечения таких систем используется, как правило, только внешняя память. При синтезе ИУС РВ с приоритетным обслуживанием заявок необходимо учитывать многообразие входных потоков различных типов, характеризующихся разными интенсивностью поступления и приоритетностью обслуживания. Требования пользователей на время обслуживания заявок значительно жестче по сравнению с первым

классом ИУС РВ, что требует размещения в оперативной памяти ряда программных процедур и данных, необходимых для обслуживания отдельных заявок. Взаимосвязи между заявками по составу решаемых задач в таких системах, как правило, весьма существенны. Повышение эффективности решения задач данного класса осуществляется в основном за счет сокращения числа и времени обмена между уровнями памяти при обслуживании заявок. Оптимальность параметров синтезируемой модульной ИУС РВ определяется значением заданных критериев, а допустимость различных вариантов – ограничениями на характеристики разрабатываемой системы. Основным требованием к результатам синтеза ИУС РВ является максимально высокий уровень обслуживания требований пользователей за счет оптимального использования вычислительных ресурсов.

К особенностям структурных и функциональных компонентов относятся БКУ служебного модуля российского сегмента МКС ИУС РВ. Компьютеры бортовой цифровой вычислительной системы используют операционную систему (ОС) VxWorks, являющуюся многозадачной высокопроизводительной системой реального времени.

Конфигурация программного обеспечения ИУС РВ КА включает следующие компоненты управления вычислительным процессом:

- диспетчер прикладных программ;
- службу времени;
- инициализацию вычислительного процесса;
- процедуры ОС.

Диспетчер прикладных программ обеспечивает:

- стартовую инициализацию и подключение задач функционального ПО;
- подключение или снятие задачи с обслуживания в моменты времени, определяемые расписанием подключения задач и таблицей их приоритетности;
- контроль и запуск задач с использованием стандартного механизма переключения контекстов задач ОС VxWorks;
- возможность приостановки выполнения задач с сохранением их контекста в любой момент времени, причем задачи не выгружаются из памяти и всегда есть возможность запустить их с момента останова;
- динамический контроль за текущим состоянием задач и их статусом (активна, приостановлена, ждет ресурса);

- контроль за временем прохождения задач с возможностью отключения задачи при превышении лимита времени;
- возможность подключения и отключения конкретных подзадач (запускаемых как функции).

С учетом функций, реализация которых обеспечивается диспетчером прикладных программ, функционирование системы обработки данных в режиме реального времени на ЦВМ (ТВМ) в соответствии с принятой методологией синтеза модульных ИУС РВ можно представить как систему массового обслуживания со смешанными приоритетами $MN | GN | 1 | \infty$, где MN – вектор N пуассоновских потоков заявок на обслуживание, GN – вектор функций распределения длительностей обслуживания, 1 – единичный канал обслуживания и ∞ – бесконечная очередь заявок на обслуживание. При проектировании систем массового обслуживания заявок в режиме реального времени в качестве показателей эффективности создаваемой ИУС РВ рассматриваются такие показатели, как производительность, среднее время задержки обслуживания, коэффициент полезной работы системы и др. Соответственно критериями эффективности являются:

- максимум производительности (т. е. числа заявок, обслуживаемых системой в единицу времени);
- минимум среднего времени обслуживания заявки;
- максимум коэффициента полезной работы системы (т. е. отношение среднего времени решения задачи к среднему времени нахождения заявки в системе);
- максимум коэффициента готовности системы (т. е. вероятности того, что в произвольный момент времени система готова к обслуживанию);
- минимум среднего времени пребывания множества заявок в системе;
- минимум штрафной функции за пребывание заявок в системе.

Специальным и наиболее часто используемым и общепринятым критерием эффективности при синтезе оптимальных ИУС РВ на этапе технического проектирования является минимизация межмодульного интерфейса по управлению и обмену данными. Аналогом данного критерия, который используется для повышения эффективности этапа эксплуатации БКУ КА, является максимальная независимость решаемых функциональных задач.

Допустимость разных вариантов функциональной структуры и конкретного состава программных и информационных модулей синтезируемой ИУС РВ в значительной степени определяется совокупностью ограничений на характеристики разрабатываемой

системы, представленных в ТЗ на ее разработку. Используемые ограничения могут быть разделены на технологические и объектно-ориентированные. К основным технологическим ограничениям относятся:

- общее время разработки и внедрения системы;
- время реакции системы при реализации задач обработки данных и управления;
- необходимый объем памяти для размещения и хранения информационных массивов и программных модулей;
- достоверность обрабатываемой и хранимой информации;
- требования к структурной организации и составу программных модулей, включая обязательность и недопустимость вхождения в их состав отдельных процедур и др.

Объектно-ориентированные ограничения включают в формализованные модели синтеза ИУС РВ для реализации основных технических требований к режимам функционирования объекта управления. К объектно-ориентированным ограничениям, учитываемым при проектировании КА, в частности, относятся требования к уровням надежности и безопасности, которые определяются применительно к функциям, некачественная или ненадежная реализация которых может привести к катастрофическим или критическим нештатным ситуациям. Поэтому, например, программное обеспечение должно инициировать свою работу, функционировать и заканчивать работу только на множестве безопасных ситуаций, т. е. должно анализировать входные команды и данные на их допустимость и исключать возможность приема в обработку ложных команд и данных. Если включение/выключение функции может привести к катастрофической или критической ситуации, то инициация такого включения/выключения должна обеспечиваться двумя независимыми командами. Управление в таких ситуациях должно иметь как минимум два функционально-независимых способа управления с использованием различных алгоритмов решения задачи.

Получаемые в процессе синтеза структуры ИУС РВ проектные решения (структура программных модулей, содержание информационных массивов и межмодульного интерфейса) должны учитывать наличие управляющих и информационных взаимосвязей между решаемыми задачами, возможности параллельной реализации отдельных процедур и программных модулей и заявок в целом. При использовании методологии синтеза оптимальных модульных ИУС РВ в области проектирования программного обеспечения космических аппаратов получаемые проектные решения должны

учитывать также особенности функционирования этих объектов и их систем управления. Такими наиболее существенными особенностями являются:

- наличие различных режимов функционирования объектов во время полета;
- наличие нештатных ситуаций, существенно влияющих на процесс выполнения полетного задания;
- наличие специфических ограничений, которые ранее не включались в формирование модели, в том числе на обязательную аппаратную реализацию ряда программных компонентов, приоритетность реализации отдельных программ в условиях НШС;
- необходимость многократного дублирования данных на различных носителях, необходимость долговременного хранения предыдущих состояний программ вычислений и др.;
- повышенные требования к надежности и безопасности системы управления КА.

Результаты проведенных исследований были использованы в качестве организационных, методических и технических решений при создании бортовых комплексов управления МКС и других космических аппаратов. Успешная реализация космических программ доказывает исключительную практическую ценность предложенных моделей и методов.

2. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Результаты работы по данному направлению представлены в коллективной монографии «Информационное обеспечение систем организационного управления (теоретические основы). В 3-х частях». В работе рассмотрен широкий круг теоретических и прикладных проблем повышения эффективности информационного обеспечения систем организационного управления. Основное внимание уделено поиску путей совершенствования принципов, методов, функций и механизмов организационного управления; разработке единой методологии проектирования информационных систем различного класса и назначения; разработке методов повышения качества и эффективности информационного обеспечения систем организационного обеспечения.

Часть 1. Методологические основы организационного управления / Под ред. Е.А. Микрина, В.В. Кульбы. М.: Физматлит, 2011. – 464 с. Авторский коллектив: Микрин Е.А., Кульба В.В., Косяченко С.А., Павлов Б.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Шелков А.Б., Чернов И.В., Сомов С.К., Гладков М.Ю.

Часть 2. Методы анализа и проектирования информационных систем / Под ред. Е.А. Микрина, В.В. Кульбы. М.: Физматлит, 2011. – 496 с. Авторский коллектив: Микрин Е.А., Кульба В.В., Косяченко С.А., Павлов Б.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Шелков А.Б., Чернов И.В., Сомов С.К., Гладков М.Ю.

Часть 3. Методы повышения качества информационного обеспечения систем организационного управления / Под ред. Е.А. Микрина, В.В. Кульбы. М.: Физматлит, 2012. – 528 с. Авторский коллектив: Микрин Е.А., Кульба В.В., Косяченко С.А., Павлов Б.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Шелков А.Б., Чернов И.В., Сомов С.К., Гладков М.Ю.

Одной из характерных особенностей современного состояния мировой экономической системы является стремительное развитие и интенсивное внедрение новых информационных и телекоммуникационных технологий, которые оказывают непрерывно возрастающее влияние на политику, экономику, управление, финансы, науку, культуру и другие сферы жизнедеятельности общества как в рамках национальных границ, так и в мире в целом. В настоящее время научно-технический прогресс фактически привел

к информационно-технологической революции, существенно ускорившей поступательное движение общества к совершенно новому типу – информационному, или обществу знания, характерными чертами которого являются глобальный характер информационных процессов, нивелирование границ между странами и людьми, существенные изменения структуры мировой экономической системы, рост динамичности и конкурентности мирового и национальных рынков. В этих условиях успешное решение задач совершенствования управления социально-экономическим развитием, с которыми сталкивается человеческое общество, невозможно без использования значительно возросшего потенциала современных информационных технологий.

Монография является, по сути, первой попыткой комплексного подхода к проблемам и задачам совершенствования информационных технологий как основы для роста эффективности управления, включающего разработку общей методологии создания систем организационного управления, прикладных методов и формализованных моделей проектирования автоматизированных информационно-управляющих систем различного класса и назначения, а также повышения качества их информационного обеспечения.

Часть первая книги посвящена анализу сущности, основных особенностей и ключевых характеристик процессов организационного управления. Рассмотрены цели, основные критерии эффективности функционирования, а также типология и основные характеристики структур систем организационного управления. Подробно рассмотрены назначение и особенности использования административно-организационных, экономических и социально-психологических методов, а также общих и конкретных функций управления.

Проведен детальный анализ места и роли информации в организационном управлении, ее свойств и основных этапов жизненного цикла. Приведены результаты анализа основных операций с информацией в системах организационного управления (хранение, преобразование, передача, сортировка, синтез, обработка, предоставление пользователям, оценка, уничтожение), а также особенностей использования данных о состоянии внешней среды и управляемого объекта в системах управления с обратной связью. Рассмотрен комплекс проблем повышения эффективности и важнейшие принципы внедрения новых информационных технологий в процессе создания и модернизации информационного и программного обеспечения систем автоматизации организационного управления.



**Академик Е.А. Микрин поздравляет
Институт проблем управления РАН с юбилеем**



**Академик Е.А. Микрин на выставке, посвященной 100-летию
академика и директора ИАТ-ИПУ Бориса Николаевича Петрова**



Кабинет академика Е.А. Микрина в ИПУ РАН



Академик Е.А. Микрин поздравляет коллектив ИПУ РАН с 80-летием





Академик Е.А. Микрин на юбилее Института



**Академик Е.А. Микрин на юбилейных торжествах
с членом-корреспондентом РАН, директором Института
Д.А. Новиковым**

Введены исходные понятия и изложены теоретические основы информационного управления, представляющего собой целостную стратегию, реализация которой основана на использовании показателей значимости и ценности информации при принятии управленческих решений в процессе достижения поставленных целей. Приведены основные характеристики методов, объектов и организационной структуры информационного управления. Разработаны организационные механизмы реализации информационного управления в социально-экономических системах. Подробно рассматривается комплекс задач и методов сценарного анализа сложных социально-экономических систем, направленных на обеспечение устойчивого развития экономики и социальной сферы страны в условиях рынка и расширяющейся глобализации. Предложенный подход основан на моделировании и опережающем сценарном анализе процессов развития ситуации и обеспечивает возможность прогнозирования поведения моделируемых объектов путем формирования сценариев их развития в соответствии с заданными целями и критериями эффективности. Приведены постановки и методы решения задач прогнозирования и моделирования альтернативных вариантов развития крупномасштабных социально-экономических систем. Проведен анализ технологий ситуационного управления организационными системами и информационной поддержки принятия индивидуальных и групповых решений.

Часть вторая книги посвящена разработке формализованных моделей и методов анализа и проектирования автоматизированных информационно-управляющих систем различного класса и назначения.

На основе предложенной авторами методологии анализа технологий организационного управления при проектировании оптимальных модульных систем обработки данных разработана совокупность взаимосвязанных матричных и графовых моделей, обеспечивающих формальный анализ и определение характеристик изучаемых систем. Изложены методы анализа требований пользователей к технологии обработки данных и формализованного представления его результатов. Исследуются возможности использования предложенных методов для анализа и структуризации предметных областей пользователей при проектировании автоматизированных банков данных с целью подготовки исходной информации для последующих этапов синтеза оптимальных логической и физической структуры баз данных.

Выявлены и проанализированы особенности методов и технологий индивидуального и типового проектирования и развития

средств информационной поддержки систем организационного управления. На основе предложенных принципов модульности и типизации разработаны методы формализации, постановки задач, модели и алгоритмы анализа и синтеза оптимальных модульных систем обработки данных, обеспечивающие формальный анализ и структуризацию исходной для проектирования информации, синтез оптимальной модульной системы обработки данных, определение содержания межмодульного интерфейса и оптимального состава программных модулей при заданном информационном обеспечении, оптимальное построение информационного обеспечения его основных частей и элементов. Использование модульного принципа проектирования позволяет оптимизировать состав и структуру взаимосвязей отдельных компонент программного и информационного обеспечения автоматизированных информационно-управляющих систем. Рассматриваются также разработанные авторами модели и методы синтеза оптимальных логических структур локальных, сетевых и распределенных баз данных, заключающиеся в поиске оптимального варианта отображения канонических структур в такие логические структуры, в которых сохраняются синтаксические и семантические свойства и особенности элементов и взаимосвязей предметных областей системы организационного управления и обеспечивается необходимый уровень эффективности ее функционирования при заданных потоках запросов пользователей и заданий на корректировку данных.

Часть третья книги посвящена рассмотрению проблем, задач и разработке методов повышения качества и надежности функционирования систем автоматизации и информационного обеспечения процессов организационного управления. Большое внимание уделено задачам обеспечения информационной безопасности систем управления на законодательном, организационном и программно-техническом уровнях, под которой понимается защищенность информационных ресурсов организационной системы от различного рода угроз.

Приведены результаты анализа основных функций законодательства в области информационной безопасности, важнейшими из которых являются разработка механизмов, норм и правил, обеспечивающих заданный уровень информационной безопасности и контроль их исполнения.

Достаточно подробно рассматриваются важные с практической точки зрения формализованные постановки и методы решения задач анализа и синтеза структуры систем защиты информации от несанкционированного доступа в автоматизированных

информационно-управляющих системах. Рассмотрены также формализованные модели, методы построения и анализа эффективных механизмов защиты баз данных от несанкционированного доступа.

В отдельной главе представлен разработанный авторами комплекс формализованных методов и средств обеспечения достоверности и сохранности информации при обработке данных в системах организационного управления. На основе предложенных понятий механизма контроля достоверности данных и «стандартной схемы обработки данных» разработана методика оценки достоверности для различных структур обработки данных и различных законов возникновения и взаимодействия ошибок. Приведены модели и методы анализа и синтеза различных структур обработки данных в системах автоматизации организационного управления.

Применительно к информационному обеспечению систем организационного управления (СОУ) рассмотрены формализованные модели и методы анализа предметных областей пользователей банков данных и синтеза оптимальных по критерию максимума достоверности информации структур баз данных. Предложены методы анализа систем обеспечения достоверности информации с использованием аппарата сетей Петри, позволяющие моделировать динамику поведения системы, параллельность протекающих в системе обработки данных процессов и конфликтные ситуации при совместном использовании ресурсов системы.

В книге подробно рассмотрен весьма важный и широкий круг вопросов, связанных с резервированием программных модулей и информационных массивов (файлов или реляционных таблиц данных) в автоматизированных информационно-управляющих системах как системного метода повышения сохранности данных. Выделены основные стратегии резервирования и приведены результаты анализа их эффективности по различным критериям, а также методы расчета основных вероятностных, временных и стоимостных характеристик рассмотренных стратегий. Исследуются также методы восстановления данных в автоматизированных системах, позволяющие значительно уменьшить вероятность полной потери информации в результате их разрушения. Приведены постановки и методы решения задач оптимальной организации дамплирования и восстановления информационных массивов, использующих механизмы системной журнализации. Достаточно подробно рассмотрена совокупность формализованных моделей и методов выбора оптимальных методов стратегий и способов резервирования данных в автоматизированных системах, построенных на базе сетей ЭВМ, включая постановки и методы решения

задач выбора оптимальных стратегий резервирования и размещения резервных массивов по узлам сети.

В отдельной главе рассмотрен комплекс задач планирования отладки и опытной эксплуатации систем обработки данных в автоматизированных информационно-управляющих системах, от качества проведения которых существенно зависит их общая эффективность. Приводятся конкретные постановки и методы решения задач выбора оптимальных стратегий отладки сложных комплексов программ по временным и стоимостным показателям. Подробно представлены в книге актуальные вопросы, связанные с организацией аудита и мониторинга информационной безопасности автоматизированных систем. Приведена методика комплексного оценивания и выбора проектных решений по повышению уровня информационной безопасности с использованием метода векторной стратификации. Рассмотрен также комплекс проблем проектирования детерминированных и случайных систем регистрации с целью осуществления мониторинга безопасности информационных ресурсов.

Использование разработанных и представленных в книге теоретических основ, моделей и методов организации информационного обеспечения процессов управления позволяет не только повысить качество подготовки, принятия и реализации управленческих решений, но и уменьшить трудоемкость разработки, модернизации и эксплуатации автоматизированных информационно-управляющих систем широкого класса и назначения.

3. ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ СИСТЕМ ОРГАНИЗАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Институт проблем управления РАН многие годы вел совместные работы с Институтом проблем передачи информации РАН. От ИППИ РАН работы возглавлял академик Н.А. Кузнецов. Е.А. Микрин был весьма заинтересован в развитии данного направления и принял активное участие в его разработке.

Полученные результаты по данному направлению представлены в монографии «Разработка теоретических основ обеспечения информационной безопасности систем организационного управления. Теоретические основы. В 2-х томах». Под редакцией Н.А. Кузнецова, В.В. Кульбы. М.: Наука, 2006. Т.1. – 495 с., Т.2. – 437 с. Авторский коллектив: Кузнецов Н.А., Кульба В.В., Микрин Е.А., Ковалевский С.С., Павлов Б.В., Косяченко С.А., Малинецкий Г.Г., Архипова Н.И., Кульба А.В., Волков А.Е., Шелков А.Б., Владисов С.А., Кононов Д.А., Шубин А.Н., Чернов И.В., Гладков Ю.М.

Монография содержит основные теоретические положения и связанные с ними прикладные методы обеспечения информационной безопасности систем организационного управления. Это издание в значительной мере восполняет пробел, существующий в области разработки теоретических, методологических, и прикладных основ обеспечения информационной безопасности автоматизированных систем (АС) организационного управления различного уровня и назначения.

В настоящее время информационные ресурсы, информационные технологии и инфраструктуры в совокупности образуют информационную среду (пространство) современного общества. Вследствие этого развитие человеческого общества необходимо рассматривать не только в свете экономических, социальных и экологических проблем, но и с точки зрения многочисленных информационных проблем, важнейшей из которых является проблема обеспечения информационной безопасности различных систем управления. Сегодня в России и за рубежом наблюдается значительный рост интереса к проблемам информационной безопасности, который объясняется бурным развитием крупномасштабных распределенных информационных систем. Эти проблемы в значительной степени определяются интенсивным развитием и широким использованием на практике методов информационного управления, связанных с выработкой управляющих воздействий

на руководство и персонал систем организационного управления с целью формирования у них определенных мотивов, психологических установок и поведения.

Обычно под информационной безопасностью систем понимается поддержание физической сохранности, доступности, конфиденциальности, достоверности и своевременности информации, а также гарантированной работоспособности средств, используемых для ввода, хранения, обработки и передачи данных.

Однако проблема обеспечения информационной безопасности носит более комплексный характер, для ее решения необходимо сочетание законодательных, организационных и программно-технических мер. К сожалению, законодательная база России еще отстает от сегодняшних реальных потребностей практики. Анализ показывает, что руководство органов управления любого уровня должно обеспечить разработку и внедрение в практику комплексов мер по поддержанию режима информационной безопасности и выделение на эти цели соответствующих ресурсов. Основная задача администрации состоит в выработке комплексной политики безопасности и правильной расстановке акцентов ее составляющих. Применительно к персоналу, работающему с информационными системами, должны использоваться комплексы нормативных, организационных и операционных регуляторов, включающих в себя методы подбора и расстановки кадров, их подготовки и повышения квалификации, обеспечения дисциплины. Сюда же относятся меры по физической защите помещений и оборудования, а также некоторые другие. Опыт показывает, что для поддержания режима информационной безопасности особенно важны программно-технические меры, основу которых составляют комплексы мероприятий по обеспечению сохранности данных, поскольку основная угроза компьютерным системам исходит от них самих: сбой аппаратно-технического обеспечения, ошибки программного обеспечения, умышленное вредительство или непреднамеренные ошибочные действия пользователей и администраторов.

Одним из основных условий эффективного функционирования АС организационного управления различного класса и назначения является обеспечение требуемого уровня сохранности их программного и информационного обеспечения. При эксплуатации АС достаточно часты случаи разрушения программ и данных, что приводит к ошибочным выходным результатам, увеличению времени решения задач, а в некоторых случаях к невозможности нормального функционирования системы, т.е. к ее отказу. Любое снижение эффективности работы АС приводит к значительным потерям,

величина которых во многих случаях может быть оценена прямыми методами. Так, по данным зарубежных источников, ежегодные потери в компьютерных системах США и Западной Европы от разрушения или искажения информации составляют около 130 миллиардов долларов. С целью уменьшения потерь системы от разрушения отдельных компонент ее программного и информационного обеспечения необходимо предусматривать специальные средства повышения их надежности, к которым, в частности, относятся резервирование и восстановление программных модулей и информационных массивов.

Содержание книги распределено по главам следующим образом.

Первая глава книги посвящена проблемам и задачам обеспечения информационной безопасности систем управления на законодательном и организационном уровнях. Рассмотрены взаимосвязанные проблемы глобализации и информатизации общества. Показано, что в современных условиях глобальной информатизации и широкого распространения информационных технологий существенно возрастает значение проблемы обеспечения информационной безопасности, под которой понимается защищенность информационных ресурсов организационной системы от различного рода угроз. Актуальность решения данной проблемы усиливается в условиях расширяющейся глобализации, подразумевающей образование международного правового и культурно-информационного поля, инфраструктуры межрегиональных, в том числе информационных объектов. Проанализированы различные виды внешних и внутренних угроз информационной безопасности Российской Федерации, особенности их проявления в различных сферах общественной жизни и меры противодействия возникающим угрозам. Такие меры достаточно подробно рассмотрены применительно к сведениям, объединенным понятием «государственная тайна», являющимися наиболее защищенной частью государственных информационных ресурсов РФ.

Проанализированы основные функции законодательства в области информационной безопасности, важнейшими из которых являются разработка механизмов, норм и правил, обеспечивающих заданный уровень информационной безопасности и контроль их исполнения. Рассмотрены основы законодательной и нормативной базы информационной безопасности, которую составляют соответствующие положения Конституции Российской Федерации, Гражданского и Уголовного кодексов, Доктрины информационной безопасности Российской Федерации, Федеральных законов РФ

«Об информации, информатизации и защите информации», «О коммерческой тайне», «О лицензировании отдельных видов деятельности», «Об участии в международном информационном обмене», «О техническом регулировании», международных и межправительственных соглашений, постановлений Правительства РФ по рассматриваемому кругу вопросов. Рассмотрены также наиболее значимые нормативные документы, определяющие критерии оценки уровня информационной безопасности, защищенности и требования, предъявляемые к механизмам защиты, к которым относятся Руководящие документы Гостехкомиссии, «Общие критерии оценки безопасности информационных технологий» (ISO 15408) и «Практические правила управления информационной безопасностью» (ISO 17799).

Предложены методы построения и исследования модели развития информационной инфраструктуры, основой которой является глобальная сеть Интернет. Целью моделирования является анализ тенденций развития основных показателей эффективности функционирования глобальной информационной инфраструктуры, определение структуры взаимовлияний внешних факторов, а также состава и характера управляющих воздействий для формирования благоприятных сценариев социально-экономического развития. В результате моделирования показано, что противоречивость и неразвитость правового регулирования общественных отношений в области информационной безопасности и информационной сфере в целом приводят к серьезным негативным последствиям. Несвершенство законодательства в области информационной безопасности, электронной торговли, электронного документооборота, цифровой подписи, оборота электронных денег и т. п. существенным образом тормозит развитие высокотехнологичных Интернет-технологий и услуг.

Во второй главе рассмотрены возможности использования новых информационных технологий (ИТ) в системах организационного управления. Выделены основные свойства информации, циркулирующей в системах организационного управления различного класса и назначения. Проведен анализ основных операций с информацией в системах организационного управления (хранение, преобразование, передача, сортировка, синтез, обработка, использование, оценка, уничтожение), а также особенностей использования информации о состоянии внешней среды и управляемого объекта в системах управления с обратной связью. Рассмотрены особенности создания информационного обеспечения систем организационного управления, основными элементами

которого являются нормативные и справочные данные, составляющие информационный базис системы; текущие сведения, поступающие извне системы, требующие ответной реакции системы или влияющие на алгоритм выработки решений; накапливаемые учетные и архивные сведения, необходимые для планирования и развития системы. Определены важнейшие принципы внедрения новых ИТ и организации информационного обеспечения СОУ, к которым относятся однократный ввод данных и многократное их использование, агрегация и фильтрация информации, зависимость степени агрегации от уровня принятия решений и др.

Детально рассмотрены вопросы разработки информационного обеспечения систем организационного управления в условиях чрезвычайных ситуаций (ЧС). Показано, что в условиях ЧС основной проблемой при подготовке, принятии и реализации управленческих решений является недостаток не ресурсов, а информации, необходимой для обеспечения требуемого уровня их качества, результативности и эффективности. В качестве основных целей автоматизированных систем управления в условиях ЧС определены: обеспечение конфиденциальности, оперативности и эффективности деятельности органов управления, развитие их координационных и контролирующих возможностей; обеспечение эффективного информационного взаимодействия; повышение качества вырабатываемых управленческих решений; совершенствование анализа принимаемых решений, аналитической работы в целом; рационализация информационного обеспечения, структуры и состава документооборота; обеспечение требуемых уровней безопасности, сохранности, полноты и достоверности информации в базах данных, а также защиты от несанкционированного доступа и использования.

Вторая часть книги посвящена основным положениям (Глава 3) и теоретическим основам (Глава 4) информационного управления как эффективного средства обеспечения информационной безопасности страны. Информационное управление состоит из действий, предпринимаемых для достижения информационного превосходства путем воздействия на информацию, информационные системы и непосредственно человека. Информационное управление представляет собой целостную стратегию, реализация которой основана на использовании значимости и ценности информации при принятии управленческих решений в процессе достижения поставленных целей. Рассматриваются методы и средства информационного управления, основы медиапланирования, структура подготовки и реализации сценариев и стратегий информационного управления,

а также средства мониторинга состояния объектов управления. На основе введенных исходных понятий, разработанных теоретических концепций и положений формализованы схемы реализации информационного управления в социально-экономических системах, а также способы оценки силы и напряженности воздействия информационных источников. Особое внимание уделено вопросам формализации процедур формирования эффективных сценариев и стратегий защиты элементов социально-экономической системы страны от специальных информационных воздействий.

Третья часть книги посвящена рассмотрению проблем, задач и методов защиты информации от несанкционированного доступа (НСД).

В рамках этого направления разработаны и представлены формализованные постановки и методы решения задач анализа и синтеза систем защиты информации от несанкционированного доступа в АС. Основными критериями и ограничениями при решении задач синтеза систем защиты выступают временные и стоимостные затраты на разработку и эксплуатацию методов защиты, потери от «взлома» системы защиты, вероятность и среднее время несанкционированного доступа к объектам защиты. Рассмотрены формализованные модели, методы построения и анализа эффективных механизмов защиты баз данных от НСД. В качестве модели функционирования базы данных с различной степенью конфиденциальности хранимой информации использованы сети Петри с разноцветными маркерами, позволяющие идентифицировать правомочность действий пользователей по отношению к информационным ресурсам базы. Рассматриваются также задачи проектирования систем регистрации и проведения аудита систем обеспечения информационной безопасности (ИБ).

Четвертая часть книги посвящена проблемам, методам и задачам обеспечения необходимых уровней достоверности и сохранности информации в СОУ.

В рамках данного направления разработаны комплексы формализованных методов и средств обеспечения достоверности и сохранности информации при обработке данных в системах организационного управления. На основе предложенных понятий механизмов контроля и защиты данных, а также понятия «стандартная схема обработки данных» разработана методика оценки достоверности для различных структур обработки данных и различных законов возникновения и взаимодействия ошибок. Приведены модели и методы анализа и синтеза различных структур обработки данных в СОУ, в которых в качестве критериев

оптимальности используется достоверность обработки, суммарное среднее время (либо затраты) на обработку, контроль и исправление данных. Рассмотрены формализованные модели и методы анализа предметной области пользователей банков данных и синтеза оптимальных по критерию максимума достоверности информации структур баз данных. Предложены методы анализа систем обеспечения достоверности информации с использованием аппарата сетей Петри, позволяющие моделировать динамику поведения системы, параллельность протекающих в системе обработки данных процессов и конфликтные ситуации при совместном использовании ресурсов системы.

Подробно рассмотрен широкий круг вопросов резервирования программных модулей и информационных массивов в АС как системного метода повышения сохранности данных. Выделены основные стратегии резервирования и приведены результаты анализа их эффективности по различным критериям, а также методы расчета основных вероятностных, временных и стоимостных характеристик рассмотренных стратегий. Проведен анализ основных разрушающих модули и массивы факторов и даны рекомендации по использованию необходимых методов защиты от их воздействия. Поставлены и решены задачи выбора стратегий резервирования и оптимального числа копий и (или) предыстории (дампов) основного массива. Рассмотрены задачи оптимального резервирования программ и массивов данных в системах обработки данных, работающих в реальном масштабе времени. Специфика решения задач выбора оптимальных стратегий резервирования массивов в системах реального времени заключается в необходимости учета особенностей работы с онлайн-массивами, взаимосвязи отдельных задач, наличия системы приоритетов и прерываний при обработке, жестких ограничений на время обработки запросов. Рассмотрены методы восстановления информационных массивов в АС, позволяющие значительно уменьшить вероятность полной потери информации в результате их разрушения. Приведены методы расчета характеристик восстановления и результаты анализа областей наиболее эффективного использования методов восстановительного резервирования. Рассмотрены постановка и методы решения задач оптимальной организации дампов и восстановления информационных массивов, использующих механизмы системной журнализации. Специфика функционирования указанных систем состоит в хранении определенного числа поколений дампов, создаваемых с заданной периодичностью, соответствующего количества архивных версий системных журналов, а также использовании заданного числа резервных копий дампов и системных журналов.

Предложены формализованные модели и методы решения различных задач выбора оптимальных методов резервирования данных в АС, построенных на базе сетей ЭВМ. Проведен анализ особенностей использования информационной избыточности в сетях ЭВМ, а также эффективности методов оперативного и восстановительного резервирования программных модулей и информационных массивов в сетях ЭВМ. Рассмотрены постановки и методы решения задач выбора оптимальных стратегий резервирования и размещения резервных массивов по узлам сети. В качестве критериев эффективности используются максимум вероятности и минимум среднего времени ответа на запрос, минимум стоимостных затрат на хранение резерва и обработку поступающих запросов. Результатом решения задач оптимизации является подмножество узлов сети, в которых требуется размещение резервных массивов, и объем резерва.

Рассмотрены задачи планирования отладки и опытной эксплуатации систем обработки данных в СОУ, от качества проведения которых существенно зависит общая эффективность АС. Невыявленные ошибки в программах становятся причиной появления недостоверных результатов, разрушения информации или полного отказа системы обработки данных в СОУ. Проведен обзор методов повышения эффективности отладочных работ. Выделены основные задачи оптимизации процессов отладки сложных комплексов программ. Рассмотрены вопросы использования системы векторных показателей качества при решении задач организации отладки сложных комплексов программ. Приведены постановки и методы решения задач выбора оптимальных стратегий отладки сложных комплексов программ модульных систем обработки данных в СОУ по временным и стоимостным показателям.

Использование разработанных теоретических основ, моделей, методов, алгоритмов и программ обеспечения требуемого уровня информационной безопасности СОУ позволяет не только повысить эффективность их функционирования, но уменьшить трудоемкость их разработки.

Предпринятая попытка является основой для развития последующих исследований в этом направлении. Монография может рассматриваться в известной степени как пособие, где практик найдет изложение опыта использования формализованных методов обеспечения информационной безопасности СОУ, а теоретик – отправную точку для дальнейших исследований при создании формализованных методов анализа и синтеза систем обеспечения информационной безопасности.

4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАУЧНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

Блестящий ученый и педагог, академик Е.А. Микрин по праву пользовался среди коллег и учеников высочайшим заслуженным авторитетом и уважением. Среди его неоспоримых заслуг фундаментальные труды и исследования, научная школа, плеяда талантливых учеников. Серьезные научные и методологические результаты были также получены при разработке следующих направлений:

- Модели, методы и результаты сценарного анализа и прогнозирования в космической отрасли;
- Комплексная отработка программного обеспечения бортового комплекса управления космическими аппаратами и имитационные модели функционирования бортовых систем и внешней среды;
- Методы и средства создания катастрофоустойчивых территориально-распределенных систем обработки данных;
- Проблемы и перспективы разработки компьютерной адекватной интеллектуальной среды для управления пилотируемыми космическими аппаратами;
- Мониторинг функционирования сложных технических систем в условиях внешних угроз. Метод структурно-интегрированных индикаторов и иерархия моделей;
- Модели и методы обеспечения сохранности данных и их эффективного использования в распределенных системах.

Наиболее серьезные результаты получены при разработке последнего направления. В рамках этого направления подготовлена под руководством академика Е.А. Микрина докторская диссертация к.т.н. С.К. Сомова, а также рукопись коллективной монографии под редакцией академика Е.А. Микрина.

В упомянутой работе рассмотрен ряд методов решения актуальных задач обеспечения сохранности данных и повышения эффективности их использования в распределенных системах различного масштаба и назначения. Распределенные системы получили за последние десятилетия широчайшее распространение во многих областях деятельности человека. Такие системы используются в промышленности, торговле, банковском деле, космосе, здравоохранении, системах связи, в обучении и в военных областях. Они обслуживают огромное количество пользователей, обрабатывают и хранят гигантские объемы информации разного рода.

В эпоху цифровой экономики XXI века появился новый актив – данные, которые играют в развитии всех сфер народного хозяйства ту же роль, что и нефть в XX веке. Хранимая в таких системах информация имеет огромную ценность, что и определяет актуальность разработки моделей и методов обеспечения высокой степени сохранности информации в этих системах. Кроме того, огромные объемы информации требуют и эффективных методов ее использования, которые должны обеспечивать минимальное время отклика системы на запросы пользователей. Много лет огромное число людей живет в цифровом мире, а компьютеры проникли в большинство сфер человеческой деятельности. Научные исследования, космос, медицина, образование, обучение, управление автомобилями, самолетами, разнообразными механизмами и многое другое уже не может выполняться без использования возможностей, которые предоставляет вычислительная техника. Население все большего количества стран начинает жить и работать в условиях цифрового мира, т. е. в условиях, когда создается и используется с разными целями все большее количество принципиально новых продуктов в цифровой форме, например, учебные курсы с мультипликацией или устройства дополненной реальности (англ. augmented-reality devices).

Несмотря на постоянное улучшение качества и надежности работы аппаратных средств вычислительной техники, программного обеспечения, средств связи и технологий по хранению и обработке данных остается актуальной проблема значительных финансовых потерь организаций, вызванных незапланированными простоями используемых ими систем обработки данных из-за проблем с потерей или искажением информации. В работе представлен анализ причин возникновения негативных инцидентов и сбоев в процессе функционирования локальных, а так же и распределенных систем обработки данных различного назначения и масштаба, которые могут привести к частичной и даже полной потере информации. В самых серьезных случаях сбой в работе таких систем могут вызвать остановку работы компаний, использующих возможности систем данного класса. Для восстановления информации, искаженной или потерянной в результате воздействия негативного инцидента, или для восстановления работоспособности самой системы могут потребоваться существенные затраты ресурсов и времени. В особо критичных случаях восстановление информации и работоспособности системы может быть невозможным. Приведены статистические данные по размеру убытков, которые несут компании из-за приостановки их основной деятельности по причине сбоев различного характера в работе информационных систем.

В работе представлено большое количество формальных моделей и методов обеспечения сохранности данных разного типа в распределенных системах, имеющих различное назначение и различающихся технологиями своей работы. Приведены формальные модели и примеры их использования при формулировке задач оптимального резервирования, репликации файлов данных и фрагментов таблиц в распределенных системах. При формулировке задач использовались, в частности, положения Марковских процессов, модель случайного блуждания частицы по целочисленным точкам действительной прямой, теория графов. Представлены алгоритмы решения этих оптимизационных задач и примеры их решения с использованием данных алгоритмов.

Выполнен анализ особенностей резервирования информации в компьютерных сетях. С учетом этих особенностей предложены методы оперативного и восстановительного резервирования массивов данных и программных модулей в компьютерных сетях. Предложены модели и сформулированы задачи динамической репликации данных в распределенных системах. Представлена модель и формулировка задачи репликации данных в мобильных сетях с учетом их особенностей. Для решения сформулированных задач предложены оригинальные алгоритмы их решения и приведены примеры работы этих алгоритмов.

Материал работы основан на использовании большого количества источников, что является еще одним достоинством данной работы, и может быть полезен ученым, занимающимся проблемами сохранности данных, а так же аспирантам и студентам соответствующих специальностей.

Полученные под научным руководством академика РАН Е.А. Микрина результаты имеют значение не только для космической отрасли, но и для развития науки в нашей стране. Большинство перспективных направлений будут разрабатываться в ИПУ РАН и в дальнейшем.

Ушел из жизни человек огромного таланта, ответственности и доброты. Его никогда не забудут те, кто когда-либо общался с ним, и нам всегда будет не хватать этого обаятельного и мудрого человека. Светлая память о нем навсегда сохранится в наших сердцах – тех, кто знал и высоко ценил этого яркого, необыкновенного человека.

ОСНОВНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ Е.А. МИКРИНА

Монографии

1. Обносов Б.В., Воронов Е.М., Микрин Е.А., Ярмолук В.Н., Ефремов В.А., Сычев С.И., Аксенов А.С., Ванин А.В., Гуляев С.В., Карпунин А.А., Куся А.М., Латыпова П.А., Любавский К.К., Репкин А.Л., Савчук А.М., Серов В.А., Спокойный И.А., Фомичев А.В., Хамаев Н.В., Чулин Н.А., Шубладзе А.М. Стабилизация, наведение, групповое управление и системное моделирование беспилотных летательных аппаратов. Современные подходы и методы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. – 464 с.
2. Микрин Е.А., Кульба В.В., Косяченко С.А., Чернов И.В., Шелков А.Б. Модели, методы и результаты сценарного анализа и прогнозирования в космической отрасли. М.: ИПУ РАН, 2016. – 148 с.
3. Микрин Е.А., Кульба В.В., Косяченко С.А., Павлов Б.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Шелков А.Б., Чернов И.В., Сомов С.К., Гладков М.Ю. Информационное обеспечение систем организационного управления (теоретические основы). В 3-х частях. Часть 3. Методы повышения качества информационного обеспечения систем организационного управления. В 3-х частях. Часть 3. М.: Физматлит, 2012. – 528 с.
4. Микрин Е.А., Кульба В.В., Сомов С.К. Синтез оптимальных распределенных модульных систем обработки данных реального времени. М.: ИПУ РАН, 2012. – 160 с.
5. Микрин Е.А., Кульба В.В., Косяченко С.А., Павлов Б.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Шелков А.Б., Чернов И.В., Сомов С.К., Гладков М.Ю. Информационное обеспечение систем организационного управления (теоретические основы). В 3-х частях. Часть 1. Методологические основы организационного управления. В 3-х частях. Часть 1. М.: Физматлит, 2011. – 464 с.
6. Микрин Е.А., Кульба В.В., Косяченко С.А., Павлов Б.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С., Шелков А.Б., Чернов И.В., Сомов С.К., Гладков М.Ю. Информационное обеспечение систем организационного управления (теоретические основы). В 3-х частях. Часть 2. Методы анализа и проектирования информационных систем. В 3-х книгах. Часть 2. М.: Физматлит, 2011. – 496 с.
7. Микрин Е.А., Кульба В.В., Косяченко С.А., Сомов Д.С., Гладков Ю.М. Комплексная отработка программного обеспечения бортового комплекса управления космическими аппаратами

- и имитационные модели функционирования бортовых систем и внешней среды. Научное издание. М.: ИПУ РАН, 2011. – 120 с.
8. Кузнецов Н.А., Кульба В.В., Микрин Е.А., Ковалевский С.С., Павлов Б.В., Косяченко С.А., Малинецкий Г.Г., Архипова Н.И., Кульба А.В., Волков А.Е., Шелков А.Б., Власов С.А., Кононов Д.А., Шубин А.Н., Чернов И.В., Гладков Ю.М. Информационная безопасность систем организационного управления. Теоретические основы. В 2-х томах, том 1. М.: Наука, 2006. – 495 с.
 9. Кузнецов Н.А., Кульба В.В., Микрин Е.А., Ковалевский С.С., Павлов Б.В., Косяченко С.А., Малинецкий Г.Г., Архипова Н.И., Кульба А.В., Волков А.Е., Шелков А.Б., Власов С.А., Кононов Д.А., Шубин А.Н., Чернов И.В., Гладков Ю.М. Информационная безопасность систем организационного управления. Теоретические основы. В 2-х томах, том 2. М.: Наука, 2006. – 437 с.
 10. Кульба В.В., Микрин Е.А., Павлов Б.В., Платонов В.Н. Теоретические основы проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов. М.: Наука, 2006. – 579 с.
 11. Микрин Е.А., Пелихов В.П., Галимов Р.Х. Разработка структуры и алгоритма функционирования экспертной системы обеспечения безопасности пилотируемых космических полетов. М.: ИПУ РАН, 2006. – 83 с.
 12. Микрин Е.А. Бортовые комплексы управления космическими аппаратами и проектирование их программного обеспечения. Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 210500 «Системы упр. летат. Аппаратами» / Е. А. Микрин. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. – 333 с.
 13. Да Лю., Микрин Е.А., Чернов И.В. Модели и сценарии развития INTERNET в России. М.: ИПУ РАН, 2003. – 97 с.
 14. Ковалевский С.С., Микрин Е.А., Пелихов В.П. Синтез оптимальных модульных СОД РВ, использующих режим квантования времени обслуживания задач управления долговременными орбитальными станциями. М.: ИПУ РАН, 1999. – 92 с.

Брошюры

15. Микрин Е.А., Гладков Ю.М., Павельев В.В. Модели и методы выбора оптимальных систем защиты центров обработки данных. М.: ИПУ РАН, 2010. – 71 с.
16. Микрин Е.А., Кочкаров А.А., Сомов Д.С. Мониторинг функционирования сложных технических систем в условиях внешних угроз. Метод структурно-интегрированных индикаторов и иерархия моделей. М.: ИПУ РАН, 2010. – 54 с.

17. Микрин Е.А., Шелков А.Б., Павельев В.В. Методы восстановления данных в распределенных автоматизированных системах. М.: РГГУ, 2009. – 68 с.
18. Косяченко С.А., Микрин Е.А., Павельев С.В. Методы и средства создания катастрофоустойчивых территориально-распределенных систем обработки данных. М.: ИПУ РАН, 2008. – 78 с.
19. Кульба В.В., Микрин Е.А., Павельев С.В. Методы обеспечения доступности программного и информационного обеспечения в территориально-распределенных системах обработки данных. М.: РГГУ, 2008. – 58 с.
20. Микрин Е.А., Валюк А.К., Гладков Ю.М., Кульба В.В. Модели и методы повышения эффективности и качества тематических патентных баз данных. М.: ИПУ РАН, 2007. – 72 с.
21. Микрин Е.А., Косяченко С.А., Моисеев С.В., Гусев С.Я., Сусанов И.А., Федосеев И.Л. Проблемы и перспективы разработки компьютерной адекватной интеллектуальной среды для управления пилотируемыми космическими аппаратами. М.: ИПУ РАН, 2007. – 55 с.
22. Кульба В.В., Микрин Е.А., Сиротюк В.О., Сиротюк О.В. Модели и методы проектирования оптимальных структур объектно-ориентированных баз данных в автоматизированных информационно-управляющих системах. М.: ИПУ РАН, 2005. – 102 с.
23. Кульба В.В., Микрин Е.А., Пелихов В.П. Основные решения по совершенствованию состава и структуры информационно-управляющей системы и радиотехнических комплексов передачи данных МКС. М.: ИПУ РАН, 2004. – 59 с.
24. Микрин Е.А., Пелихов В.П., Чернов И.В. Предложения по проектированию новых компонентов и технологий информационно-управляющих систем РКК «Энергия». М.: ИПУ РАН, 2003. – 71 с.

Статьи в ведущих международных журналах/сборниках

25. Zubov, N.E., Mikrin, E.A., Ryabchenko, V.N., Sorokin, I.V. Synthesis of Stabilization Laws for Lateral Motion of a Maneuverable Aircraft at the Lack of Data on Its Sideslip and Roll Angles // Russian Aeronautics. 2019. Vol. 62, Iss. 1. P. 22–31.
26. Zubov, N.E., Mikrin, E.A., Misrikhanov, M.Sh., Ryabchenko, V.N. LMI-Based Criteria of Controllability and Observability for a Descriptor MIMO System / Journal of Computer and Systems Sciences International. Road Town: Springer Link, 2018. Vol. 57, Iss.1. P. 18–24.
27. Evdokimov, S.N., Klimanov, S.I., Korchagin, A.N., Mikrin, E.A., Sikharulidze, Yu.G., Tuchin A.G. Attitude control algorithms for a descent vehicle returning from the moon / Journal of Computer and Systems

- Sciences International. Road Town: Springer Link, 2017. Vol. 56, Iss. 3. P. 483–491.
28. Evdokimov, S.N., Klimanov, S.I., Korchagin, A.N., Mikrin, E.A., Sikharulidze, Yu.G., Tuchin, A.G. Construction of the initial deorbit region for landing at the given place / Journal of Computer and Systems Sciences International. Road Town: Springer Link, 2017. Vol. 56, Iss. 2. P. 300–310.
 29. Zubov, N.E., Zybin, E.Yu., Mikrin, E.A., Misrikhanov, M.Sh., Ryabchenko, V.N. General analytical forms for the solution of the Sylvester and Lyapunov equations for continuous and discrete dynamic systems / Journal of Computer and Systems Sciences International. Road Town: Springer Link, 2017. Vol. 56, Iss. 1. P. 1–18.
 30. Zubov, N.E., Lapin, A.V., Mikrin, E.A., Ryabchenko, V.N. Output control of the spectrum of a linear dynamic system in terms of the Van der Woude method / Doklady Mathematics. Road Town: Springer Link, 2017. Vol. 96, Iss. 2. P. 457–460.
 31. Zubov, N.E., Li, M.V., Mikrin, E.A., Ryabchenko, V.N. Terminal synthesis of orbital orientation for a spacecraft / Journal of Computer and Systems Sciences International. Road Town: Springer Link, 2017. Vol. 56, Iss. 4. P. 721–737.
 32. Zubov, N.E., Mikrin, E.A., Ryabchenko, V.N., Fomichev, A.V. Synthesis of control laws for aircraft lateral motion at the lack of data on the slip angle: Analytical solution // Russian Aeronautics. 2017. Vol. 60, Iss. 1. P. 64–73.
 33. Zubov, N.E., Mikrin, E.A., Misrikhanov, M.Sh., Ryabchenko, V.N. Band formulas for calculating the numerator's coefficients of the transfer function of a single-input system / Journal of Computer and Systems Sciences International. Road Town: Springer Link, 2016. Vol. 55, Iss. 6. P. 856–864.
 34. Zubov, N.E., Mikrin, E.A., Misrikhanov, M.Sh., Ryabchenko, V.N. Solvability conditions of problem of synthesizing proportional-integral control of a linear MIMO system / Journal of Computer and Systems Sciences International. Road Town: Springer Link, 2016. Vol. 55, Iss. 5. P. 821–831.
 35. Zubov, N.E., Mikrin, E.A., Misrikhanov, M.Sh., Ryabchenko, V.N. Synthesis of linear postcompensators for signal processing of nonlinear systems of a special form / Journal of Computer and Systems Sciences International. Road Town: Springer Link, 2016. Vol. 55, Iss. 1. P. 138–149.
 36. Zubov, N.E., Mikrin, E.A., Oleinik, A.S., Ryabchenko, V.N. Terminal control of the trajectory and rotational motion of an active spacecraft during a rendezvous with a passive spacecraft / Journal of Computer

and Systems Sciences International. Road Town: Springer Link, 2016. Vol. 55, Iss. 3. P. 435–445.

37. Mikrin, E.A., Kul'ba, V.V., Pavlov, B.V. Developing Models and Design Methods for Information Management Systems in Space Vehicles // Automation and Remote Control. 2013. Volume 74, Number 3. P. 348–357.

Статьи в ведущих российских журналах/сборниках

38. Деменков Н.П., Микрин Е.А., Мочалов И.А. Методы решения нечетких систем линейных уравнений. Часть 1. Полные системы // Проблемы управления. 2019. № 4. С. 3–14.
39. Деменков Н.П., Микрин Е.А., Мочалов И.А. Методы решения нечетких систем линейных уравнений. Часть 2. Неполные системы // Проблемы управления. 2019. № 5. С. 19–28.
40. Деменков Н.П., Микрин Е.А., Мочалов И.А. Нечеткое оптимальное управление линейными системами. Часть 1. Позиционное управление // Информационные технологии. 2019. Т. 25, № 5. С. 259–270.
41. Деменков Н.П., Микрин Е.А., Мочалов И.А. Нечеткое оптимальное управление линейными системами. Часть 2. Программное управление // Информационные технологии. 2019. Т. 25, № 6. С. 323–330.
42. Зубов Н.Е., Микрин Е.А., Рябченко В.Н., Сорокин И.В. Синтез законов стабилизации бокового движения маневренного летательного аппарата при отсутствии информации об углах скольжения и крена // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2019. № 1. С. 22–30.
43. Микрин Е.А., Зубов Н.Е., Иваненко С.В., Губенко С.В., Шапкин В.С., Далецкий С.В. Влияние аппаратурных ограничений на точность местоопределения воздушных судов с использованием спутниковых радионавигационных систем при переходе от кодовых к фазовым навигационным определениям // Автоматизация. Современные технологии. 2019. Т. 73, № 7. С. 317–322.
44. Микрин Е.А., Зубов Н.Е., Рябченко В.Н., Филимонов А.В. Аналитическое представление собственных векторов числовой матрицы // Автоматизация. Современные технологии. 2019. Т. 73, № 3. С. 134–138.
45. Микрин Е.А., Михайлов М.В., Орловский И.В., Рожков С.Н., Краснопольский И.А. Спутниковая навигация окололунных космических аппаратов и объектов на поверхности Луны // Гироскопия и навигация. 2019. Т. 27, № 1 (104). С. 22–32.
46. Микрин Е.А., Михайлов М.В., Орловский И.В., Рожков С.Н., Семенов А.С., Краснопольский И.А. Навигация окололунных космических аппаратов по измерениям от навигационных систем глонасс,

- gps, galileo, beidou // Гироскопия и навигация. 2019. Т. 27, № 3 (106). С. 3–17.
47. Деменков Н.П., Микрин Е.А., Мочалов И.А. Нечеткие двухточечные краевые задачи в математическом моделировании и управлении. Ч. 1. Нечеткое математическое моделирование // Проблемы управления. 2018. № 1. С. 30–36.
 48. Деменков Н.П., Микрин Е.А., Мочалов И.А. Нечеткие двухточечные краевые задачи в математическом моделировании и управлении. Ч. 2. Нечеткое управление // Проблемы управления. 2018. № 2. С. 31–39.
 49. Зубов Н.Е., Микрин Е.А., Рябченко В.Н. О вычислении псевдообратной квадратной матрицы на основе обращения // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Естественные науки. 2018. № 3 (78). С. 24–31.
 50. Зубов Н.Е., Микрин Е.А., Рябченко В.Н., Сорокин И.В. Аналитический синтез законов стабилизации орбитальной ориентации космического аппарата по информации об одном угле и полном векторе угловой скорости // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2018. № 2. С. 53–63.
 51. Микрин Е.А., Зубов Н.Е., Ефанов Д.Е., Рябченко В.Н. Сверхбыстрые итерационные решатели линейных матричных уравнений // Доклады Академии наук. 2018. Т. 482, № 3. С. 250–253.
 52. Микрин Е.А., Зубов Н.Е., Мисриханов М.Ш., Рябченко В.Н. Критерии управляемости и наблюдаемости дескрипторной ММО-системы в форме линейных матричных неравенств // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2018. № 1. С. 20–26.
 53. Микрин Е.А., Комаров М.В., Зубов Н.Е., Рябченко В.Н., Борисенко Н.Ю. Ковариационное управление стабилизацией программной траектории облета при сближении космических аппаратов // Автоматизация. Современные технологии. 2018. Т. 72, № 6. С. 268–273.
 54. Микрин Е.А., Комаров М.В., Зубов Н.Е., Рябченко В.Н. Ленточные критерии стабилизируемости и детектируемости многомерной динамической системы // Автоматизация. Современные технологии. 2018. Т. 72, № 4. С. 162–165.
 55. Микрин Е.А., Михайлов М.В., Орловский И.В., Рожков С.Н., Краснопольский И.А. Спутниковая навигация космических аппаратов на лунной орбите // Космическая техника и технологии. 2018. № 2 (21). С. 63–70.
 56. Деменков Н.П., Микрин Е.А., Мочалов И.А. Нечеткое преобразование Лапласа в задачах нечеткого математического моделирования.

- Часть 1 // Информационные технологии. 2017. Т. 23, № 4. С. 251–258.
57. Деменков Н.П., Микрин Е.А., Мочалов И.А. Нечеткое преобразование Лапласа в задачах нечеткого математического моделирования. Часть II // Информационные технологии. 2017. Т. 23, № 5. С. 362–369.
 58. Зубов Н.Е., Микрин Е.А., Рябченко В.Н. Об одном подходе к идентификации дискретной системы на основе матричных делителей нуля // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2017. № 3. С. 20–32.
 59. Зубов Н.Е., Микрин Е.А., Рябченко В.Н. Синтез астатического управления линейной системой на основе обобщенной формулы Аккермана // Вестник Московского государственного технического университета им. Н.Э. Баумана. Серия: Приборостроение. 2017. № 1. С. 67–74.
 60. Зубов Н.Е., Микрин Е.А., Рябченко В.Н., Фомичев А.В. Синтез законов управления боковым движением летательного аппарата при отсутствии информации об угле скольжения. Аналитическое решение // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2017. № 1. С. 61–70.
 61. Микрин Е.А., Евдокимов С.Н., Климанов С.И., Корчагин А.Н., Сихарулидзе Ю.Г., Тучин А.Г. Алгоритмы управления угловым движением спускаемого аппарата при возвращении от Луны // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2017. № 3. С. 148–156.
 62. Микрин Е.А., Зубов Н.Е., Мисриханов М.Ш., Рябченко В.Н., Зыбин Е.Ю. Общие аналитические формы решения уравнений Сильвестра и Ляпунова для непрерывных и дискретных динамических систем // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2017. № 1. С. 3–20.
 63. Микрин Е.А., Зубов Н.Е., Рябченко В.Н., Ефанов Д.Е., Поклад М.Н. Идентификация дискретной системы на основе матричных делителей нуля // Автоматизация. Современные технологии. 2017. Т. 71, № 6. С. 269–274.
 64. Микрин Е.А., Зубов Н.Е., Рябченко В.Н., Лапин А.В. Управление по выходу спектром линейной динамической системы на основе подхода Ван дер Вуда // Доклады Академии наук. 2017. Т. 476, № 3. С. 260–263.
 65. Микрин Е.А., Зубов Н.Е., Рябченко В.Н., Ли М.В. Терминальное построение орбитальной ориентации космического аппарата // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2017. № 4. С. 154–173.

66. Микрин Е.А., Зубов Н.Е., Рябченко В.Н., Поклад М.Н., Ефанов Д.Е. Аналитический синтез законов управления продольным движением одновинтового вертолета // Автоматизация. Современные технологии. 2017. Т. 71, № 1. С. 21–26.
67. Микрин Е.А., Сомов С.К. Анализ методов оперативного резервирования информации в вычислительных сетях // Проблемы управления. 2017. № 4. С. 45–53.
68. Микрин Е.А., Сомов С.К. Обзор моделей и методов обеспечения сохранности данных в распределенных системах обработки данных // Информационные технологии и вычислительные системы. 2017. № 4. С. 5–28.
69. Микрин Е.А., Филимонов А.В., Зубов Н.Е. Методика оценки вероятности падения тяжелого летательного аппарата на потенциально опасный объект в результате авиационной катастрофы // Автоматизация. Современные технологии. 2017. Т. 71, № 12. С. 540–546.
70. Тучин А.Г., Евдокимов С.Н., Климанов С.И., Корчагин А.Н., Микрин Е.А., Сихарулидзе Ю.Г. Построение начальной области схода с орбиты для посадки в заданном месте // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2017. № 2. С. 133–143.
71. Микрин Е.А., Сомов С.К. Анализ эффективности стратегий восстановления информации в распределенных системах обработки данных // Информационные технологии и вычислительные системы. 2016. № 3. С. 5–19.
72. Микрин Е.А., Сомов С.К. Оптимальное оперативное резервирование информации в системах обработки данных на базе вычислительных сетей // Проблемы управления. 2016. № 5. С. 47–56.
73. Микрин Е.А., Сомов С.К. Оптимизация резервирования информации в распределенных системах обработки данных реального времени // Проблемы управления. 2016. № 6. С. 47–52.
74. Микрин Е.А., Кульба В.В., Павлов Б.В. Разработка моделей и методов проектирования информационно-управляющих систем космических аппаратов // Автоматика и телемеханика. 2013. № 3. С. 38–50.
75. Микрин Е.А., Сомов Д.С. Методы оценки времени распространения угроз в технических системах // Проблемы управления. 2011. № 5. С. 59–65.
76. Гладков Ю.М., Микрин Е.А., Шелков А.Б. Анализ и синтез механизмов минимизации аудиторского риска // Проблемы управления. 2007. № 2. С. 61–65.
77. Копнин М.Ю., Кульба В.В., Микрин Е.А. Структурно-технологический резерв и его использование для повышения устойчивости производственных систем // Проблемы управления. 2005. № 4. С. 55–60.

Мемориальное издание

д.т.н., профессор **Кульба** Владимир Васильевич;
д.т.н., профессор **Павлов** Борис Викторович

**Научно-организационная деятельность
академика Е.А. Микрина
в Институте проблем управления РАН**

Под общей редакцией чл.-корр. РАН Д.А. Новикова

Подписано в печать 05.10.2020
Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 3,25
Тираж 200 экз. Заказ 115

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова
Российской академии наук
117997
ул. Профсоюзная, д. 65
Россия, Москва
<http://www.ipu.ru>



Владимир Васильевич Кульба – д.т.н., проф., Заслуженный деятель науки РФ, лауреат премии им. Б.Н. Петрова, главный научный сотрудник Института проблем управления РАН.

Специалист в области разработки информационно-управляющих систем различного назначения. Под его руководством разработаны основы теории и методы построения оптимальных модульных СОД, методы анализа сложных систем управления, методы обеспечения достоверности и сохранности при обработке данных, методы автоматизированного проектирования программного информационного обеспечения АИУС реального времени и систем с открытой архитектурой.

В.В. Кульбой получены фундаментальные результаты в области разработки теоретических основ информационной безопасности систем организационного управления, включая разработку методов и средств информационного управления, управления риском, управления в чрезвычайных ситуациях. В последние годы сложилась новая научная школа, ориентированная на сценарные исследования устойчивости и безопасности функционирования и развития социально-экономических и технических систем, на решение актуальных проблем государственного развития и защиты национальных интересов нашей страны в условиях глобального мира и информационного общества.



Борис Викторович Павлов – д.т.н., проф., лауреат Государственной премии СССР и премии имени Б. Н. Петрова, главный научный сотрудник Института проблем управления РАН, специалист в области управления движением и навигации летательных аппаратов.

Под руководством и при участии Б. В. Павлова проводились исследования в области создания теории перспективных отказоустойчивых информационно-управляющих систем авиационных, космических и морских аппаратов с повышенным ресурсом и высокой степенью автономности.

Под его руководством решен ряд теоретических, методологических и практических вопросов, связанных с применением компьютерных технологий и методов искусственного интеллекта для создания высокоэффективных систем управления движением и навигации, методов и средств формализации проектирования систем обработки данных реального времени.

ISBN 978-5-91450-250-5



9 785914 502505