



**ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ УПРАВЛЕНИЯ  
ИМ. В.А. ТРАПЕЗНИКОВА  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ПРИКЛАДНЫЕ РАЗРАБОТКИ**

**Институт проблем управления  
им. В.А. Трапезникова  
Российской академии наук**

## **ПРИКЛАДНЫЕ РАЗРАБОТКИ**



**Москва  
ИПУ РАН  
2019**

УДК 007: 681.5: 681.3: 658.5 (03)

ББК 32.81: 32.965: 20

И57

**Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук: прикладные разработки.** – М.: ИПУ РАН, 2019. – 132 с. – ISBN 978-5-91450-232-1.

Издание содержит информацию о прикладных разработках Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН (ИПУ РАН) – об истории и текущем состоянии опыта внедрения результатов разработки и развития теории и систем управления в авиационной и космической отраслях, в промышленности и энергетике, в системах безопасности, в геоинформационных системах и др.

Главный редактор:	член-корр. РАН Д.А. Новиков
Зам. главного редактора:	д.т.н. А.О. Калашников
Редакционная коллегия:	к.ф.-м.н. И.Н. Барабанов, д.т.н. В.Г. Лебедев, д.т.н. А.С. Мандель
Архивные фотографии:	из фондов ИПУ РАН, В.М. Бабилов, В.М. Кондаков, М.В. Пятницкая

ISBN 978-5-91450-232-1

© **ИНСТИТУТ  
ПРОБЛЕМ  
УПРАВЛЕНИЯ** 2019

# Содержание

	Стр.
<b>Введение</b> .....	7
<b>Прикладные разработки в XX веке</b> .....	9
<b>Современные прикладные разработки</b> .....	15
<b>1. Управление подвижными объектами</b> .....	15
1.1. Информационная поддержка экипажа воздушного судна на взлетно-посадочных режимах .....	15
1.2. Управление траекторией и скоростью самолета с учетом постоянных и динамических ограничений .....	17
1.3. Бортовые терминальные системы управления внутрибаковыми процессами.....	19
1.4. Перспективные системы управления классом многорежимных, многоцелевых морских подвижных объектов .....	21
1.5. Специализированный исследовательский стенд для разработки алгоритмов управления подводной лодкой .....	23
1.6. Специализированный исследовательский стенд для моделирования движения судов .....	24
<b>2. Управление в промышленности и энергетике</b> .....	25
2.1. Самонастраивающийся ПИД-регулятор на основе частотного адаптивного управления.....	25
2.2. Установка для быстрого производства сложных прототипов деталей методом послойного отвердевания полимеров .....	28
2.3. Управление разработкой трудноизвлекаемых запасов нефти и газа .....	30
2.4. Оценка надежности, готовности и ремонтпригодности технологических комплексов добычи, подготовки и транспортировки природного газа .....	32
2.5. Программное обеспечение проектного анализа контролепригодности .....	34
2.6. Система управления плазмой в токамаках .....	36

2.7.	Неразрушающий контроль механизмов, агрегатов и машин.....	38
2.8.	Интеграционная платформа для АСУ ТП – система «Оператор».....	39
2.9.	Автоматизированная система моделирования и оптимизации химико-технологических процессов.....	41
2.10.	Управление в металлургической промышленности .....	43
<b>3.</b>	<b>Технические средства управления .....</b>	<b>45</b>
3.1.	Системы автоматизированного дозирования жидкостей «САД-1М».....	45
3.2.	Резервные системы управления неэлектрической природы .....	47
3.3.	Струйная техника.....	49
3.4.	Анизотропные тонкопленочные магниторезистивные преобразователи магнитного поля и тока... 51	
3.5.	Привязная высотная беспилотная телекоммуникационная платформа длительного функционирования .....	53
3.6.	Автоматизированная система управления безопасностью на автодорогах с использованием RFID-технологий и широкополосных беспроводных сетей.....	56
<b>4.</b>	<b>Управление в организационно-технических системах .....</b>	<b>58</b>
4.1.	Оценка качества условий проживания в регионе и удовлетворенности населения деятельностью администрации .....	58
4.2.	Система оценки потенциала увеличения продаж для клиентов розничной торговой сети.....	59
4.3.	Оценка развития филиальной сети, значимости коммерческих клиентов и эффективности функционирования коммерческих банков .....	60
4.4.	Информационная поддержка принятия решений по управлению жизнеобеспечением города.....	61
4.5.	Комплекс механизмов отраслевого управления, включая управление проектами и программами .....	63
4.6.	Система анализа онлайн-социальных сетей ..	65

<b>5. Системы безопасности</b> .....	67
5.1. Программно-аналитический комплекс сценарного моделирования «Полюс».....	67
5.2. Программно-аналитический комплекс omole: сервис и открытый портал для моделирования безопасности сложных систем.....	70
5.3. Подсистема защиты от несанкционированного доступа системы верхнеблочного уровня АЭС.....	72
5.4. Аналитический инструмент расчета рисков от кибератак – КАЛЬКИБЕР .....	73
5.5. Прототип системы оценки защищенности объекта с облачной инфраструктурой.....	74
5.6. Прототип системы прогнозирования безопасности информационных инфраструктур с учетом влияния объектов друг на друга.....	75
5.7. Система объявления в международный розыск физических лиц по линии Интерпола .....	76
5.8. Средство переноса данных между сетями «Интерлинк».....	77
5.9. Информационная система проверки трансграничного пассажиропотока.....	79
<b>6. Геоинформационные системы и навигация</b> .....	80
6.1. Магнитоградиентная измерительная система.....	80
6.2. Алгоритмы электромагнитной системы относительного позиционирования .....	82
6.3. Алгоритмы инверсии геофизических данных.....	83
6.4. Программное обеспечение ГИС «SUEK3D».....	84
6.5. Цифровая фотограмметрическая станция «Талка» .....	86
6.6. Система точечной борьбы с борщевиком Сосновского средствами беспилотных летательных аппаратов.....	89
<b>7. Цифровые платформы</b> .....	92
7.1. Социальные системы помощи инвалидам: сурдосервер, программа «Читаем с губ», звуковой тренажер .....	92
7.2. Многофункциональный высокопроизводительный вычислительный кластер.....	95

7.3. Системное программное обеспечение LICS (Linux of Institute of Control Sciences).....	97
7.4. Информационно-аналитический центр интегрированной системы производственного экологического мониторинга.....	99
7.5. Информационная технология создания компьютерных тренажерных комплексов для подготовки операторов, управляющих потенциально-опасными технологическими объектами .....	101
7.6. Программный комплекс «РДС» для разработки исследовательских стендов систем автоматического управления .....	104
7.7. Информационная технология календарного планирования и составления расписаний .....	106
7.8. Сверхвысокоскоростные беспроводные самоорганизующиеся гибридные MESH-сети миллиметрового и оптического диапазонов волн.....	109
7.9. Оптоволоконная система охраны магистральных трубопроводов .....	112
<b>Центр управления безопасностью сложных систем .....</b>	<b>115</b>
<b>Центр интеллектуальных робототехнических систем ....</b>	<b>117</b>
<b>Центр интеллектуальной цифровой электроэнергетики.....</b>	<b>123</b>
<b>Центр интеллектуального цифрового сельского хозяйства.....</b>	<b>126</b>
<b>Заказчики прикладных исследований и разработок.....</b>	<b>129</b>
<b>Контакты.....</b>	<b>130</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Дорогие коллеги!

Перед вами – книга о прикладных разработках Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук, которому в июне 2019 г. исполнилось 80 лет.



Созданный в 1939 году как Институт автоматики и телемеханики (в дальнейшем добавилась детализация – «технической кибернетики») АН СССР, Институт прошел долгий и насыщенный путь, добился ярких теоретических и прикладных результатов. В 1969 году он был переименован в Институт проблем управления АН СССР.

В Институте работали или работают: 14 академиков РАН, 10 членов-корреспондентов РАН, 3 Героя Социалистического труда, 10 лауреатов Ленинской премии, 43 лауреата Государственной премии, 5 лауреатов Премии Совета министров СССР, 16 заслуженных деятелей науки и техники.

Сегодня в Институте работают около 1000 сотрудников, в том числе – более 120 докторов наук, более 250 кандидатов наук.

В книге *«ИПУ РАН: научные направления»* история Института описывается как история развития основных научных направлений теории управления:

- теория систем управления;
- управление подвижными объектами и навигация;
- технические средства управления;
- управление в промышленности, энергетике, транспорте и сельском хозяйстве;
- информационные технологии в управлении;
- управление системами междисциплинарной природы,



каждое из которых детализируется на ряд поднаправлений, со своими отцами-основателями и их научными школами.

За 80 лет нашими учеными получены результаты мирового уровня (многие из которых названы их именами), развиты целые научные направления, созданы научные школы, основаны добрые традиции. Все это отражено в книге *«ИПУ РАН: лаборатории»*.

В настоящем издании – *«ИПУ РАН: прикладные разработки»* (полный текст всех трех книг можно найти в свободном доступе на сайте Института [www.ipu.ru](http://www.ipu.ru)) – отражен опыт и (в большей степени) текущее состояние работ Института по приложениям теории управления в самых разных областях (авиация и космос, морские подвижные объекты, энергетика, промышленность, экономика безопасность и др.).

Директор ИПУ РАН,  
член-корреспондент РАН



Д.А. Новиков

## ПРИКЛАДНЫЕ РАЗРАБОТКИ В XX ВЕКЕ

Институт автоматики и телемеханики (ИАТ), ныне Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук (ИПУ РАН), образован в 1939 году решением Совнаркома СССР. Первым директором Института был назначен известный ученый в области авиационной электроэнергетики академик Виктор Сергеевич Кулебакин.

В годы Великой Отечественной войны Институт работает, как и вся страна, в интересах фронта. Среди важнейших результатов исследований ученых-иатовцев, направленных на повышение боеготовности Советской Армии во время войны, необходимо отметить работы по борьбе с неконтактным минно-торпедным оружием и работы по автоматизации контроля качества при производстве патронов.

В центре внимания ученых Института всегда находятся трудные и актуальные задачи. Здесь невозможно дать сколько-нибудь исчерпывающую характеристику результатов. Приведем лишь некоторые примеры.

Наиболее выдающимися достижениями Института в 1940–50-е годы стали:

- исследования в области баллистики (Государственная премия 1948 г.);
- участие в работах по автоматизации листопрокатных станов (Государственная премия 1948 г.);
- разработка математического аппарата алгебры логики для описания, анализа и синтеза релейно-контактных схем;
- создание электронной моделирующей установки ЭМУ-1 (Государственная премия 1951 г.);
- развитие теории нелинейных систем управления, в том числе, метода точечных преобразований, теории абсолютной устойчивости и теории релейных систем;
- создание аналоговых вычислительных машин с нелинейными блоками (Государственная премия 1951 г.);
- разработка общих методов исследования дискретных систем автоматического регулирования;
- создание принципиально новых чувствительных элементов, датчиков и приборов;
- теория аналитического конструирования регуляторов.

В пятидесятые годы начались работы по управлению жидкостными ракетными двигателями (ЖРД), которые положили начало научным исследованиям Института по управлению космическими аппаратами и внесли и продолжают вносить большой вклад в развитие космической техники в нашей стране. В Институте был разработан проект, в котором были представлены результаты исследований динамики ЖРД на основе полных уравнений движения, получены первые результаты по решению проблемы управления расходом топлива, проектированию системы опорожнения баков, рассматривались возможные типы исполнительных механизмов в системах управления ракетой.

Начались работы по теории адаптивных систем. В дальнейшем, благодаря обобщению ее результатов, была создана теория адаптивного координатно-параметрического управления, развиваемая и поныне. На базе этой теории разработаны системы управления важнейшими типами летательных аппаратов.

К началу 60-х гг. были созданы условия для мощного всплеска новых идей, создания принципиально новых теорий и разработки беспрецедентно масштабных и сложных систем управления объектами народного хозяйства.

Это было время грандиозных работ по управлению космическими и летательными аппаратами, в которых участвовали многие сотрудники Института (Ленинская премия 1966 г., Государственные премии 1967 г., 1970 г., 1981 г., 1983 г.).

Заложены основы теории систем с переменной структурой (СПС). Впоследствии продолжено развитие этой теории, превратившее ее в мощный аппарат анализа и синтеза систем управления с обратными связями. Методы теории СПС позволяют эффективно управлять сложными нелинейными и нестационарными объектами в условиях неопределенности, используя принцип декомпозиции на скользящих режимах (Ленинская премия 1972 г.).

Выдающиеся результаты были получены в области теории оптимального управления. Разработана теория управления системами с распределенными параметрами, на нее был распространен принцип максимума Понтрягина; продемонстрированы ее широчайшие прикладные возможности с применением для решения важных народно-хозяйственных задач. Развита общая теория адаптивных систем, которая стала естественным продолжением теории дуального управления и впоследствии положила начало теории робастных систем. Разработаны и нашли

большое практическое применение автоматические оптимизаторы, позволяющие отыскивать экстремум выходных характеристик реально действующих объектов.

С начала 60-х годов в Институте начались интенсивные исследования по теории распознавания образов, автоматической классификации, самообучающимся системам, методам обработки сложноорганизованных данных.

Была создана общая теория управления стохастическими системами, приложены немалые усилия, чтобы методы построения математических моделей объектов управления по экспериментальным статистическим данным – теория идентификации – стали эффективным инструментом разработчиков систем управления различными народнохозяйственными объектами. Разработанные методы широко применяются для решения практических задач оперативного планирования, оптимального проектирования, идентификации, экстремального регулирования.

В 60-70 годы бурно развивается теория и практика приборостроения. На базе результатов, достигнутых в области пневмоавтоматики, предложен элементный принцип построения приборов пневмоавтоматики, на основе которого разработана унифицированная система элементов промышленной пневматики (Ленинская премия 1964 г.). Разрабатываются и исследуются новые принципы построения широкого спектра датчиков, в том числе термомагнитных газоанализаторов, электромагнитных расходомеров, датчиков неразрушающего контроля и концентратомеров на основе вихревых токов, струйных датчиков давления, дилатометрических датчиков температуры, магнитострикционных датчиков перемещения, частотных и время-импульсных датчиков для централизованного контроля и ряда других (Государственные премии 1976 г., 1977 г.).

Перед Институтом и АН СССР страна ставила глобальные задачи. Таким был, например, Проект 705 – создание первой в мире комплексно автоматизированной атомной подводной лодки (АПЛ). Институту было поручено научное руководство автоматизацией АПЛ и проведение исследований, необходимых для поддержки процесса проектирования. Перед учеными Института встала ответственная, трудная и чрезвычайно объемная прикладная задача, которая была решена объединением усилий многих лабораторий Института. Подводная лодка получилась уникальной. Это был быстроходный морской истребитель со скоростью хода порядка 40 миль/час. (Ленинская премия 1981 г.).

Институт завоевал высокий авторитет у судостроительных организаций. В Институте создавались не только системы управления движением подводной лодки, но и совместно с Физико-энергетическим институтом и другими организациями разрабатывались системы управления процессами в ядерной энергетической установке (ЯЭУ) корабля. Эта работа получила в дальнейшем продолжение в Институте не только при создании систем управления ЯЭУ кораблей, но и для управления ЯЭУ стационарных атомных электростанций.

Впоследствии эти работы нашли продолжение при создании и совершенствовании систем управления атомными ледоколами («Арктика», «Сибирь»), при создании образцов новой техники в области судостроения (Государственная премия 1981 г.).

В 60-е годы начались и продолжают сегодня работы в области создания автоматизированных информационно-управляющих систем и систем организационного управления. Первыми примерами стали АСУ «Металл» (автоматизированная система управления поставками металлопродукции в стране), АСУ «Морфлот», АСУ «Листопрокат», АСУ «Цемент», АСУ «Обмен» и ряд других (Государственные премии 1976 г., 1983 г., 1984 г.).

Огромную роль в информатизации и автоматизации процессов массового обслуживания сыграла разработанная для Аэрофлота в конце 60-х – начале 70-х годов система бронирования мест и продажи билетов «Сирена». Сеть системы «Сирена» была построена на самых передовых принципах того времени. В ней была реализована пакетная коммутация, динамическая маршрутизация, поддерживался диалоговый режим операторов с центрами обработки данных. Прогрессивные научно-технические решения, положенные в основу построения системы «Сирена», позволили ей устойчиво развиваться и совершенствоваться на протяжении многих лет.

В 70-е годы были созданы новые поколения средств аналого-цифровой техники – гибридные вычислительные системы ГВС-100 и двухуровневая ГВС «Русалка». В создании ГВС-100 и «Русалка» воплотились выполненные в Институте разработки теоретических основ аналого-цифровых вычислений, специального языка программирования и алгоритмов совместной координированной работы цифровых вычислительных машин с аналоговыми вычислительными машинами.

Система ГВС-100 относится к классу эффективных гибридных комплексов, в которых разделение поставленной задачи на подзадачи,

решаемые аналоговой и цифровой частями, определено запрограммированными алгоритмами, учитывающими параллельный характер вычислений в аналоговой части.

В числе задач, решенных на ГВС-100, – управление подвижными объектами, в том числе задачи самонаведения, и задачи определения характеристик вычислительного обеспечения комплексных тренажеров для подготовки операторов, управляющих сложными объектами, например, ядерными реакторами.

Институт выдвинул концепцию однородных микроэлектронных логических и вычислительных структур, на базе которой были разработаны многопроцессорные вычислительные системы серии ПС (ПС-300, ПС-2000 и ПС-3000). Комплексы ПС были сопоставимы с самыми мощными отечественными вычислительными системами соответствующих классов и обладали лучшими значениями соотношения производительность/стоимость.

Для обработки телеметрических данных, поступающих со станций «Салют» и «Мир», технологических и научных модулей «Квант-1», «Квант-2», «Кристалл», «Спектр», «Природа», транспортных кораблей «Союз-ТМ», грузовых кораблей «Прогресс», «Прогресс-М», многоразового космического корабля «Буран», аппаратов дальнего космоса – «Фобос-1», «Фобос-2», научного модуля «Гамма» пользовались многопроцессорным компьютером ПС-2000, который вместе с суперкомпьютером «Эльбрус-2» входил в состав телеметрического вычислительного комплекса (ТВК) ЦУП-М. Для обработки данных сейсмической разведки месторождений нефти и газа была создана система промышленной обработки геофизической информации СОС-ПС. (Разработка ВНИИ «Геофизика» и ИПУ РАН).

Для решения задач разведки золотоносных месторождений получено математическое решение, представленное в виде восстановления стохастического распределения показателя рудности в массиве золотоносной породы с помощью аппарата распознавания образов. Построенные математические модели были реализованы на практике совместно с коллективом из Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии Российской академии наук (ИГЕМ РАН) на Новойском комбинате – крупнейшем производителе золота и урана в Узбекистане. В результате рудник получал дополнительно более 1 тонны золота в год за счет более точного определения участков рудности (Государственная премия 1987 г.).

На основе микропроцессорной техники в ИПУ РАН в конце 1980-х годов были развернуты работы по созданию нового поколения

АСУ ТП атомных электростанций (АЭС). Были предложены революционные технические решения, в том числе новый класс программно-технических комплексов – системы верхнего блочного уровня, которые комплексно решают задачу интеграции всех подсистем АСУ ТП АЭС между собой и обеспечивают компьютеризированный человеко-машинный интерфейс между эксплуатационным персоналом и объектом управления. Сформулирована концепция создания распределенной отказобезопасной системы управления, отвечающей требованиям МАГАТЭ по основным параметрам безопасности и уровню автоматизации. Концепция была положена в основу проекта АСУ ТП Башкирской АЭС.

Для обеспечения обмена информацией по вопросам борьбы с международной преступностью между органами внутренних дел Российской Федерации с Генеральным секретариатом Интерпола, с Национальным центральным бюро (НЦБ) других стран-членов Интерпола в Институте разработана соответствующая защищенная Информационная вычислительная система.

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРИКЛАДНЫЕ РАЗРАБОТКИ

## 1. УПРАВЛЕНИЕ ПОДВИЖНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

### 1.1. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ЭКИПАЖА ВОЗДУШНОГО СУДНА НА ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ РЕЖИМАХ

Большинство авиационных происшествий происходит на этапах взлета и посадки самолетов при обязательном участии пилота. Негативная роль «человеческого фактора» обусловлена высокими психологическими нагрузками при дефиците времени на принятие решения и недостаточной информационной поддержкой пилота. Для повышения ситуационной осведомленности разработана методология оповещения пилота о развитии полетной ситуации на основании прогнозирования момента наступления характерных событий или достижения терминальных состояний (например, останов при торможении или отрыв при разбеге с короткой располагаемой длиной взлетной полосы). Разработаны исследовательские стенды для проектирования алгоритмов прогнозирования, проведения статистических испытаний и получения оценок их достоверности. Разработаны варианты образных индикаторов прогнозного движения с генерацией динамических сигналов опасности.

**Прогнозирование режима торможения.** Методология прогнозирования основана на энергетическом подходе к управлению подвижными объектами в трехмерном пространстве (рис. 1).



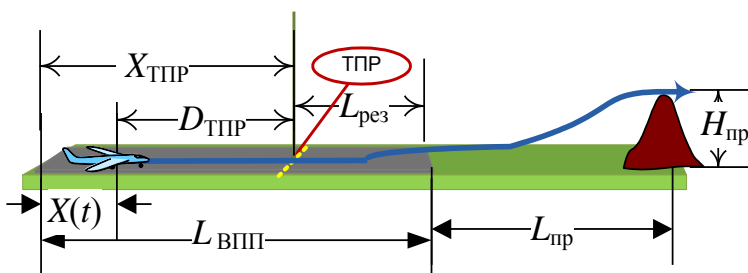
**Рис. 1. Основные факторы процесса торможения**

Для исследования алгоритмов прогнозирования разработан моделирующий стенд, содержащий модель серийного самолета ТУ-204.



Стенд включает набор режимов, позволяющих провести синтез скорректированных алгоритмов прогнозирования и их испытания, а также развитые сервисные средства для задания условий эксперимента, обработки и регистрации результатов.

**Прогнозирование безопасного пролета над препятствием.** На этапе разбега при пониженной тяговооруженности по причине отказа двигателей или в условиях высокогорья, или при повышенной температуре воздуха, или при предельных полезных нагрузках требуется оценить способность самолета осуществить безопасный взлет и пролет над высотным препятствием по курсу взлета. Схематично траектория и ограничения на взлете показаны на рис. 2.

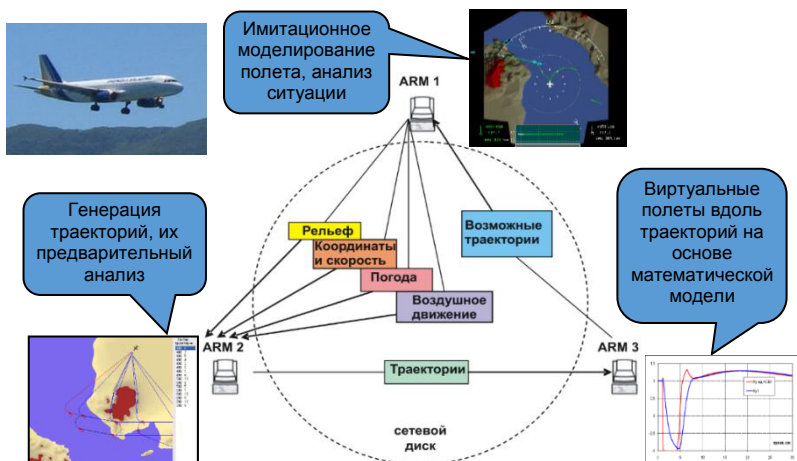


**Рис. 2. Координаты характерных точек на этапе взлета**

На этапе разбега до отрыва носового колеса прогнозирующий алгоритм вычисляет дальность до точки принятия решения (ТПР) на траектории, достигнув которой, самолет может накопить энергию, достаточную для разгона до скорости устойчивого полета  $V_2$  и набора высоты  $H_{пр}$  для пролета над высотным препятствием на дальности  $L_{пр}$ . В отличие от методики взлета, предписываемой руководствами по летной эксплуатации, метод прогнозирования полной энергии указывает на возможность взлета не в момент достижения регламентированной скорости, разрешающей подъем носовой стойки шасси, а намного раньше и в координатах дальности, привязанных к взлетной полосе. Работа проводилась по исходным данным и на сертифицированных моделях, предоставленных ПАО «Московский институт электромеханики и автоматики» (МИЭА).

**Разработчик:** лаборатория № 1 «Динамических информационно-управляющих систем» (зав. лаб. – к.ф.-м.н. Е.В. Каршаков).





Разработано алгоритмическое и программное обеспечение для генерации бесконфликтных траекторий с применением бортовой математической модели в составе прототипа интегрированной системы обеспечения траекторной безопасности полета, что позволяет:

- оценить летную ситуацию при маневрировании на малых высотах в аспекте возможных столкновений с поверхностью Земли и сформировать набор траекторий облета препятствий рельефа;
- рассчитать скорость движения вдоль траектории для синхронизации плана полета с впереди идущим воздушным судном в контрольной точке;
- выполнить виртуальные полеты по сгенерированным траекториям для проверки их реализуемости;
- отсортировать траектории в соответствии с выбранной системой приоритетов;
- сформировать рекомендации экипажу по безопасным действиям в соответствии с проведенным анализом и оптимизацией.

**Внедрение:** ФГУП ЦАГИ, ФГУП ГосНИИАС

**Разработчик:** лаборатория № 46 «Систем поддержки принятия решений» (зав. лаб. – д.т.н. В.Г. Лебедев).

### **1.3. БОРТОВЫЕ ТЕРМИНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВНУТРИБАКОВЫМИ ПРОЦЕССАМИ**

Бортовые системы управления внутрибаковыми процессами предназначены для повышения энергетических характеристик ракет-носителей (РН) и разгонных блоков (РБ) (масса выводимой полезной нагрузки), обеспечения условий безаварийного запуска, устойчивой работы и останова жидкостного ракетного двигателя (ЖРД). Результаты работ по оптимизации параметров и отработки алгоритмов систем в штатных и нештатных ситуациях существенно повысили эффективность и надежность решения указанных задач.

Системы управления внутрибаковыми процессами решают наиболее критичные с точки зрения энерговооруженности и безопасности объекта задачи управления, которые определяют полноту и эффективность использования запрашиваемых запасов топлива и рабочего тела наддува, условия безаварийного запуска, устойчивой работы и останова ЖРД. В итоге это обеспечивает эффективное и надежное решение задачи выведения многоступенчатой РН и РБ.

Современная интегрированная система управления внутрибаковыми процессами наддува баков и расходования топлива реализует новые принципы управления, учитывающие взаимовлияние между различными физическими процессами в объекте, допускает обмен в ходе управления информацией о параметрах процессов, координирует и согласует управление объектом в целом с учетом заданных краевых условий. Появляется возможность организовать бортовую полетную диагностику измерительного и исполнительного тракта системы и повысить отказоустойчивость управления.

Современная система использует новые элементы в измерительных трактах системы – непрерывные функциональные датчики давления и новые исполнительные органы – непрерывные (или дискретные с малой ценой единичной дискретности) регуляторы расхода рабочего тела.

Эксплуатация систем управления внутрибаковыми процессами может производиться в широком диапазоне возмущающих факторов, режимов работы двигательной установки и атмосферных условий запуска.

Адаптация системы к изменениям эксплуатационных условий производится путем оперативной поднастройки алгоритма управления и не требует вмешательства в аппаратуру системы.

Для решения задачи синтеза разработан математический аппарат и программное обеспечение статистического имитационного моделиро-

вания физических процессов, протекающих в объекте управления, измерительных устройствах и исполнительных органах, а также для имитации возмущающих факторов и ошибок измерения.

Для более тщательной наземной отработки системы разработано специальное программно-тестовое обеспечение, методики анализа результатов стендовой отработки и натурных испытаний.

Высокая точность управления позволяет реализовать практически полную выработку компонентов топлива каждой ступени до минимального уровня, достаточного для обеспечения условия безаварийного выключения двигательной установки. Необходимо отметить, что последние дозы компонентов топлива вносят наибольший вклад в энергетику ступени, поскольку разгоняют максимально облегченную конструкцию.

Не менее важное значение имеет уменьшение неиспользуемых остатков токсичных компонентов топлива в отработанных нижних ступенях ракеты и загрязняющие районы их падения.

При выведении на околоземную орбиту и управлении полной выработкой топлива величина выигрыша составляет для второй ступени РН легкого класса «Ангара-1.2» – 145 кг, для третьей ступени РН среднего класса «Ангара-А5» – 350 кг, для трехступенчатой РН «Протон-М» – 450 кг. Аналогичные результаты получены для РН «Союз-1» и РН «Союз-2».



**РН «Протон»**



**РН «Ангара»**

**Внедрение:** АО «ГКНПЦ им. М.В. Хруничева», АО «РКЦ «Прогресс».

**Разработчик:** лаборатория № 8 «Терминальных систем управления им. Ю.П. Портнова-Соколова» (зав. лаб. – д.т.н. В.П. Иванов).

#### 1.4. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КЛАССОМ МНОГОРЕЖИМНЫХ, МНОГОЦЕЛЕВЫХ МОРСКИХ ПОДВИЖНЫХ ОБЪЕКТОВ

Создана методология проектирования перспективных систем управления классом многорежимных, многоцелевых морских подвижных объектов (МПО), характеризующихся многомерным управлением и сложной нелинейной динамикой движения. Результаты основаны на сочетании аналитических методов теории управления, современных компьютерных технологий и полномасштабного имитационного моделирования движения МПО в различных режимах эксплуатации. Система полномасштабного имитационного моделирования реализована в сетевом аппаратно-программном комплексе. Инструментальное окружение аппаратно-программного комплекса имеет развитую систему визуализации движения объекта, работы технических средств управления и внешних воздействий со стороны агрессивной морской среды. Высокая эффективность предложенной методологии проектирования перспективных систем управления получила высокую оценку ведущих специалистов в морской отрасли.



Результаты работ по созданию перспективных систем управления и аппаратно-программный комплекс внедрены в НИР, имеющей важное значение для ОПК.

Созданные алгоритмические структуры и алгоритмы управления представлены в ведущие морские организации и могут использоваться

как эталонные экспертные решения при оценке качества алгоритмов управления, разрабатываемых ведомственными ЦНИИ и ЦКБ.

**Разработчик:** лаборатория № 45 «Математических методов исследования оптимальных управляемых систем им. В.Ф. Кротова» (зав. лаб. – д.ф.-м.н. М.М. Хрусталеv).

## 1.5. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СТЕНД ДЛЯ РАЗРАБОТКИ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ПОДВОДНОЙ ЛОДКОЙ

Разработан программно-аппаратный комплекс, позволяющий имитировать переходные процессы в подводной лодке (ПЛ) и синтезировать системы автоматического управления, пользуясь наглядным отображением поведения (ПЛ) в экстремальных ситуациях.

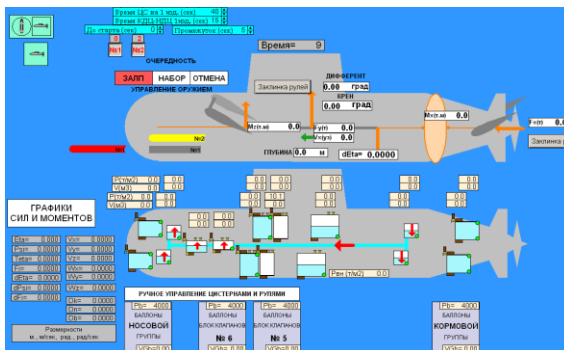


Рис. 1. Внешний вид моделей основных агрегатов, влияющих на управление движением ПЛ

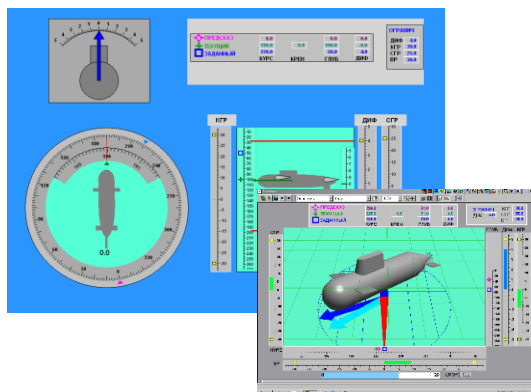


Рис. 2. Модели пультов операторов, управляющих движением ПЛ

**Разработчик:** лаборатория № 49 «Проектирования автоматизированных систем управления многоцелевыми объектами» (зав. лаб. - д.т.н. Г.Г. Гребенюк).



## 1.6. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ СТЕНД ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ СУДОВ

Разработан стенд, позволяющий имитировать переходные процессы при управлении движением судов на подводных крыльях (СПК) системой автоматического управления (САУД).

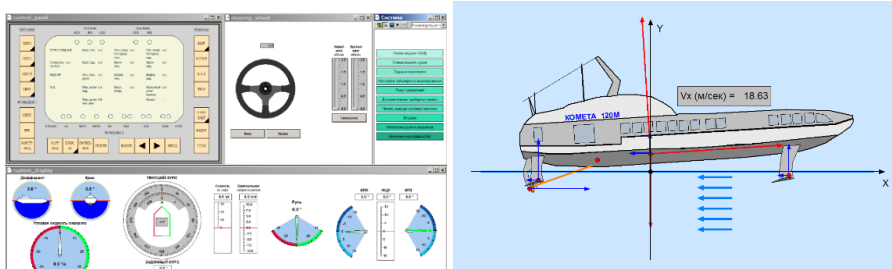


Рис. 1. Внешний вид интерактивной модели пульта управления САУД СПК «Комета-120М» и моделирование выхода СПК на крыльевой режим

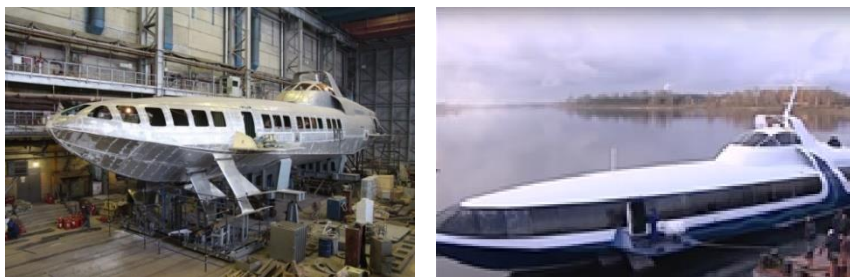


Рис. 2. Строительство и спуск на воду морского судна на подводных крыльях нового поколения «Комета-120М» в 2017 г.

Важное место в этой работе было уделено использованию техники, связанной с кватернионами. Она упрощает и делает более ясным переход от одной системы координат к другой и позволяет выписывать необходимые для расчетов формулы в сжатом и компактном виде.

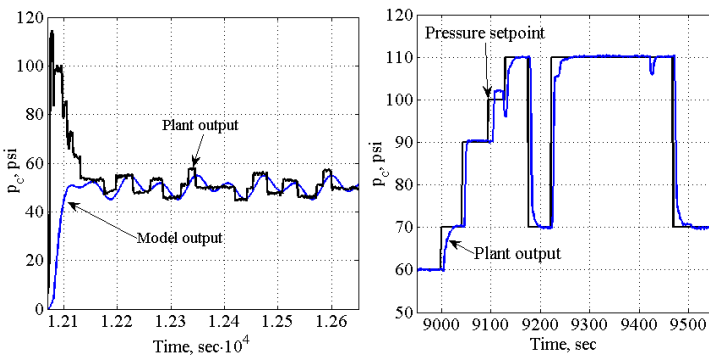
**Разработчик:** лаборатория № 49 «Проектирования автоматизированных систем управления многоцелевыми объектами» (зав. лаб. - д.т.н. Г.Г. Гребенюк).



Адаптация проводится в два этапа: на первом осуществляется конечно-частотная идентификация линеаризованной модели буровой установки, заданной уравнением первого порядка с запаздыванием, затем на основе модального управления синтезируется ПИД-регулятор, синтез проводится по показателю быстродействия системы. Так как реальная технологическая установка описывается существенно нелинейными уравнениями, то при синтезе требуется дополнительно обеспечить приемлемые с инженерной точки зрения запасы устойчивости.

2) **Установка разогрева мазута.** Для нагрева мазута используется способ, при котором продукт в смеси с предварительно нагретым в стартовой емкости аналогичным продуктом отбирают из донной части емкости, пропускают эту смесь через внешний теплообменник, где ее нагревают до заданной температуры, и возвращают нагретый продукт в ту же емкость по двум трубопроводам на вход в канал отбора холодного продукта из донной части.

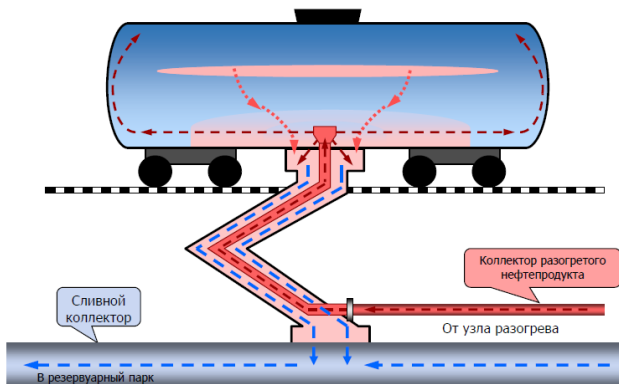
Для регулирования температуры мазута на выходе из теплообменника используется ПИД-регулятор, управляющий заслонкой теплообменника. Самонастраивающийся ПИД-регулятор для настройки подает тестовый сигнал небольшой амплитуды, после чего вычисляет необходимые коэффициенты ПИД-регулятора.



**Рис. 2.** Слева: эксперимент по идентификации модели установки, справа: смена режимов работы установки после настройки ПИД-регулятора

**Внедрение:** 1) испытания на реальной технологической установке фирмы Optimal Pressure Control в городе Форт-Смит, штат Арканзас, США в 2015 году, подтвердившие работоспособность и эффективность

разработанного программного обеспечения. 2) испытания на ж/д эстакаде слива-налива нефти и нефтепродуктов (Усть-Луга, Ленинградская обл.).



**Рис. 3. Схема отбора мазута из цистерны**

**Разработчик:** лаборатория № 7 «Адаптивных и робастных систем им. Я.З. Цыпкина» (зав. лаб. - д.ф.м.н. М.В. Хлебников).

## **2.2. УСТАНОВКА ДЛЯ БЫСТРОГО ПРОИЗВОДСТВА СЛОЖНЫХ ПРОТОТИПОВ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДОМ ПОСЛОЙНОГО ОТВЕРДЕВАНИЯ ПОЛИМЕРОВ**

Совместно с коллективом МГТУ «СТАНКИН» разработана установка для автоматизированного построения сложных прототипов деталей методом послойного отвердевания полимеров. Целью разработки является импортозамещение дорогостоящего рынка оборудования с сохранением основных технических характеристик, отвечающих современным требованиям к таким устройствам. Предложена конструктивная схема компоновки таких устройств, позволяющая максимально снизить затраты полимера для запуска процесса, а также упростить электронное и программное оснащение устройства. Разработан программный код, позволяющий управлять устройством на низком уровне, а также строить сложную 3D-модель при подготовке к печати.



**Рис. 1. Установка для изготовления сложных прототипов деталей методом послойного отвердевания полимеров**

Метод изготовления прототипов деталей – послойное растровое отвердевание полимерного материала в рабочей зоне установки цифровой обработкой света DLP проектора. Материал изготавливаемых прототипов – светоотвердевающие полимеры на основе метакриловых, акриловых мономеров и фотоинициатора.

Основные преимущества: полученные полимерные прототипы сравнимы с изготовленными литьем под давлением по точности, свойствам материала, уровню детализации и качеству отделки поверхности. Скорость построения прототипа, обеспечиваемая установкой, вдвое превышает скорость машин с аналогичными характеристиками, благодаря одновременному построению целого слоя поперечного сечения.

Основные конструктивные особенности:

- установка выполняет построение деталей аддитивным методом с использованием проектора с высокой разрешающей способностью и цифровой обработкой света для отверждения жидкого фотополимера и получение твердого и прочного пластика;
- работа 3D принтера установки основана на принципе проекторной стереолитографии, основным движением конструкции установки является перемещение проекционной платформы вдоль оси Z.

**Сфера использования:** планируется обеспечение потребности российских машиностроительных предприятий оборонно-промышленного, авиастроительного, судостроительного, ракетно-космического и атомного комплексов в универсальных средствах быстрого прототипирования и выпуске сложных изделий из полимеров.



**Разработчик:** лаборатория № 18 «Компьютерной графики» (зав. лаб. - д.т.н. А.В. Толоч).

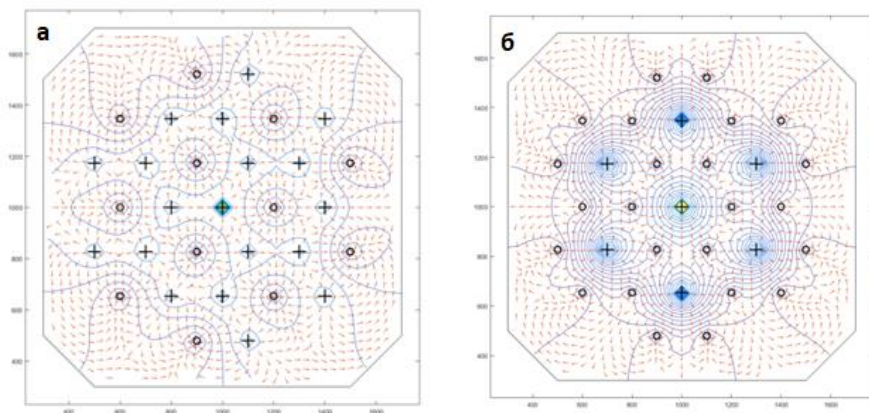
### 2.3. УПРАВЛЕНИЕ РАЗРАБОТКОЙ ТРУДНОИЗВЛЕКАЕМЫХ ЗАПАСОВ НЕФТИ И ГАЗА

При разработке месторождений трудноизвлекаемых запасов нефти и газа в полном объеме возникают задачи оптимального управления, гидродинамического моделирования, выработки новых подходов к поиску быстродействующих решений в реальном времени. Задача управления формулируется следующим образом: на заданном интервале планирования на всем множестве скважин многопластового месторождения найти и выбрать такие режимы отбора нефти и газа, которые обеспечивают необходимый максимум добычи при ограниченных суммарных ресурсах управления или минимум затрат суммарных ресурсов управления, обеспечивающих требуемый плановый уровень суммарной добычи. При этом основными управляющими воздействиями являются распределения режимов отбора продукции и закачки реагентов на всем множестве добывающих и нагнетательных скважин.

При создании интегрированных математических моделей управления полным циклом технологических процессов разработки многопластовых месторождений углеводородов (газовых, газонефтяных, газоконденсатных и газонефтеконденсатных) учитываются особенности объектов и средств управления:

- Высокая эффективность разработки многопластовых газовых месторождений обеспечивается использованием струйных технологий, поскольку энергия одних пластов с аномально высокими давлениями может быть использована для увеличения отбора газа из других пластов с низкими давлениями.
- Эффективность разработки газонефтяных месторождений может быть увеличена за счет использования горизонтальных стволов добывающих и нагнетательных скважин, обеспечивающих требуемые отборы из «нефтяной оторочки» при низких депрессиях, а также технологий закачки активных реагентов для ограничения притоков газа и воды на границах радела «газ-нефть» и «нефть-вода». При совместной разработке «нефтяной оторочки» и «газовой шапки» могут быть использованы также газлифтные и струйные технологии.
- Эффективность разработки газоконденсатных месторождений достигается за счет оптимального перераспределения режимов отбора на всем множестве добывающих скважин, обеспечивающего минимизацию внутрислоевого переноса флюидов и преждевременного выпадения растворенного в газе конденсата. При

использовании «сайклинг-процесса» с закачкой «сухого газа» на некотором подмножестве добывающих скважин выпадение конденсата становится уже управляемым процессом и будет способствовать значительному повышению эффективности разработки.



**Рис. 1 (а, б). Циклическая инверсия потоков фильтрации в скважинах**

Разрабатываются новые принципы и подходы к созданию быстродействующих моделей управления разработкой месторождений нефти и газа с использованием дифференциально-геометрической теории нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, а также основанными на ней приближенными и асимптотическими методами, например, методами конечномерных динамик. Полученные результаты обобщены на случай моделирования вытеснения высоковязкой и тяжелой нефти с использованием циклических тепловых и физико-химических воздействий. Результаты расчета на тестовой сетке скважин приведены на Рис. 1 (а, б).

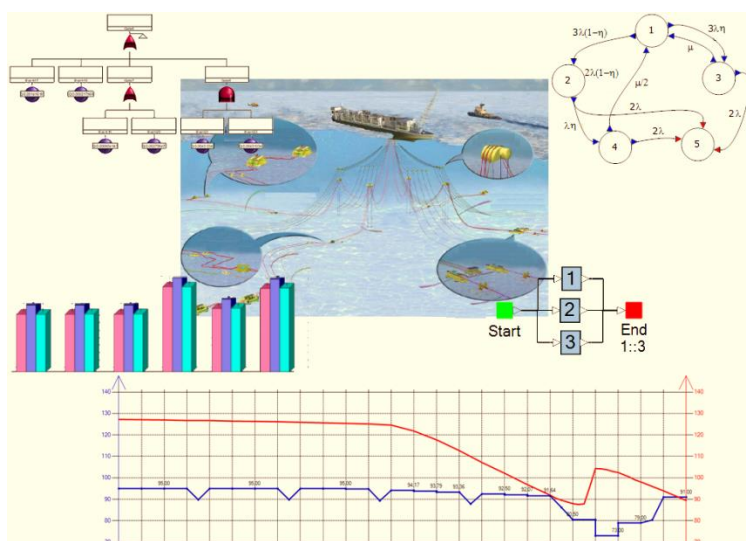
**Внедрение:** ПАО «Татнефть», г. Альметьевск.

**Разработчик:** лаборатория № 19 «Многосвязных систем управления» (зав. лаб. – к.т.н. А.В. Ахметзянов).



## 2.4. ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ, ГОТОВНОСТИ И РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДОБЫЧИ, ПОДГОТОВКИ И ТРАНСПОРТИРОВКИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Проведены исследования и разработки по моделям и методам анализа надежности, безопасности и технической эффективности газотранспортных и газоперерабатывающих систем. Разработаны методы декомпозиции и агрегирования моделей анализа многоуровневых систем, разработаны методики их применения, создано специализированное программное обеспечение.



Выполнен расчет показателей надежности газоснабжения потребителей Приморского края, подключенных к газопроводу «Сахалин-Хабаровск-Владивосток». В результате выполнения структурно-функционального надежностного анализа выделены классы компрессорных станций, отличающиеся количеством и типами газоперекачивающих агрегатов, способами резервирования, и проведена декомпозиция системы. Для компрессорных станций разработаны многоуровневые модели «надежностного поведения», вычислительные схемы расчета показателей с использованием марковских процессов с доходами. Вычисления надежностных показателей по газотранспортной системе в целом проводилось

агрегированием (с использованием деревьев отказа /успеха программного комплекса Relex) моделей линейных участков магистрального трубопровода с показателями состояний компрессорных станций. Пропускная способность системы, как при отсутствии отказов, так и при различных сочетаниях отказов, определялась гидравлическими расчетами, выполненными специалистами АО «Гипрогазцентр».

Осуществлен анализ надежности и эксплуатационной готовности проекта первой, второй и третьей фазы освоения Штокмановского газоконденсатного месторождения (ШГКМ). Проведены исследования основных технологических комплексов, входящих в состав ШГКМ: подводного добычного комплекса, технологического судна, морского двухниточного трубопровода, установки комплексной подготовки газа, завода сжиженного природного газа (СПГ), электростанции собственных нужд. Выполнена оценка показателей надежности, дифференцированных по уровням производительности и выдаваемой конечной продукции (СПГ, товарный газ и газовый конденсат). Основным показателем являлся коэффициент сохранения эффективности (эксплуатационной готовности), определяемый по интегральному фактическому выходу конечной продукции за 25 лет эксплуатации относительно номинального значения (при отсутствии отказов).

Для моделирования и расчетов использовался программный комплекс Relex и разработанное в Институте программное обеспечение для агрегирования многоуровневых последовательно соединенных блоков в подсистемы и технологические комплексы, а многоуровневые технологические комплексы в многоуровневую модель ШГКМ в целом.

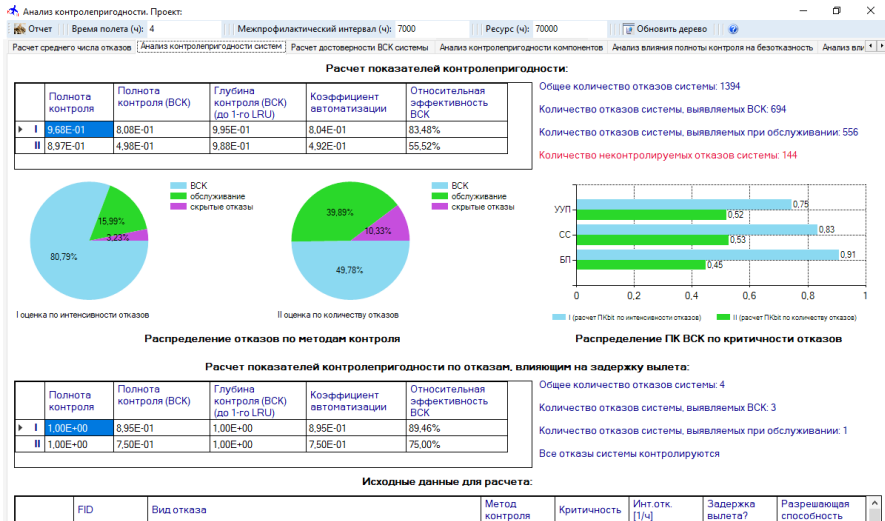
**Внедрение:**

- АО «Гипрогазцентр», Нижний Новгород;
- АО «Гипроспецгаз», Санкт-Петербург.

**Разработчик:** лаборатория № 27 «Технической диагностики и отказоустойчивости» (зав. лаб. – д.т.н. М.Ф. Каравай).

## 2.5. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТНОГО АНАЛИЗА КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ САМОЛЕТОВ

Разработаны модели, методы, алгоритмическое и программное обеспечение проектного анализа контролепригодности функциональных систем самолетов. Создана методология анализа контролепригодности авиационной техники. Описаны структура, процедуры и форматы анализа видов и последствий отказов с учетом специфики исследования контролепригодности. Разработаны модели и методы расчета показателей контролепригодности компонентов и функциональных систем самолета. Выполнен анализ влияния характеристик контроля на показатели надежности и вероятностные показатели безопасности самолета. Разработана структура базы данных и алгоритмическое обеспечение автоматизированного анализа контролепригодности авиационной техники. Создано программное обеспечение автоматизированного анализа контролепригодности самолетов семейства МС-21.

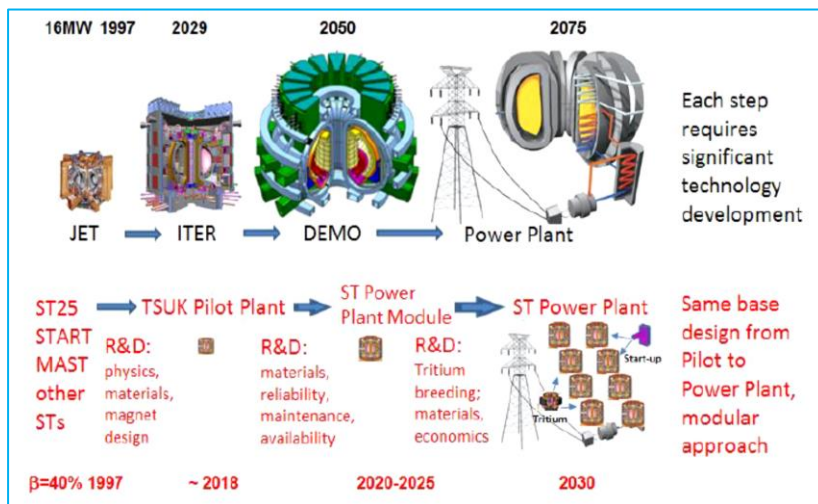


Программа предоставляет возможность проведения анализа контролепригодности на уровне конструктивно-съемных элементов ВСК, функциональных систем и самолета в целом. Реализованы расчеты таких пока-



## 2.6. СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПЛАЗМОЙ В ТОКАМАКАХ

Современные токамаки принципиально не могут работать без систем управления плазмой с обратной связью. В Институте накоплен опыт работы по применению систем управления плазмой для различных термоядерных установок в компьютерном моделировании и в физических экспериментах. Начало работ связано с применением систем управления для подавления желобковой неустойчивости плазмы в экспериментах на открытой магнитной ловушке Огра-3 в ИАЭ им. И.В. Курчатова. Затем работы были перенесены на токамаки, что привело к разработке цикла систем различных классов, внедренных в практику физического эксперимента токамаков ТО-1, Т-7, Т-10, ТВД (ИАЭ им. И.В. Курчатова), Туман-3 (ФТИ им. А.Ф. Иоффе, г. Санкт-Петербург). Далее были выполнены работы по разработке и моделированию систем управления плазмой для проектов токамаков Т-14 (ГНЦ РФ ТРИНИТИ), Т-15 (НИЦ «Курчатовский институт»), ITER (Франция), а также для действующего сферического токамака Глобус-М (ФТИ им. А.Ф. Иоффе).



**Рис. 1. Дорожные карты создания первой коммерческой термоядерной электростанции на конвенциональных токамаках с большим аспектным отношением порядка 3-4 в 2075 г. и сферических токамаках с малым аспектным отношением 1,4-1,6 модульного типа в 2030 г.**

Разработан стенд реального времени на компьютерах с операционной системой xPC Target от компании MathWorks. В стенде с Host PC загружаются симьюлинк-схемы, конвертированные в С-код, в модели объекта и регулятора, соединенные по схеме обратной связи и реализованные на компьютерах реального времени. Такой стенд позволил промоделировать системы магнитного управления плазмой в ИТЕР и токамаке Т-15 в реальном времени, показав правомерность данного направления реализации систем управления плазмой посредством стендов реального времени.

Для действующего сферического токамака Глобус-М разработаны и применены быстродействующие системы управления положением плазмы на аналоговых ПИД-регуляторах и тиристорных инверторах тока в качестве исполнительных устройств в автоколебательном режиме работы с частотой до 3 кГц.

Предложен принцип адаптации вертикального положения плазмы к ее форме, когда неустойчивое вертикальное положение плазмы стабилизируется специальным быстродействующим контуром для достижения консенсуса с формой плазмы. Этот принцип был применен к ИТЕР и токамаку Глобус-М.

Дальнейшая перспектива работы связана с внедрением в практику физического эксперимента сферического токамака Глобус-М2 цифровых систем управления плазмой с перенесением полученного экспериментального опыта работы на проектирование электромагнитной системы и цифровой системы управления плазмой на сферический модуль-токамак термоядерной электростанции.

**Разработчик:** лаборатория № 30 «Проблем оперативного управления и планирования предприятий ТЭК» (зав. лаб. – д.т.н. Л.Р. Соркин).

## 2.7. НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ МЕХАНИЗМОВ, АГРЕГАТОВ И МАШИН

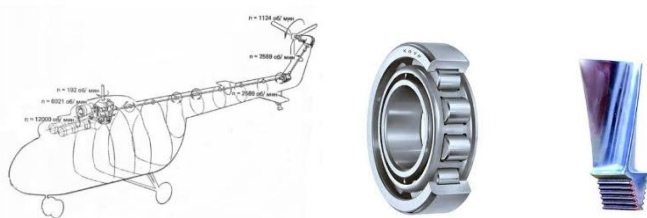
Разработаны методы диагностики механизмов, агрегатов, машин, их узлов и деталей на основе:

- анализа акустических сигналов, вызванных ударным возбуждением;
- оценки величины микровариаций вращения вала, регистрируемых с помощью датчика частоты вращения.



Предложенные методы дополняют традиционные методы вибродиагностики и существенно расширяют возможности неразрушающего контроля.

Область применения разработок включает авиацию, флот, машиностроение, энергетику и ряд смежных областей, использующих двигатели, трансмиссию, электромеханику и роторное оборудование.



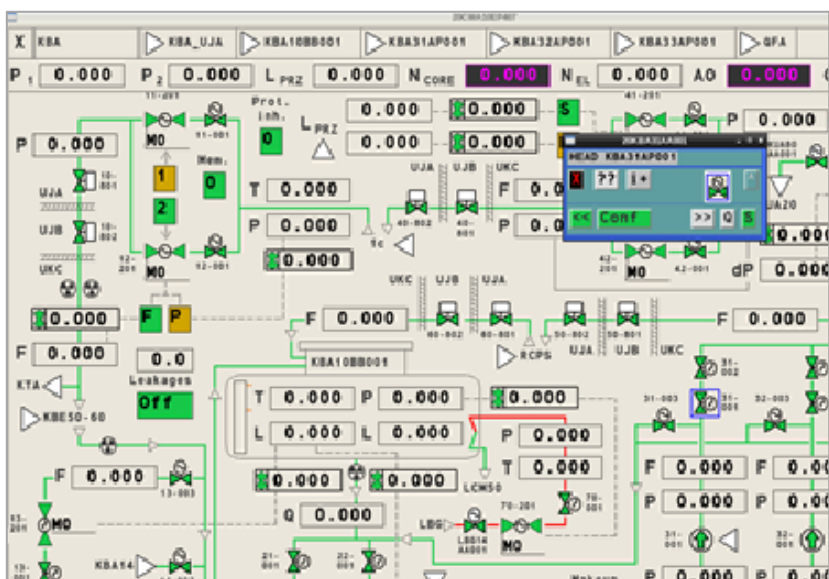
Разработанные методы апробированы и показали хорошие результаты на примерах решения задач диагностики состояния хвостового редуктора вертолета, роликовых подшипников и лопаток компрессора газотурбинного авиационного двигателя.

**Разработчик:** лаборатория № 38 «Управления по неполным данным» (зав. лаб. – член-корр. РАН А.А. Галяев).

## 2.8. ИНТЕГРАЦИОННАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ АСУ ТП – СИСТЕМА «ОПЕРАТОР»



Интеграционная платформа для АСУ ТП – Система Оператор – SCADA система для атомной энергетики (разработана по заказу Минатома, имеет разрешение для применения в системах, важных для безопасности, стопроцентная лицензионная чистота, протестирована тремя независимыми организациями, документация по ГОСТ, открытые исходные коды).



Интеграционная платформа для АСУ ТП – Система Оператор:

- представляет собой инструментальное средство разработки прикладного программного обеспечения компьютерных систем контроля и управления технологическими процессами в части организации человеко-машинного интерфейса с оперативным персоналом, ведения архивов значений входных и выходных параметров и других функций контроля, управления и диагностики;
- обладает возможностями для создания широкого спектра программно-технических комплексов, отличающихся по техническим средствам, операционным системам, а также числу и составу элементов;



– включает в себя два программных комплекса: Рабочее программное обеспечение (РПО) и Конфигуратор. РПО предназначено для реализации процесса обработки информации в составе АСУ ТП. Конфигуратор является системой автоматизированного проектирования (САПР), при помощи которой РПО настраивается на особенности АСУ ТП. Конфигуратор используется только в процессе разработки и отладки верхнего уровня АСУ ТП РПО и Конфигуратор обеспечивают технологию разработки многотерминальных систем.

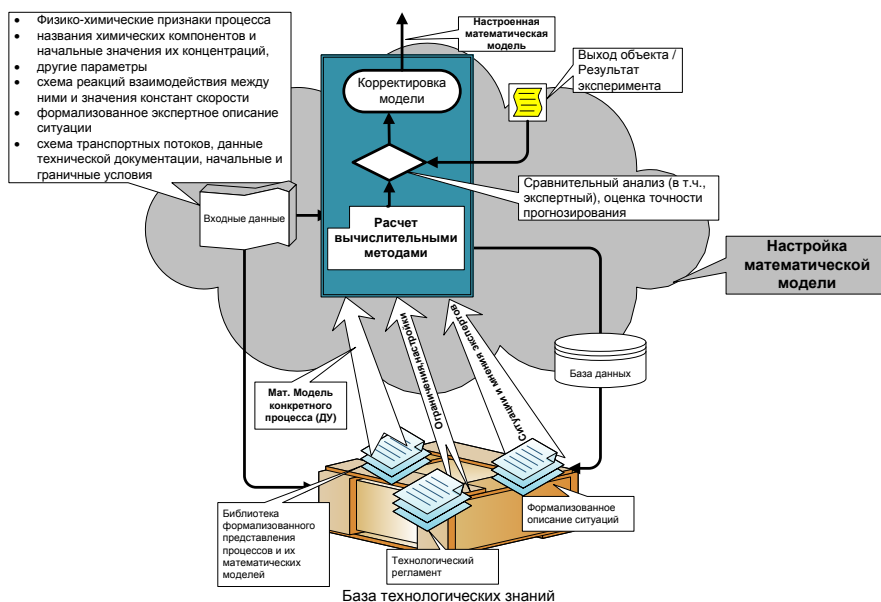
**Внедрение:** РПО и Конфигуратор внедрены и эксплуатируются на действующих АЭС «Бушер»-1 (Исламская республика Иран) и АЭС «Куданкулам», блоки 1-2 (Республика Индия), а также применяется для разработки программного обеспечения для строящейся АЭС «Куданкулам», блоки 3-4 (Республика Индия).

**Разработчик:** лаборатория № 31 «Распределенных информационно-аналитических и управляющих систем имени И.В. Прангишвили» (зав. лаб. – д.т.н. А.Г. Полетыкин).

## 2.9. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ ХИМИКО- ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Программно-аппаратный моделирующий комплекс (ПАМК), представляет собой информационно-управляющую систему с прогнозирующей моделью, основанной на знаниях, с интерактивным интерфейсом.

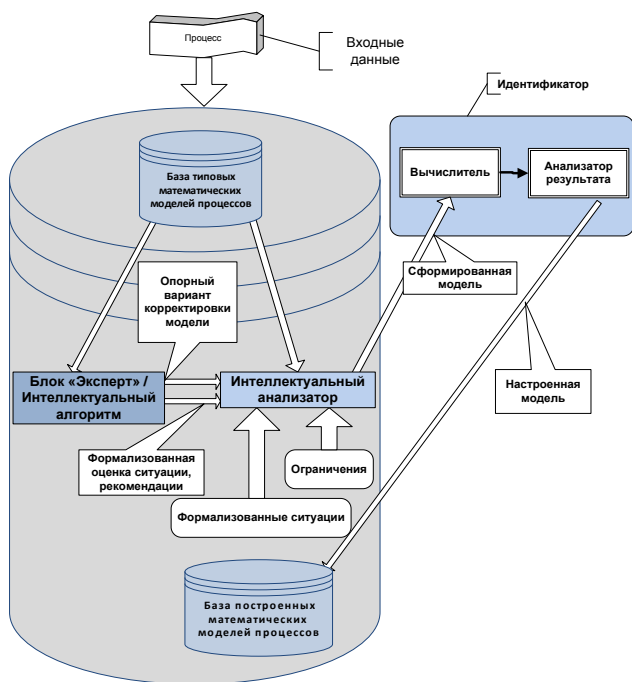
Математическая модель, лежащая в основе ПАМК, не только достаточно точно описывает физико-химические свойства реагентов, участвующих в процессе, но и адекватно отражает конкретику протекающей реакции и технологической установки. Учитываются не только ограничения и особенности, определяемые технологическим регламентом, но и экспертные мнения – посредством интерактивного интерфейса.



Поддержка принятия решений осуществляется на основе интеллектуального анализатора текущей ситуации с варьированием отдельных параметров с целью корректировки модели. В базе знаний содержится ряд библиотек, накапливающих «производственный опыт» – от

синхронизированных во времени входов и соответствующих им выходов и уравнений для известных физико-химических процессов до архивов настроенных моделей и архивов формализованных ситуаций («закодированных» признаков и характеристик текущего состояния). Такие библиотеки требуются как для экспертного анализа, так и для функционирования интеллектуальных алгоритмов, моделирующих процесс принятия решений человеком-оператором.

Получаемое решение проверяется на пригодность посредством сравнения с результатом эксперимента или с реальным выходом объекта. На этом этапе осуществляется дополнительная настройка параметров уравнений.



**Внедрение:** ЗАО «Наука и инновации» – Управляющая организация ОАО «ВНИИХТ».

**Разработчик:** лаборатория № 41 «Идентификации систем управления» (зав. лаб. – д.т.н. Н.Н. Бахтадзе).

## 2.10. УПРАВЛЕНИЕ В МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

### I. Информационная самообучающаяся автоматическая система оптимального раскроя сортового проката, обеспечивающая снижение расходных коэффициентов.

В рамках работы:

- установлены основные функциональные зависимости между технологическими параметрами, их взаимно-корреляционные функции и влияние режимных параметров формирования стальных заготовок на точность определения параметров прокатки и резки;
- проведена обработка статистических материалов по резке заготовки для автоматизации резки;
- предложены, проанализированы, рекомендованы и выбраны различные структурные схемы возможных реализаций и оптимизации процесса резки заготовок из условий минимизации потерь стали и энергосбережения;
- выбраны методика и структурная схема самообучающейся нейронной сети для интеграции ее в существующую структуру АСУ ТП прокатного стана «250».



## **II. Адаптивная система автоматического управления энергетическим режимом электродуговой сталеплавильной печи переменного тока (ДСП-40).**

В рамках работы:

- установлено влияние рабочего электрического режима печи на показатели энергоэффективности плавки. Разработаны рекомендации по минимизации аварийных нештатных ситуаций в процессе эксплуатации печи;
- разработана упрощенная модель теплового режима печи. Разработаны модели электрического контура печи, произведена идентификация параметров моделей;
- получены электрические и рабочие характеристики ДСП-40, отражающие энергоэффективность работы печи, проведен анализ текущих режимов энергопотребления и сделаны рекомендации по их статической коррекции.



**Внедрение:** ОАО «Ижсталь».

**Разработчик:** лаборатория № 41 «Идентификации систем управления» (зав. лаб. – д.т.н. Н.Н. Бахтадзе).

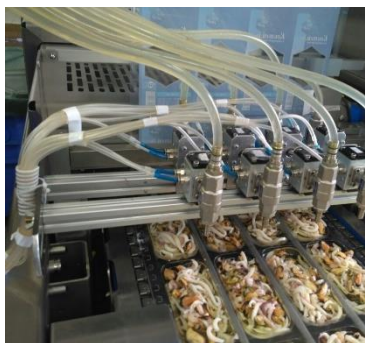
### 3. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА УПРАВЛЕНИЯ

#### 3.1. СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ДОЗИРОВАНИЯ ЖИДКОСТЕЙ «САД-1М»

САД-1М – унифицированные пневматические и пневмоэлектронные системы автоматизированного порционного и непрерывного дозирования жидких продуктов различной вязкости с отмериванием дозы по косвенным параметрам.

**Назначение:** расфасовка жидких продуктов в тару в упаковочной отрасли, в том числе пищевых и технических жидкостей, медицинских препаратов, продуктов лакокрасочных производств, жидких компонентов для изготовления наливных полов, дозирование жидких реагентов в процессах очистки сточных вод; нанесение клеевых составов в сборочных производствах с клеевыми соединениями в режимах порционного и непрерывного дозирования; непрерывное и порционное дозирование одно- и многокомпонентных составов при автоматизации широкого спектра технологических процессов в пищевой, химической, текстильной, лакокрасочной и других отраслях промышленности.

**Технические характеристики:** Диапазон дозирования: 0,001...20 л – объемное порционное дозирование с поддиапазонами: 1-25 мл, 5-100 мл, 100 мл-2 л, 2-20 л; 0,1-250 мл/с – непрерывное дозирование. Производительность: при объеме дозы 0,5 л по воде – 20 доз/мин. Точность дозирования:  $\pm 0,3 \dots 0,5\%$  от заданного значения объема дозы. Вязкость жидкости:  $(1-1500) \times 10^{-3}$  Па·с.



**Пример применения:** восьмиканальная система автоматического дозирования подсолнечного масла на линии упаковки рыбной продукции.

**Отличительные особенности:** отказ от использования мерных камер с механическими подвижными элементами и дорогостоящих весоизмерительных устройств для отмеривания дозы прямым методом и их замена на более простые по составу оборудования и надежные системы с отмериванием дозы по косвенным параметрам, строящиеся на

базе пневматических датчиков барботажного типа; построение управляющих устройств (УУ) на пневмоэлементах разработанной в Институте элементной базы промышленной пневмоавтоматики систем

«УСЭППА» и «ЦИКЛ», которая легко сочетается с датчиками рабочих параметров и серийно выпускаемыми исполнительными механизмами дозирующих устройств (ДУ) других широко известных фирм.

**Преимущества:** построение унифицированных систем дозирования в виде совокупности технологических элементов ДУ и пневматического (или пневмоэлектронного) УУ; обеспечение высокой эксплуатационной надежности, требуемой точности и широкого диапазона дозирования; использование однотипного оборудования на жидкостях с широким спектром изменения физико-химических свойств; плавная регулировка и оперативная настройка, как величины дозы, так и верхней границы диапазона дозирования; отсутствие «межоперационного» каплеобразования; возможность построения многоканальных систем дозирования и их совмещения с конвейерными линиями; пожаровзрывобезопасность при использовании только пневматических средств; простота и безопасность обслуживания.

**Разработчик:** лаборатория № 2 «Газогидродинамических средств автоматизации» (зав. лаб. – д.т.н. А.М. Касимов).

## 3.2. РЕЗЕРВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ НЕЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРИРОДЫ

Разработана концепция построения разнородной системы управления (СУ) «критическими объектами», включающая основной электронный канал управления и резервный канал не электрической природы на базе элементов струйной техники. На работоспособность электронных систем управления (СУ) существенное влияние оказывают внешние дестабилизирующие факторы (ДФ), в том числе электромагнитные и радиационные излучения. Никакие избыточные структуры не могут предохранить их от существующих электромагнитных спектров ДФ, которые на некоторое время целиком или полностью выводят радиоэлектронные компоненты СУ из строя, что в жестком реальном времени означает недопустимое прерывание процесса управления. Важнейшим назначением резервных СУ представляется управление «критическими объектами», выход из строя которых может привести к катастрофическим последствиям.

Одним из вариантов обеспечения надежности управления и безопасности критических объектов при воздействии ДФ является использование разнородной СУ, включающей наряду с основным электронным резервный канал на базе цифровых элементов струйной техники. Струйные элементы и системы обладают рядом достоинств. К их числу относятся:

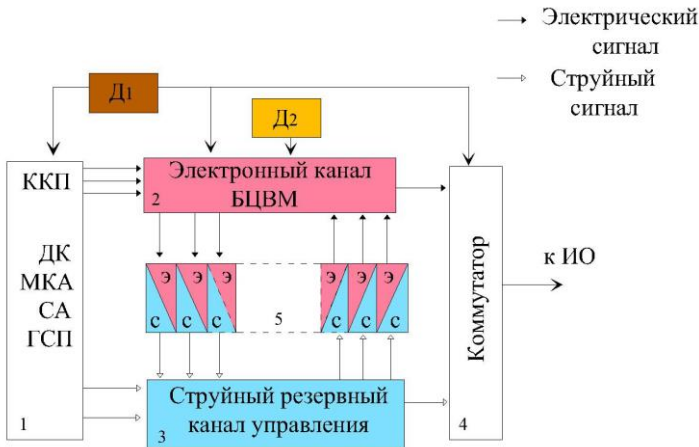
- нечувствительность к электромагнитному излучению, радиации, ударным нагрузкам и вибрациям;
- работоспособность в широком диапазоне температур;
- высокая надежность, обусловленная отсутствием подвижных частей;
- отсутствие электромагнитных помех для электронной аппаратуры.

Вместе с тем струйные элементы имеют существенно более низкое быстродействие по сравнению с электронными техническими средствами автоматики.

На рис. 1 (на следующей странице) представлена блок-схема разнородной СУ. Основными элементами системы являются: комплекс командных приборов ККП – 1, два канала различной природы основной (электронный) – 2, и резервный (струйный) – 3, коммутатор – 4, блок сопряжений сигналов основного электронного с сигналами резервного струйного канала – 5, датчики состояния окружающей среды  $D_1$  и  $D_2$ .



Основной электронный канал включает в себя цифровой вычислительный комплекс со своими связями. Оба канала работают параллельно, решая идентичные алгоритмы управления, и способны обмениваться информацией для коррекции точности резервного канала по информации электронного и восстановления вычислительного процесса в основном канале после его сбоя от действия поражающих воздействий по информации резервного.



**Рис. 1. Блок-схема разнородной (комбинированной) СУ**

Разнородная комбинированная СУ работает в двух режимах – рабочем и аварийном. В рабочем режиме основной электронный канал включен в контур управления, а резервный струйный – нет. При этом резервный параллельно работает с теми же алгоритмами, что и основной электронный канал. Из-за недостаточно высокого быстродействия струйных элементов, резервный канал обеспечивает меньшую точность, чем основной. Поэтому после окончания каждого базового цикла основной канал корректирует резервный. Таким образом, на малых интервалах времени, резервный канал СУ обеспечивает точность решения алгоритмов, близкую к точности основного.

**Разработчик:** лаборатория № 2 «Газогидродинамических средств автоматизации» (зав. лаб. – д.т.н. А.М. Касимов).

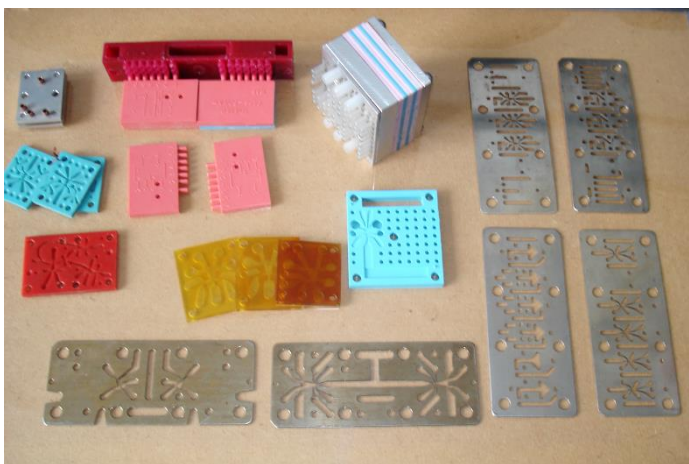
### 3.3. СТРУЙНАЯ ТЕХНИКА

**Струйная техника** предназначена для построения устройств и систем управления, работающих в тяжелых экстремальных условиях (вибрации, высокие и низкие давления и температуры, электромагнитные излучения). Струйная техника работает на аэрогидродинамических эффектах потоков жидкости или газа без использования подвижных частей и является развитием традиционной пневмоавтоматики, выделяясь малыми габаритами и высоким быстродействием. Струйные элементы и модули могут изготавливаться печатным способом из любых материалов.

В Институте разработаны научные основы, принципы построения струйных измерительных преобразователей технологических параметров и систем управления, а также технологические процессы их реализации.

Основными областями применения струйной техники являются:

- построение различных устройств управления параметрами авиационных двигателей (обороты турбины, управление перепускными клапанами компрессора, положением направляющих аппаратов и т.п.);
- резервные системы управления летательными аппаратами для повышения их надежности;
- построение измерительных преобразователей параметров производственных процессов (количества и расхода жидкостей и газов, линейных и угловых скоростей, температуры, давлений, геометрических размеров и т.д.).



Струйная техника обеспечивает:

- надежную работу устройств и систем управления в экстремальных условиях;
- низкую себестоимость струйной аппаратуры;
- высокое быстродействие по сравнению с мембранной пневмоавтоматикой;
- удобную реализацию первичных измерительных преобразователей технологических параметров (расхода, температуры, геометрических размеров, линейной и угловой скоростей и т.д.).

Струйная техника используется для:

- измерения потребления углеводородного сырья в коммунальном хозяйстве (счетчики газа СГ-1 и СГ-2);
- измерения расходов водяного теплоносителя высоких параметров в канальных реакторах АЭС типа РБМК-1000 и РБМК-1500;

Струйные счетчики газа



**ОАО «РЕГИСТР» г. Омск    ОАО «Счетприбор», г. Орел**

**Разработчик:** лаборатория № 2 «Газогидродинамических средств автоматизации» (зав. лаб. – д.т.н. А.М. Касимов).

### 3.4. АНИЗОТРОПНЫЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ МАГНИТОРЕЗИСТИВНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ МАГНИТНОГО ПОЛЯ И ТОКА

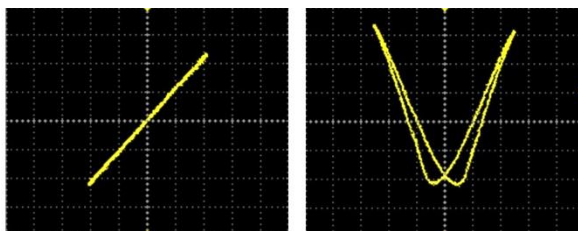
Новые типы многослойных анизотропных магниторезистивных преобразователей (АМРП) магнитного поля и тока с магнитожесткими микромагнитами с запатентованными оригинальной топологией элементов и способами их управления. Конструкция и способы управления позволяют формировать четную и нечетную вольт-эрстедную характеристику (ВЭХ) элементов. Теоретические, технологические и экспериментальные исследования разработанных и изготовленных тестовых образцов АМРП магнитного поля и тока, показали их работоспособность.

На основе микромагнитной теории разработаны математические модели функционирования АМРП магнитного поля, позволяющие теоретически определять основные статические параметры и характеристики преобразователей. Проведенный математический анализ определил оптимальные параметры АМРП, соответствующие их максимальной чувствительности и линейности характеристики. Проведен анализ работоспособности АМРП при наличии магнитожестких Co-Ni микромагнитов, позволяющих существенно улучшить характеристики преобразователей.

Разработаны тестовые образцы АМРП магнитного поля и тока с четной и нечетной ВЭХ и технология их изготовления. Элементы изготовлены на основе многослойных тонкопленочных Ti-FeNiCo-Ti и Ti-FeNiCo-Ti-FeNiCo-Ti наноструктур и магнитожестких Co-Ni микромагнитов. Выполнены исследования, в рамках которых:

- разработана базовая технология изготовления АМРП кристаллов;
- изготовлены АМРП магнитного поля;
- исследованы характеристики АМРП магнитного поля;
- разработаны микросхемы, содержащие выполненные на одном кристалле АМР преобразователи и схемы их управления по КМОП-технологии.

Изделия могут применяться в качестве измерителей магнитного поля и тока в контрольно-измерительных системах гражданского, космического и спецназначения. Подобные микросхемы могут применяться, например, в кнопках сотовых телефонах, компасах, системах магнитной локации, в том числе, медицинских капсулах для диагностики кишечного тракта, бесконтактной диагностики трубопроводов и в других аналогичных приборах. Подобные элементы являются основой для создания гальванических развязок и биосенсоров.



(а)

(б)

**Рис. 1. Осциллограммы нечетной (а) и четной (б) ВЭХ АМРП магнитного поля**

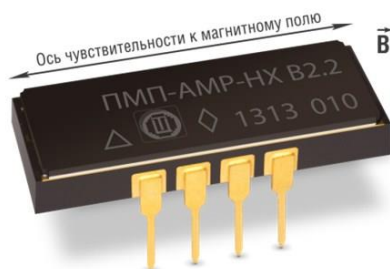


(а)



(б)

**Рис. 2. Фотография макета АМРП с лицевой (а) и обратной стороны (б)**



**Рис. 3. Фотоснимок АМРП с нечетной ВЭХ в восьмивыводном металлокерамическом немагнитном герметичном корпусе**

**Внедрение:** НПК «Технологический центр» (г. Зеленоград).

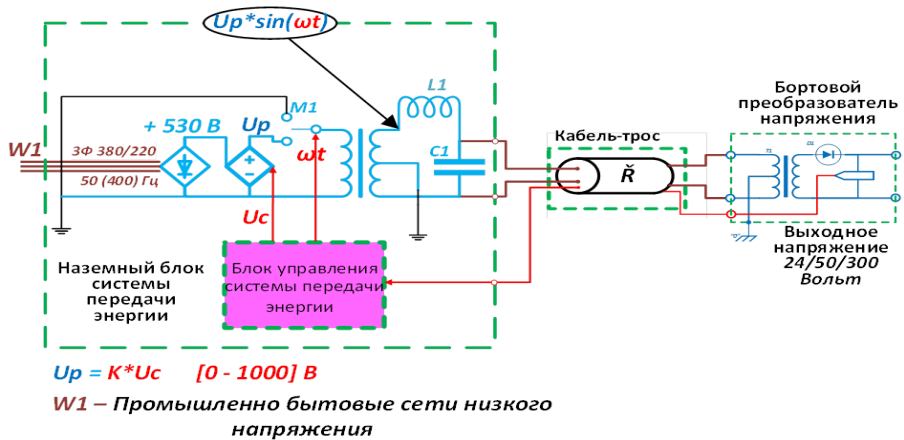
**Разработчик:** лаборатория № 2 «Технических средств управления» (зав. лаб. – д.т.н. А.М. Касимов).

### **3.5. ПРИВЯЗНАЯ ВЫСОТНАЯ БЕСПИЛОТНАЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННАЯ ПЛАТФОРМА ДЛИТЕЛЬНОГО ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ**

В настоящее время широкое развитие получили высотные телекоммуникационные платформы, реализуемые на автономных беспилотных летательных аппаратах (БПЛА). Основным недостатком автономных беспилотных аппаратов является ограниченное время функционирования, связанное с малым ресурсом аккумуляторных батарей для БПЛА, оснащенных электрическими двигателями или запасом топлива для БПЛА на базе двигателей внутреннего сгорания. В связи с этим такие БПЛА не могут эффективно использоваться в системах, где требуется длительное время функционирования, например, в системах управления безопасностью и охраны от террористических угроз критически важных объектов (атомных станций, аэропортов, протяженных мостов, участков государственной границы и т.д.). Длительное функционирование могут обеспечивать привязные высотные беспилотные платформы, в которых электропитание двигателей и аппаратуры полезной нагрузки осуществляется от наземных источников энергии. Привязные высотные платформы занимают промежуточное положение между спутниковыми системами и наземными системами, оборудование которых (базовые станции сотовой связи, радиорелейное и радиолокационное оборудование и т.д.) располагается на высотных сооружениях. Привязные высотные платформы по сравнению с дорогостоящими спутниковыми системами, обладают высокой экономичностью, а наземные телекоммуникационные системы превосходят по обширности области телекоммуникационного и видео покрытия. Учитывая обширность практического применения привязных беспилотных высотных платформ, как в гражданских, так и в оборонных отраслях, в исследовательских центрах передовых стран мира ведутся интенсивные работы по проектированию и реализации таких проектов. В Институте в период 2016-2018 гг. разработаны теоретические основы построения привязных высотных беспилотных платформ длительного действия; испытаны в лабораторных и полевых условиях экспериментальные образцы такой платформы, не имеющих мировых аналогов. Основным преимуществом данного проекта по сравнению с зарубежными разработками (отечественные разработки на российском и мировом рынке отсутствуют) является возможность удаленной передачи энергии мощностью до 10 кВт по медным проводам малого сечения (малого веса) с земли на борт для питания электродви-

гателей БПЛА и аппаратуры полезной нагрузки, а также создание беспилотных аппаратов, обладающих высокой надежностью и длительным временем функционирования без опускания на землю. Новая технология передачи энергии обеспечивает возможность подъема платформы на высоту до 200 м с полезным грузом до 20 кг и длительным сроком функционирования, ограниченным лишь надежностными характеристиками беспилотного аппарата.

На рис. 1 приведена схема системы передачи энергии земля-борт беспилотного аппарата.



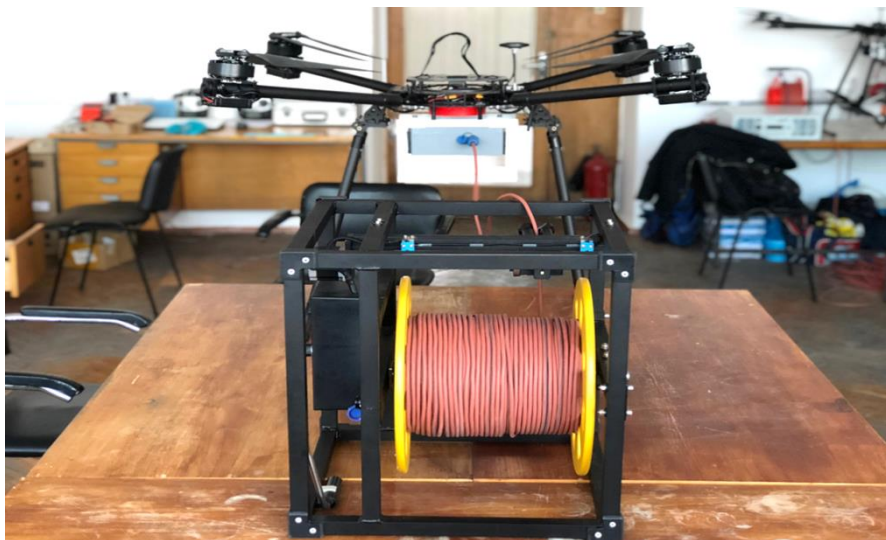
**Рис.1. Схема системы передачи энергии «земля-борт»**

Приведенная схема иллюстрирует разработанную методологию передачи энергии большой мощности. В отличие от традиционных низкочастотных подходов реализован резонансный метод передачи энергии высоковольтным (до 2000 В), высокочастотным (до 200 кГц) сигналом, позволяющий резко снизить массу и габариты наземного и бортового преобразователей напряжения. Указанный метод позволяет также осуществлять многофазную передачу энергии, причем общая передаваемая мощность пропорциональна числу фаз в соединительной линии (кабель-тросе), что обеспечивает высокую выходную мощность (30 кВт в дальнейшей разработке) и малый вес кабель-троса. Резкое снижение веса бортового преобразователя и соединительного кабель-троса, что принципиально для создания привязной высотной платформы, является одним из основных преимуществ предлагаемого подхода.

Технические характеристики привязной платформы приведены в таблице.

Высота подъема, м	Взлетный вес, кг	Предельная ветровая нагрузка, м/с	Передаваемая мощность земля-борт, кВт	Температурный режим, °С
150	35	до 15	до 7	-30 - +40

На рис. 2 показан вид лебедки с микропроцессором для управления натяжением кабель-троса при взлете и посадке и мультироторный беспилотный аппарат, каждый 50-вольтовый двигатель которого потребляет 1 кВт энергии.



Разработанная привязная высотная беспилотная телекоммуникационная платформа имеет широкое применение как в гражданских, так и оборонных отраслях; демонстрировалась на выставке по робототехнике в Санкт-Петербурге (2017 г.), на выставках при проведении международной конференции DCCN-2017, 2018.

**Разработчик:** лаборатория № 69 «Управление сетевыми системами» (зав. лаб. – д.т.н. В.М. Вишневский).



### 3.6. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА АВТОДОРОГАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ RFID-ТЕХНОЛОГИЙ И ШИРОКОПОЛОСНЫХ БЕСПРОВОДНЫХ СЕТЕЙ

Аварийность на транспортных магистралях является одной из острейших социально-экономических проблем, стоящих перед большинством стран мира. В некоторых странах (США, Китай) эта проблема уже выведена на уровень государственного приоритета. На российских дорогах ежегодно погибает свыше 20000 человек. Поэтому в РФ обеспечение безопасности протяженных участков движения транспорта становится все более актуальной задачей. В мировой практике для автоматизированного контроля правонарушений на автодорогах широко используется аппаратура видеофиксации, включая радарное устройство для измерения скорости движения транспортного средства (ТС) и оптическую фотокамеру для фиксации номерного знака (идентификации) ТС. Однако указанная аппаратура имеет целый ряд существенных недостатков, которые затрудняют, а порой делают невозможной идентификацию автомобиля – нарушителя правил дорожного движения (ПДД).

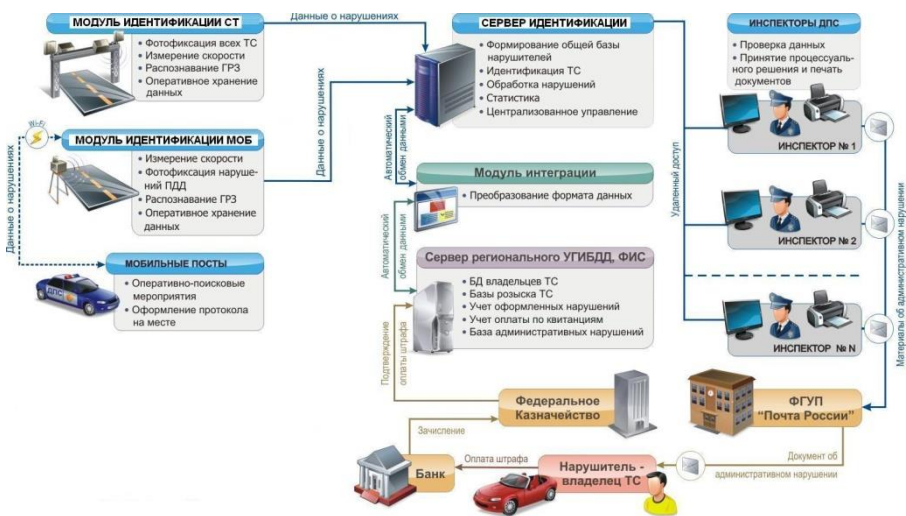
В период 2013-2016 гг. в Институте разработаны теоретические основы, аппаратного-программный комплекс и технология построения нового поколения автоматизированных систем управления безопасностью на автодорогах, обеспечивающих резкое повышение вероятности идентификации мобильных ТС, обнаружение и пресечение нарушений ПДД, обеспечение безопасности протяженных магистралей.

В соответствии с разработанной технологией транспортные средства оснащаются номерными знаками с пассивными RFID-метками и антенными устройствами (рис. 1).



Рис. 1. Номерной знак с меткой и антенным устройством

Разработан отечественный RFID- считыватель, установленный над полотном дороги и обеспечивающий считывание информации с RFID-метки на расстояниях до 15 м. RFID-считыватель оснащен антенной и адаптером беспроводной сети, функционирующей под управлением протокола IEEE 802.11n, что обеспечивает беспроводную передачу информации (уникальный номер метки транспортного средства) в базу данных центра управления ГИБДД со скоростью до 300 мбит/с. Схема разработанной системы управления безопасностью на автодорогах представлена на рис. 2.



**Рис. 2. Структура системы управления безопасностью**

**Внедрение:** Разработанная система внедрена в г. Казань в рамках крупномасштабного эксперимента, в котором участвовало порядка 1000 транспортных средств, номерные знаки которых были оснащены RFID-метками. Результаты эксперимента показали, что разработанная система обеспечивает резкое повышение вероятности обнаружения нарушений ПДД (до 94% по сравнению с существующими 50%). Это делает наказание за нарушение ПДД практически неотвратимым, что в свою очередь позволит значительно снизить аварийность на автодорогах, число погибших в автокатастрофах и огромный материальный ущерб.

**Разработчик:** лаборатория № 69 «Управление сетевыми системами» (зав. лаб. – д.т.н. В.М. Вишнеvский).

## **4. УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ**

### **4.1. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УСЛОВИЙ ПРОЖИВАНИЯ В РЕГИОНЕ И УДОВЛЕТВОРЕННОСТИ НАСЕЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ АДМИНИСТРАЦИИ**

Компьютерная система оценки качества условий жизни населения предназначена для обеспечения органов управления различных территориальных образований инструментарием для производства и анализа современной актуальной, надежной и достоверной информации о процессах и результатах жизнедеятельности населения для поддержки социально-экономических и инфраструктурных решений по развитию региона. Система предназначена для расчета прогностических моделей оценки качества проживания населения муниципальных округов, районов, городов и регионов.

Система компьютерного моделирования сценарного развития территорий – это всесторонняя интегрированная многомодельная платформа, формирующая в интерактивном режиме высококачественную среду поддержки принятия решений практически для всех аспектов управления государственной деятельностью. Система определяет проблемные ситуации («узкие места») в обеспечении качества жизни населения и позволяет сформировать «дерево» целей управления. Система включает в себя модель анализа качества проживания населения, агрегирующую исходную информацию о регионе, а также средства представления информации и результатов анализа. Система также содержит блок имитационного моделирования сценариев развития подсистем региона. Кроме того, в системе могут быть реализованы учет совокупности различных ограничений, таких, как бюджет, трудовые ресурсы, состояние ЖКХ и т.д. при анализе перспектив развития региона.

**Внедрение:** 17 областей и 7 городов РФ и 2 города за рубежом.

**Разработчик:** лаборатория № 25 «Теории выбора и анализа решений им. М.А. Айзермана» (зав. лаб. – д.т.н. Ф.Т. Алескеров).

## 4.2. СИСТЕМА ОЦЕНКИ ПОТЕНЦИАЛА УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДАЖ ДЛЯ КЛИЕНТОВ РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВОЙ СЕТИ

Система предназначена для выявления возможностей роста продаж для существующих клиентов; адресных кампаний по продвижению товаров и услуг; персонализации предложений и адресной ценовой политики и политики скидок.

Оценка построена на моделях сегментации потребительской корзины, планирования кампании по продвижению, оценки потенциала роста продаж, включая адресный, прямой маркетинг и модели сегментации жизненного цикла клиента. Прогноз строится на основе анализа взаимосвязей между товарами и клиентами при совершении покупок. Определяется потенциал роста продаж среди существующих клиентов, предлагается более персонализированный подход, адресная рекламная и ценовая политика. Результат оценки структурирован как по покупателям, так и по категориям товаров.

Применяется для: прогнозирования ухода клиентов; выработки адресных маркетинговых мер для клиентов на различных этапах жизненного цикла; программы увеличения лояльности; кредитной политики для клиентов; персонализации предложений; анализа торговой политики в зависимости от продаваемых товаров.

**Внедрение:** Торговая фирма «Метро» (штаб-квартира в Германии).

**Разработчик:** лаборатория № 25 «Теории выбора и анализа решений им. М.А. Айзермана» (зав. лаб. – д.т.н. Ф.Т. Алескеров).

### **4.3. ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ФИЛИАЛЬНОЙ СЕТИ, ЗНАЧИМОСТИ КОММЕРЧЕСКИХ КЛИЕНТОВ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ КОММЕРЧЕСКИХ БАНКОВ**

Система предназначена: для получения советом директоров банка информации о функционировании отделений банка; принятия решения об открытии новых отделений, с учетом их локального рынка, на котором они работают; определения относительной эффективности и значимости клиентов для банка.

Оценивается эффективность функционирования отделений и филиалов банка на основании параметров отделений и характеристик микросреды. Эффективность функционирования отделений банка проводится по оценке микрорынков, на которых функционируют отделения банка. Для развития филиальной сети банков оцениваются территории, перспективные для размещения филиалов банка и определяются наиболее эффективные. Для оценки значимости коммерческих клиентов оцениваются отношения между коммерческими клиентами и банком на основе существующих данных, и определяется относительная эффективность клиентов для банка. Используются многокритериальные процедуры порядкового ранжирования. Новые модели разработаны с учетом таких параметров, как прибыльность и оборот. Строятся агрегированные индексы на уровнях типа продукта, категории продукта и на последнем уровне представляется оценка отношений между клиентами и банком.

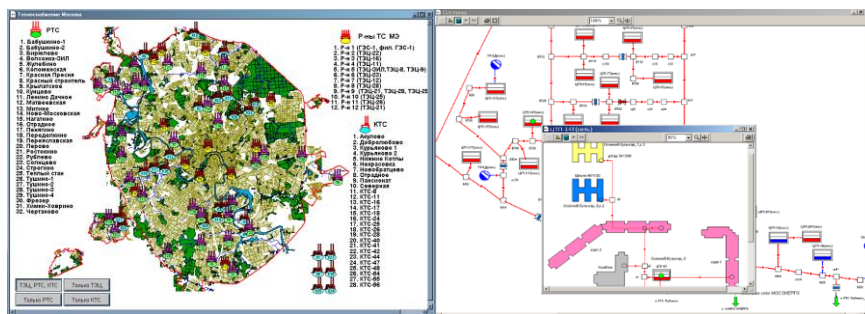
**Внедрение:** Крупные российские и зарубежные банки.

**Разработчик:** лаборатория № 25 «Теории выбора и анализа решений им. М.А. Айзермана» (зав. лаб. – д.т.н. Ф.Т. Алескеров).

#### 4.4. ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЕМ ГОРОДА

«Автоматизированная информационная система учета объектов городского хозяйства для решения задач управления» позволяет отраслевому органу управления получить необходимую информацию об эффективности, безопасности, надежности функционирования инженерной инфраструктуры, сформировать направления ее развития.

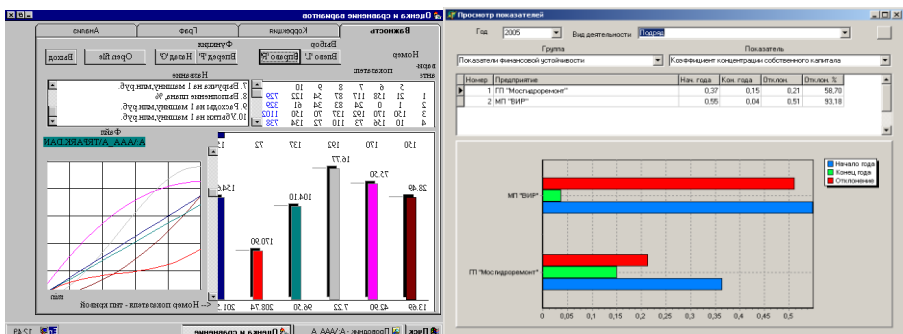
«Автоматизированная информационная система контроля балансов в теплоснабжении города» предназначена для обработки данных о производстве, передаче и использовании тепловой энергии на объектах теплоснабжения города Москвы, необходимых для анализа эффективности системы теплоснабжения и выработки мероприятий по ее улучшению.



**Рис.1. Карта объектов теплоснабжения города Москвы и фрагмент соединения тепловых сетей с домами**

«Автоматизированная информационная система управления и контроля состояния отраслей городского хозяйства Москвы» предназначена для информационной поддержки принятия решений аппаратом Руководителя комплекса городского хозяйства при анализе состояния и определении технической и экономической политики развития города.

«Автоматизированная информационная система координации оптимального распределения и освоения во времени бюджетных средств на развитие и реконструкцию инфраструктуры комплекса городского хозяйства» предназначена для поддержки деятельности отдела инвестиций Управления городского заказа Правительства Москвы.



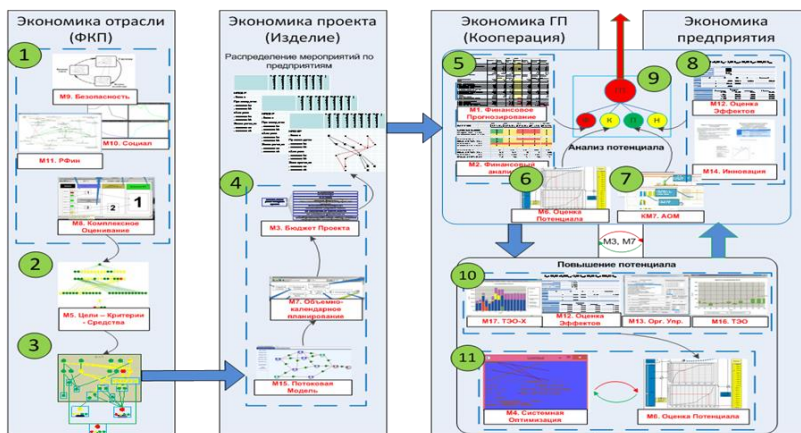
**Рис.2. Оценка состояния объектов комплекса городского хозяйства и показатели устойчивости**

**Внедрение:** Правительство Москвы

**Разработчик:** лаборатория № 49 «Проектирования автоматизированных систем управления многоцелевыми объектами» (зав. лаб. – д.т.н. Г.Г. Гребенюк).

## 4.5. КОМПЛЕКС МЕХАНИЗМОВ ОТРАСЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ, ВКЛЮЧАЯ УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ И ПРОГРАММАМИ

Разработка для обеспечения повышения эффективности системы управления финансово-экономической, производственной, научной и инновационной деятельностью отрасли на основе расчетно-аналитической управляющей автоматизированной системы, интегрирующей информацию о производственной, научно-технической и финансово-экономической деятельности предприятий и отрасли в целом и позволяющей осуществлять анализ, прогноз и выработку предложений по эффективному стратегическому и оперативному управлению ими на базе комплекса экономико-математических моделей.



В состав комплекса экономико-математических моделей входят, в том числе, алгоритмы планирования, мониторинга реализации и оперативного управления программами и проектами развития и управления функционированием и развитием предприятий и организаций отрасли.

Реализованные прототипы отдельных функциональных блоков системы продемонстрировали целесообразность и актуальность предлагаемого специалистами Института подхода. В частности, с помощью предлагаемого инструментария был выявлен целый ряд узких мест на уровне стратегического планирования при формировании



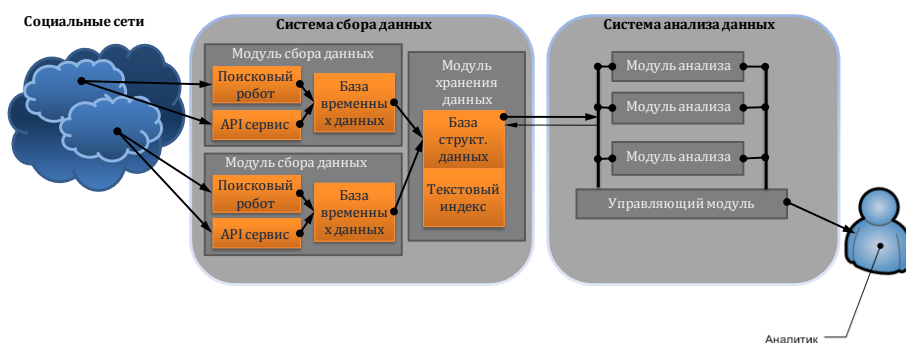
федеральной космической программы с учетом финансового состояния ключевых предприятий отрасли.

**Внедрение, реализация:** концепция системы и ее отдельные модули были реализованы в рамках работ по заказу ФГУП «Организация «Агат» Роскосмоса.

**Разработчик:** лаборатория № 57 «Активных систем» (зав. лаб. – д.т.н. В.Н. Бурков).

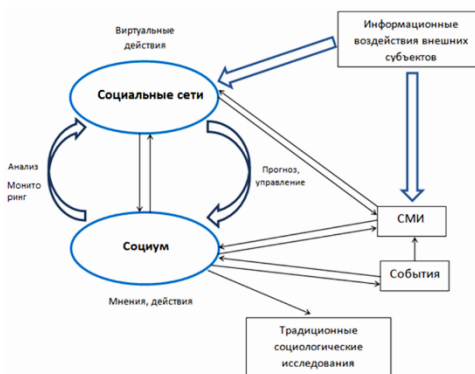
## 4.6. СИСТЕМА АНАЛИЗА ОНЛАЙНОВЫХ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Система анализа онлайн-социальных сетей предназначена для информационно-аналитической поддержки пассивной и активной работы с онлайн-социальными сетями, основными задачами которой являются мониторинг данных и анализ социальных сетей (для достижения понимания происходящих в социальных сетях процессов), прогнозирование и управление (для приведения социальной сети в требуемое состояние).



Для выполнения этих задач в системе предоставляются следующие возможности:

- сбор данных из онлайн-социальных сетей, мониторинг развития существующих и появления обсуждаемых тем;
- определение характера обсуждений;
- выявление активных групп и сообществ;
- определение групп согласованно действующих пользователей;
- определение инициаторов обсуждений;
- оценка влиятельности пользователей, участвующих в обсуждениях;
- оценка естественности обсуждений темы;
- прогнозирование роста популярности тем.



Также в части планирования информационного управления и противоборства возможны:

- рекомендации по формированию общественного мнения;
- создание виртуальных пользователей социальных сетей;
- поддержка и поднятие рейтинга виртуальных пользователей в заданных социальных группах и др.

**Внедрение:** Система и ее отдельные модули использовались для выполнения исследований в интересах Администрации Президента РФ, коммерческих организаций (АО «Мосинжпроект», Urban Group, «Поиск-IT» и др.), СМИ (журнал «Эксперт», «Московские новости» и др.) и силовых структур.

**Разработчик:** лаборатория № 79 «Сложных сетей» (зав. лаб. – д.ф.-м.н. А.Г. Чхартишвили).

## 5. СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

### 5.1. ПРОГРАММНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС СЦЕНАРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ «ПОЛЮС»

Эффективным средством поддержки при принятии решений и прогноза их последствий является использование сценарного подхода и аппарата знаковых и функциональных графов, как адекватного средства его реализации. Этот подход позволяет оценить возможности управления при ограничении на виды воздействий, определять необходимые управляющие воздействия для реализации желаемого развития обстановки в условиях изменяющейся внешней среды, а также при наличии различного рода уязвимостей угроз.

*Сценарий поведения системы* – модель изменения обстановки, связанной с возникновением и развитием той или иной ситуации и определяемой в дискретном временном пространстве с заданным временным шагом.

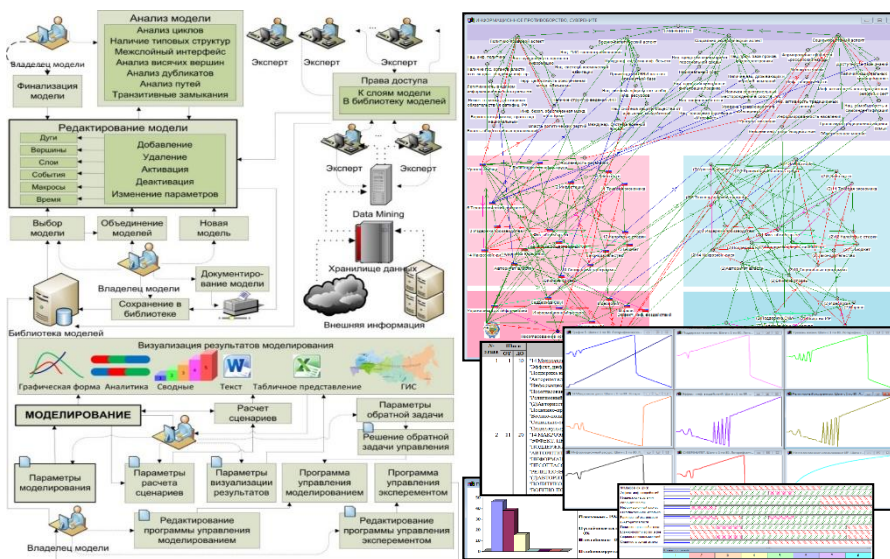


Рис. 1. Структура программно-аналитического комплекса и пример его использования

Разработаны и программно реализованы методы моделирования, которые позволяют формировать множество альтернативных управленческих решений и генерировать сценарии развития обстановки или поведения сложного объекта в оперативном и стратегическом плане. Входной информацией при построении и исследовании модели является структура анализируемой системы, т.е. совокупность анализируемых объектов, их характеристик и причинно-следственные связи между ними, имеющиеся количественные данные и экспертные оценки. Кроме того, входной информацией служат данные мониторинга.

Выходными результатами являются сценарии поведения сложной системы или развития обстановки, т.е. последовательность значимых событий и изменений их характеристик во времени, а также оценка этих сценариев с точки зрения достижения целей управления.

Разработанные методы и программно-аналитический комплекс обеспечивают:

- импорт собранных данных мониторинга обстановки, а также экспертных знаний, сбор и анализ данных;
- разработку модели сложной системы или ситуации и представления ее на языке знаковых, знаковых взвешенных и функциональных графов;
- оценку сложившейся обстановки, а также выработку краткосрочных и долгосрочных сценариев ее развития;
- автоматическую генерацию, представление и оценку альтернативных сценариев поведения управляемого объекта или обстановки в соответствии с принятыми решениями с точки зрения реализации собственных целей и разрушения замысла противника;
- оценку эффективности управленческих воздействий, их последствий и выбор наиболее эффективных решений;
- отображение результатов имитационного моделирования, используя графическое, текстовое и табличное представление, а также нанесение специальной информации на электронные карты геоинформационных систем;
- изменение состояния факторов и взаимосвязей имитационных моделей, в том числе и автоматически, используя механизм смены обстановки, активируемый данными мониторинга;
- изменение интенсивности переноса воздействий;
- добавление в модель новых факторов и взаимосвязей между факторами, в том числе и функциональных;
- удаление факторов и взаимосвязей;
- активизацию или деактивизацию факторов и слоев факторов;

- исключение некоторых параметров имитационной модели, например, путем определения жесткой функциональной зависимости между заданными параметрами модели.

Полученные сценарии могут являться основанием для их преобразования в последовательность практических мероприятий по достижению поставленных целей.

Апробация предлагаемого подхода проведена при выполнении следующих основных работ:

- анализ военно-политической обстановки;
- исследование вопросов глобальной безопасности;
- управление в условиях комплексного информационного противоборства;
- исследование проблем социальной стабильности;
- исследование проблем ядерного разоружения;
- исследование проблем регионального развития, в частности управление геополитическим противоборством в арктической зоне РФ;
- анализ сценариев использования Северного морского пути и железнодорожного транспорта;
- исследование проблем социальной безопасности, а также безопасности объектов различного класса (метро, здание, предприятие).

**Внедрение:**

- Министерство обороны РФ,
- Совет Безопасности РФ,
- Военная Академия Генерального штаба ВС РФ,
- Министерство экономического развития РФ.

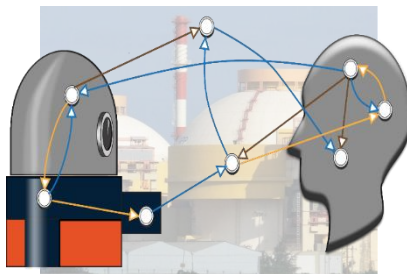
**Разработчик:** лаборатория № 20 «Модульных информационно-управляющих систем» (зав. лаб. – д.т.н. В.В. Кульба).

## 5.2. ПРОГРАММНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ОМОЛЕ: СЕРВИС И ОТКРЫТЫЙ ПОРТАЛ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Основное назначение:

1. Сервис для моделирования проблем безопасности, основанный на расширенной дискреционной модели передачи прав доступа.

2. Обучающий портал для специалистов, занимающихся обеспечением безопасности сложных систем управления.



Комплекс позволяет достичь цели повышения кибербезопасности и киберзащищенности сложных информационно-управляющих систем, в частности критически важных объектов, посредством выбора и обоснования структуры, параметров, функциональности и мер защиты системы управления для гарантии обеспечения заданных характеристик кибербезопасности.

Комплекс реализован в виде защищенного виртуализированного облачного WWW сервиса (<https://omole.ws/>), позволяющего создавать и редактировать формальную модель архитектуры безопасности системы с учетом типовых политик безопасности.

Сервис обеспечивает:

1. Выявление скрытых каналов передачи информации в обход реализованных мер защиты информации.

2. Формальное разбиение системы на сегменты (зоны и уровни) и проверку корректности назначения зон и уровней для компонентов системы.

3. Анализ потенциального воздействия планируемых изменений в системе или в системе защиты на кибербезопасность.

4. Синтез архитектуры безопасности системы.

Основные сценарии применения:

- формальное описание проблемы безопасности в системе, что позволяют сделать выводы о том, каким образом права доступа и информация распространяется между элементами системы в рамках ограничений, накладываемых политикой безопасности;

- описание системной архитектуры, декомпозиция системы на уровни и зоны;

- оценка уязвимости системы;
- обоснование и назначение возможных средств защиты;
- обоснование критических задач безопасности в системе;
- анализ и разработка политики безопасности.

**Внедрение:** сервис применяется при проектировании архитектуры кибербезопасности АСУ ТП АЭС «Куданкулам» блоки № 3,4 (Республика Индия).

**Разработчик:** лаборатория № 31 «Распределенных информационно-аналитических и управляющих систем имени И.В. Прангишвили» (зав. лаб. – д.т.н. А.Г. Полетыкин).



### 5.3. ПОДСИСТЕМА ЗАЩИТЫ ОТ НЕСАНКЦИОНИРОВАННОГО ДОСТУПА СИСТЕМЫ ВЕРХНЕБЛОЧНОГО УРОВНЯ АЭС

Впервые в отечественной практике спроектирована и реализована в составе СВБУ АЭС «Бушер-1» комплексная система защиты АСУ ТП АЭС от несанкционированного доступа (ЗНСД) (система кибербезопасности). Ее уровень соответствует не только принятым, но и перспективным стандартам МЭК, МАГАТЭ в области обеспечения кибербезопасности АСУ ТП АЭС и соответствует классу 1Д защиты.



Защита информации осуществляется как с использованием программно-технических средств, так и с использованием организационных мер реализующих контроль и управление доступом к АСУ ТП АЭС.

В системе ЗНСД АСУ ТП АЭС реализованы:

- идентификация, проверка подлинности и контроль доступа субъектов в систему;
- регистрация и учет входа (выхода) субъектов доступа в (из) систему;
- учет носителей информации;
- обеспечение целостности программных средств и обрабатываемой информации;
- физическая охрана устройств и носителей информации;
- периодическое тестирование функций системы защиты от несанкционированного доступа;
- восстановление ЗНСД и контроля работоспособности.

**Внедрение:** система и технические решения по ЗНСД АСУ ТП внедрены и эксплуатируются на действующих АЭС «Бушер» -1 (Исламская республика Иран) и АЭС «Куданкулам», блоки № 1-2 (Республика Индия).

**Разработчик:** лаборатория № 31 «Распределенных информационно-аналитических и управляющих систем имени И.В. Прангишвили» (зав. лаб. – д.т.н. А.Г. Полетыкин).

#### 5.4. АНАЛИТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ РАСЧЕТА РИСКОВ ОТ КИБЕРАТАК – КАЛЬКИБЕР

Необходимость защиты АСУ ТП от киберугроз декларируется во многих нормативных документах, принятых в России и за рубежом. В РФ рабочим документом является Приказ ФСТЭК 31, в котором приводятся правила оценки рисков, исходя из возможной тяжести ущерба, а для их парирования предлагается дифференцированный комплекс мер. Для исполнения приказа необходимо уметь решать две основные задачи:

1. Определять возможный ущерб от кибератаки на АСУ ТП для каждого из его компонентов;
2. Применять меры по защите в соответствии с присвоенном компоненту уровнем информационной безопасности.

Для решения первой задачи предлагается использовать подход, основанный на понятиях штатных и скрытых функций, которые были введены в теории киберустойчивости.

Приказ ФСТЭК 31 не носит обязательного характера. Это объяснимо, поскольку применение мер защиты для существующих систем может быть невозможным. В этом случае необходимо производить анализ угроз и оценку рисков индивидуально, учитывая источники угроз, уязвимости и возможные виды и тяжесть ущербов от кибератак. Для этих целей был разработан программный комплекс «Аналитический инструмент расчета рисков от кибератак CSAT – КАЛЬКИБЕР», который базируется на методике оценки и управления рисками, основанной на анализе физических, информационных и иных барьеров.

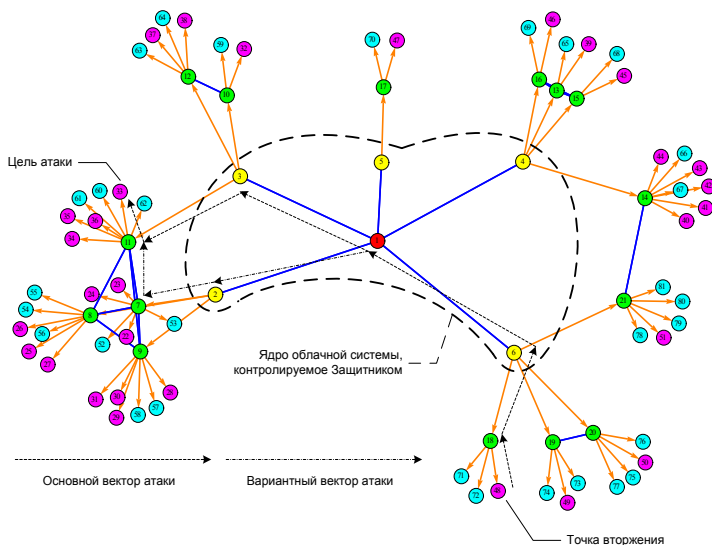
Программный комплекс CSAT – КАЛЬКИБЕР применим на этапах проектирования, пуско-наладочных работ и эксплуатации.

Программный комплекс CSAT – КАЛЬКИБЕР функционирует на технических средствах, на которых установлена операционная система MS Windows 7 (x64) и выше.

**Разработчик:** лаборатория № 31 «Распределенных информационно-аналитических и управляющих систем имени И.В. Прангишвили» (зав. лаб. – д.т.н. А.Г. Полетыкин).

## 5.5. ПРОТОТИП СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ОБЪЕКТА С ОБЛАЧНОЙ ИНФРАСТРУКТУРОЙ

Система предназначена для моделирования инфраструктуры организации, построенной на основе облачных технологий. Она позволяет осуществлять имитационные эксперименты развития информационных угроз, включающих модель Защитника, модель Нарушителя, описание сценария атаки.



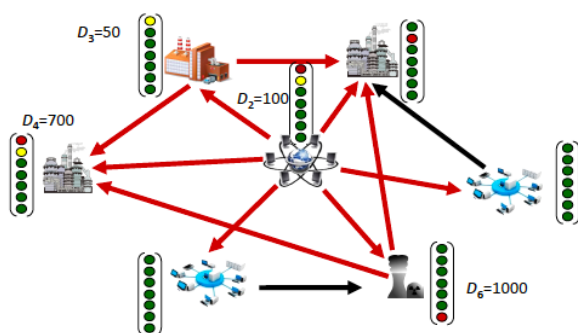
При помощи системы можно анализировать как структурные свойства объекта, так и динамические процессы атаки и защиты. Система позволяет

- создавать модель объекта для исследования уровня его защищенности;
- создавать сценарий атаки на объект и проводить его однократное либо многократное имитационное моделирование;
- проводить параметрический анализ влияния отдельных свойств объекта на уровень защищенности;
- просматривать результаты моделирования в виде таблиц и графиков.

**Разработчик:** лаборатория № 79 «Сложных сетей» (зав. лаб. – д.ф.-м.н. А.Г. Чхартишвили).

## 5.6. ПРОТОТИП СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФРАСТРУКТУР С УЧЕТОМ ВЛИЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ДРУГ НА ДРУГА

Система предназначена для моделирования и прогнозирования последствий компьютерных атак на инфраструктуру организации, состоящей из разнотипных влияющих друг на друга защищаемых объектов. Комплексная оценка уровня защищенности инфраструктуры, учитывающая влияние различных параметров, позволяет оптимизировать усилия по обеспечению ее безопасности.



При помощи системы можно проводить имитационные эксперименты, которые позволяют оценить уровень защищенности инфраструктуры в зависимости от уровня защищенности отдельных объектов. Система позволяет:

- исследовать взаимное влияние объектов инфраструктуры;
- вводить данные о составе инфраструктуры как с привязкой к низкоуровневым моделям отдельных объектов, так и без нее;
- вводить данные о взаимном влиянии объектов;
- создавать сценарии компьютерной атаки на инфраструктуру;
- проводить прогнозирование изменения уровня защищенности объектов при заданных начальных условиях;
- рассчитывать комплексную оценку уровня защищенности инфраструктуры;
- просматривать результаты моделирования в виде таблиц и графиков.

**Разработчик:** лаборатория № 79 «Сложных сетей» (зав. лаб. – д.ф.-м.н. А.Г. Чхартишвили).

## 5.7. СИСТЕМА ОБЪЯВЛЕНИЯ В МЕЖДУНАРОДНЫЙ РОЗЫСК ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ ПО ЛИНИИ ИНТЕРПОЛА

Система объявления в международный розыск физических лиц (МР) предназначена для передачи запросов о розыске или идентификации физических лиц из Национального Бюро Интерпола (НЦБ) в России или его территориальных (региональных) подразделений в Генеральный Секретариат (ГС) Интерпола с использованием ведомственной сети МВД РФ и международной сети Интерпола I-24/7.



Система МР обеспечивает автоматизированное формирование и отправку в ГС запросов, имеющих целью:

Система МР обеспечивает автоматизированное формирование и отправку в ГС запросов, имеющих целью:

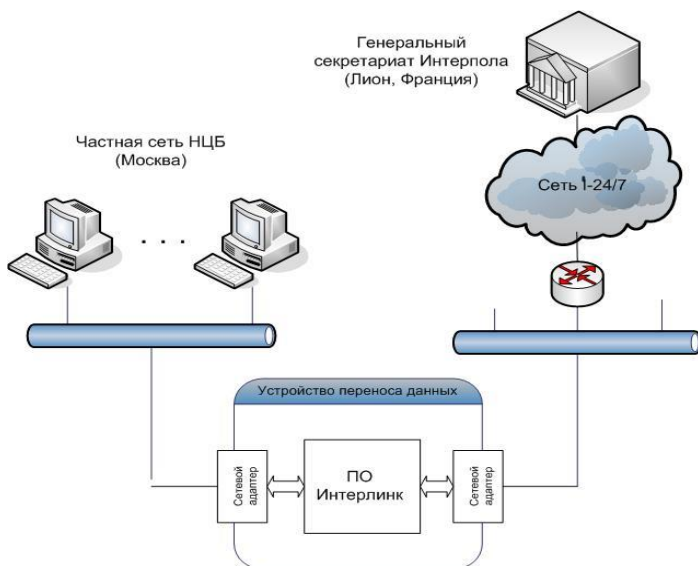
- поиск, арест и экстрадицию физического лица (т.н. «красное уведомление» Интерпола),
- передачу информации о физическом лице в интересах расследования уголовных дел (т.н. «синее уведомление» Интерпола),
- предупреждение о преступной деятельности лица (т.н. «зеленое уведомление» Интерпола),
- поиск пропавшего без вести физического лица (т.н. «желтое уведомление» Интерпола).

**Внедрение:** система МР внедрена и работает в НЦБ Интерпола МВД РФ.

**Разработчик:** лаборатория № 79 «Сложных сетей» (зав. лаб. – д.ф.-м.н. А.Г. Чхартишвили).

## 5.8. СРЕДСТВО ПЕРЕНОСА ДАННЫХ МЕЖДУ СЕТЯМИ «ИНТЕРЛИНК»

Программное обеспечение средства переноса данных между сетями «Интерлинк» (ПО СПД «Интерлинк») предназначено для выполнения защищенного информационного обмена между двумя изолированными сетями. ПО СПД «Интерлинк» обеспечивает контролируемый обмен данными между Национальным центральным бюро (НЦБ) Интерпола МВД России и Генеральным секретариатом (ГС) Интерпола, а также НЦБ зарубежных стран посредством использования международной сети Интерпола I-24/7 на основе технологии Web-сервисов и сетевого протокола HTTP/SOAP.



ПО СПД «Интерлинк» решает задачу доступа к международным информационным ресурсам Интерпола из частной сети НЦБ Интерпола МВД России, а также задачу блокировки доступа к информационным ресурсам МВД РФ из международной сети Интерпола. Оно устанавливается на устройство переноса данных - выделенный компьютер, использующий операционную среду «Астра-Линукс» и одновременно подключенный к частной сети НЦБ Интерпола и к международной сети I-24/7.

По логике работы и архитектуре ПО СПД «Интерлинк» представляет собой специализированный прокси-сервер, выполняющий функции посредника между клиентскими программами, функционирующими в частной сети НЦБ Интерпола, и серверными программами, функционирующими в сети I-24/7. При этом ПО СПД «Интерлинк» поддерживает исключительно HTTP/SOAP-взаимодействия между указанными программами. Другими словами, оно обеспечивает следующие возможности:

- передачу HTTP/SOAP-запросов от клиентских программ, функционирующих в частной сети НЦБ Интерпола, к серверным программам, функционирующим в сети I-24/7;
- передачу HTTP/SOAP-ответов от серверных программ, функционирующих в сети I-24/7, к клиентским программам, функционирующим в частной сети НЦБ Интерпола;
- блокировку HTTP-запросов в том случае, если тело запроса не является XML-документом (т.е. обслуживаются только HTTP/SOAP-запросы);
- блокировку HTTP-ответов в том случае, если тело ответа не является XML-документом (т.е. обслуживаются только HTTP/SOAP-ответы);
- блокировку запросов от программ, функционирующих в сети I-24/7, к серверным программам, функционирующим в частной сети НЦБ Интерпола;
- фильтрацию запросов по IP-адресу клиента в частной сети НЦБ Интерпола;
- фильтрацию запросов по URL информационного ресурса в сети I-24/7.

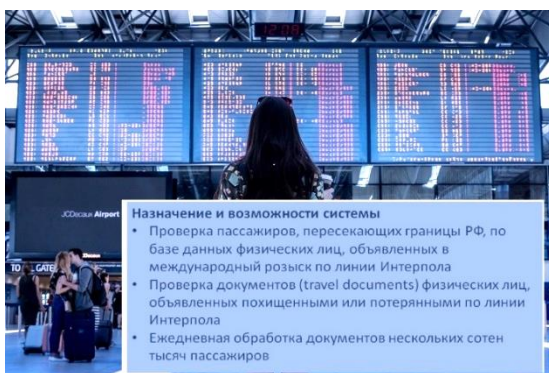
На СПД «Интерлинк» получен сертификат соответствия ФСТЭК № 3150 от 27 мая 2014 года.

**Внедрение:** СПД «Интерлинк» используется с 2014 года в МВД РФ для безопасного доступа к информационным ресурсам Генерального секретариата Интерпола.

**Разработчик:** лаборатория № 79 «Сложных сетей» (зав. лаб. – д.ф.-м.н. А.Г. Чхартишвили).

## 5.9. ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПРОВЕРКИ ТРАНСГРАНИЧНОГО ПАССАЖИРОПОТОКА

Система проверки трансграничного пассажиропотока (СПТП) обеспечивает оперативную проверку пассажиров и их документов с использованием двух международных информационных ресурсов: базы данных физических лиц, объявленных в международный розыск по линии Интерпола, и базы данных документов физических лиц, объявленных похищенными или утерянными по линии Интерпола.



Обработка данных в СПТП включает следующие операции:

- формирование первичных списков зарегистрированных пассажиров с указанием основных реквизитов и номеров проездных документов, удостоверяющих личность (travel documents);
- формирование отдельных пакетных запросов в Генеральный секретариат Интерпола на проверку физических лиц и на проверку их документов по линии Интерпола на основе каждого первичного списка зарегистрированных пассажиров;
- получение результатов пакетных запросов по физическим лицам и по их документам из Генерального секретариата Интерпола, формирование единого результата проверки для каждого первичного списка зарегистрированных пассажиров для передачи его транспортным подразделениям МВД России.

**Внедрение:** система внедрена и используется в МВД РФ.

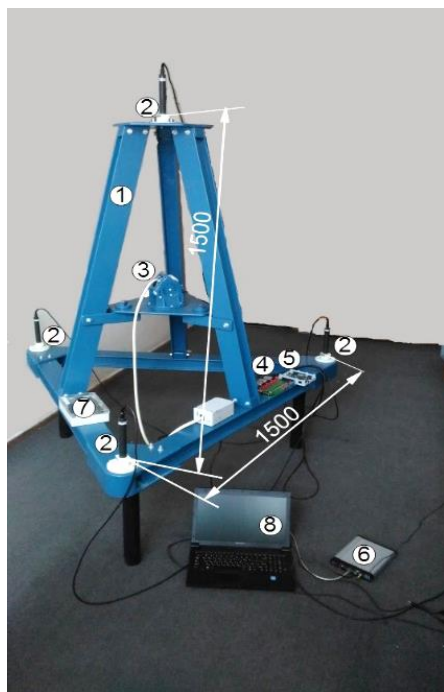
**Разработчик:** лаборатория № 79 «Сложных сетей» (зав. лаб. – д.ф.-м.н. А.Г. Чхартишвили).



## 6. ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И НАВИГАЦИЯ

### 6.1. МАГНИТОГРАДИЕНТНАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА

Макет магнитоградиентной системы предназначен для оценки работоспособности алгоритмов формирования управляющей информации на основе данных, получаемых при измерениях параметров градиента магнитного поля в рамках решения задач обнаружения магнитных объектов, их пеленгации, а также для коррекции инерциальных систем по магнитному полю. В состав макета входят:



- 1) крепления и юстировки магниточувствительных датчиков;
- 2) феррозондовые векторные датчики магнитного поля;
- 3) скалярный квантовый датчик;
- 4) блок формирования сигналов векторных датчиков;
- 5) интерфейсный блок формирования данных измерений сигналов векторных магнитометрических датчиков и управляющих токов контрольных диполей;
- 6) интерфейсный блок формирования данных измерений скалярного магнитометрического датчика;
- 7) блок подсистемы ориентации;
- 8) вычислительная подсистема.

**Рис. 1. Прототип магнитоградиентной системы**

Макет реализован по разностной схеме, в которой компоненты градиента магнитного поля вычисляются как разности соответствующих

щих компонент вектора магнитного поля, отнесенные к заранее известному расстоянию между датчиками. Точность измерения градиента постоянного поля – 10 нТл/м, при измерении низкочастотного переменного поля – 0.6 нТл/м.

Основные задачи, решаемые с помощью макета:

- обнаружение;
- пеленгация;
- навигация в режиме комплексирования с данными инерциальной навигационной системы.

**Разработчик:** лаборатория № 1 «Динамических информационно-управляющих систем» (зав. лаб. – к.ф.-м.н. Е.В. Каршаков).

## 6.2. АЛГОРИТМЫ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СИСТЕМЫ ОТНОСИТЕЛЬНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ

Электромагнитная система относительного позиционирования (Аэроэлектроразведочная система «ЕМ4Н») предназначена для решения задачи определения координат и ориентации измерителя переменного магнитного поля по отношению к источнику этого поля.

В основе работы системы позиционирования лежит зависимость поля точечного магнитного диполя от координат точки измерения. Имея три точечных диполя, работающих на разных частотах, можно определить координаты точки измерений и относительную ориентацию осей чувствительности датчика поля. Достигнута точность измерения пространственного положения гондолы с датчиком поля порядка 10 см, точность определения углов ориентации осей чувствительности датчика порядка 1 градуса. Полученные точности позволяют решать такие задачи, как высокоточная координатная привязка точки измерения поля, учет координат и ориентации датчика при решении обратных геофизических задач.



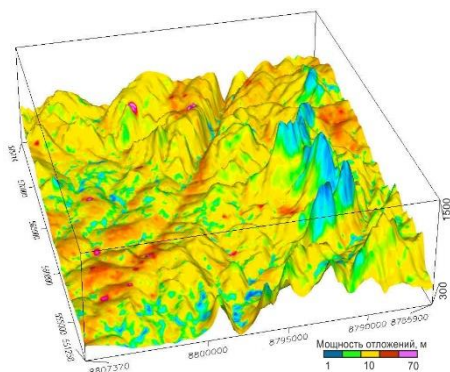
Достигнута точность измерения пространственного положения гондолы с датчиком поля порядка 10 см, точность определения углов ориентации осей чувствительности датчика порядка 1 градуса. Полученные точности позволяют решать такие задачи, как высокоточная координатная привязка точки измерения поля, учет координат и ориентации датчика при решении обратных геофизических задач.

**Внедрение:** Алгоритмы применяются в современных аэроэлектроразведочных системах «ЕМ4Н» и «ЭКВАТОР» производства компании ООО «Геотехнологии». Данные системы применяются компаниями: ЗАО «ГНПП «Аэрогеофизика», Норильский филиал ВСЕГЕИ, Вилюйская экспедиция АК «Алроса», ООО «Геотехнологии». Ежегодно выполняются десятки тысяч погонных километров аэрогеофизической съемки у нас в стране и за рубежом. С их помощью были найдены новые месторождения различных руд, грунтовых вод, получены карты распределения удельных электрических сопротивлений на значительных территориях.

**Разработчик:** лаборатория № 1 «Динамических информационно-управляющих систем» (зав. лаб. – к.ф.-м.н. Е.В. Каршаков).

### 6.3. АЛГОРИТМЫ ИНВЕРСИИ ГЕОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

Алгоритмы инверсии геофизических данных разработаны для использования при интерпретации данных геофизической съемки, в частности, данных аэроэлектроразведки.



Карта мощности рыхлых отложений участка Китубия (республика Ангола), наложенная на трехмерный рельеф, получена как карта глубин верхней кромки высокоомного основания по данным аэроэлектроразведочной системы «ЭКВАТОР», которое местами покрыто низкоомным водонесущим горизонтом и высокоомными песками.

Алгоритмы инверсии геофизических данных получены как решение обратной задачи геофизики, которая является нелинейной и некорректно поставленной. Для регуляризации использовался подход, в котором накладываются ограничения на статистические характеристики шумов измерений и пространственный спектр аномалии. Для решения использовался итерационный обобщенный фильтр Калмана. При обработке данных аэроэлектроразведки алгоритм позволяет получать объемное распределение удельных электрических сопротивлений за время, примерно равное времени сбора данных.

**Внедрение:** алгоритмы применяются для обработки данных современных аэроэлектроразведочных систем «ЕМ4Н» и «ЭКВАТОР». Результаты инверсии использовались компаниями «Catoca» (Ангола), Ngali Mining (Руанда), АК «Алроса», ЗАО «Гидэк». При интерпретации данных инверсии были найдены новые кимберлитовые трубки, глубинные (порядка 100 метров) рудопроявления, удалось эффективно спланировать заложение скважины по добыче грунтовых вод.

**Разработчик:** лаборатория № 1 «Динамических информационно-управляющих систем» (зав. лаб. – к.ф.-м.н. Е.В. Каршаков).

#### 6.4. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГИС «SUEK3D»

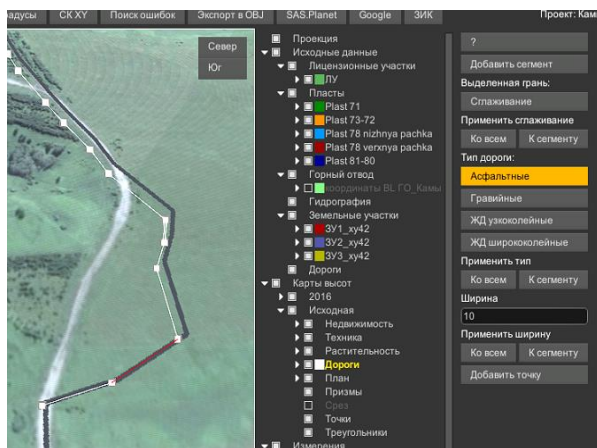
Программное обеспечение геоинформационной системы, предназначенной для моделирования цифровой трехмерной модели местности с клиент-серверной архитектурой позволяет строить модели рельефа и пластов по следующим данным: материалы аэрокосмической съемки, данные геологических скважин, стандартные геодезические ходы, результаты наземных съемок объектов местности и, собственно, предприятий Сибирской угольной компании.

По построенным моделям программное обеспечение позволяет производить расчеты длин, объемов выемок и остатков в режиме реального времени. Кроме того, в программной среде предусмотрена возможность работы с другими программными средствами потенциального заказчика через API.

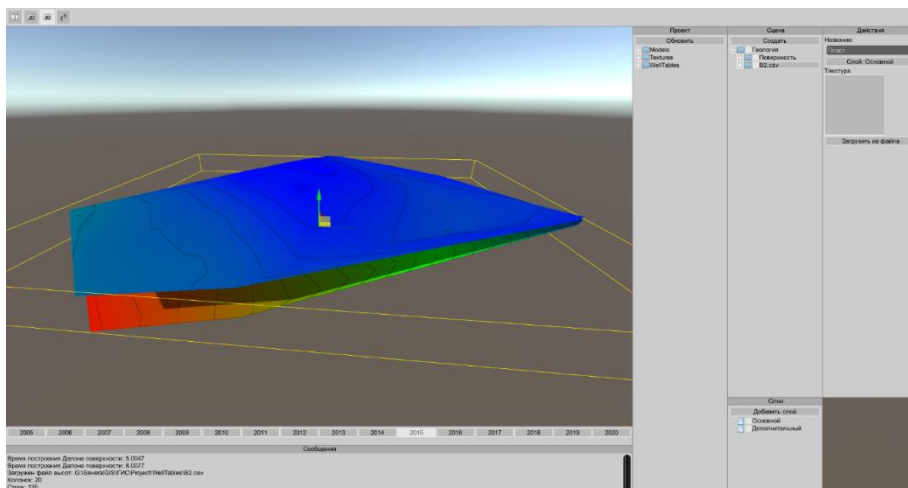
Имеется возможность создания интерактивных моделей рельефа с перемещением моделей техники по охватываемой территории по заданным заранее траекториям и расписанию.

В рамках работы над программным средством собрана большая база трехмерных моделей основных видов техники, применяемой на открытых карьерных работах.

В рабочей версии программы есть интеграция с ПО SAS.Planet от Google, которая позволяет добавлять космические снимки на имеющуюся территорию и проверять точность посадки модели местности.



**Рис. 1. Пример построения дорожной сети в программном комплексе**



**Рис. 2. Пример поверхностей кровли и почвы пласта**

К теоретическим особенностям можно отнести то, что для построения программного обеспечения впервые использован игровой движок Unity3D, что позволило переложить вычисления с центрального процессора на графическую карту (или набор карт). Это дало возможность проводить вычисления больших объемов информации в режиме реального времени непосредственно на компьютере пользователя.

**Внедрение:** программное обеспечение внедрено на 10 угольных предприятиях Сибирской угольной энергетической компании.

**Разработчик:** лаборатория № 22 «Информационного обеспечения управления движущимися объектами» (зав. лаб. – д.т.н. А.И. Алчинов).

## 6.5. ЦИФРОВАЯ ФОТОГРАММЕТРИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ «ТАЛКА»

Цифровая фотограмметрическая станция (ЦФС) «Талка» разработана в ходе выполнения ряда фундаментальных научных исследований по программе секции прикладных проблем РАН. Предназначена для обработки материалов аэрокосмической съемки для использования ее результатов при управлении движущимися объектами. Цифровая фотограмметрическая станция «Талка» позволяет проводить оперативную обработку материалов аэрокосмической съемки с последующей ее визуализацией в виде трехмерных моделей местности. На их основе проводятся исследования по оптимизации управления полетов над сложным рельефом местности с использованием цифровых картографических данных. В программном обеспечении ЦФС «Талка» (рис. 1) реализованы более 15 запатентованных технических решений.

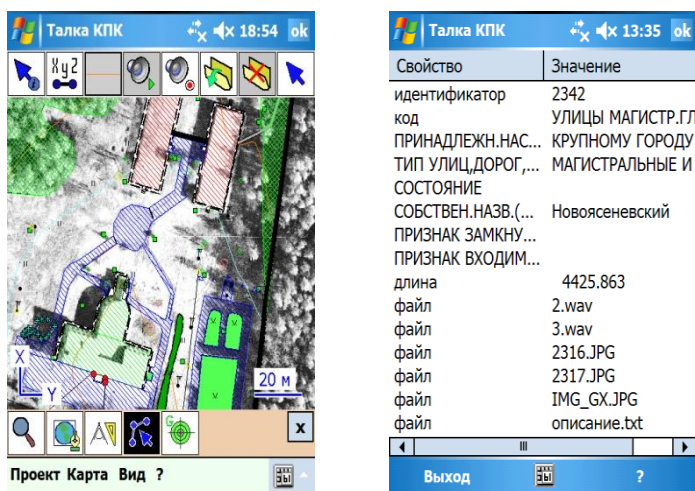


**Рис.1. Цифровая фотограмметрическая станция «Талка»**

ЦФС «Талка» является одним из лучших программных продуктов в России по функциональным возможностям, оперативности обработки больших объемов информации. Программа обеспечивает значительную

степень автоматизации технологических процессов фотограмметрической обработки и составления карт и планов.

На основе ЦФС «Талка» разработана программа «КПК Талка» для наладонных компьютеров. Она используется для создания и обновления карт и планов, позволяет работать с растрами, изображениями и векторными картами, производить съемку местности с использованием геодезической аппаратуры - GPS и ГЛОНАСС-приемниками, а также тахеометрами. Из важных особенностей программы следует отметить возможность приписывать к любому объекту произвольное число ссылок на файлы (любого типа) и работу с этими файлами внутренними средствами и зарегистрированными в системе программами. Объект карты может быть снабжен звуковыми комментариями, фотографиями, текстовой документацией (рис. 2).



**Рис. 2. Работа с объектом, семантика и файлы, приписанные к объекту.**

В одном проекте можно работать с несколькими картами одновременно, причем каждую карту можно открыть на полный доступ или только чтение, а также в режиме, где допускается изменение только семантики объектов. Показ каждой карты и возможности перебора ее объектов можно настроить индивидуально.

Программа позволяет управлять спутниковым приемником, показывать количество спутников, PDOP, RMS и др. параметры, включать запись данных со спутника, производить основные настройки приемника и



съемки, т.е. позволяет полностью заменить полевой контроллер. На сегодняшний день программа поддерживает работу с геодезическими спутниковыми приемниками фирм «Javad», «Thellas Navigation», а также со всеми популярными навигационными «карманными» приемниками. Эти устройства могут быть подключены к КПК через Bluetooth, RS232, Интернет (для управления удаленной базовой станцией), также может быть использован встроенный в КПК GPS-приемник, ГЛОНАСС-приемник российского производства в перспективе.



**Рис. 3. Общая схема информационного обеспечения управления движущимися объектам**

**Внедрение:** Цифровая фотограмметрическая станция Талка за последние 10 лет внедрена в ВУЗах и предприятиях аэрофототопографического профиля России: ФГУП Центр «Сибгеоинформ», «Северо-Кавказское АГП», ОАО «Красноярское АГП», ОАО «Уралмаркшейдерия», ОАО «Госземкадастрсъемка»-ВИСХАГИ, Московском аэрогеодезическом предприятии (МАГП), в частях военно-топографической службы ВС РФ и др., в нескольких предприятиях Казахстана.

**Разработчик:** лаборатория № 22 «Информационного обеспечения управления движущимися объектами» (зав. лаб. – д.т.н. А.И. Алчинов).

## 7.1. СИСТЕМА ТОЧЕЧНОЙ БОРЬБЫ С БОРЩЕВИКОМ СОСНОВСКОГО СРЕДСТВАМИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ






Разработана сквозная технология по борьбе с зарослями борщевика Сосновского, которая включает в себя следующие стадии:

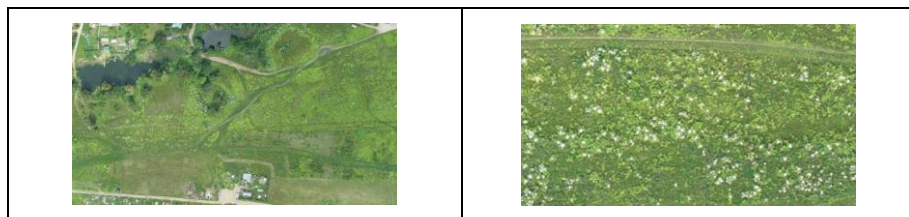
- определение очагов борщевика,
- точечное применение средств химзащиты с воздуха,
- подтверждение результатов обработки очагов.

### Этапы определения очагов:

1. Предварительное определение зон очагов по индексу NDVI с космосъемки прошлых лет

Территория очага	15 мая 2018 г.	25 мая 2018 г.
		

2. Окончательное определение зон очагов визуально по аэросъемке



## Сравнительный анализ применения средств химзащиты с воздуха

Способы обработки:	Производительность	Достоинства	Недостатки
	от 20 до 50 га/час	быстро, большие площади	опасно для пилота, для окружающей среды, неэффективно использовать на малых участках
	от 20 до 70 га/час	быстро, большие площади	не эффективно работать по мокрой земле, по неудобьям и малым участкам
	до 0,08 га/час	Избирательность, точечность, эффективность	крайне низкая производительность, опасно для здоровья персонала
	от 4 до 5 га/час	мобильность, независимость от почвы, безопасность персонала, низкие эксплуатационные расходы	относительно низкая производительность по сравнению с наземными тракторными опрыскивателями

Мультикоптеры относятся к системам точной обработки и позволяют производить работу на самых малых высотах: 1-2 метра над борщевиком. Экономится до 90% воды, а также гербициды и баковые смеси. Не допускается разбрызгивание химических веществ на окружающую природу.

**Подтверждение результатов обработки очагов. Выявление необработанных участков**

Подтверждающая панорамная съемка	Фрагмент (оставшийся борщевик)
	

**Внедрение:**

Министерство сельского хозяйства и продовольствия Московской области.

**Разработчик:**

Научно-внедренческий отдел № 73 «Управляющих задач в цифровой картографии» (вед. инженер Ю.Ф. Воробьев).

## 7. ЦИФРОВЫЕ ПЛАТФОРМЫ

### 7.1. СОЦИАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ ПОМОЩИ ИНВАЛИДАМ: СУРДОСЕРВЕР, ПРОГРАММА «ЧИТАЕМ С ГУБЬ», ЗВУКОВОЙ ТРЕНАЖЁР

Интернет портал «Сурдосервер» ([www.surdoserver.ru](http://www.surdoserver.ru)) выполняет важную социальную задачу помощи людям с ограниченными возможностями по слуху. Он расширяет кругозор людей с ослабленным слухом, снижает у них ощущение изолированности, оторванности от общества, пробуждает интерес к своей и другим национальным культурам и, в конечном счете, способствует их социальной реабилитации и раскрытию.

Главной задачей проекта «Сурдосервер» было создание общедоступной базы видеофайлов русского жестового языка и обеспечение онлайн доступа к ней. Видеофайлы жестов были предоставлены Всероссийским обществом глухих и представляют собой наиболее полное собрание жестов русского жестового языка.



«Сурдосервер» позволяет всем желающим развить и укрепить свои знания жестового языка путем самостоятельных занятий, поможет родителям глухих детей освоить дактиль и жесты. Он может использоваться также работниками социальных и других служб в изучении языка глухих.

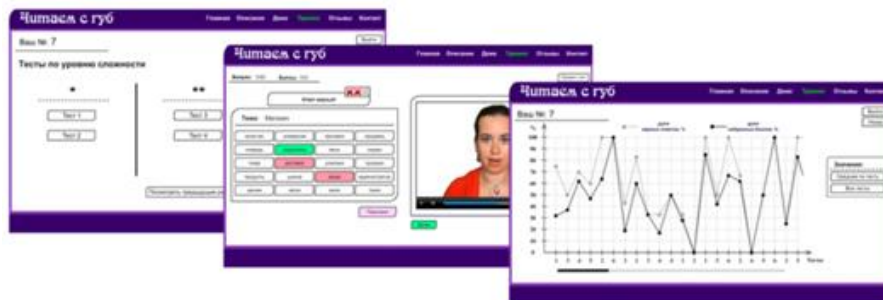
Сурдосервер предоставляет также следующие сервисы:

- дактильные азбуки мира,
- ссылки на жестовые языки мира,

- приложение для мобильных устройств на базе операционной системы Android «Мобильный Сурдосервер»,
- письменный жестовый язык: описание, словарь,
- разговорник: диалоги на русском жестовом языке,
- ребусы,
- тест на знание жестов.

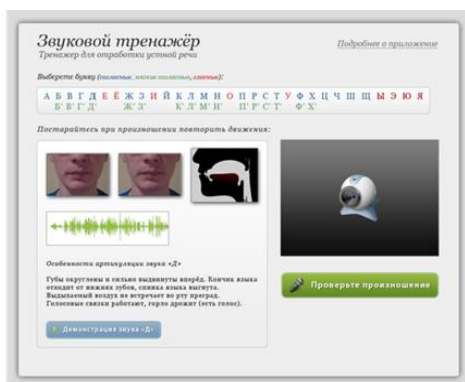


Разработана компьютерная онлайн программа «Читаем с губ», которая предназначена для обучения пользователей со слуховой патологией распознавать устную речь зрительным способом. Программа содержит большое количество видеофайлов, показывающих произношение различных слов. Программа предлагает пользователю разные опции: распознать слова, относящиеся к конкретной тематике, распознать схожие по артикуляции слова, повторять просмотр роликов, получать оценки своих результатов.



Онлайн программа «Звуковой тренажер» помогает людям с нарушением слуха в формировании правильного произношения.

Пользователь выбирает звук, который хочет попрактиковать в произношении, произносит его в микрофон, и программа, проанализировав его, выдаёт некоторую оценку. Кроме того, программа содержит справочные материалы, которые могут помочь учащемуся.



Сайт «Сурдосервер» включен Министерством Транспорта РФ в ресурс «Доступная среда» (<https://www.mintrans.ru/activities/47>).

**Разработчик:** лаборатория № 17 «Автоматизированных систем массового обслуживания и обработки сигналов» (зав. лаб. – д.т.н. М.П. Фархадов).



## 7.2. МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КЛАСТЕР

Многофункциональный высокопроизводительный вычислительный кластер Института предназначен для решения сложных научно-технических задач, проведения фундаментальных исследований, моделирования систем и объектов, разработки алгоритмов и программного обеспечения. На кластере развернуты средства для проведения параллельных и распределенных вычислений, системы виртуализации и организации облачных вычислений, а также большой набор библиотек для разработки и запуска параллельных алгоритмов и программ.



Основу кластера гибридной архитектуры составляют высокопроизводительные вычислительные серверы, в том числе ультракомпактные блейд-серверы, а также серверы для высокопроизводительных вычислений на основе графических процессоров общего назначения - три вычислительных модуля NVIDIA Tesla (6144 вычислительных ядра) на базе серверов Sun Fire. Кластер позволяет решать задачи с разделением вычислительных ресурсов между несколькими пользователями. Совокупная пиковая производительность кластера составляет 11 Тфлопс.

Многофункциональный высокопроизводительный вычислительный кластер Института, изначально используемый как платформа для параллельных вычислений на основе интерфейсов MPI, OpenMP и OpenCL/CUDA, сегодня также рассматривается как часть аппаратно-программной платформы для распределенных вычислений на основе программного обеспечения Apache Spark, а также может использоваться как часть системы облачных вычислений или часть центра коллективного пользования, предоставляющего пользователям круглосуточный



доступ к высокопроизводительной интегрированной аппаратно-программной платформе для вычислений, обеспечивающей равные условия доступа к вычислительным ресурсам, полное раскрытие интерфейсов разработки, предоставление свободы расширения и выбора архитектуры, перераспределение для нужд отдельных пользователей в период проведения научных исследований.

Кластер используется научными коллективами Института для организации и проведения расчетов в рамках фундаментальных исследований, проектов РФФИ и РНФ. Кластер был создан и продолжает развиваться силами сотрудников Института как законченное инфраструктурное решение, обеспечивающее надежную эксплуатацию высокопроизводительной аппаратно-программной платформы для параллельных и распределенных вычислений. Архитектура гетерогенного кластера разрабатывается с учетом запросов научных коллективов Института и с целью обеспечения высокой степени доступности, гибкости настроек и широких возможностей для выбора высокопроизводительных вычислительных технологий, адекватных используемым научными коллективами Института математическим моделям и алгоритмам.

**Разработчик:** лаборатория № 19 «Многосвязных систем управления» (зав. лаб. – к.т.н. А.В. Ахметзянов).

### 7.3. СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ LICS (Linux of Institute of Control Sciences)

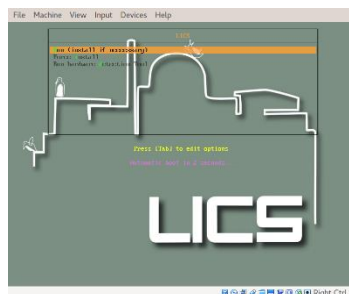
Системное программное обеспечение (СПО) LICS (Linux Institute of Control Science) разработано на основе свободно распространяемой операционной системы Linux и может применяться в широком классе промышленных приложений.

Приобретая и используя операционную систему LICS, пользователь получает стабильную, надежную версию операционной системы Linux, имеющую необходимые российские лицензии и гарантию бесперебойной работы на сертифицированном аппаратном обеспечении в течение года. Данные свойства СПО LICS в настоящий момент являются уникальными и особенно привлекательными для российских разработчиков систем, требующих повышенной надежности.

ОС Linux, изначально разработанная как операционная система общего применения для использования в научных учреждениях и индивидуальными разработчиками, стала теперь частью программного обеспечения промышленного мира. Преимущества системы ОС Linux - богатство приложений, мощь ОС UNIX, доступность исходных кодов. СПО LICS унаследовало последние достижения в разработке программного обеспечения Linux, дополнив его качеством, отличающим промышленное ПО. Сейчас СПО LICS характеризует:

- сбалансированность системы и проверенность ее компонентов;
- ориентация на промышленные системы;
- уникальная встроенная система самодиагностики;
- отсутствие лицензионных ограничений на поставку в составе другого изделия;
- сквозная процедура верификации и высокая надежность;
- поставка СПО, учитывающего специфику решаемых задач (на заказ).

СПО LICS постоянно обновляется (период обновления около 6 месяцев), сохраняя преемственность и надежность. В интересах заказчика осуществляется авторское сопровождение программного продукта СПО LICS, что гарантирует надежность эксплуатации СПО в течение всей службы системы. Системное



программное обеспечение успешно прошло приемочные межведомственные испытания в 2001 г. и одобрено в 2003 г. Госатомнадзором России и ВО “Безопасность” для использования в составе программно-технических средств по классу ЗН ОПБ-88/97 (системы важные для безопасности) на АЭС, что подтверждает безопасность и надежность СПО LICS. С тех пор СПО LICS постоянно модифицируется и обновляется (последнее обновление - декабрь 2018 г.) сочетая надежность и современность.

СПО LICS соответствует требованиям, предъявляемым к элементам систем класса безопасности ЗН и ниже по ОПБ 88/97 и системам уровня защищенности (кибербезопасности) S2 (по IEC 62645 ed. 1 2014).

**Внедрение:** СПО LICS эксплуатируют:

- АО «Атомстройэкспорт» (АСЭ);
- ООО «Автоматика-Э» – автоматизация техпроцессов ТЭК, г. Омск;
- ЗАО «Диаконт», г. Санкт-Петербург;
- Филиал ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ» «НИИИС им. Ю.Е. Седакова», г. Нижний Новгород;
- Петербургский институт ядерной физики, г. Гатчина;
- Электрогорский научно-исследовательский центр АЭС, г. Электрогорск;
- действующая АЭС «Бушер»-1 (Исламская республика Иран);
- действующая АЭС «Куданкулам», блоки 1-2 (Республика Индия).

**Разработчик:** лаборатория № 31 «Распределенных информационно-аналитических и управляющих систем имени И.В. Прангишвили» (зав. лаб. – д.т.н. А.Г. Полетькин).

#### **7.4. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ЦЕНТР ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

Разработаны информационная технология построения и программные средства Информационно-аналитического центра, который предназначен для решения следующих основных задач:

- сбор, обработка, накопление, отображение, анализ и документирование экологических и метеорологических параметров окружающей среды объекта;
- оценка полученных результатов наблюдений на соответствие критериям контроля, установленным для данного объекта мониторинга на основании нормативных документов и соответствующих требований промышленной и экологической безопасности;
- оповещение о создающихся нештатных или аварийных ситуациях вредных или опасных для здоровья людей и других живых организмов;
- формирование и оперативная передача информации в установленном и утвержденном порядке персоналу объекта для принятия решений по снижению отрицательного влияния объекта на окружающую среду, а также федеральным и региональным органам исполнительной власти;
- математическое моделирование процессов распространения отравляющих и загрязняющих веществ в атмосфере в штатных и аварийных ситуациях;
- формирование прогнозов вероятных последствий деятельности объекта;
- формирование рекомендаций по выбору вариантов действий при возникновении нештатных и аварийных ситуаций.

Информация с автоматических стационарных постов контроля (АСПК), химико-аналитической лаборатории (ХАЛ), передвижных лабораторий (ПЛ), с метеостанции по проводным и беспроводным линиям связи в режиме реального времени поступает в ИАЦ, позволяя оперативно отслеживать происходящие изменения и вырабатывать решения, направленные на нормализацию экологической обстановки.



Для эффективного управления экологической ситуацией помимо информации о текущем экологическом состоянии, необходимо прогнозировать изменение и развитие ее в будущие периоды времени. Полученные в результате прогнозирования данные используются в системе поддержки принятия управленческих решений с целью предотвращения нежелательных экологических ситуаций и связанных с ними неблагоприятных последствий.

**Внедрение:** Объекты хранения и уничтожения химического оружия в п. Горный Саратовской области, в п. Марадыковский Кировской области, в г. Камбарка Удмуртской республики.

**Разработчик:** лаборатория № 29 «Системной интеграции» (зав. лаб. – к.т.н. Ю.С. Легович).

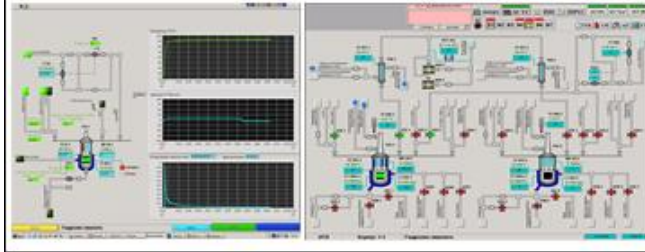
## **7.5. ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТРЕНАЖЕРНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ, УПРАВЛЯЮЩИХ ПОТЕНЦИАЛЬНО-ОПАСНЫМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ОБЪЕКТАМИ**

Данную разработку можно отнести к приоритетным направлениям научно-технологического развития Российской Федерации в части перехода к передовым цифровым, интеллектуальным производственным технологиям создания систем машинного обучения, к исследованиям в области человеко-машинных систем. Причина большого интереса к разработкам и внедрению адаптивных компьютерных тренажерных комплексов для обучения операторов потенциально-опасных технологических объектов заключается в качественно новых возможностях, предоставляемых современными информационными технологиями для всех ключевых компонентов тренажерных комплексов. Использование разработанной методологии обучения оперативного персонала с помощью Компьютерных тренажерных комплексов (КТК), содержащих динамические модели процессов, обеспечивающих адекватную реакцию моделируемого объекта на произвольные вмешательства участников тренинга, может привести к созданию полноценных систем обучения, превосходящих по своим возможностям все известные методы тренинга, включая потенциально-опасные тренировки на реальном объекте.

КТК позволяет:

- адекватно моделировать технологический процесс;
- проводить компьютерные эксперименты для исследования различных режимов работы оборудования и анализа аварийных ситуаций;
- исследовать физическую сущность протекающих процессов, их взаимозависимость;
- создавать эффективные системы управления на основе анализа различных алгоритмов управления;
- отрабатывать действия обучаемых в штатных и экстремальных ситуациях на программных моделях;
- формировать и постоянно поддерживать квалификацию и навыки действий операторов;
- автоматически анализировать действия обучаемых и оценивать их профессиональную пригодность.

## Математическое моделирование технологического процесса



## Программное обеспечение процесса обучения и проверки знаний



КТК включает:

- имитацию рабочих мест оперативного персонала центрального пульта управления объекта;
- различные режимы функционирования КТК, а именно: режим консультации обучаемых с системой, режим приобретения знаний, режим взаимодействия с инструктором, режим проверки знаний обучаемых, режим оценки знаний, режим создания тренировочных упражнений и др.;
- динамические модели процессов и модели основных технологических узлов и агрегатов;
- различные режимы работы обучаемых: общий (все обучаемые работают с общей моделью), индивидуальный (каждый обучаемый работает со своей моделью), групповой (участники группы совместно работают с одной моделью);

- различные режимы работы технологического оборудования (подготовка технологического узла к пуску, пусковые операции, штатная работа, контроль и регулирование узла во время работы, останов, аварийные ситуации);

- систему поддержки инструктора, включающую автоматизацию составления сценарных алгоритмов тренинга, задания внутренних и внешних возмущений, взаимодействие с одним или несколькими обучаемыми, автоматический контроль за правильностью выполнения заданий с учетом отведенного интервала времени, автоматическую оценку знаний обучаемых по результатам выполнения тренировочных упражнений и тестовых вопросов и т.д.;

- полное протоколирование работы обучаемых, что позволяет воспроизвести любой сеанс работы КТК;

- изменение масштаба времени (реальное время, ускорение медленных процессов, замедление быстропротекающих процессов).

**Внедрение:** Разработанная информационная технология создания КТК реализована для обучения операторов технологического процесса уничтожения химического оружия в ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт органической химии и технологий» и в Саратовском военном институте радиационной, химической и биологической защиты.

**Разработчик:** лаборатория № 46 «Систем поддержки принятия решений» (зав. лаб. – д.т.н. В.Г. Лебедев).



## 7.6. ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «РДС» ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ СТЕНДОВ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Инструментальный программный комплекс РДС (Расчет Динамических Систем) является одним из немногих отечественных программных комплексов, которые успешно применяются в задачах управления. Ближайшими аналогами комплекса РДС можно считать известные программные продукты MATLAB, LabView, MBTU.

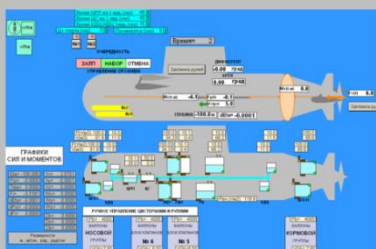
Комплекс РДС предназначен для проектирования, исследования, анализа и моделирования сложных динамических систем, но область применения РДС не ограничена только техническими системами. В последние годы РДС был применен в задачах моделирования бизнес-процессов.



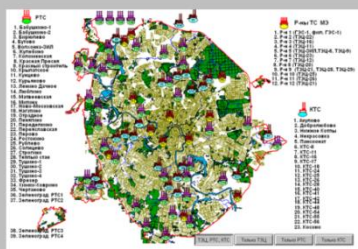
Использование РДС позволяет:

- создавать и модифицировать модели сложных динамических систем без привлечения высококвалифицированных программистов;
- сократить в несколько раз сроки и до 50% стоимость разработки таких технических объектов, как пульты операторов, тренажеры и исследовательские стенды.

## Инструментальная среда РДС общего назначения для анализа, синтеза и отладки алгоритмического и программного обеспечения СУ



Управление движением морских судов и специальных аппаратов



Автоматизация решения задач управления городским хозяйством

### Одна из немногих открытых систем отечественной разработки (типа известных комплексов MATLAB, LabView, MBTU).

К основным достоинствам РДС (Расчет Динамических Систем) относятся:

1. Возможность наглядного отображения процессов с использованием графиков, мультипликации и т.п.
2. Создание автокомпилируемых блоков на синтаксисе языков высокого уровня.
3. Наличие видимых и невидимых слоев при создании и исследовании систем управления.
4. Удобные средства взаимодействия подсистем по шинам.
5. Групповое изменение характеристик блоков.
6. Возможность подключения нескольких компьютеров в общую сеть и обмена расчетными данными между ними.
7. Возможность исследования процессов в разных временных масштабах и осуществления связи с реальным объектом.
8. Наличие встроенных алгоритмов анализа и синтеза систем управления (оптимизация, частотные методы, фильтрации и т.п.)

## Рис. 1. Демонстрационная версия программного комплекса РДС на сайте ИПУ РАН

**Внедрение:** Программный комплекс использовался для изучения и синтеза алгоритмов движения морских объектов в ОАО ЦКБ МТ “Рубин” и в ОАО “ЦКБ по СПК им. Р.Е. Алексеева”; моделирования систем автоматического управления (САУ) энергетической установкой, САУ подводной лодкой, нейтронной мощностью небольшого ядерного реактора, технологической линией (конвейером), сетью теплоснабжения г. Москвы и т.п.

РДС включен в состав преподаваемых дисциплин ряда профильных высших учебных заведений.

**Разработчик:** лаборатория № 49 «Проектирования автоматизированных систем управления многоцелевыми объектами» (зав. лаб. – д.т.н. Г.Г. Гребенюк).

## 7.7. ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И СОСТАВЛЕНИЯ РАСПИСАНИЙ

Задачи теории расписаний и объемно-календарного планирования, возникающие при решении практических задач планирования и управления комплексами взаимосвязанных операций при ресурсных ограничениях, являются чрезвычайно сложными. Одним из подходов, позволяющим понизить сложность указанных задач, является выделение частных случаев задач, нахождения их эквивалентных хорошо изученных постановок и построения алгоритмов решения, которые являются эффективными при исследовании возникающих на практике задач большой размерности. Информационная технология календарного планирования и составления расписаний базируется на методе изменения параметров, который позволяет находить приближенное решение с минимальной абсолютной погрешностью целевой функции в области допустимых решений для задач объемно-календарного планирования.

Примером реализации такого подхода может служить информационная система календарного планирования подготовки космонавтов, которая реализована в рамках договора о сотрудничестве между Институтом и Центром подготовки космонавтов им. Ю.А. Гагарина.

Подготовка космонавтов – длительный, дорогостоящий и технически сложный процесс, включающий в себя комплекс мероприятий, направленных на формирование и поддержание у космонавтов совокупности определенных знаний, навыков и умений, необходимых для надежного и безопасного выполнения программы космического полета. В связи с большим количеством «ручного» труда оперативное изменение плана подготовки приводит к значительным трудозатратам.

#	Наименование	Бортовой комплекс	Тип	Родитель	w	d	h	С точностью до недели	С точностью до дня	С точностью до часа	
503	ПЗ ОЗН	1			0	0		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Удалить
504	ЛОС	1	3	503	0	0		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Удалить
505	ЛО	1	3	504	0	0		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Удалить
506	ЛСВС	1	3	505	0	0		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Удалить
507	ПЗ ОПЕР	1		506	0	0		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Удалить
508	ЛОЗН БИ2	1	3	507	0	0		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Удалить

Программно-аппаратный комплекс позволяет автоматизировать процесс составления программ и интегрированного плана-графика подготовки космонавтов. При разработке календарного плана система позволяет учитывать следующие ограничения:

- выполнение учебного плана для каждого космонавта до запланированного старта;
- выполнение норм трудового дня и физиологических норм проведения тренировок;
- порядок изучения бортовых комплексов;
- ограничения на количество доступных тренажеров для проведения тренировок;
- занятость преподавателей и классов;
- временные ограничения на проведение сезонных и пр. занятий;
- учет необходимости проведения индивидуальных или групповых занятий в составе экипажа.

Программный комплекс является многопользовательским, каждый модуль работает независимо от других, а точкой обмена информацией между ними является база данных, основанная на PostgreSQL. Для комфортной работы пользователя Web-портал включает в себя настройку системы, общий список занятий, ресурсов и тренажеров, установку связей между группами занятий, а также позволяет формировать граф предшествования и строгого следования занятий.

A	B	C	D	E	F	OH	I	J	K	L	M	NC	P	Q	R	S	T	U
1	W1.0.1	W1.0.2	W1.0.3	W1.0.4	W1.0.5	W1.0.6	W1.0.7	W1.0.8	W1.0.9	W1.0.4	W1.0.5	W1.0.1	W1.0.2	W1.0.3	W1.0.4	W1.0.5	W1.0.6	W1.0.7
2	Т ПО ОЗН 883	Т Л ОС 885 6041	Т Л О 887 6041	Т ПО ОПР 891	Т К 888 6041		Т З 901 6041	Т СВК Л	Т СВК К 938 6040	Т СВК З 938	Т А КонтрРАЕ		Т ПЗ 940 6040	Т К 949 6040	Т СНОС З 951	Т СУД АК Л ВП У	Т СУД АК Л АР 940	
3																		
4																		
5	Фин-ра 2	Т Л ОБЩ СРЕД 904	Т Л ФОРМАТЫ	Т ПЗ ТДУ 912	Т СВК Л		Т Л 918 6042	Т СВК С 924	Фин-ра 4	Г Л ОБЩ СРЕД 935	Т Л НЕЩОТ 941		Т С 947 6040	Т Л НИС С 1139	Фин-ра 6	Т СУД АК Л ОРУ		
6																		
7																		
8	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0		Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0		Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0
9																		
10	Англ.кз 410	Т Л ИИП 905	Т Л ССВ 899 6041	Т С 816 6041			Т СВК Л СД 920	Англ.кз 412		Т Л ЛОУ П У 937	Т Л У РАБ Л ЕМ		Англ.кз 424	Т ПЗ 1141 6043	Т СУД АК Л	Т К 1143 6043		
11																		
12																		
13																		
14	Фин-ра 1	Англ.кз 409	Т Л П В Ц Я 910	Т СВК Л			Англ.кз 411	Фин-ра 3		Т Л НАЗНАЧ 1133	Т Л ОРГАНИС		Англ.кз 413	Фин-ра 5		Т Л П РЕД С Т РА З		
15																		
16																		
17																		
18																		
19																		
20																		
21	Т ПО ОЗН 884	Т Л ОС 886 6041	Т Л О 888 6041	Т ПО ОПР 892	Т К 889 6041		Т СВК Л	Т СВК К 927 6040		Т СВК З 929	Т А КонтрРАЕ		Т ПЗ 946 6040	Т К 950 6040	Т СНОС З 952	Т СУД АК Л ВП У	Т СУД АК Л АР 940	
22																		
23																		
24	Англ.кз 546	Т Л ОБЩ СРЕД 900	Т Л ФОРМАТЫ	Т ПЗ ТДУ 913	Т СВК Л		Т Л 919 6042	Т СВК С 925	Фин-ра 139	Г Л ОБЩ СРЕД 936	Т Л НЕЩОТ 942		Т С 948 6040	Т Л НИС С 1140	Фин-ра 142	Т СУД АК Л ОРУ		
25																		
26																		
27																		
28	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0		Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0		Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0
29																		
30	Англ.кз 545	Т Л ИИП 907	Т Л ССВ 900 6041	Т С 897 6041			Т СВК Л СД 923	Англ.кз 548		Т Л ЛОУ П У 938	Т Л У РАБ Л ЕМ		Англ.кз 550	Т ПЗ 1142 6043	Т СУД АК Л	Т К 1144 6043		
31																		
32																		
33																		
34	Фин-ра 137	Фин-ра 138	Т Л П В Ц Я 911	Т СВК Л				Фин-ра 140	Англ.кз 547		Т Л НАЗНАЧ 1134	Т Л ОРГАНИС	Англ.кз 549	Фин-ра 141		Т Л П РЕД С Т РА З		
35																		
36																		
37																		
38																		
39																		
40																		
41	Т Л ОБЩ СРЕД	Т Л НАЗН 933	Т П РАБ Л ЕМ 932		Т СУД АК Л Р РАЕ		Т СУД Д П П П	Т СУД Д П П П	Т СУД Д П П П	Т СУД Д П П П	Т СУД С Л Д В		Т СУД С Л Д В	Т СУД С Л П В П	Т З 1138 6043	Т СНОС З 1136		
42																		
43																		
44	Англ.кз 682	Фин-ра 278	Т ПО ОПР 892	Т З 903 6041	Т СУД АК П П П		Фин-ра 279						Т СУД С Л П АР		Фин-ра 277	Т ОПР П		
45																		
46																		
47	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0		Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0		Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0	Обед 0
48																		
49	Т Л СВН 642 883	Т Л ОС 642 884	Т З 934 6042	Т Л НБД 953	Т СУД Д П П П		Англ.кз 683	Т СУС Я НБД		Т СУД С Л П О П			Англ.кз 685		Т В С Л ОБЩ СРЕД	ССВ П С П Л ОС		
50																		
51																		
52																		
53	Англ.кз 681	Фин-ра 278	Т З 934 6042	Т СУД А Л О С К			Англ.кз 684	Т СУС Я С А С И Н О	Фин-ра 276				Англ.кз 686	Фин-ра 279	Т ОПР Л ОБЩ	Т СВН С П С П Р		
54																		

Существует возможность моделировать и тестировать различные сценарии из реальной жизни независимо друг от друга. Ядро системы основано на современном аппарате математического моделирования (целочисленное линейное программирование и программирование в ограничениях). Подсистема отображения преобразует результат математического ядра в удобный для эксперта, принимающего решение, вид.

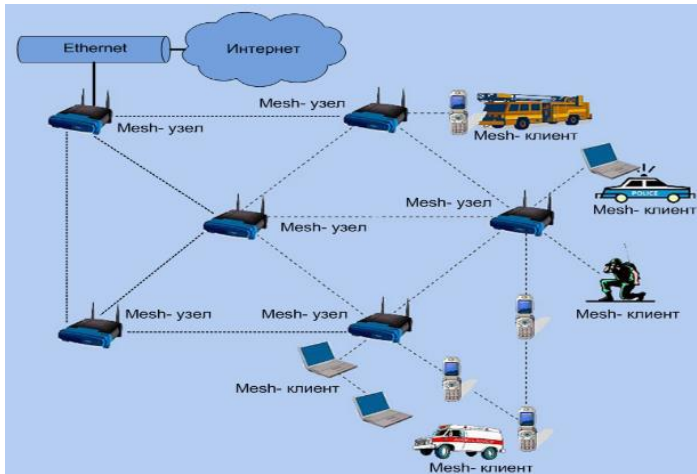
**Разработчик:** лаборатория № 68 «Теории расписаний и дискретной оптимизации» (зав. лаб. – д.ф.-м.н. А.А. Лазарев).

## **7.8. СВЕРХВЫСОКОСКОРОСТНЫЕ БЕСПРОВОДНЫЕ САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ ГИБРИДНЫЕ MESH-СЕТИ МИЛЛИМЕТРОВОГО И ОПТИЧЕСКОГО ДИАПАЗОНОВ ВОЛН**

Быстрый и непрерывный экспоненциальный рост трафика в компьютерных сетях, связанный с появлением таких технологий как интернет вещей, виртуальная и дополненная реальность, а также новых сервисов передачи мультимедийных данных от социальных сетей до различных сервисов передачи потокового видео и данных межмашинного взаимодействия (M2M), требует разработки сверхвысокоскоростных сетей доступа к информационным ресурсам в рамках концепции создания сетей следующего поколения 5G. Такие разработки интенсивно ведутся в исследовательских центрах передовых стран мира. Создан консорциум Telecom Infra Project (TIP), включающий такие фирмы как Microsoft, Intel, Samsung, Broadcom и др., одним из основных направлений работ которого является создание опорных сетей в миллиметровом диапазоне радиоволн со скоростью трансляции информации 10 Гбит/с и выше. Разработку чипов для базовых станций в миллиметровом диапазоне ведут такие компании, как Intel и Qualcomm, а Facebook запускает проект Terragraph, цель которого – создание MESH-сети в V-диапазоне (60 ГГц) в крупных густонаселенных городах. Следует отметить, что большинство существующих инициатив еще находятся на стадии разработки и предполагают использование технологии связи IEEE 802.11ad, предназначенной изначально для создания локальных высокоскоростных сетей.

В отличие от описанных разработок в Институте ведется разработка теоретических основ проектирования, технологии построения и реализация макетных образцов распределенных гибридных самоорганизующихся MESH-сетей, обеспечивающих возможность надежной трансляции информации по каналам миллиметрового E-диапазона радиоволн (71-76, 81-86 ГГц), которые резервируются каналами оптического диапазона (инфракрасный диапазон), а гибридные базовые станции, реализуемые с поддержкой облачных и туманных технологий (cloud and fog computing), обеспечивают автоматический выбор частотного диапазона (миллиметрового, сантиметрового и оптического). В рамках предложенного подхода базовые станции сети не ограничены единственным диапазоном частот, а могут использовать любой из до-

ступных открытых безлицензионных диапазонов радиосвязи в зависимости от текущих потребностей, конфигурации сети и условий случайной среды.



Помимо увеличения надежности и скорости передачи данных, этот подход позволяет существенно повысить эффективность использования радиоресурсов, что особенно важно в современных городах, где уже развернуто большое число различных беспроводных сетей. Наряду с предоставлением средств надежной, высокоскоростной передачи данных, гибридная MESH-сеть также предоставляет услуги высокоскоростных распределенных (туманных) вычислений. Туманная вычислительная система используется как для управления самой сетью, так и для выполнения других приложений, необходимых операторам связи и пользователям. В частности, это могут быть файрволлы, фильтры сетевых пакетов, узлы сетей доставки контента (CDN), различные приложения для IoT или интеллектуальных транспортных систем. При наличии большого числа узлов, сеть может быть использована для обработки больших данных (BigData). В предлагаемой сети реализуется гибридное управление. В основном режиме управление будет осуществляться с помощью контроллеров, выполняемых в распределенной вычислительной среде (т.е. сеть будет программно-определяемой, SDN). Этот подход позволяет наиболее эффективно управлять настройками сети и распределением ее ресурсов, упростить и повысить эффективность интеграции с другими сетями. При недоступности туманной среды (подключение

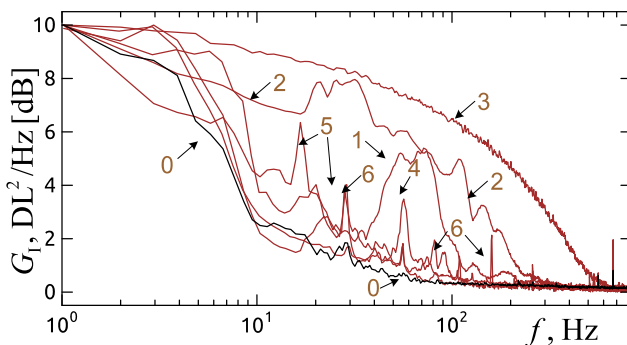
новой станции) сеть также сможет работать автономно, используя протоколы распределенных радиоресурсов, маршрутизации и доступа к каналу. Разрабатываемые самоорганизующиеся MESH-сети имеют широкое применение для создания корпоративных сетей трансляции конфиденциальной информации органов государственной власти, банковской и медицинской информации, а также реализации сверхвысокоскоростного доступа к информационным ресурсам в рамках проекта 5G и систем управления воздушными беспилотными аппаратами и наземными роботами.

**Разработчик:** лаборатория № 69 «Управление сетевыми системами» (зав. лаб. – д.т.н. В.М. Вишневский).



## 7.9. ОПТОВОЛОКОННАЯ СИСТЕМА ОХРАНЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Впервые в мировой практике, контур обработки целевой информации системы охраны магистральных трубопроводов, функционирующей с помощью квантового когерентного волоконно-оптического рефлектометра, был построен на основе глубокой нейронной сети. Нейросетевое решение было интегрировано в первичный классификатор сигналов. Система была натренирована на высокоэффективное распознавание следующих классов событий: 0 – Фон; 1 – Утечка; 2 – Лопата; 3 – Экскаватор; 4 – Сверление; 5 – Сварка; 6 – Шлифовка. Интегральные спектры сигналов приведены на рисунке ниже.



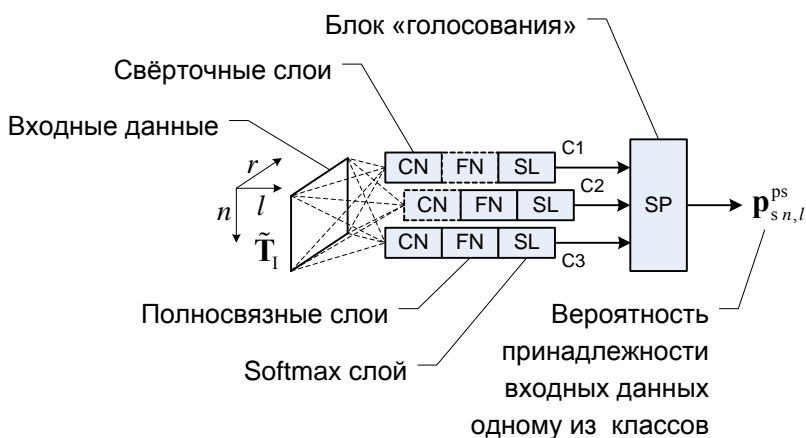
Квантово-когерентный волоконно-оптический рефлектометр функционирует на основе рассеивания Релея. Когерентная рефлектограмма обладает высокой чувствительностью к механическим воздействиям на волокно (обнаруживаются «шевеления» от 30 нм). На основе анализа время-частотных и пространственных характеристик локальной модуляции интенсивности когерентной рефлектограммы возможно построение алгоритмов для обнаружения и классификации источников возмущений вибрационно-акустического поля вблизи охранной зоны контролируемых объектов.

Следует отметить, что разработка системы осложнялась рядом критических проблем, которые были успешно решены, в том числе:

- девиация локальной температуры чувствительного элемента датчика вызывает паразитную модуляцию рефлектограммы;
- девиация фазы (частоты) излучения лазера вызывает спонтанное появление и исчезновение локальных участков временной нечувствительности сенсора;

- большое разнообразие и нестационарность потенциально возможных сигнальных портретов распознаваемых событий требует особых подходов к формированию словарей для идентификации событий;
- широкая вариативность и нестационарность механоакустических свойств среды залегания сенсора приводит к существенному изменению частотных характеристик сигнальных портретов распознаваемых событий.

Перечисленные факторы, наряду с интенсивными сигналоподобными помехами, формируют весьма сложную сигнально-помеховую обстановку, в условиях которой вынуждены функционировать алгоритмы распознавания событий. Дополнительным осложняющим фактором являются весьма жёсткие требования, принятые в системах мониторинга и охраны ответственных объектов, на уровень ошибок первого и второго рода при принятии решений, связанных с обнаружением и классификацией событий в охраняемой зоне.



Таким образом, алгоритмы распознавания событий для качественного и устойчивого функционирования должны обладать существенной глубиной адаптации. Обеспечить эти требования в рамках классических методов синтеза алгоритмов обнаружения сигналов весьма проблематично. Более того, как показали наши тестовые исследования, ряд алгоритмов машинного обучения также плохо справляются с подобной задачей. Поэтому для решения данной проблемы, при построении реальной

системы, были применены методы глубокого обучения на основе ансамбля свёрточных нейронных сетей. Структурная схема системы приведена на рисунке.

В итоге получено высокое качество обнаружения и распознавания полезных сигналов первичным классификатором. На тестовом наборе данных (не входящем в обучающее множество) классификатор выдаёт следующие значения правильно распознанных блоков данных: 91.80% – Фон; 79.24% – Утечка; 91.30% – Лопата; 97.08% – Экскаватор; 89.80% – Сверление; 94.40% – Сварка; 94.80% – Шлифовка. Отметим, что предыдущие решения (по утечке) давали менее 45% правильно распознанных блоков данных.

В целом, проект характеризуется следующими «цифрами»: 3 реальных географически разнесённых трубопровода; 6 классов различаемых сигналов (плюс «Фон»); 14 месяцев активных экспериментов для формирования библиотеки сигналов и помех; 56 помеховых подклассов; 70 ТБ «сырых» данных. Величина интегральной F1-меры синтезированного классификатора на тестовых данных: более 0.91. Один из ключевых факторов успеха – успешный синтез быстродействующего алгоритма адаптивной предварительной фильтрации помех и шумов, который работает по принципу «слепого фильтра». В итоге был разработан классификатор, обладающий высокими тактико-техническими характеристиками, функционирующий в режиме жёсткого реалтайма на обычных GPU среднего ценового класса (типа NVIDIA GeForce 1070).

**Внедрение:** ПАО «Транснефть», система находится в промышленной эксплуатации и контролирует магистральный нефтепровод протяжённостью свыше 2 500 км.

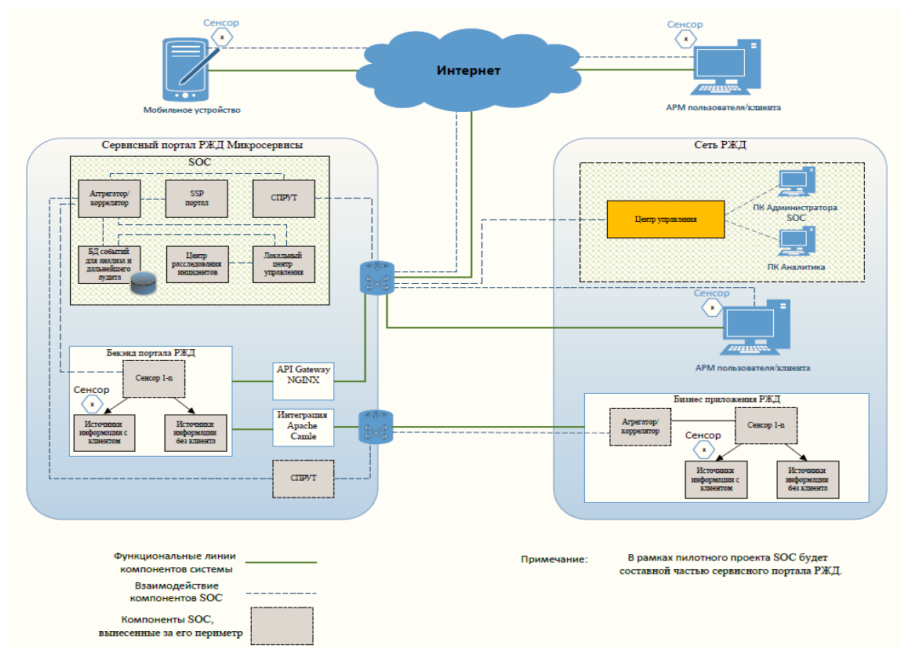
**Разработчик:** лаборатория № 77 «Вычислительной кибернетики» (зав. лаб. – к.т.н. А.В. Макаренко)

## ЦЕНТР УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Центр управления безопасностью сложных систем (ЦУБСС) ИПУ РАН создан для более полного раскрытия инновационного и внедренческого потенциала Института и выхода Института на новый уровень фундаментальных и прикладных исследований и разработок моделей, методов и технологий в области управления безопасностью сложных систем, в том числе, с сетевой структурой:

- технологических сетей;
- киберфизических сетей;
- кибернетических сетей;
- социальных сетей.

Основой для проведения прикладных исследований и разработок, проводимых в рамках Центра, являются Технологические полигоны. Примером такого полигона может служить Технологический полигон



для решения задач в области управления безопасностью сложных кибернетических, киберфизических и социальных сетей, создаваемый в

рамках Соглашения о совместной деятельности с «Национальной компьютерной корпорацией».

Основные результаты прикладных разработок, реализованных в рамках Центра, представлены в разделе 5 (Системы безопасности) настоящей книги. В настоящее время в Центре ведутся интенсивные исследования и по другим направлениям, в том числе:

1. Исследование и разработка математических моделей процессов информационного влияния, управления и противоборства в интернет-социуме.



2. Исследование и разработка моделей, методов и технологий обнаружения признаков компьютерных атак на ранних стадиях их

подготовки и прогнозирование их развития.

3. Исследование и разработка на основе Системного программного обеспечения (СПО) LICS (Linux Institute of Control Science), разработанного ИПУ РАН, интеграционной платформы, удовлетворяющей требованиям ФСТЭК и ФСБ по защите информации.



4. Проведение научных исследований в узкоспециализированных направлениях в рамках Соглашения о сотрудничестве в области обнаружения, предупреждения и ликвидации последствий компьютерных атак и реагирования на компьютерные инциденты, заключенного между ИПУ РАН и Национальным координационным центром по компьютерным инцидентам.

**Контакты:** заместитель директора по научной работе ИПУ РАН, директор ЦУБСС д.т.н. А.О. Калашников, e-mail: aokalash@ipu.ru

## **ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Центр интеллектуальных робототехнических систем ИПУ РАН создан для обеспечения и развития деятельности Института в сфере разработки моделей, методов, алгоритмических, программно-аппаратных и технических средств управления и сложных информационно-управляющих систем, в том числе интеллектуальных робототехнических систем, включая:

- архитектуру и алгоритмическое обеспечение беспилотных летательных аппаратов планерного, аэростатического и коптерного типов, автономных и телеуправляемых подводных аппаратов, надводных аппаратов, наземных колесных, гусеничных, антропоморфных и биоподобных машин, робототехнических комплексов (далее – РТК) космического и подземного назначения, колаборативной робототехники;

- автономное, групповое и роевое управление и взаимодействие РТК, в том числе гетерогенных;

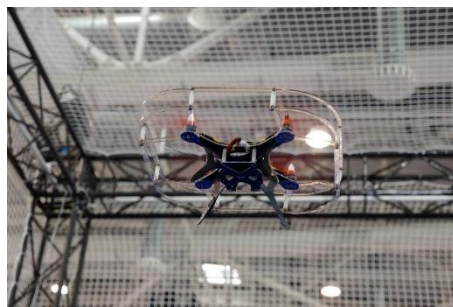
- математическое и программное обеспечение виртуальных полигонов робототехнических систем:

- организации взаимодействия в робототехнических системах.

Все исследования и разработки в области интеллектуальных РТК проводятся на базе Полигона научно-образовательного назначения «Юпитер». Полигон предназначен для решения задач по отработке алгоритмов автономного и группового управления робототехническими системами и комплексами. Полигон состоит из нескольких зон, предназначенных для отработки взаимодействия роботов в гетерогенной группе (воздух-земля, воздух-вода, земля-вода, воздух-земля-вода) с отработкой алгоритмов безопасного взаимодействия, алгоритмов приема-передачи, распределенного выполнения миссий.

Полигон смоделирован и реализуется по следующим направлениям:

1. Зона «Аэродром» предназначена для отработки задач беспилотных летательных аппаратов.



Задачи, реализуемые в зоне «Аэродром»:

- отработка алгоритмов и методов пилотирования;
- методы программирования систем технического зрения;
- картографирование, визуальная одометрия, системы навигации

и т.д.

В 2018 г. команда ИПУ РАН заняла 3 место на первом этапе конкурса ФПИ «Аэробот».

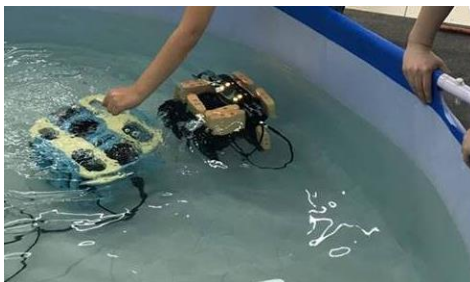
2. Зона «Пересеченная местность» предназначена для обработки визуальных данных с целью дальнейшего принятия решений в области управления автономным мобильным робототехническим комплексом. Территория испытательного полигона построена на каркасной основе с динамически изменяемым ландшафтом. Над испытательной зоной размещены камеры видеонаблюдения для сбора и передачи визуальной информации.



Задачи, реализуемые в зоне «Пересечённая местность»:

- отработка алгоритмов и методов картографирования;
- навигация мобильных роботов;
- исследования динамики и управления движением колесных роботов.

3. Зона «Малый водный кластер» оснащена бассейном для отработки задач подводной робототехники.



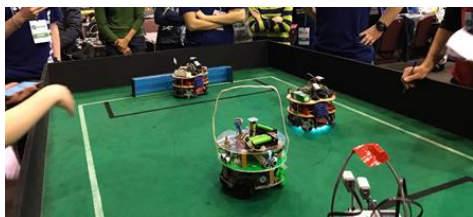
Задачи, реализуемые в зоне «Малый водный кластер»:

- отработка алгоритмов и методов картографирования морского дна;
- сбор информации, мониторинг состояния водной среды;
- система управления мобильными подводными роботами.

На Всероссийском чемпионате по морской робототехнике «АКВАРОБОТЕХ-2018», который прошел рамках Международного военно-технического форума «Армия-2018» во Владивостоке, команда ИПУ РАН с миниатюрным подводным аппаратом заняла первое место среди разработчиков и производителей телеуправляемых необитаемых подводных аппаратов класса А.







4. Зона «Образовательной робототехники», которая должна быть развернута в 2019 г., будет оборудована игровыми полями согласно техническим требованиям регламентов RoboCup и Freescale. Данная территория предназначена для отработки алгоритмов систем управления мобильными роботами.

Задачи, реализуемые в зоне «Образовательной робототехники»:

- отработка алгоритмов и методов систем технического зрения;
- сбор информации, принятие решений, движение;
- система управления мобильными роботами;
- организация и проведение соревнований по робототехнике.

5. Зона «Умная квартира», которая должна быть развернута в 2020 г., предназначена для реализации автоматической смарт-системы управления квартирой, контроля и мониторинга инженерных систем и ИТ-инфраструктуры.

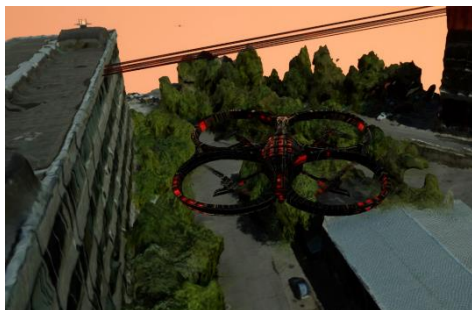


Задачи, реализуемые в зоне «Умная квартира»:

- экономия времени на домашние дела;

- повышение комфорта, улучшение качества жизни;
- экономия: контроль за потреблением воды, электричества;
- безопасность: контроль доступа и возможных утечек воды, газа из единого центра.

## 6 Виртуальная реализация полигона «Юпитер».



Применение цифровых технологий в сфере научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ значительно снижают издержки производственных затрат в сравнении с «натурными» подходами. В процессе отработки взаимодействия роботов важной задачей является моделирование сценариев

поведения робототехнических агентов. На каждом этапе должна быть реализована возможность тестирования алгоритмов, технических решений и программного обеспечения на соответствие поставленным требованиям.

Виртуальная реализация полигона позволяет выбрать конфигурацию, которая подходит для особых условий использования, а также дает возможность разработать алгоритмы без необходимости приобретения дорогостоящего оборудования.

В рамках реализованного виртуального полигона были отработаны полетные сценарии беспилотных авиационных систем гражданской авиации.



В задачи полетного сценария входило:

- облет объектов;
- построение маршрута;
- преодоление препятствий;
- патрулирование в различное время суток.

В условиях виртуальной реализации испытаний нет необходимости в изготовлении десятков пробных моделей. Использование виртуальной симуляции разработок, а также математические расчеты методов

и алгоритмов управления робототехническими комплексами позволяют экономить время, бюджет и трудозатраты сотрудников. Тем не менее, проводить испытания исключительно в виртуальном пространстве не представляется возможным, так как результаты расчетов и проектирования необходимо подтвердить в реальных условиях.

**Контакты:** заведующий лабораторией № 80 ИПУ РАН, директор ЦИРТС д.т.н. Р.В. Мещеряков, e-mail: [mgv@ipu.ru](mailto:mgv@ipu.ru)

## ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Центр интеллектуальной цифровой электроэнергетики ИПУ РАН создан для более полного раскрытия инновационного и внедренческого потенциала Института и выхода Института на новый уровень фундаментальных и прикладных исследований и разработок моделей, методов и технологий, в том числе:

- интеллектуального управления электроэнергетическими системами Интернета вещей;
- интеллектуализации сред обитания, цифровых технологий электроэнергетики.

Инфраструктурной основой деятельности Центра является Технологический полигон, представляющий собой интеллектуальную распределенную цифровую систему управления инженерными сетями Института. За счет обработки детальной информации об энергопотреблении/отоплении/микроклимате он позволяет:

- проводить эксперименты,
- идентифицировать модели,
- прогнозировать поведение системы,
- вычислять оптимальное управление в рамках:
- исследования технологий «умного здания»,
- разработки процессов управления распределительной сетью, потребителями, локальными рынками электроэнергии,
- отработки технологий дистанционного сбора и интеллектуального анализа данных о функционировании инженерных сетей,
- демонстрации, сравнения и экспертизы технологических решений.

Сенсорная сеть Полигона включает в себя:

1. Электрическую подсистему на базе интеллектуальных трехфазных счетчиков электроэнергии и проводной ЛВС Института,

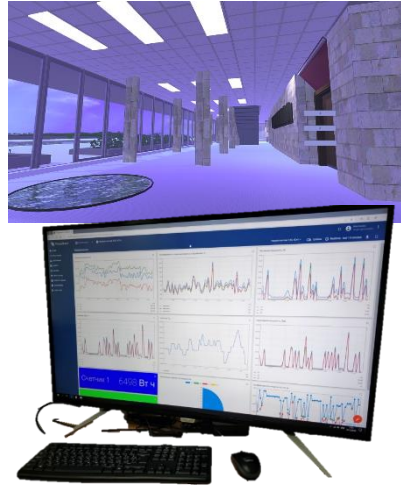
2. Климатическую подсистему на базе интеллектуальных комнатных и уличных мультисенсоров российского и зарубежного производства с поддержкой перспективной беспроводной технологии передачи данных LoraWAN.



3. Тепловую подсистему на базе контактных датчиков температуры российского производства с поддержкой технологии передачи данных LoraWAN.

Система обработки информации включает в себя:

1. Информационный веб-портал [icsenergy.net](http://icsenergy.net).
2. Базовые станции LoraWAN.
3. Сервер обработки потоков данных с базовых станций Lora.
4. Интеграционную компоненту на базе open-source программной платформы CMDBuild.
5. Распределенное хранилище данных на базе NoSQL СУБД Apache Cassandra.
6. Подсистему интеллектуального анализа и отображения данных на базе IoT платформы ThingsBoard.
7. Геоинформационные системы на основе технологии Unity.

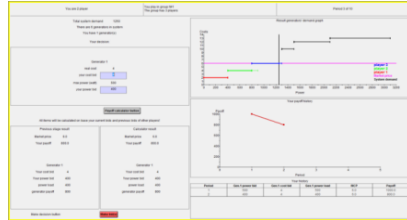


В рамках Центра ведутся фундаментальные и прикладные исследования в следующих основных направлениях:

1. Цифровые технологии сбора и обработки информации:
  - экстремальные режимы работы сенсорных сетей;
  - информационная безопасность цифровых распределенных сетей;
  - анализ комплексной кибербезопасности инженерных сетей.
2. Интеллектуальный анализ инженерных сетей:
  - идентификация структуры сетей по сигналам в узлах;
  - технологии локализации и минимизации потерь в сетях;
  - интеллектуальный анализ энергопотребления.
3. Теоретические основы цифровых сервисов для сетевой компании:
  - роботизированный центр управления энергосистемой;
  - прогнозирование состояния электромеханических систем;
  - управление устойчивостью сетей с распределенной генерацией;
  - алгоритмы оптимизации и планирования развития сети.
4. Теоретические основы цифровых сервисов для активного потребителя:
  - модели теплообмена и управление микроклиматом;
  - анализ предпочтений потребителей и энергосбережение;

- мультиагентные модели предсказания потребления;
- архитектура и механизмы энергетических рынков микрогрид.

Побочной, но важной задачей является обеспечение надежности функционирования инженерных систем и повышение энергоэффективности Института за счет предоставления эксплуатационным службам новых возможностей управления инженерными сетями.

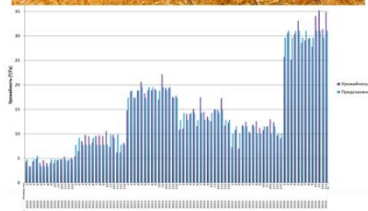


**Контакты:** заместитель директора по научной работе ИПУ РАН, директор ЦИЦЭЭ д.ф.-м.н М.В. Губко, e-mail: [mgoubko@mail.ru](mailto:mgoubko@mail.ru)



# ЦЕНТР ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

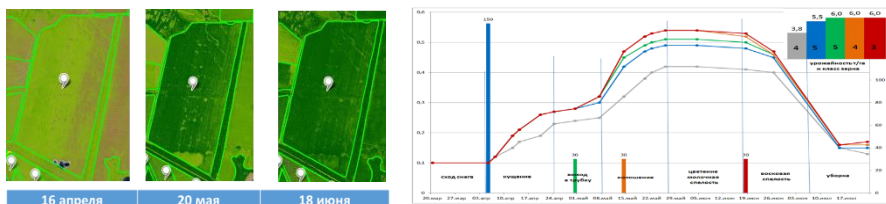
Центр интеллектуального цифрового сельского хозяйства ИПУ РАН создан для более полного раскрытия инновационного и внедренческого потенциала Института и выхода Института на новый уровень фундаментальных и прикладных исследований и разработок моделей, методов и технологий интеллектуального управления в области цифрового сельского хозяйства



В рамках Центра осуществляются научные исследования и прикладные разработки, том числе по следующим направлениям:

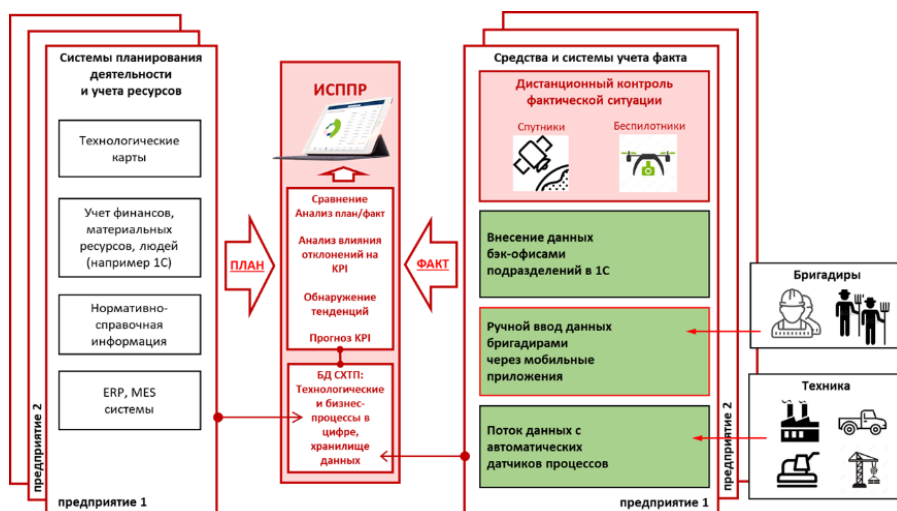
1. Разработка федеральной базы знаний цифрового сельского хозяйства «АПК Интеграция», объединяющей разрозненные отраслевые данные агропромышленного комплекса, накопленные данные опытов научных учреждений сельского хозяйства, фундаментальные и прикладные научные знания, цифровое описание технологий и технологических процессов в сельском хозяйстве и т.п. в единую связанную среду для машинного интеллектуального анализа.
2. Разработка и внедрение стандартов описания в цифровом виде технологических процессов и процессов управления в сельском хозяйстве для использования в современных информационных системах.
3. Разработка технологий прогноза, анализа и управления продукционным потенциалом сельскохозяйственных культур для целей создания

моделей оптимизации затрат сельскохозяйственных предприятий и моделей комплексного регионального планирования ресурсов для сельскохозяйственных предприятий.



4. Разработка «Системы управления сельскохозяйственным предприятием» через анализ исторических и оперативных данных, снимков со спутников и БПЛА, на основе сплошного потокового анализа данных из автоматических источников и учетных систем, в том числе:

- сплошной постоянный мониторинг отклонений фактических показателей предприятия от плановых в режиме реального времени;
- распознавание в автоматическом режиме тенденций, которые могут повлиять на отклонение от плановых показателей;
- построение прогноза влияния выявленных тенденций на ключевые показатели эффективности;
- отображение ситуации на автоматизированных рабочих местах и мобильных устройствах собственников и менеджмента предприятий.





5. Управление дифференцированным внесением удобрений, в том числе:

- определение текущего состава элементов почвы с выделением границ однородных по составу участков поля;
- определение поэлементного количества требуемых к внесению удобрений для каждого однородного участка под заданную культуру и программируемую урожайность с поля;
- расчет технических заданий для техники и внесение заданного количества и состава удобрений на заданные участки поля.

Переход от прямого измерения агрохимического состава почвы к прогнозированию состава в каждом однородном участке на основе уникальных методик ИПУ РАН с использованием:

- методов исследования устойчивости, основанных на вейвлет-анализе;
- анализа исторических данных ДЗЗ;
- анализа сезонных данных по снимкам БПЛА;
- картирования урожайности по историческим данным с техники на полях.

На основе сценарного прогнозирования воздействия вносимых удобрений на параметры урожая на каждом однородном участке поля по показателю программируемого количества и качества урожая осуществляется выбор оптимальной стратегии внесения удобрений для конкретного поля.

**Контакты:** директор ЦИЦСХ С.И. Антипин, e-mail: sergey.antipin@gmail.com.

## **ЗАКАЗЧИКИ ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТОК**

Прикладные исследования и разработки проводятся в Институте в интересах:

- Администрации Президента"
- Совета безопасности
- Государственной Думы
- Министерства обороны
- Министерства внутренних дел
- Федеральной службы безопасности
- Федеральной службы охраны
- Федеральная служба по техническому и экспортному контролю
- Министерства промышленности и торговли
- Министерства здравоохранения
- Министерства по чрезвычайным ситуациям
- Министерства науки и высшего образования
- Правительства Москвы
- Правительства Московской области
- Администрации Воронежской области
- Администрации Краснодарского края
- Администрации Республики Крым
- Администрации Смоленской области
- Администрации Хабаровского края
- Администрации Ханты-Мансийского автономного округа
- ОАО «РЖД»
- Госкорпорации «Роскосмос»
- Госкорпорации «Росатом»
- Госкорпорации «Ростех»
- ПАО «Россети»
- ПАО «Газпром»
- Центрального банка
- Внешторгбанка
- ФГУП «НИИ Квант»
- ПАО «РКК Энергия»
- ПАО «Корпорация Иркут»
- ПАО «Ижсталь»
- ПАО «ВымпелКом»
- ФГУП «ГосНИИАС»
- АО «РКЦ «Прогресс»,
- ЗАО «Атомстройэкспорт»,
- АО «Морские неакустические системы и комплексы»
- АО «Атомтехэкспорт»
- ФГБУ «НИЦ «Институт им. Н.Е. Жуковского»
- ФГУП «ЦИАМ им. П.И. Баранова»
- ООО «Московский завод «Физприбор»
- Сколковского института науки и технологий
- ФГУП ФНПЦ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»
- ФГУП «ЦНИИмаш»
- ФГУП ЦАГИ
- ЦКБ МТ «Рубин»

- ОАО «Научно-исследовательский электромеханический институт»
- АО «ВНИИ по эксплуатации атомных электростанций»

- ОАО «Атомэнергопроект»
- АО ВПК «НПО машиностроения»
- АО ГКНПЦ им. М.В. Хруничева

и многих, многих других...

## Контакты

The screenshot shows the website for the Institute for Problems in Management (IPU RAS). The main heading is 'Контакты'. The page is divided into several sections:

- Структура Института:**
  - Администрация
  - Лаборатории
  - ИНО
  - Секции сотрудников
  - Службы
  - Профили
- Научная жизнь:**
  - Ученый совет Института
  - Фундаментальная исследовательская
  - Прикладные исследования
- Конференции, семинары:**
  - Конференции
  - Семинары
- Диссертационные советы:**
  - Новости и объявления о защите
  - DOI: 226.01
  - DOI: 226.02
  - DOI: 226.03
- Научные издания:**
  - Журналы

On the right side, there is a section titled 'ПРИКЛАДНЫЕ РАБОТЫ ВЫПОЛНЯЮТСЯ ИНСТИТУТОМ ПО ЗАКАЗУ ВОЛЕГОТОВИТЕЛЕЙ ИЛИ ИХИ' with a pie chart showing the distribution of work across various sectors like 'Министерство обороны', 'Федеральный службы безопасности', etc. Below the chart are logos for 'РОСКОМНАЗ', 'РОСНАУКА', 'РОССТРОЙ', 'РОСНЕФТЬ', 'РОСНЕДРА', 'РОСНАВО', 'РОСЦИО', 'РОСНАУКА', 'РОССТРОЙ', 'РОСНЕФТЬ', 'РОСНЕДРА', 'РОСНАВО', 'РОСЦИО', 'РОСНАУКА', 'РОССТРОЙ', 'РОСНЕФТЬ', 'РОСНЕДРА', 'РОСНАВО', 'РОСЦИО'.

At the bottom, there is a news item: 'ИПУ РАН оценил проекты школьников на фестивале «Космос»' dated 10 апреля 2019.

The footer of the page features a green banner with the text: **ИПУ РАН** and **www.ipu.ru**.

## ИПУ РАН

117997, Москва, Профсоюзная, 65  
 Телефон: +7 (495) 334-89-10  
 Факс: +7 (495) 334-93-40, +7 (499) 234-64-26  
 E-mail: dan@ipu.ru

*Информационное издание*

**Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова  
Российской академии наук: прикладные разработки**

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

Подписано в печать 10.05.2019

Формат 60×90/16. Усл. печ. л. 8,25

Тираж 500 экз. Заказ XX

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>