

**Методология создания и использования цифровых
двойников сложных объектов на основе квалиметрии
моделей**

**дтн профессор Микони С.В., дтн профессор Соколов Б.В.,
член-корреспондент РАН Юсупов Р.М.**

СПб ФИЦ РАН

дтн профессор Охтилев М.Ю.

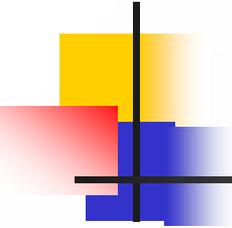
АО "НИО ЦИТ "Петрокомета"

(<http://www.spcras.ru>

<http://litsam.ru>)

E-mail: sokol@ijas.spb.su

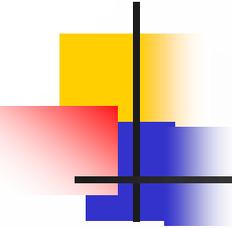
oxt@mail.ru



Содержание доклада

1. Проблемы создания и использования цифровых двойников (ЦД) сложных объектов (СЛО)
2. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов как методологическая основа создания ЦД СЛО
3. Примеры решения прикладных задач

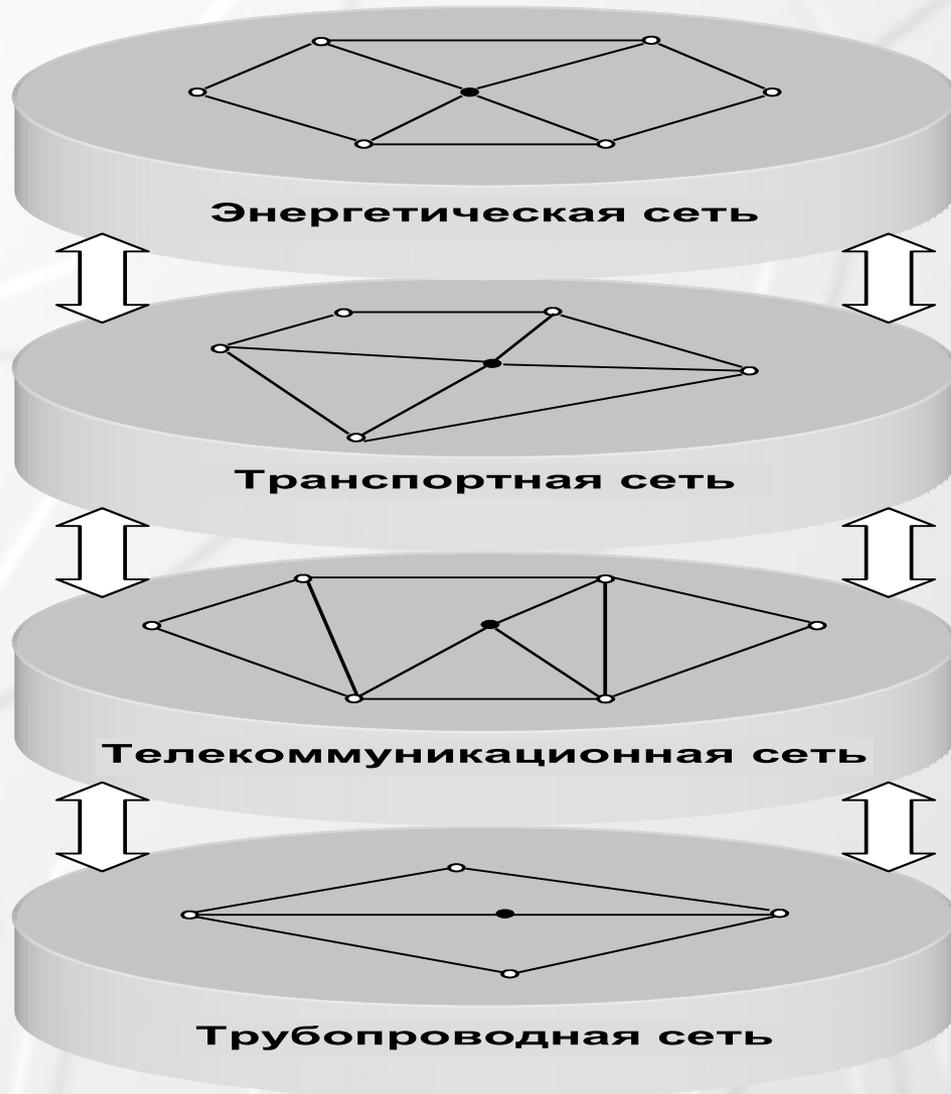
SPIIRAS



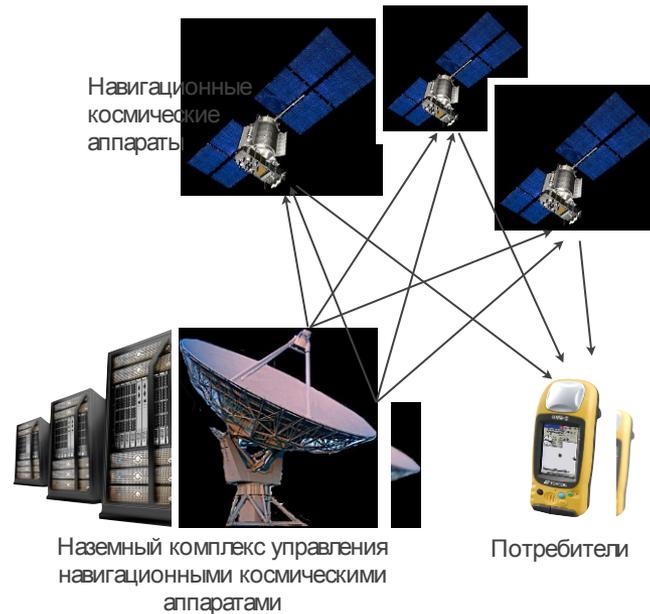
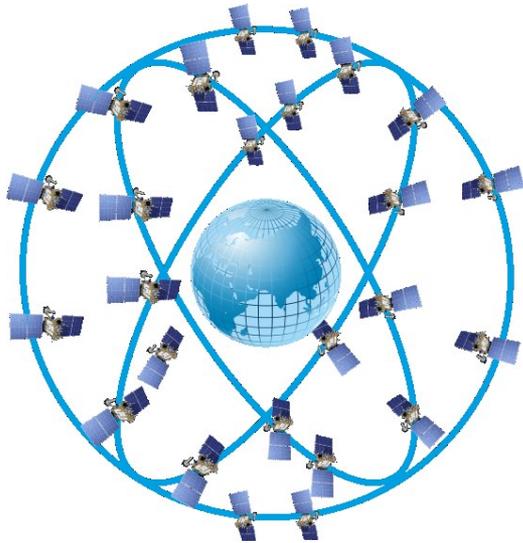
1. Проблемы создания и использования цифровых двойников (ЦД) сложных объектов (СЛО)

SPIIRAS

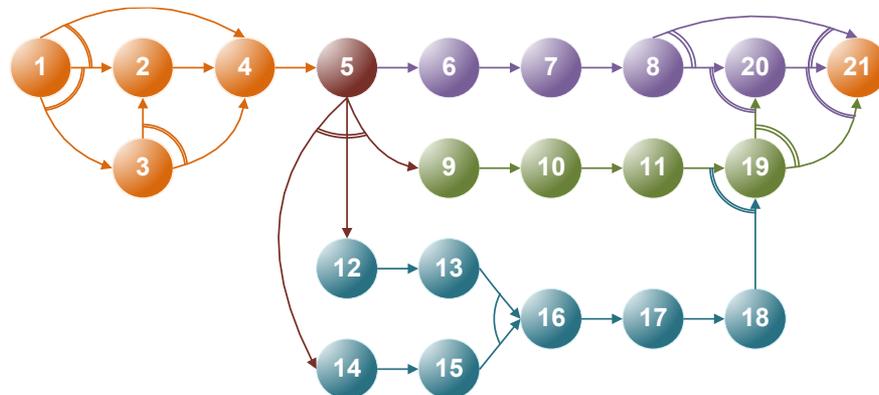
Особенности современных сложных объектов управления



Особенности современных сложных объектов управления



Альтернативный технологический граф



Особенности современных сложных объектов управления

Макросостояния	<i>j</i> h уровень СЛО			
	$S_0^{(j)}$	$S_1^{(j)}$...	$S_K^{(j)}$
Варианты структур				
Топологическая структура $S_{top}^{(j)}$...	
Техническая структура $S_t^{(j)}$...	
Технологическая структура $S_{tec}^{(j)}$...	
Структура ПМО $S_{sf}^{(j)}$...	
Структура ИО $S_{in}^{(j)}$...	
Организационная структура $S_{or}^{(j)}$...	

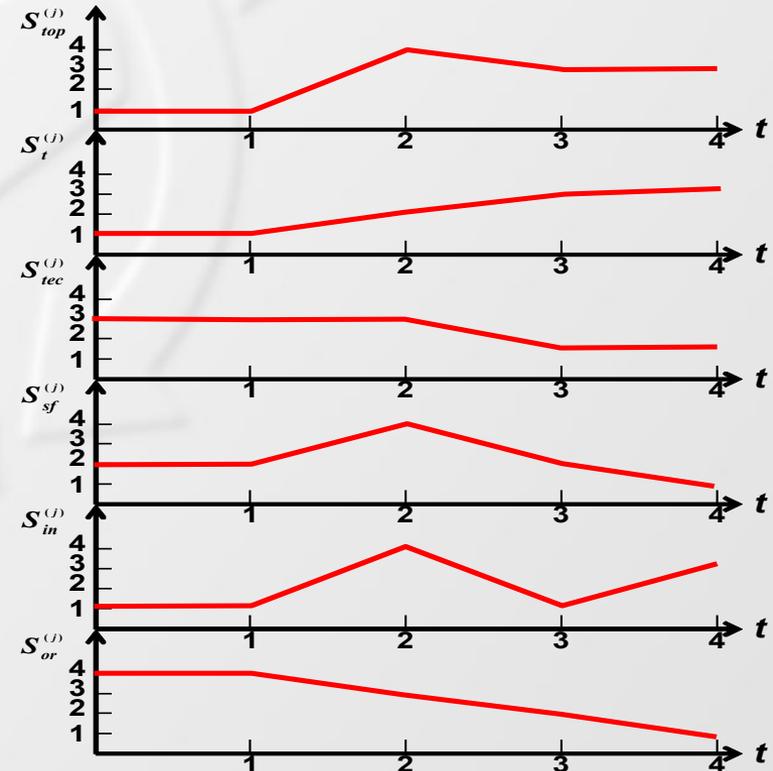


Рис.1. Диаграммы структурной динамики СЛО. Рис.2. Графики изменения структурных состояний СЛО



ЦИФРОВОЙ ДВОЙНИК ИЗДЕЛИЯ

- система, состоящая из **цифровой модели изделия** и двусторонних информационных связей с изделием (при наличии изделия) и (или) его составными частями.

Примечания:

ЦД разрабатывается и применяется на всех стадиях ЖЦ изделия.

ЦД-Р — цифровой двойник, наполнение и функциональность которого определяется в ходе реализации стадии разработки изделия;

ЦД-П — стадии производства изделия;

ЦД-Э — стадии эксплуатации изделия.

- При создании и применении ЦД изделия участникам процессов жизненного цикла (по ГОСТ Р 56135) рекомендуется применять программно-технологическую платформу цифровых двойников.

[ГОСТ Р 57700.37-2021, п.3.24]

Цифровые (виртуальные) испытания – определение количественных и (или) качественных характеристик свойств объекта испытаний как результата исследования свойств цифровой модели (или цифрового двойника) объекта испытаний. [ГОСТ Р 57700.37-2021, п.3.27]

Цифровая модель изделия - система **математических и компьютерных моделей**, а также электронных документов изделия, описывающая структуру, функциональность и поведение вновь разрабатываемого или эксплуатируемого изделия на различных стадиях жизненного цикла, для которой на основании результатов цифровых и (или) иных испытаний по ГОСТ 16504 **выполнена оценка соответствия предъявляемым к изделию требованиям**. [ГОСТ Р 57700.37-2021, п.3.23]

Компьютерная модель (электронная модель) - модель, выполненная в компьютерной (вычислительной) среде и представляющая собой совокупность данных и программного кода, необходимого для работы с данными. [ГОСТ Р 57412—2017, п. 3.1.7]

Математическая модель - модель, в которой сведения об объекте моделирования представлены в виде математических символов и выражений.

[ГОСТ Р 57188—2016, п 2.1.2]

Под **электронными документами** понимаются электронные документы по ГОСТ 2.001, ГОСТ 3.1001, ГОСТ 3.1102, ГОСТ 19.101, ГОСТ 34.601, ГОСТ Р 58301. [ГОСТ Р 57700.37-2021, п.3.23 прим. 5]

КОНЦЕПЦИЯ ИНВАРИАНТНОСТИ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ РКТ И ИХ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ

Состояние объектов РКТ



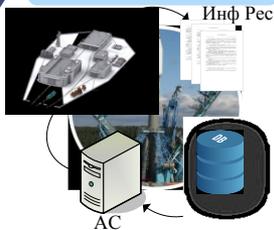
ЖЦ РКТ



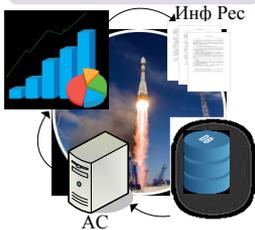
Проектирование



Производство



Испытания



Эксплуатация

Единая цифровая платформа



Потоковый сбор,
интеграция,
обработка и анализ
информации

ЕДИНАЯ
ЦИФРОВАЯ
ПЛАТФОРМА
ИНФОРМАЦИОННО-
АНАЛИТИЧЕСКОГО
ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ЖЦ РКТ

Цифровые двойники ОА

Единая интегрированная система хранилищ данных и знаний о ЖЦ РКТ со сквозной идентификацией

Единая унифицированная модель представления данных и знаний о ЖЦ РКТ

Едино интерпретируемые наборы конфигураций программного имитационно-аналитического обеспечения (по задачам участников ЖЦ РКТ)

Единые классификаторы, регламенты, форматы и протоколы обмена данными

Единое защищённое пространство информационного взаимодействия и интерпретации данных и знаний

Единая конфигурируемая модель доступа и представления данных с учетом специфики задач участников ЖЦ РКТ

Единая унифицированная среда хранения и представления данных и знаний для поставщиков и потребителей информации

Единая система взаимосвязанных показателей технического состояния и надёжности РКТ

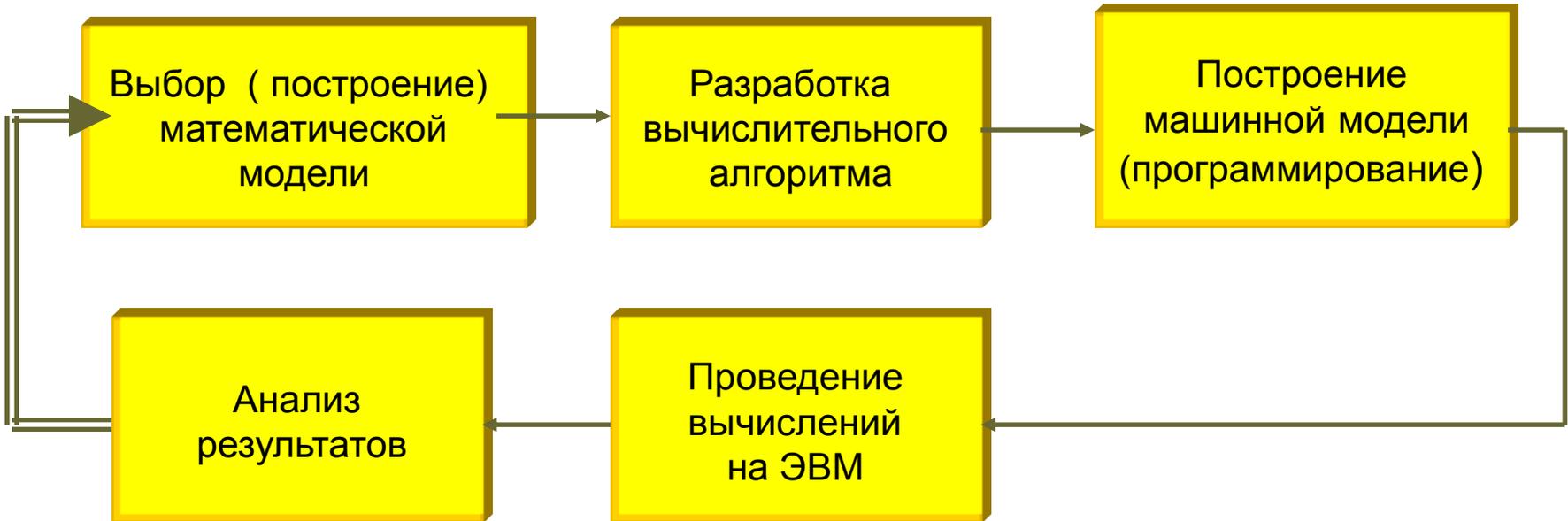
Единая интерпретация (доказуемость/объяснимость) данных и знаний, возможность **принятия оперативных и обоснованных решений**



Принятие решений по обеспечению требуемого уровня ТС, качества и надёжности РКТ

1. Стоимость разработки и внедрения технологий ЦД.
2. **Качество описания как ЦД, так и комплексного моделирования, а также актуальности информации о ПрО (методология и технологии оценивания, анализа и выбора наиболее предпочтительных моделей, валидации, верификации и тестирования моделей).**
3. Стандартизация и регулирование.
4. Сертификация (или оценка соответствия) методического, программного обеспечения и результатов компьютерного моделирования.
5. Санкции и импортозамещение технологий.
6. Конфиденциальность информации и обеспечение информационной безопасности.
7. Учет и передача ЦД, как объектов интеллектуальной собственности и нематериальных активов.
8. Квалифицированные кадры.
9. Обеспечение длительного хранения информации ЦД.

Квалиметрии моделей и ПМК



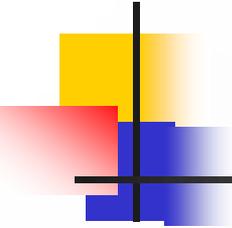
Качество модели – совокупность свойств модели, обуславливающих ее пригодность для использования по назначению.

Актуальность оценивания качества моделей и ПМК возросла на фоне непрерывно растущей сложности объектов моделирования.

Квалиметрия – раздел качества, в котором разрабатываются методологические и методические основы количественного оценивания качества продукции, средства обеспечения единства форм оценивания указанного качества и достижение требуемой точности

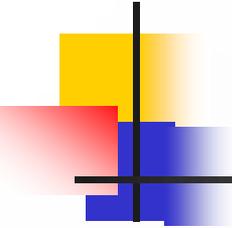
1. *Оценивание качества (квалиметрия) продукции – важное средство повышения её конкурентоспособности на рынке. История становления и развития отечественной квалиметрии насчитывает уже более полувека [1].*
2. *Модели и полимодельные комплексы – нематериальные продукты интеллектуальной деятельности. Для их разновидности – программных систем (машинных моделей). разработаны подходы к оцениванию качества [2].*
3. *Задача – обобщить методические разработки по оцениванию качества моделей и ПМК на различные виды представления моделей и различные формы их детализации [3].*

1. Андрианов Ю.М., Суббето А.И. Квалиметрия в приборостроении. – Л.: Машиностроение, 1990. — 216 с.
2. Липаев В.В. Тестирование компонентов и комплексов программ: учебник. – М.: Синтег, 2010. – 392 с.
3. Микони С.В., Соколов Б.В. Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов. – М.: РАН, 2018. – 314 с



**Первоочередные задачи исследований на этапе
формирования основных положений
квалиметрии моделей и полимодельных комплексов
в интересах создания и использования ЦД**

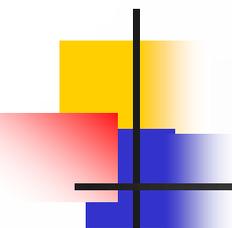
- 1. Формирование понятийно-терминологического аппарата**
- 2. Описания, классификация и выбор системы показателей и критериев, с помощью которых оцениваются свойства моделей и полимодельных комплексов**
- 3. Разработка обобщенного описания различных классов моделей, позволяющего, во-первых, устанавливать взаимосвязи и соответствия между ними, и, во-вторых, сравнивать и упорядочивать их с использованием различных метрик**
- 4. Разработка комбинированных методов оценивания показателей качества моделей, заданных с использованием числовых и нечисловых шкал**
- 5. Разработка методов и алгоритмов решения задач многокритериального анализа, упорядочения и выбора предпочтительных моделей и полимодельных комплексов, методов и алгоритмов управления их качеством, анализа и синтеза технологий комплексного моделирования**



2. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов как методологическая основа создания ЦД Сло

SPIIRAS

- **модель** – это система, исследование которой служит средством для получения информации о другой системе [Калинин, Резников];
- **модель** – это способ существования знаний [Гаврилова, Хорошевский];
- **модель** – это искусственно созданный физический или абстрактный объект (процесс), свойства которого и отношения между ними в рамках достижения поставленной цели полагаются аналогичными свойствам и отношениям объекта оригинала [Краснощеков, Петров];
- **модель** – это системное многоместное отображение объекта оригинала, имеющее наряду с безусловно-истинным, условно-истинное и ложное содержание, проявляющееся и развивающееся в процессе его создания и практического использования [Перегудов, Тарасенко];
- **моделирование** – один из этапов познавательной деятельности субъекта, включающий в себя разработку (выбор) модели, произведение на ней исследований, получение и анализ результатов, выдачу рекомендаций о дальнейшей деятельности субъекта и оценивание качества самой модели применительно к решаемой задаче с учётом конкретных условий [Савин, Емельянов, Перегудов, Тарасенко];



Многообразии определений модели

Модель – ключевое понятие моделирования.

Различные трактовки модели.

- *Общая:* упрощённое целевое отображение оригинала.
- *В науке и технике:* упрощённый объект, сохраняющий лишь **важнейшие свойства** системы-оригинала, и предназначенный для их изучения.

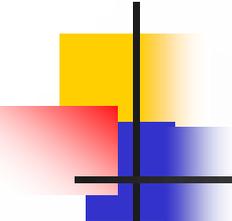
Ключевой признак – упрощение

- *В информатике:* система, исследование которой служит **средством** для получения информации о другой системе.

Модель как средство.

- *В промышленности:* совокупность каких-либо серийно производимых **одинаковых изделий** (модельный ряд).

Модель как класс.



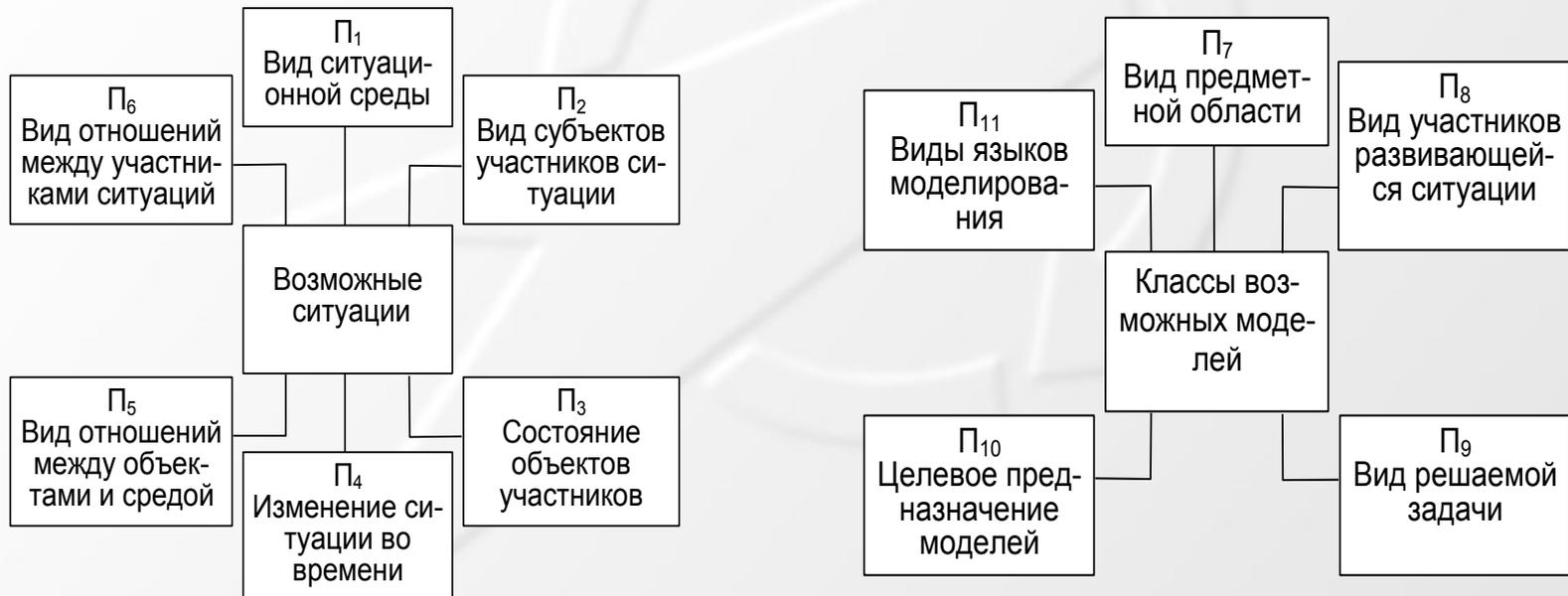
Классификация моделей

- 1. Модели реально существующих объектов, допускающих экспериментальные исследования.**
- 2. Модели объектов, которые еще не существуют (предвосхищающие модели) или эксперименты с которыми не допустимы.**
- 3. Промежуточный класс моделей объектов, допускающих проведение экспериментов только с отдельными элементами (блоками) объекта**

Классификация моделей (трихотомия моделей)

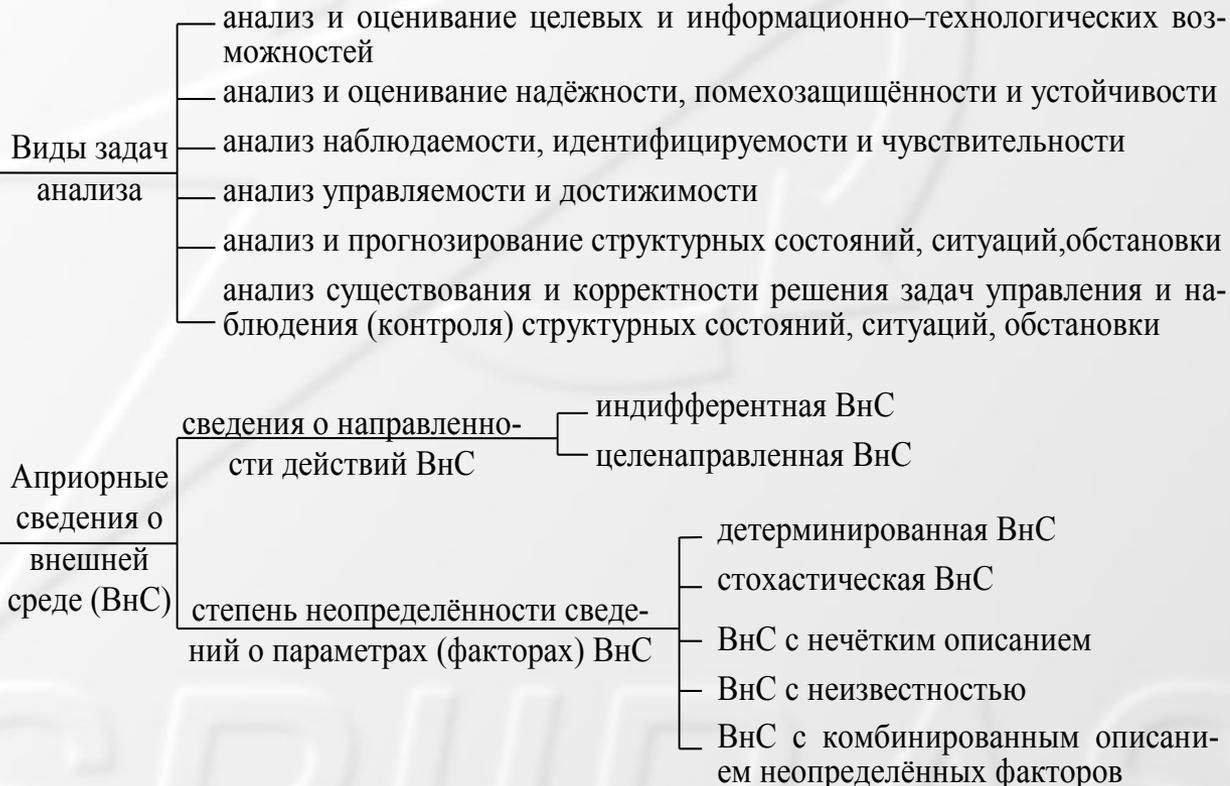
Характеристический параметр классификации	Трихотомия математических моделей		
	I	II	III
Научный базис, логика построения и использования модели	Теоретическая (аксиоматическая)	Эмпирическая	Полуэмпирическая
	Гипотетико-дедуктивная (феноменологическая)	Дедуктивно-выводимая (асимптотическая)	Индуктивная
	Дедуктивная	Индуктивная	Индуктивно-дедуктивная
Аналитические и имитационные свойства	Аналитическая	Имитационная	Аналитико-имитационная
Основная функция модели	Описывающая систему (дескриптивная)	Предписывающая поведение (прескриптивная)	Гибридная
Альтернативность модели	Сатисфакционная	Оптимизационная	Безальтернативная
Свойства самоорганизации и самообучения	Самоорганизующаяся (самообучающаяся)	Обучающаяся	Жёсткоопределённая
Поведение во времени	Статическая	Кинематическая	Динамическая
	Синхронистическая	Диахронистическая (генетическая)	Гибридная
Дискретность во времени	Непрерывная	Дискретная	Дискретно-непрерывная
Детерминированность-недетерминированность	Детерминированная	Недетерминированная (с неопределённостью)	Гибридная

Классификация моделей



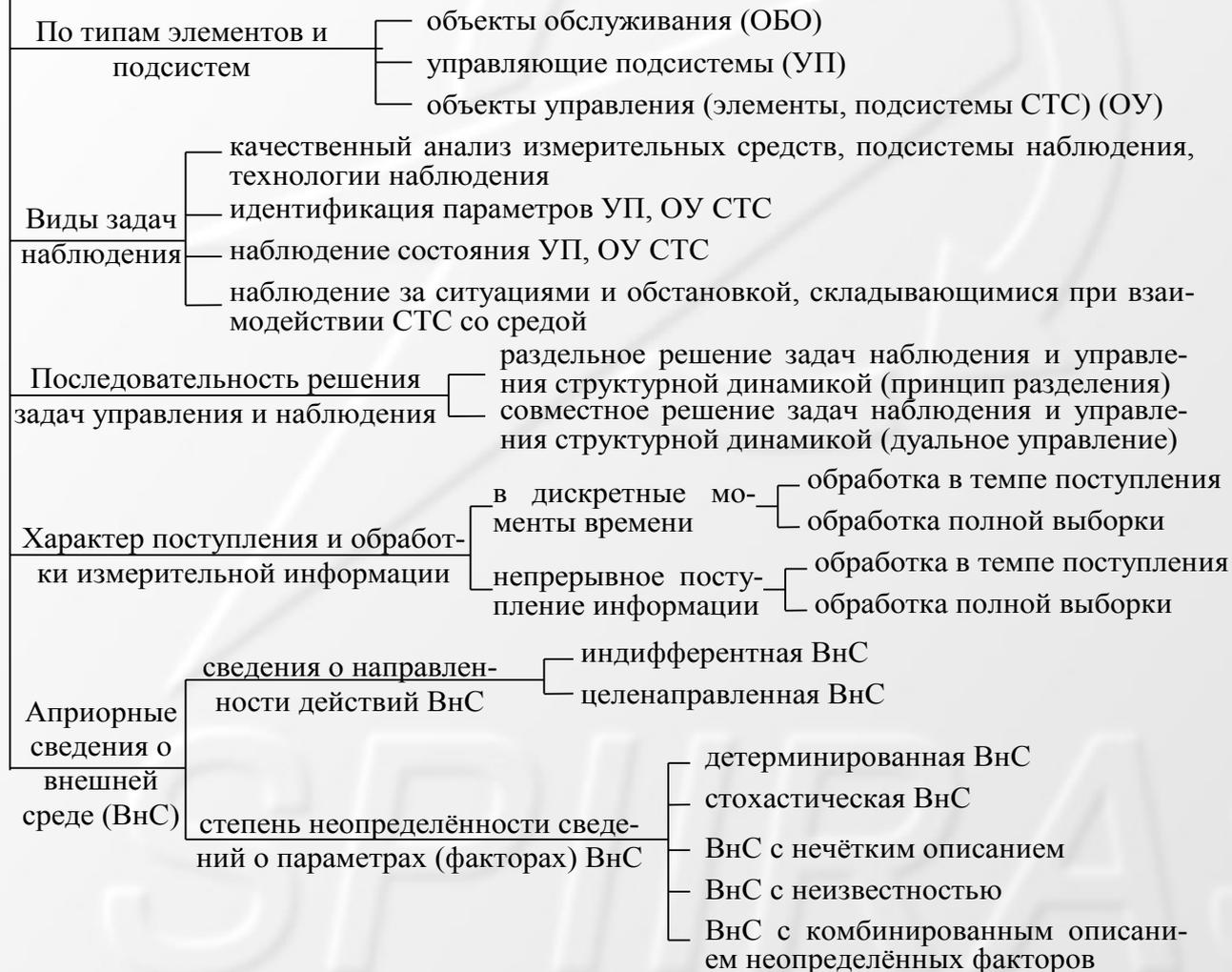
Классификация моделей

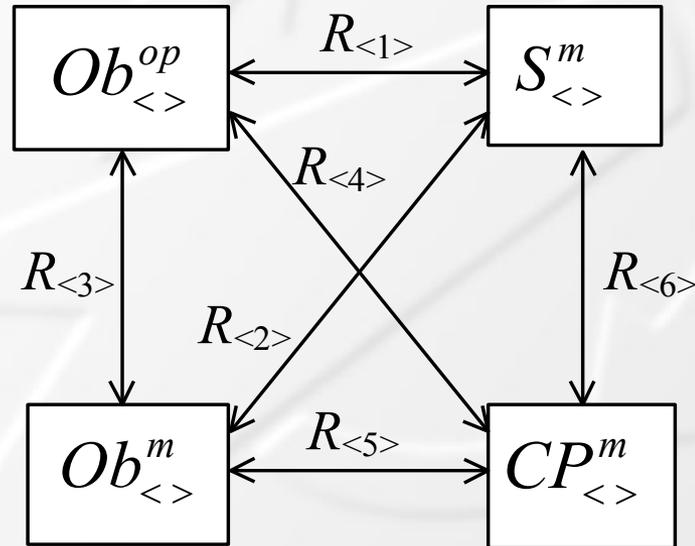
Задачи анализа структурной динамики сложной технической системы и её основных элементов и подсистем



Классификация моделей

Задачи наблюдения (контроля) структурных состояний сложной технической системы, ситуаций, обстановки

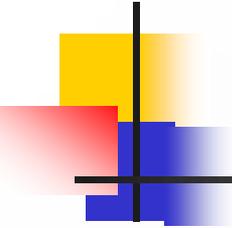




Основополагающие подходы к решению проблемы:

Объектами исследования являются не только модели объектов-оригиналов, но и развивающаяся ситуация, участниками которой являются объекты и субъекты моделирования, а также метамодели (модели моделей);

Процесс моделирования объектов исследования интерпретируется как процесс управления развивающейся ситуацией в условиях неопределённости



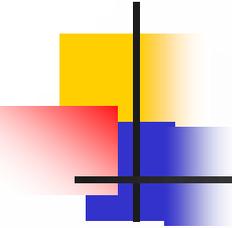
Возможный перечень свойств моделей

1. Адекватность
2. Гибкость (адаптивность)
3. Интеллектуальность
4. Наблюдаемость
5. Надежность
6. Открытость и доступность
7. Развиваемость
8. Робастность
9. Сложность
10. Универсальность и проблемная ориентация
11. Управляемость
12. Устойчивость
13. Чувствительность
14. Эффективность машинной реализации

Прямые задачи – анализ качества продукции (в нашем случае – моделей и полимодельных комплексов (ПМК))

Обратные задачи – синтез продукции с заданными (требуемыми) свойствами, управление качеством продукции с целью придания ей необходимых свойств.

В квалиметрии моделей главную роль играют обратные задачи, т.к. модели являются основным предметом разработки и использования.



Качество программных изделий

1. Липаев В.В. Надежность программных средств. М.:Синтег, 1998.
2. Липаев В.В. Оценка качества программных изделий. М.:Эрис, 2001.
3. Липаев В.В. Обеспечение качества программных средств. Методы и стандарты. М.:Синтег, 2001.
4. Липаев В.В. Качество программных средств. М.:Янус, 2002.
5. Международный стандарт ISO 9126:1991 «Информационная технология. Оценка программного продукта. Характеристики качества и руководство по их применению».
6. Пальчун Б.П., Юсупов Р.М. Оценка надежности программного обеспечения. СПб.:Наука, 1991.
7. Баранов С.Н., Домарацкий А.Н., Ласточкин Н.К., Морозов В.П. Процесс разработки программных изделий. М.:Наука, 2000.

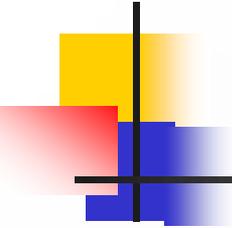
Общие показатели качества программных средств

Характеристики качества	Мера
Надежность	
<i>Завершенность:</i>	
■ наработка на отказ при отсутствии рестарта	Часы
<i>Устойчивость:</i>	
■ наработка на отказ при наличии автоматического рестарта;	Часы
■ относительные ресурсы на обеспечение надежности и рестарта	%
<i>Восстанавливаемость:</i>	
■ длительность восстановления	Минуты
<i>Доступность-готовность:</i>	
■ относительное время работоспособного функционирования	Вероятность
Эффективность	
<i>Временная эффективность:</i>	
■ время отклика-получения результатов на типовое задание;	Секунды
■ пропускная способность – число типовых заданий, исполняемых в единицу времени	Число в минуту
<i>Используемость ресурсов:</i>	
■ относительная величина использования ресурсов ЭВМ при нормальном функционировании программного средства.	Вероятность

Частные показатели качества программных средств

Характеристики качества	Мера
<p>Практичность <i>Понятность:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ четкость концепции ПС; ■ демонстрационные возможности; ■ наглядность и полнота документации. <p><i>Простота использования:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ простота управления функциями; автоматического рестарта; ■ комфортность эксплуатации; ■ среднее время ввода заданий; ■ среднее время отклика на задание. <p><i>Изучаемость:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ трудоемкость изучения применения ПС; ■ продолжительность изучения; ■ объем эксплуатационной документации; ■ объем электронных учебников. 	<p>Порядковая (отл., хор., удов.,неуд.)</p> <p>Порядковая</p> <p>Секунды Секунды</p> <p>Чел.-часы Часы Страницы Кбайты</p>
<p>Сопровождаемость <i>Анализируемость:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ стройность архитектуры программ; ■ унифицированность интерфейсов; ■ полнота и корректность документации. 	<p>Порядковая</p>

- 1. Валькман Ю. Р.** О проблеме “отчуждения” моделей исследуемых объектов от создателей в проектировании сложных изделий // Теория и системы управления, 1996. — №3 — с.146–152.
- 2. Краснощеков П. С., Петров А. А.** Принципы построения моделей. М.: Фазис, 2000. — 400 с.
- 3. Пешель М.** Моделирование сигналов и систем. М.: Мир, 1981. — 303 с.
- 4. Полляк Ю. Г.** Вероятностное моделирование на электронных вычислительных машинах. М.: Сов. радио, 1971. — 399 с.
- 5. Самарский А. А., Михайлов А. П.** Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. М.: Физматлит, 2001. — 320 с.
- 6. Технология системного моделирования / Е. Ф. Аврамчук, А. А. Вавилов, С. В. Емельянов и др.; Под общ. ред. С. В. Емельянова и др.** М.: Машиностроение; Берлин: Техника, 1988. — 520 с.
- 7. Юсупов Р. М., Иванищев В. В., Костельцев В. И., Суворов А. И.** Принципы квалиметрии моделей // IV СПб Международная конференция «Региональная информатика-95», тез. докладов. СПб, 1995. — с.90–91.



Обобщенное описание моделей и полимодельных комплексов

$r = \langle X_1, X_2, \dots, X_n, R \rangle$ Структура теоретико-множественных
моделей

$$R \subseteq X_1 \times X_2 \times \dots \times X_n$$

X_1, X_2, \dots, X_n Схема образования математических
структур

$$B_1, B_2, \dots, B_k$$

$$S_1, S_2, \dots, S_p$$

- Юсупов Р.М., Иванищев В.В., Костельцев В.И., Суворов А.И. Принципы квалиметрии моделей // IV СПб Международная конференция «Региональная информатика-95», тезисы докладов. – СПб, 1995. – С.90-91.
- Ростовцев Ю.Г., Юсупов Р.М. Проблема обеспечения адекватности субъектно-объектного моделирования // Известия ВУЗов. Приборостроение. - № 7, 1991. – С.7-14.
- Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Концептуальные основы оценивания и анализа качества моделей и полимодельных комплексов // Теория систем и управления, 2004, № 6. С. 5–16.

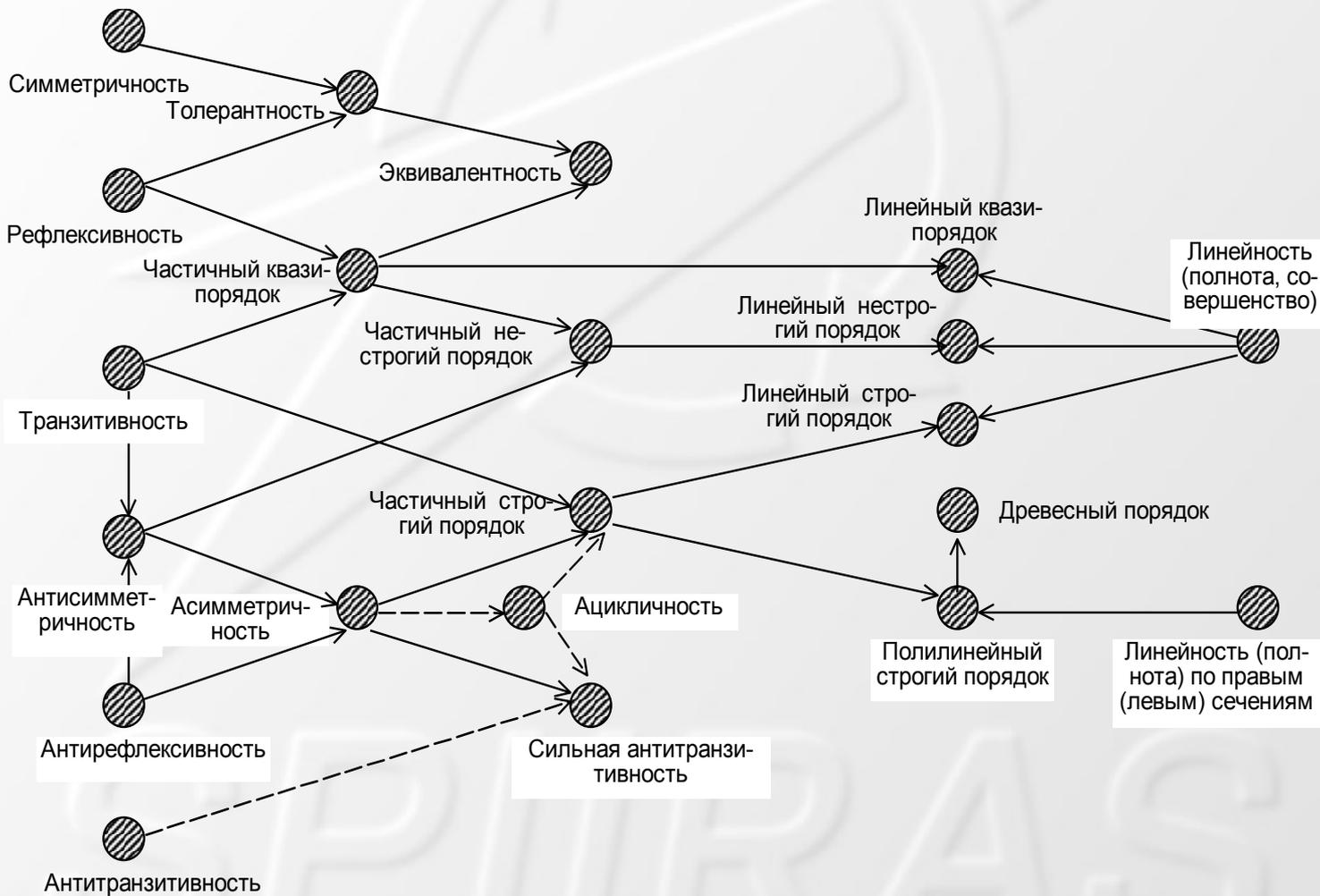
Обобщенное описание моделей и полимодельных комплексов

Конструкция основной ступени шкалы множеств

card X	dim X	Конструкция основной ступени шкалы множеств								..
		$\chi \times \chi$	$\frac{\chi \times \chi}{X \rightarrow X}$	$\chi \times J$	$\frac{\chi \times J}{X \rightarrow Y}$	$\chi \times \chi \times \chi$ χ	$\frac{\chi \times \chi \times \chi}{X \times X \rightarrow X}$	$\chi \times \chi \times J$	$\frac{\chi \times \chi \times J}{X \times X \rightarrow Y}$	
1	1	M_{11}	M_{12}	M_{13}	M_{14}	M_{15}	M_{16}	M_{17}	M_{18}	..
n	m	M_{21}	M_{22}	M_{23}	M_{24}	M_{25}	M_{26}	M_{27}	M_{28}	..
Φ_0	1	M_{31}	M_{32}	M_{33}	M_{34}	M_{35}	M_{36}	M_{37}	M_{38}	..
Φ_0	m	M_{41}	M_{42}	M_{43}	M_{44}	M_{45}	M_{46}	M_{47}	M_{48}	..
Φ_1	1	M_{51}	M_{52}	M_{53}	M_{54}	M_{55}	M_{56}	M_{57}	M_{58}	..
Φ_1	m	M_{61}	M_{62}	M_{63}	M_{64}	M_{65}	M_{66}	M_{67}	M_{68}	..
Φ_2	∞	M_{71}	M_{72}	M_{73}	M_{74}	M_{75}	M_{76}	M_{77}	M_{78}	..
...

Классы моделей систем

Обобщенное описание моделей и полимодельных комплексов



Обобщенное описание моделей и полимодельных комплексов

Пример 1. $r_1 = \langle \chi, \tilde{R} \rangle \quad \tilde{R} \subseteq \chi \times \chi$

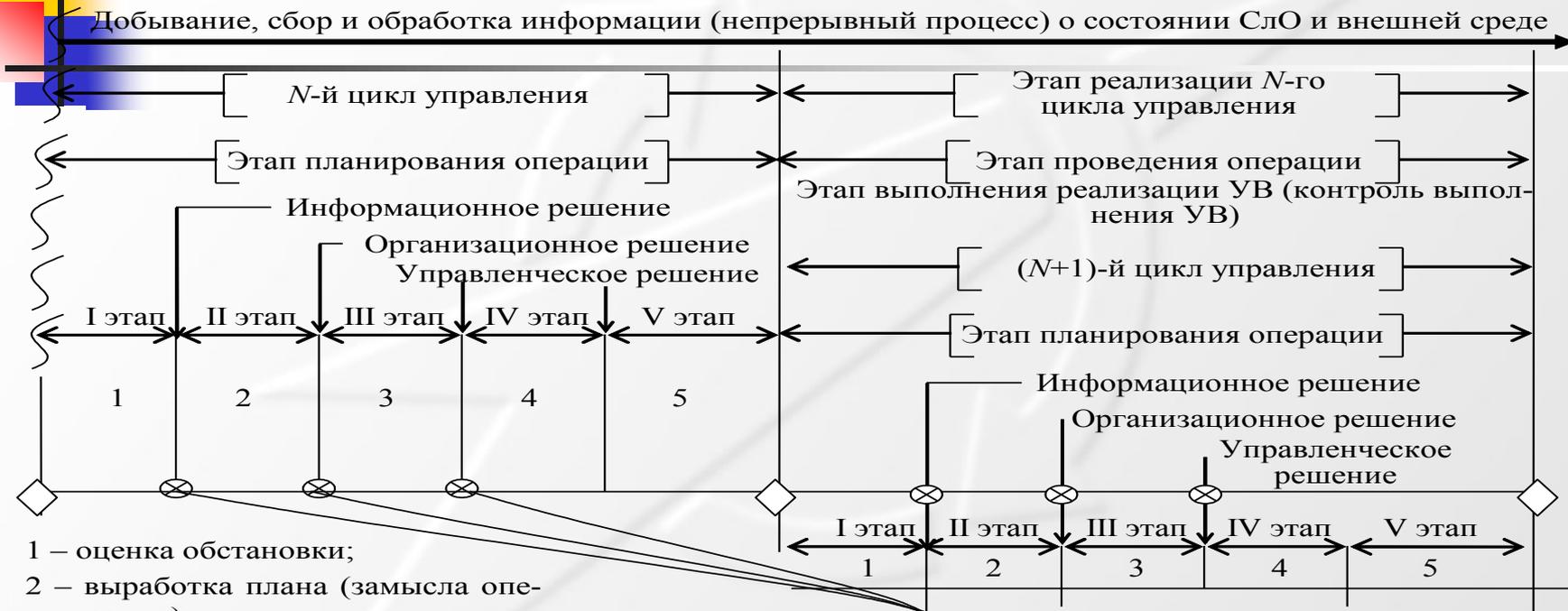
Пример 2. $\chi \times \chi \times \mathcal{G}$.

$r_2 = \langle R, Y, F \rangle$, где $R \subseteq X \times X$, F :
 $R \rightarrow Y$, $Y = R1$

Пример 3. $\langle S, D, R, F \rangle$ концептуальная модель
принятия решений

$$\left\{ Q^{(\xi)}(s, (\Omega, F, \lambda_\mu), \{\Delta_\rho^{(\xi)}\}_{\rho \in \Xi_2}, \{\Delta_\eta^{0(\xi)}\}_{\eta \in \Xi_3}, \{r_{i_1}^{\alpha(\xi)}(\omega)\}_{i_1 \in \Gamma}, \{r_{i_2}^{\beta(\xi)}(\omega)\}_{i_2 \in \Gamma_1}, \right. \\ \left. \{W_e\}_{e \in \Phi_1}, \{W_k\}_{k \in \Phi_2}, \{F^{k(\xi)}(\omega)\}_{k \in \Gamma_2} \right\}_{\xi \in \Xi_1},$$

Основные этапы принятия решений в СУ СЛО



- 1 – оценка обстановки;
- 2 – выработка плана (замысла операции);
- 3 – выработка мероприятий для реализации плана операции;
- 4 – формирование управляющих воздействий (УВ);
- 5 – доведение (передача) УВ исполнительным органам (устройствам)
- ⊗ - точки принятия решений
- ◇ - точка начала (конца) цикла управления
- ЛОР – лицо, обосновывающее решение
- ЛПР – лицо, принимающее решение



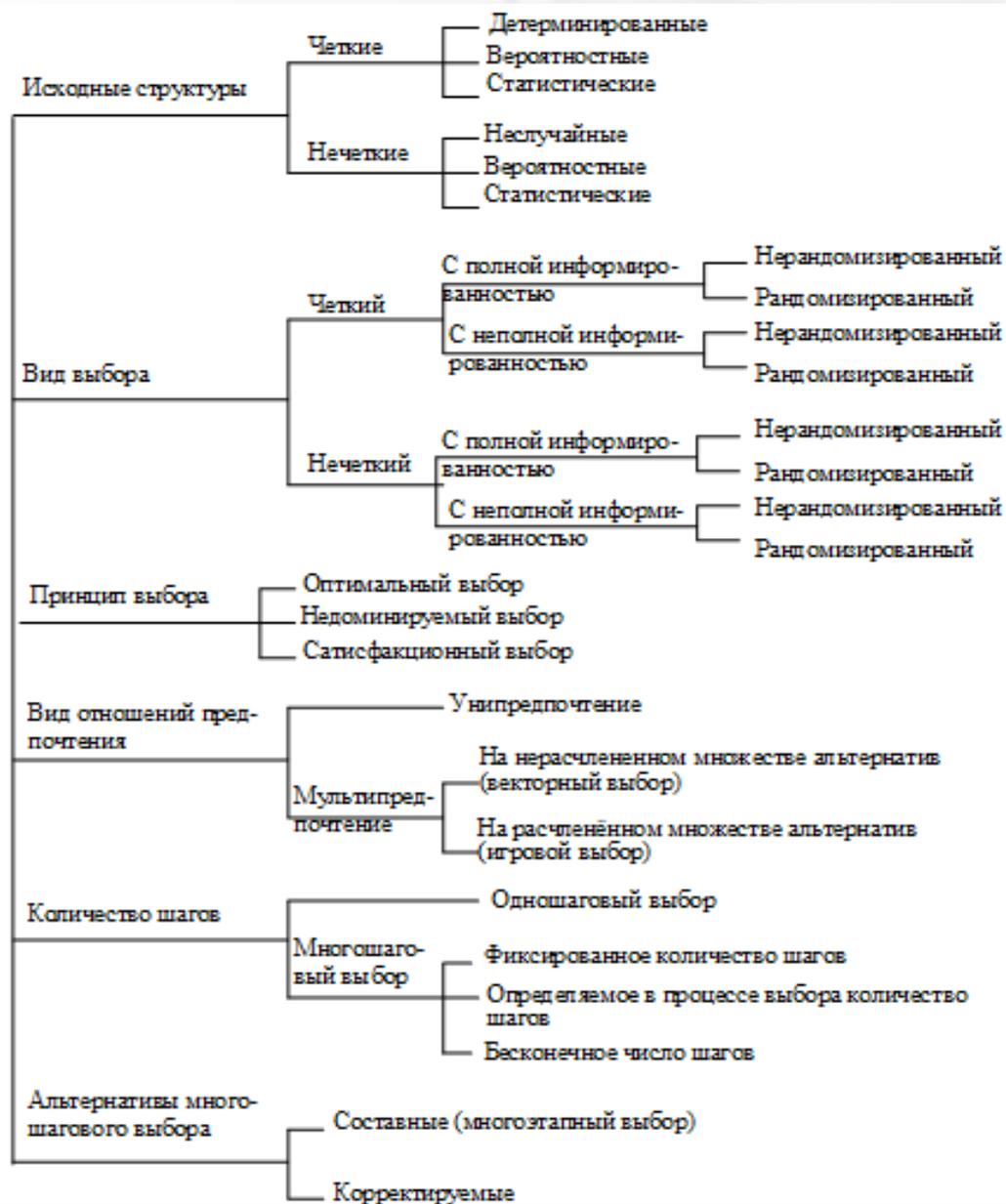
Потенциальная информационно-технологическая обеспеченность циклов управления СЛО

Этап	Действия операторов	Информационная технология
Уяснение задачи	Цель предстоящих действий. Замысел старшего начальника. Задача, место и роль своего формирования. Показатели операции. Промежуточные задачи. Задачи соседей, взаимодействующих органов и условия взаимодействия.	Анализ текстов Извлечение информации Обработка естественного языка Обработка неструктурированных данных Структуризация данных
Расчет времени	Время для непосредственной подготовки сил к действиям. Время на принятие решения. Время на постановку задач подчиненным силам. Время на планирование операции.	Разработка потоков работ Логико-динамические модели Проактивный мониторинг и управление
Оценка обстановки	Оценка противника. Оценка своих сил и средств. Оценка соотношения сил (характеристик противодействия). Оценка района (зоны) боевых (других) действий. Оценка времени	Информационный поиск Консолидация данных OLAP Ситуационный анализ Визуализация
Выработка замысла	Районы (задачи) сосредоточения основных усилий. Способы применения своих сил и средств, в т.ч. разгрома противника (где, когда, кого и в какой последовательности). Порядок действий, в т.ч. поражения противника. Меры по обману противника (маскировке). Создаваемые группировки сил и средств и их построение (распределение).	Системы рассуждений на основе аналогичных случаев (прецедентов) Деревья решений Сценарный анализ Вербальный анализ решений
Принятие решения	Анализ различных вариантов действий сил. Утверждение замысла, определение его идеи. Определение задачи подчиненным и приданным объединениям. Определение основ организации взаимодействия, обеспечения и управления.	Групповой вербальный анализ решений Многокритериальный выбор Проактивный мониторинг и управление

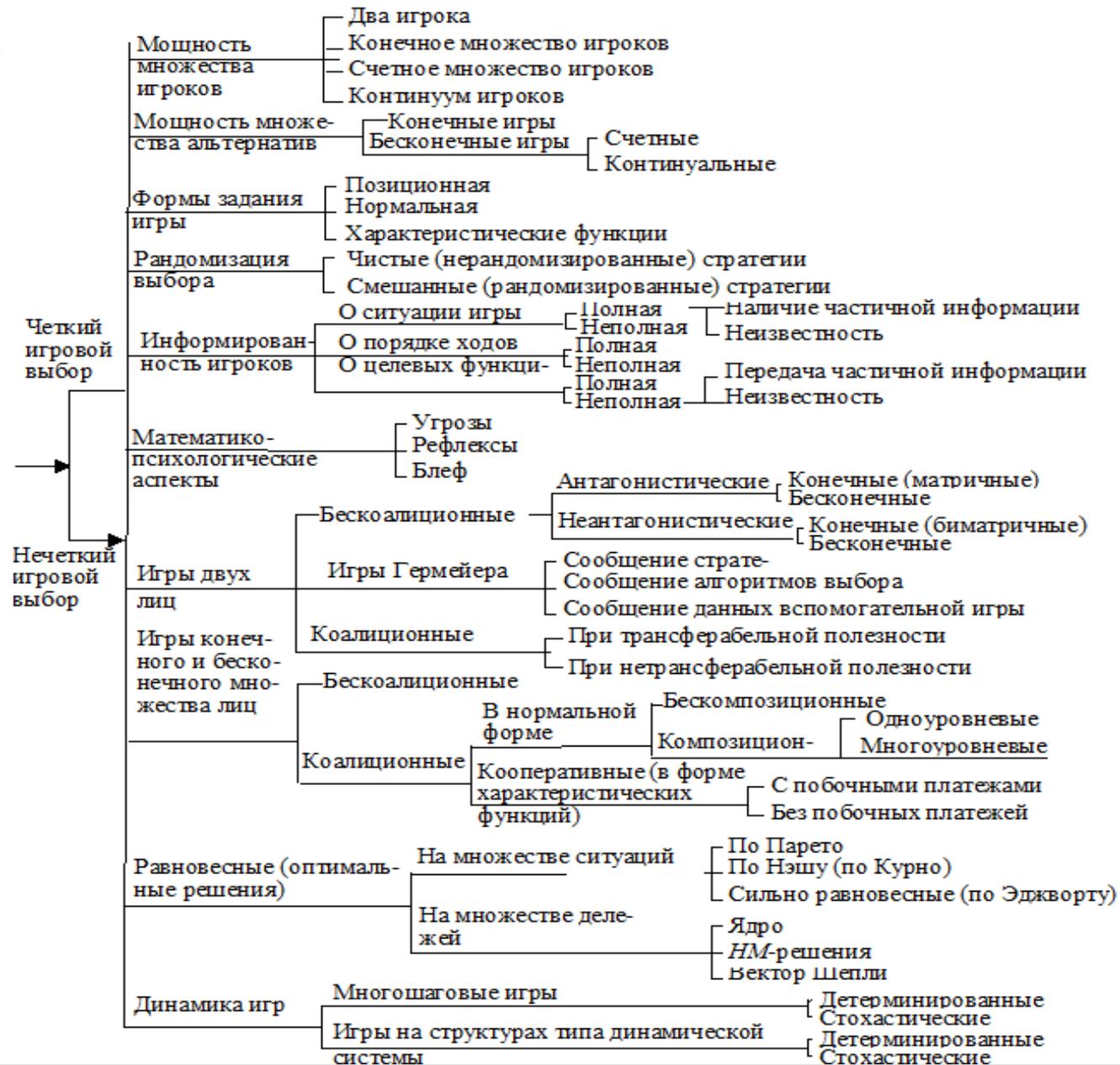
Концептуальная модель принятия решений (индифферентно-стохастическая внешняя среда)



Концептуальная модель принятия решений (индифферентно-нечеткая внешняя среда)



Концептуальная модель принятия решений (целенаправленная внешняя среда)



Структурно-математическая модель принятия решений

$$\left\{ Q^{(\xi)}(s, (\Omega, F, \lambda_\mu)), \{ \Delta_\rho^{(\xi)}(\omega) \}_{\rho \in \Xi_2}, \{ \Delta_\eta^{0(\xi)}(\omega) \}_{\eta \in \Xi_3}, \{ r_{i_1}^{\alpha(\xi)}(\omega) \}_{i_1 \in \Gamma_1}, \{ r_{i_2}^{\beta(\xi)}(\omega) \}_{i_2 \in \Gamma_2}, \{ W_l \}_{l \in \Phi_1}, \{ \tilde{W}_k \}_{k \in \Phi_2}, \{ F_v^{k(\xi)}(\omega) \}_{v \in \Gamma_3} \right\}_{\xi \in \Xi_1}.$$

$\{ r_{i_1}^{\alpha(\xi)}(\omega) \}_{i_1 \in \Gamma_1}$ – множество отношений предпочтения, используемых для выбора наилучших альтернатив с использованием математических структур выбора $\{ Q^{(\xi)} \}_{\xi \in \Xi_1}$;

$\{ r_{i_2}^{\beta(\xi)}(\omega) \}_{i_2 \in \Gamma_2}$ – множество отношений, ограничивающих выбор в соответствии с конкретными условиями использования заданного объекта;

$\{ W_l \}_{l \in \Phi_1}, \{ \tilde{W}_k \}_{k \in \Phi_2}$ – схемы конструкций соответствующие 1-й входной и k -й выходной ступеням шкалы множеств выбора, с использованием базисных множеств $\{ \Delta_\rho^{0(\xi)}(\omega) \}_{\rho \in \Xi_2}$ с помощью операций взятия декартовых произведений и булеанов;

$\{ F_v^{k(\xi)}(\omega) \}_{k \in \Gamma_3}$ – множество правил построения на выходных ступенях шкалы множеств выбора результирующих функций выбора и/или отношений предпочтения.

В формуле (4.1.) нижние индексы и множества в каждой из ее компонент задают соответственно текущий номер и множество всех возможных номеров структур, отношений и правил. Так, например:

Φ_1 – множество номеров входных ступеней шкалы множеств выбора;

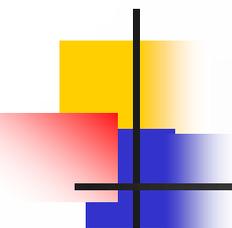
Φ_2 – множество номеров выходных ступеней шкалы множеств выбора;

Ξ_2 – множество номеров базисных множеств альтернатив выбора;

Ξ_3 – множество номеров вспомогательных множеств альтернатив выбора;

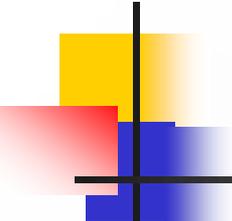
Γ_1 – множество номеров отношений предпочтения;

Γ_2 – множество номеров отношений, ограничивающих выбор.



Возможная технология решения проблемы оценивания качества и выбора моделей (ПМК)

- 1. Оценивание адекватности, сложности моделей (ПМК), верификация моделей (Model Verification)***
- 2. Оценивание пригодности модели для практического использования (Model Validation): оценивание реализуемости модели на компьютере с позиций вычислительной сложности, потребности ресурсов разного вида для ее реализации и эксплуатации, чувствительности по отношению к вариациям исходных данных и параметров модели, робастности, развиваемости модели для повторного и последующих использований при моделировании сходных объектов и т.д.***
- 3. Сравнительное оценивание и выбор наилучшей модели (ПМК, технологий КМ) по некоторым сводным (обобщенным) показателям и критериям***



Адекватность моделей

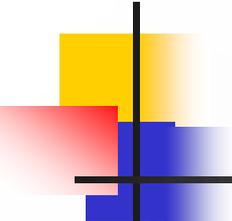
Адекватность – adaequates (лат.) приравненный, сравнимый, вполне соответствующий.

Адекватность моделей – идентичность, неразличимость модели по определенным признакам (показателям) от объектов-аналогов, согласованность между поведением модели и реального объекта.

Необходимые условия адекватности моделей (Захаров И.Г.): на содержательном уровне это соблюдения законов логики (закон тождества, закон противоречий, закон достаточного основания), на формальном уровне – соблюдение условий корректности модели (существование, единственность, устойчивость решений, получаемых с помощью модели);

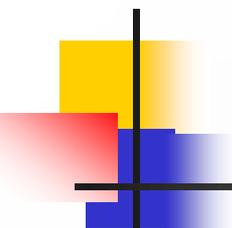
Достаточные условия адекватности моделей (Захаров И.Г.): точность и полезность модели.

SPIIRAS



Адекватность моделей

1. Захаров И.Г, Постонен С.И. Романьков В.И. Теория проектирования надводных кораблей .- СПб ВМА им. Адмирала флота Советского Союза Н.Г. Кузнецова , 1997.
2. Нейлор Т. Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем. М.:Мир, 1975.
3. Пешель М. Моделирование сигналов и систем. М.:Мир, 1984.
4. Городецкий В.И., Марков В.М., Петухов Г.Б., Юсупов Р.М. Элементы теории испытаний и контроля технических систем. Под ред. Р.М.Юсупова. Л.:Энергия, 1978. Глава пятая «Проверка адекватности моделей испытываемых объектов».
5. Ростовцев Ю.Г., Юсупов Р.М. Проблема обеспечения адекватности субъектно-объектного моделирования. / Приборостроение, том 34, №7, 1990.



Комплексное моделирование СЛО

Под **комплексным (системным) моделированием (КМ) сложных объектов** (СЛО) любой природы (естественных, искусственных, реально существующих и виртуальных и т.п.) будем понимать методологию и технологии полимодельного описания указанных объектов, а также комбинированного использования методов, алгоритмов и методик многокритериального анализа, синтеза и выбора наиболее предпочтительных управленческих решений, связанных с созданием, использованием и развитием рассматриваемых объектов в различных условиях динамически изменяющейся внешней и внутренней обстановок

Комплексное моделирование СЛО

Аспекты Модели	Основные аспекты синтеза структуры СУ КСр				
	Конструктивное задание множества вариантов структур	Возможность оптимизации структуры	Учет динамики функционирования СУ	Учет динамики процесса развития СУ	Учет возмущающих воздействий
Математическая модель дискретного программирования	+	+	-	-	-
Аналитическая модель массового обслуживания	-	частично	частично	-	частично
Имитационная модель	-	частично	+	-	+
Дифференциальная (конечно-разностная) модель оптимального управления	-	частично	+	-	-

**Обобщенная технология оценивания и управления
качеством (в т.ч. адекватностью) моделей (Цвиркун А.Д.,
Акинфиев В.К.).**

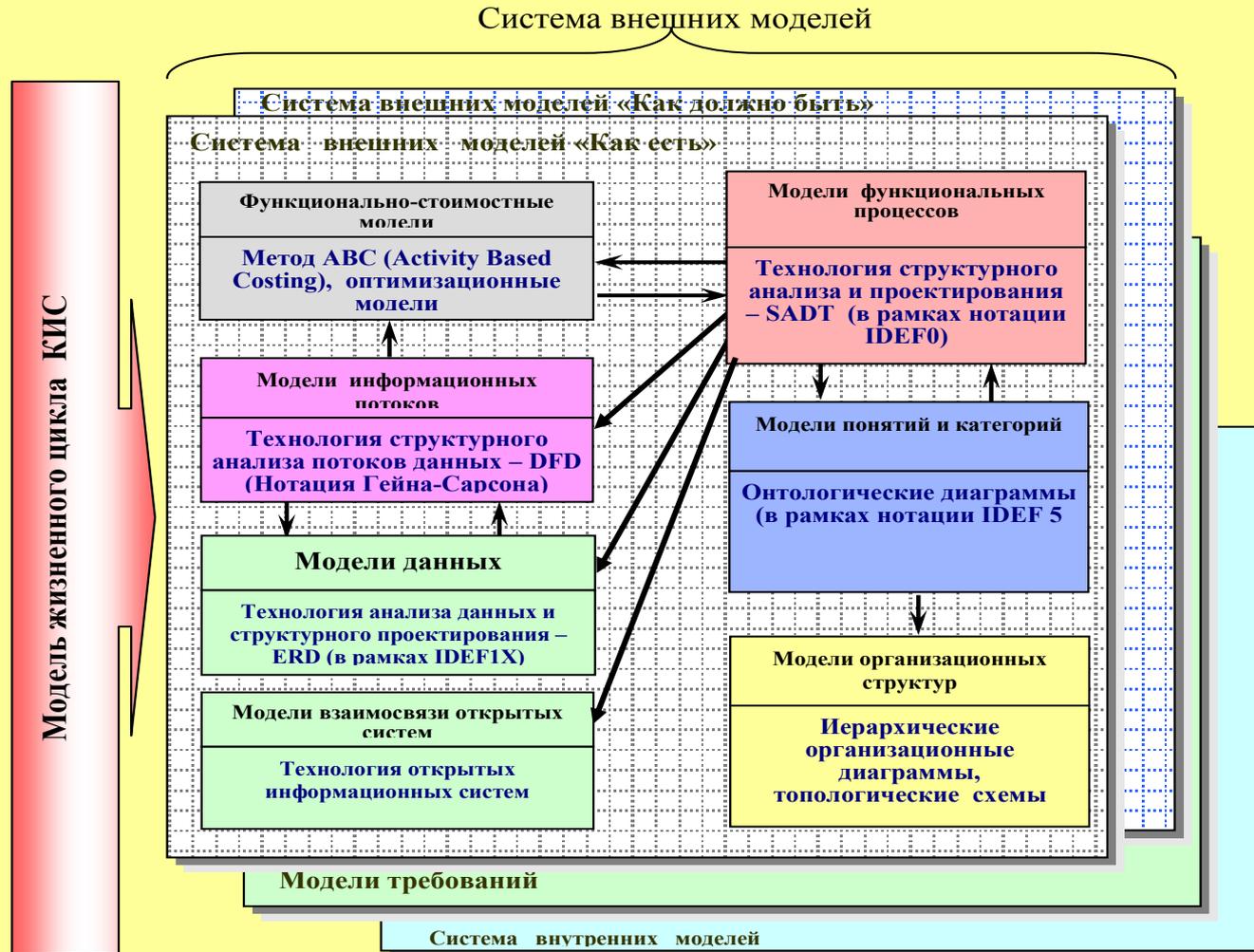
Модели УСД Сло						
Сценарии- взаимодей- ствия моделей	$f_0^{(a)} \rightarrow \text{extr}_{\Delta^{(a)}}$	$f_0^{(a)} \rightarrow \text{extr}_{\Delta^{(u)}}$	$f_0^{(a)} \rightarrow \text{extr}_{\Delta^{(a)} \cap \Delta^{(u)}}$	$f_0^{(u)} \rightarrow \text{extr}_{\Delta^{(a)}}$	$f_0^{(u)} \rightarrow \text{extr}_{\Delta^{(u)}}$	$f_0^{(u)} \rightarrow \text{extr}_{\Delta^{(a)} \cap \Delta^{(u)}}$
$\text{АОМ} \rightarrow \text{АН} \rightarrow \text{К}$ 	+					
$\text{ИОМ} \rightarrow \text{АН} \rightarrow \text{К}$ 				+	+	+
$\text{АОМ} \rightarrow \text{ИОМ} \rightarrow \text{АН} \rightarrow \text{К}$ 		+	+			
$(\text{АОМ} \subset \text{ИОМ}) \rightarrow \text{АН} \rightarrow \text{К}$ 			+			
$(\text{ИОМ} \subset \text{АОМ}) \rightarrow \text{АН} \rightarrow \text{К}$ 			+		+	+
$\left(\begin{array}{c} \text{АОМ}_1 \\ \cup \\ \text{ИОМ} \\ \cap \\ \text{АОМ}_2 \end{array} \right) \rightarrow \text{АН} \rightarrow \text{К}$ 				+	+	+

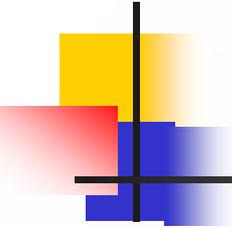
Обобщенная технология оценивания и управления качеством (в т.ч. адекватностью) моделей (Рыбина Г.В.)

Метод вычислительного интеллекта и интеллектуальные системы на его основе	Комбинация		
	из двух методов	из трёх методов	из четырёх методов
Системы нечёткого вывода Fzelips 6.04 Matlab	Нечёткие нейронные сети	Нечёткие нейронные вероятностные сети	Нечёткая вероятностная нейронная сеть с использованием генетического алгоритма (*)
Нейронные сети Neurosolution 3.0	Системы нечёткого и вероятностного вывода Gugu	Вероятностные нейронные сети с использованием генетического алгоритма (*)	–
Вероятностные рассуждения. Экспертная система Prospector	Системы нечёткого вывода с использованием генетического алгоритма	Нечёткие нейронные сети с использованием генетического алгоритма Fungen 1.2	–
Генетические алгоритмы Professional Version 1.2	Вероятностные нейронные сети Trajan 2.1 Matlab	Системы нечёткого вероятностного вывода с использованием генетического алгоритма (*)	–
NeuroGenetic Optimezer	Нейронные сети с использованием генетических алгоритмов		
	–	–	
	Системы вероятностного вывода с использованием генетических алгоритмов	–	–

Технологии комплексного моделирования сложных объектов и процессов (Калянов Г.Н.)

Система модельного проектирования КИС

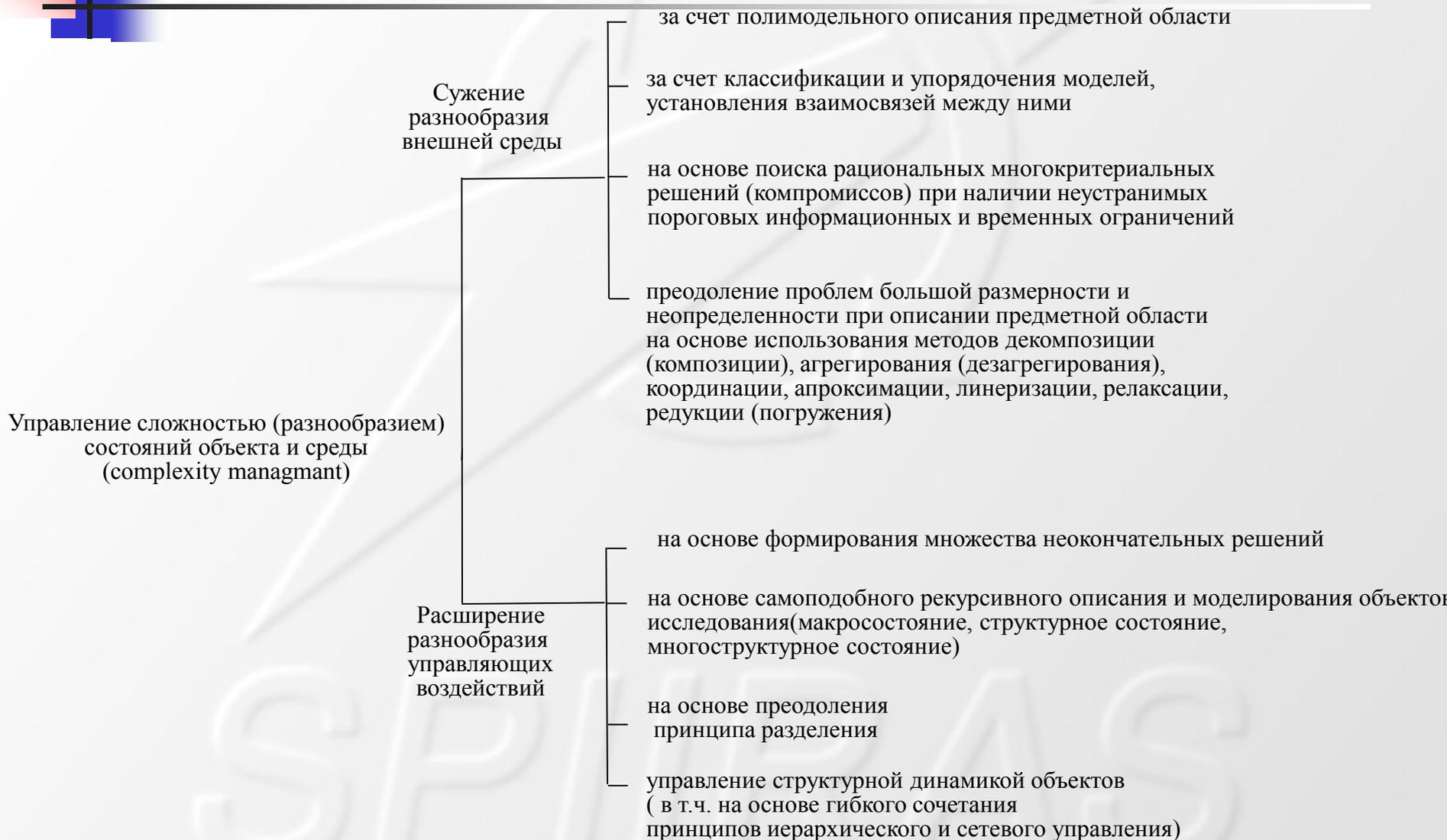




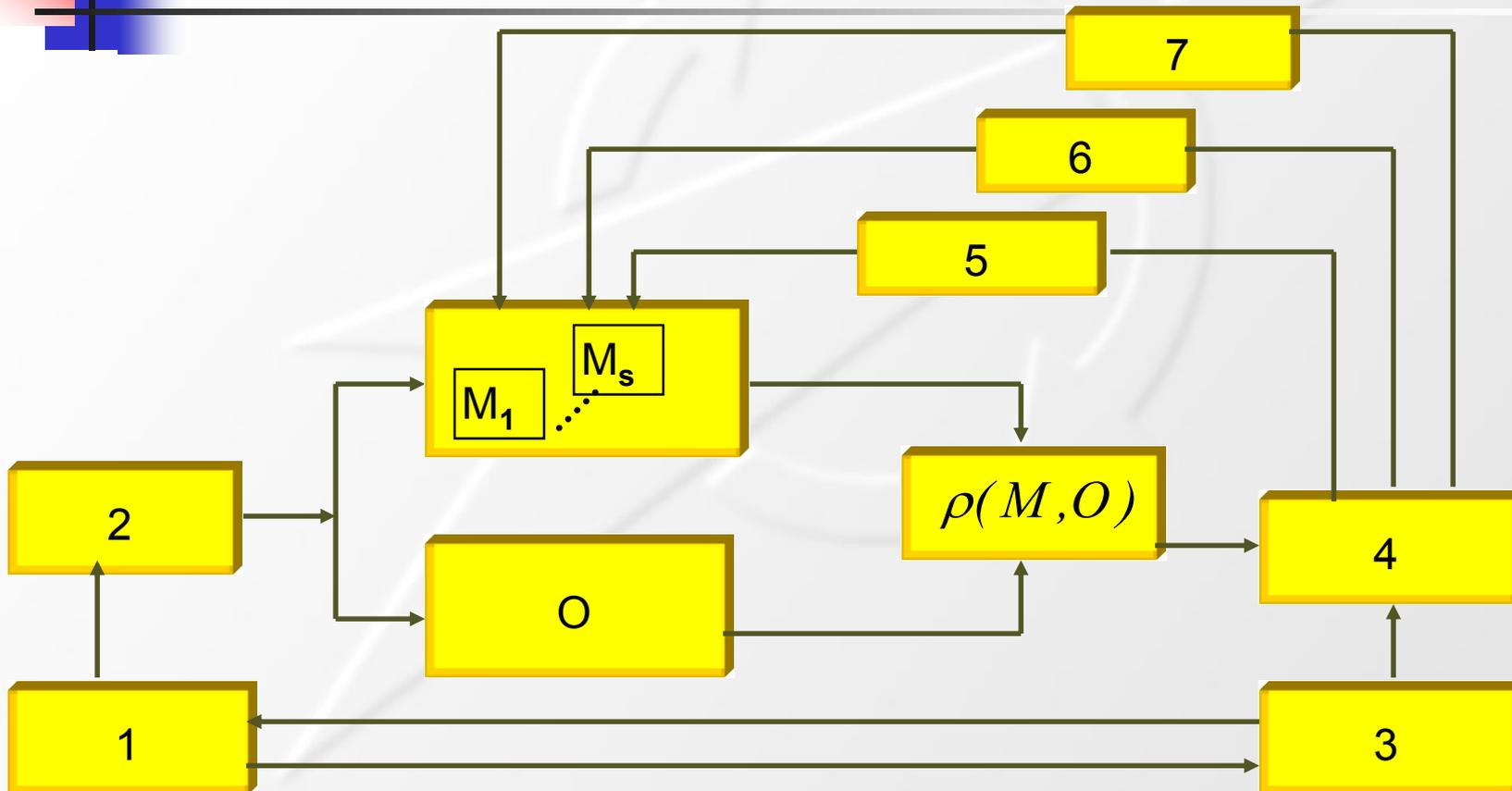
Варианты оценивания сложности взаимодействия двух моделей ПМК

- При оценивании сложности взаимодействия двух разнородных моделей ПМК к оценкам сложности модели должны добавляться функции перевода с языка одной модели на язык другой, как прямые, так и обратные при двустороннем взаимодействии. Этой идее отвечает формула:
- Сложность взаимодействия двух моделей = сложность модели 1 + сложность модели 2 + сложность перевода (1, 2) + сложность перевода (2, 1).
- При одностороннем взаимодействии сложность одного из переводов исключается из формулы.

Возможные пути управления сложностью (разнообразием)

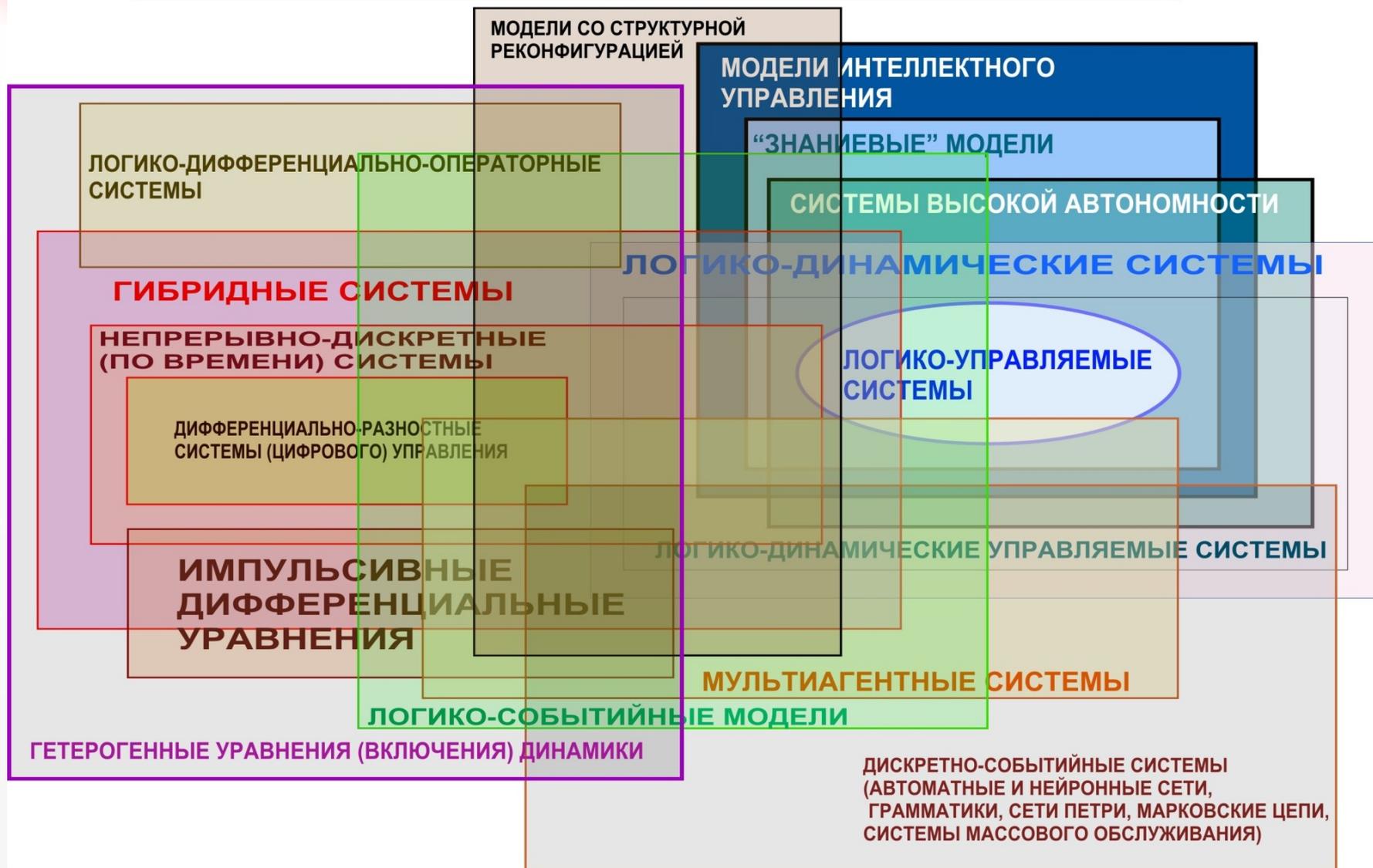


Обобщенная технология оценивания и управления качеством (в т.ч. адекватностью) моделей (Растрюгин Л.А).



- 1 - Формирование целей функционирования объекта;
- 2 - Формирование входных сигналов;
- 3 - Формирования целей моделирования;
- 4 - Управление качеством модели;
- 5,6,7 - управление параметрами, структурой, концептуальным описанием

“ОКРЕСТНОСТЬ” ЛОГИКО-УПРАВЛЯЕМЫХ СИСТЕМ В “ПРОСТРАНСТВЕ” МОДЕЛЕЙ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ





**Динамическая интерпретация
процессов управления развивающейся ситуацией**

Зимин И.Н., Иванюков Ю.П., Калинин В.Н., Лернер А.Я. (1971)

$$\frac{dx_i^{(o)}}{dt} = \dot{x}_i^{(o)} = u_i^{(o)} \gamma_+(a_i^{(o)} - x_i^{(o)}) \left[\prod_{\alpha \in \Gamma_{i1}^-} \gamma_-(x_\alpha^{(o)} - a_\alpha^{(o)}) + \sum_{\beta \in \Gamma_{i2}^-} \gamma_-(x_\beta^{(o)} - a_\beta^{(o)}) \right]$$

$$x_i^{(o)}(t_0) = 0; x_i^{(o)}(t_f) = a_i^{(o)}; 0 \leq u_i^{(o)} \leq b_i^{(o)}; J = \sum_{i=1}^n (a_i^{(o)} - x_i^{(o)}(t_f))^2 + \int_{t_0}^{t_f} \varphi(u(\tau)) d\tau;$$

Моисеев Н.Н. (1975)

$$\dot{x}_i^{(o)} = u_i^{(o)}; c_i = x_i^{(o)} \left[\prod_{\alpha \in \Gamma_{i1}^-} (a_\alpha^{(o)} - x_\alpha^{(o)}) + \sum_{\beta \in \Gamma_{i2}^-} (a_\beta^{(o)} - x_\beta^{(o)}) \right] = 0$$

$$x_i^{(o)}(t_0) = 0; x_i^{(o)}(t_f) = a_i^{(o)}; 0 \leq u_i^{(o)} \leq b_i^{(o)}; J_p = J + \int_{t_0}^{t_f} \sum_{i=1}^n \lambda_i c_i(\tau) d\tau;$$

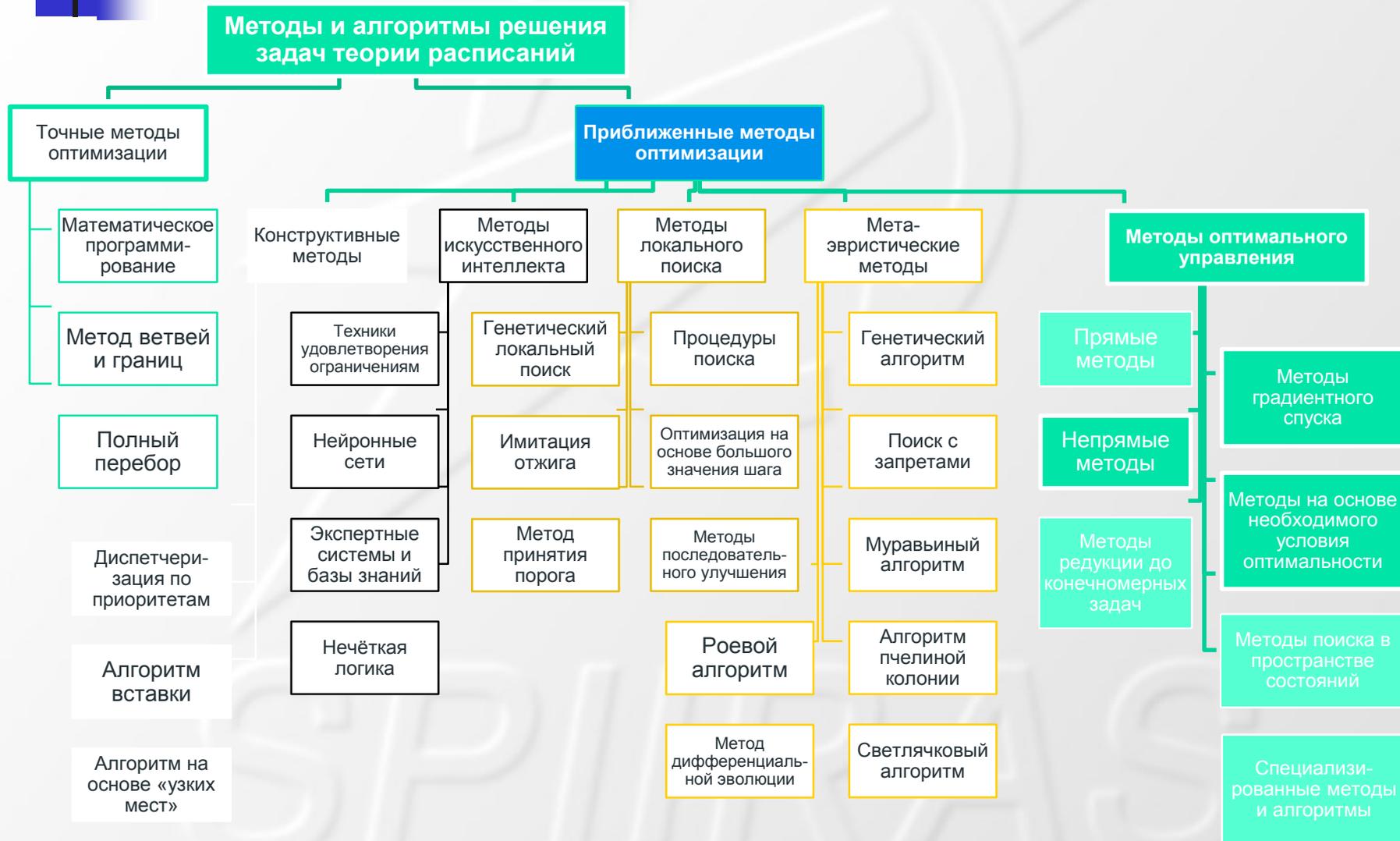
Предлагаемый подход

$$\dot{x}_i^{(o)} = u_i^{(o)}; \dot{x}_i^{(n)} = u_i^{(n)}; u_i^{(o)} \left[\prod_{\alpha \in \Gamma_{i1}^-} (a_\alpha^{(o)} - x_\alpha^{(o)}) + \sum_{\beta \in \Gamma_{i2}^-} (a_\beta^{(o)} - x_\beta^{(o)}) \right] = 0$$

$$u_i^{(o)}(t_0) \in \{0,1\}; 0 \leq u_i^{(n)} \leq b_i^{(o)} u_i^{(o)}; x_i^{(o)}(t_0) = 0; x_i^{(o)}(t_f) = a_i^{(o)};$$

$$J = \sum_{i=1}^n (a_i^{(o)} - x_i^{(o)}(t_f))^2 + \int_{t_0}^{t_f} \varphi(u(\tau)) d\tau.$$

Место разрабатываемых методов и алгоритмов решения задач синтеза технологий и проактивного управления СЛО



Задачи I класса (задачи параметрической и структурной адаптации моделей

проактивного управления СЛО.

$$I_{\tilde{\alpha}}^{<t,w>} \left(J_{\tilde{\beta}}^{<t,w>}, G_{\chi}^{<t,w>}, H^{<t,w>}, t \in (t_0, t_f) \right) \rightarrow \underset{W^{<t>} \subseteq \Delta_1^{(g)}}{\text{extr}}$$

$$\Delta_1^{(g)} = \left\{ W^{<t>} \mid H^{<t,w>} : M^{<t,w>} \times W^{<t>} \times N^{<t>} \rightarrow M^{<t,w>}, W^{<t>} = W_1^{<t>} \times W_2^{<t>} \times W_3^{<t>} \right\}$$

$$R_{<1,\gamma_1>}^{<t,w>}(M^{<t,w>}, W^{<t>}, N^{<t>}) \leq \tilde{R}_{<1,\gamma_1>}, \gamma_1 \in \{1, \dots, I_1\}$$

где $I_{\tilde{\alpha}}^{<t,w>}$ — обобщенный показатель качества моделей и полимодельных комплексов (ПМК), описывающих СПУ КФС; $\tilde{\alpha}$ — индекс, характеризующий вариант свертки частных показателей качества моделей и ПМК (например, показателей адекватности, точности, гибкости, сложности и т.п. моделей)

$\tilde{\alpha} \in A$ — множество вариантов скаляризации (свертки) показателей качества моделей;

$J_{\tilde{\beta}}^{<t,w>}$ — соответственно обобщенные показатели качества синтеза технологии и проактивного управления СЛО, рассчитанные с использованием разработанных в диссертации моделей, ПМК ПрО, а также значения которых получены путем прямых либо косвенных измерений характеристик (параметров) состояний реальных КФС,

$G_{\chi}^{<t,w>}$ — динамический альтернативный мультиграф вида (1),

$H^{<t,w>}$ — оператор итеративного конструирования моделей, $\Delta_1^{(g)}$ — множество допустимых значений параметров адаптации моделей, полимодельных комплексов (ПМК) и ПрО

$R_{<1,\gamma_1>}^{<t,w>}(M^{<t,w>}, W^{<t>}, N^{<t>}) \leq \tilde{R}_{<1,\gamma_1>}$ — множество ограничений, накладываемых на процессы адаптации моделей, ПМК и ПрО

$\tilde{R}_{<1,\gamma_1>}$ — заданные константы; γ_1 — текущий номер ограничений; $\{1, \dots, I_1\}$ — множество номеров ограничений, определяющих множество допустимых альтернатив $\Delta_1^{(g)}$.

Задачи II класса (задачи синтеза технологий и программ проактивного управления

СЛО).

$$J_{\tilde{\beta}}^{\langle t,w \rangle} \left(X_{\chi}^{\langle t,w \rangle}, F_{\chi}^{\langle t,w \rangle}, Z_{\chi}^{\langle t,w \rangle}, E_{\langle \chi, \chi' \rangle}^{\langle t,w \rangle}, V^{\langle t,w \rangle}, t \in (t_0, t_f] \right) \rightarrow \langle V^{\langle t,w \rangle}, S_{\delta}^{\langle t_f \rangle} \rangle \in \Delta_2^{(g)}$$

$$\Delta_2^{(g)} = \left\{ \langle V^{\langle t,w \rangle}, S_{\delta}^{\langle t_f \rangle} \rangle \mid R_{\langle 2, \gamma_2 \rangle}^{\langle t,w \rangle} \left(X_{\chi}^{\langle t,w \rangle}, F_{\chi}^{\langle t,w \rangle}, Z_{\chi}^{\langle t,w \rangle}, E_{\langle \chi, \chi' \rangle}^{\langle t,w \rangle}, V^{\langle t,w \rangle}, t \in (t_0, t_f] \right) \leq \tilde{R}_{\langle 2, \gamma_2 \rangle} \right\}$$

$$V^{\langle t,w \rangle} = U^{\langle t,w \rangle} \times E^{\langle t \rangle}, \gamma_2 \in \{1, \dots, \Gamma_2\}$$

где $J_{\tilde{\beta}}^{\langle t,w \rangle}$ — обобщенный показатель качества синтеза технологии и проактивного управления СЛО, который рассчитывается с использованием предлагаемых в диссертации моделей, ПМК, а также ПрО

$V^{\langle t,w \rangle}$ — множество входных воздействий, образованное на декартовом произведении множества допустимых управляющих воздействий $U^{\langle t,w \rangle}$ и множества возможных воздействий $E^{\langle t \rangle}$.

$\tilde{\beta}$ — индекс, характеризующий вариант свертки частных показателей качества синтеза технологий и программ проактивного управления КФС, а также ПрО;

$\tilde{\beta} \in B$ — множество вариантов скаляризации (свертки) частных показателей качества проактивного управления СЛО;

$\Delta_2^{(g)}$ — множество допустимых динамических альтернатив (множество структур и параметров СПУ КФС, множество технологий и программ управления КФС, множество ПрО)

$S_{\delta}^{\langle t_f \rangle}$ — множество конечных (требуемых) допустимых многоструктурных макросостояний;

$R_{\langle 2, \gamma_2 \rangle}^{\langle t,w \rangle} \left(X_{\chi}^{\langle t,w \rangle}, F_{\chi}^{\langle t,w \rangle}, Z_{\chi}^{\langle t,w \rangle}, E_{\langle \chi, \chi' \rangle}^{\langle t,w \rangle}, V^{\langle t,w \rangle}, t \in (t_0, t_f] \right) \leq \tilde{R}_{\langle 2, \gamma_2 \rangle}$ — множество ограничений,

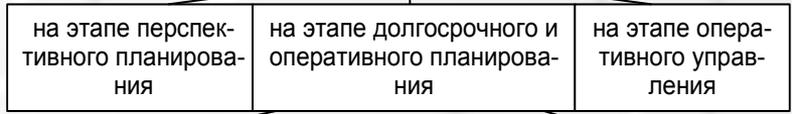
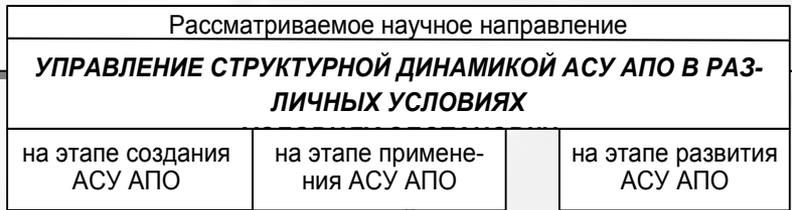
накладываемых на процессы синтеза технологий и программ проактивного управления КФС

$\tilde{R}_{\langle 2, \gamma_2 \rangle}$ — заданные константы; γ_2 — текущий номер ограничений; $\{1, \dots, \Gamma_2\}$ — множество номеров ограничений определяющих множество допустимых альтернатив $\Delta_2^{(g)}$

Прикладная теория проактивного управления структурной динамикой СЛО

Основные особенности построения современных АСУ АПО с перестраиваемой структурой

- многоцелевой характер функционирования современных АПО;
- мобильность основных элементов и подсистем АСУ АПО;
- избыточность основных элементов и подсистем АСУ АПО и связей между ними;
- структурное подобие элементов и подсистем АСУ АПО, находящихся на различных уровнях системы управления;
- многовариантность реализации функций управления на каждом из уровней АСУ АПО, использование гибких технологий управления;
- наличие унифицированных технических средств АСУ, объединённых в типовые вычислительные модули, КСА;
- наличие пространственно распределённой многоконтурной интегральной сети обмена данными



Решаемая проблема

РАЗРАБОТКА НАУЧНЫХ ОСНОВ КОМПЛЕКСНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ И УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРАМИ АСУ АПО

концепции: системного анализа и моделирования, современной теории управления сложными динамическими системами с перестраиваемой структурой

принципы: программно-целевого управления системного моделирования, внешнего дополнения, необходимого разнообразия, погружения

подходы: интегративный, категорийно-функторный, структурно-

требования: системного подхода к организации процессов управления, адекватности, универсальности и проблемной ориентации, гибкости (адаптивности), унификации; простоты и доступности

Классы решаемых задач комплексного планирования операций и управления структурами АСУ АПО

Задачи класса А (формулировка). Для заданных исходных данных найти совместные оптимальные планы целевого применения АПО, варианты программного управления структурами АСУ АПО и режимами её функционирования

Задачи класса Б (формулировка). Для заданных планов целевого применения АПО, заданных ИД найти такие варианты программного управления структурами АСУ АПО и режимами её функционирования, при которых создаются наилучшие условия выполнения целевых задач АПО

Задачи вспомогательного класса С (формулировка). Для заданных исходных данных провести:

- оценку показателей целевых и информационно-технологических возможностей АСУ АПО;
- оценку структурной управляемости, устойчивости АСУ АПО;
- точное и приближённое агрегирование структур АСУ АПО;
- анализ вариантов деградации и реконфигурации структур АСУ АПО, выявить наиболее существенные факторы, влияющие на результаты целевого применения АСУ АПО

Возможные варианты управления структурами АСУ АПО

- изменение способов и целей функционирования АСУ АПО, их содержания, последовательности выполнения в различных условиях обстановки;
- перераспределение функций, задач и алгоритмов управления между уровнями АСУ АПО;
- управление резервами АСУ АПО;
- реконфигурация структур АСУ АПО;
- перемещение в пространстве отдельных элементов и подсистем АСУ АПО

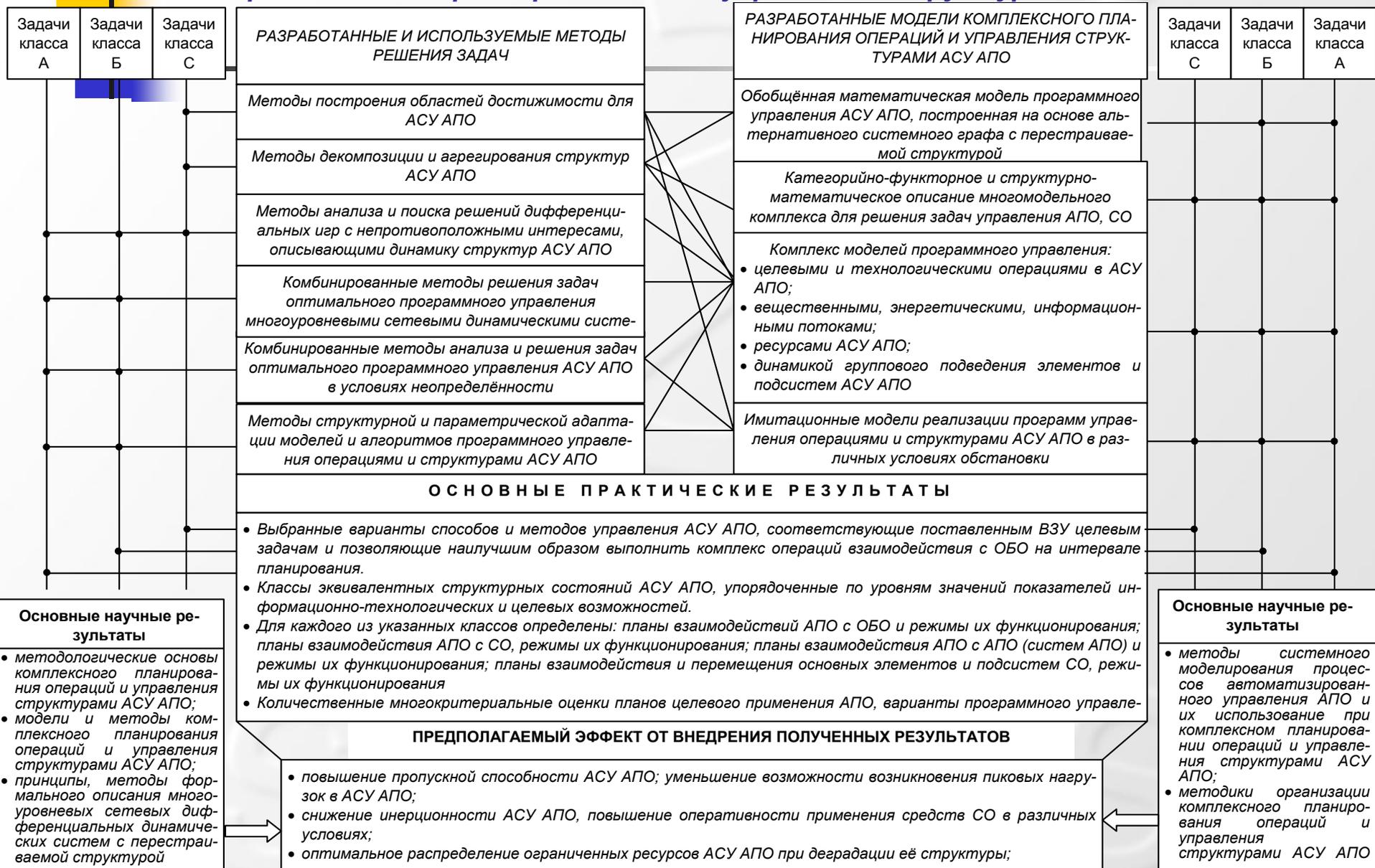
Исходные данные

- состав, структура АСУ АПО, множество вариантов взаимосвязей основных её элементов, подсистем структур;
- пространственно-временные, технические и технологические ограничения, связанные с функционированием АСУ АПО;
- множество способов и методов управления основными элементами, подсистемами и структурами АСУ АПО;
- интервал планирования (программного управления)

Исходные данные

- возможные варианты воздействия внешней среды на АСУ АПО;
- цели и задачи, стоящие перед АСУ АПО на заданном интервале времени;
- показатели и критерии оценки качества планирования и управления основными элементами и подсистемами АСУ АПО

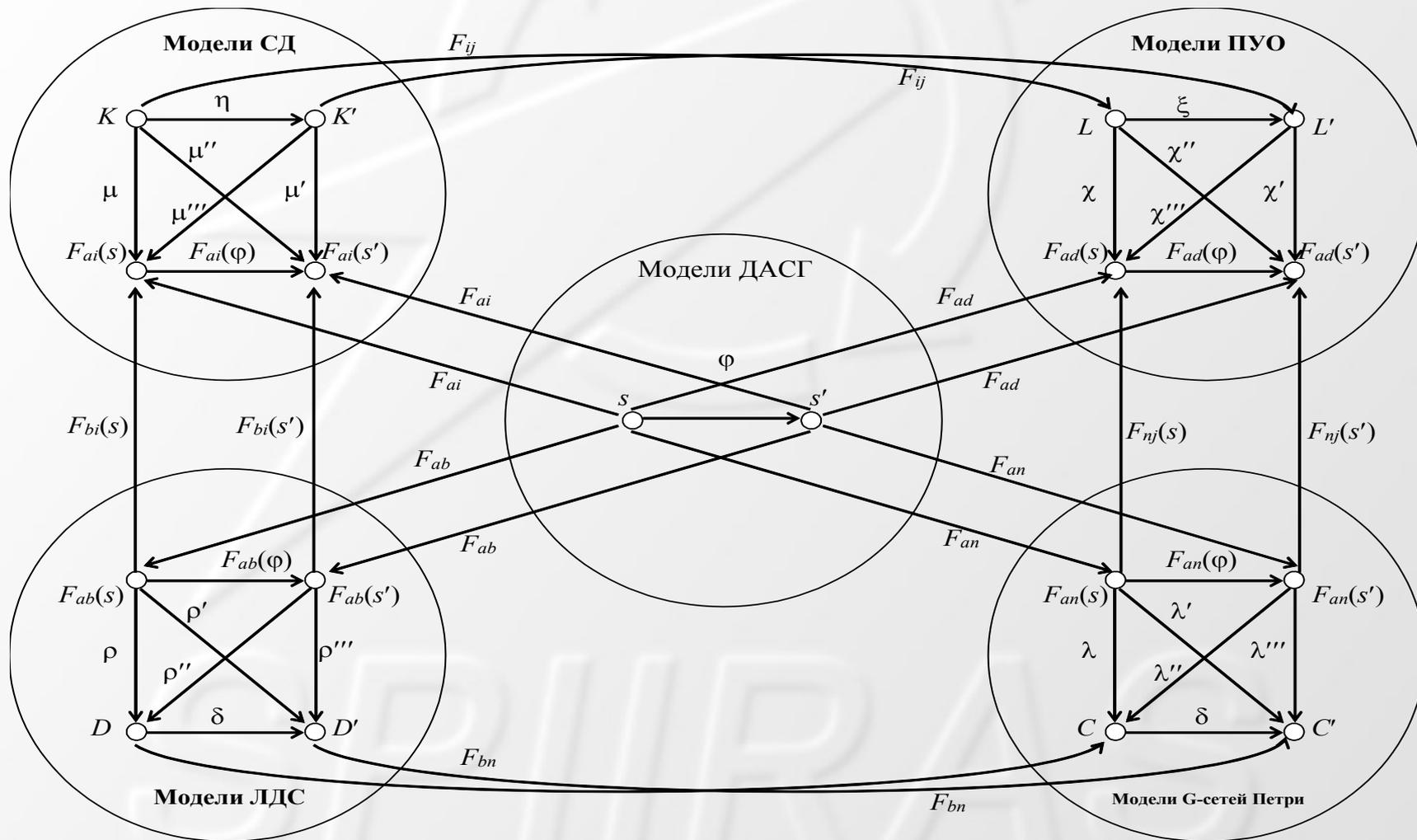
Прикладная теория проактивного управления структурной динамикой СЛО



Теория проактивного управления жизненным циклом сложных объектов		
№	Фундаментальные научные результаты, полученные в классической кибернетике	Новые научные результаты, которые привносятся авторами в современную информатику
1	Условия управляемости, достижимости и наблюдаемости в задачах управления динамическими системами	Математический аппарат (модели, методы, алгоритмы) решения задач проверки реализуемости технологии комплексных планов проактивного управления информационными процессами в промышленном Интернете. Выявление основных факторов (ограничений), влияющих на показатели, оценивающие эффективность проактивного управления ЖЦ сложных объектов
2	Условие существования и единственности оптимального управления динамическими системами	Математический аппарат (модели, методы, алгоритмы) решения задач оценивания возможности получения оптимальных решений в задачах синтеза технологии и комплексных планов управления информационными процессами в промышленном Интернете
3	Необходимые и достаточные условия оптимальности в задачах управления динамическими системами	Математический аппарат (модели, методы, алгоритмы) решения задач формирования структуры технологии комплексных планов проактивного управления информационными процессами в промышленном Интернете
4	Методы и алгоритмы решения задач оптимального управления динамическими системами	Математический аппарат (модели, методы, алгоритмы) решения задач автоматизации комплексного планирования (на уровне автоматизированных систем) управления предприятием, производственными технологическими процессами, проектирования производства), мониторинга, оперативного управления координации информационных процессов в промышленном Интернете
5	Условия устойчивости и чувствительности в задачах управления динамическими системами	Математический аппарат (модели, методы, алгоритмы) решения задач оценивания устойчивости (чувствительности) синтезированных технологии комплексных планов проактивного управления информационными процессами в промышленном Интернете к возможным возмущающим воздействиям, изменению состава и структуры исходных данных

Полиmodelьное описание и комплексное моделирование

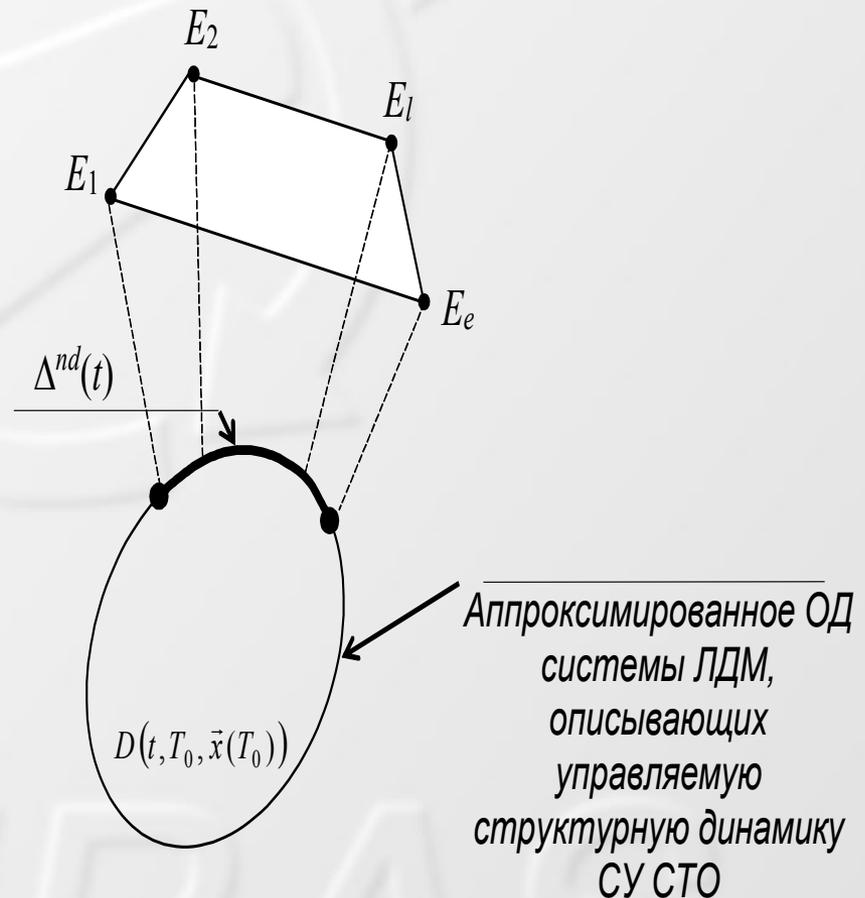
СЛО



Обобщенная процедура решения задач выбора программ управления структурной динамикой СЛО и его ЦД

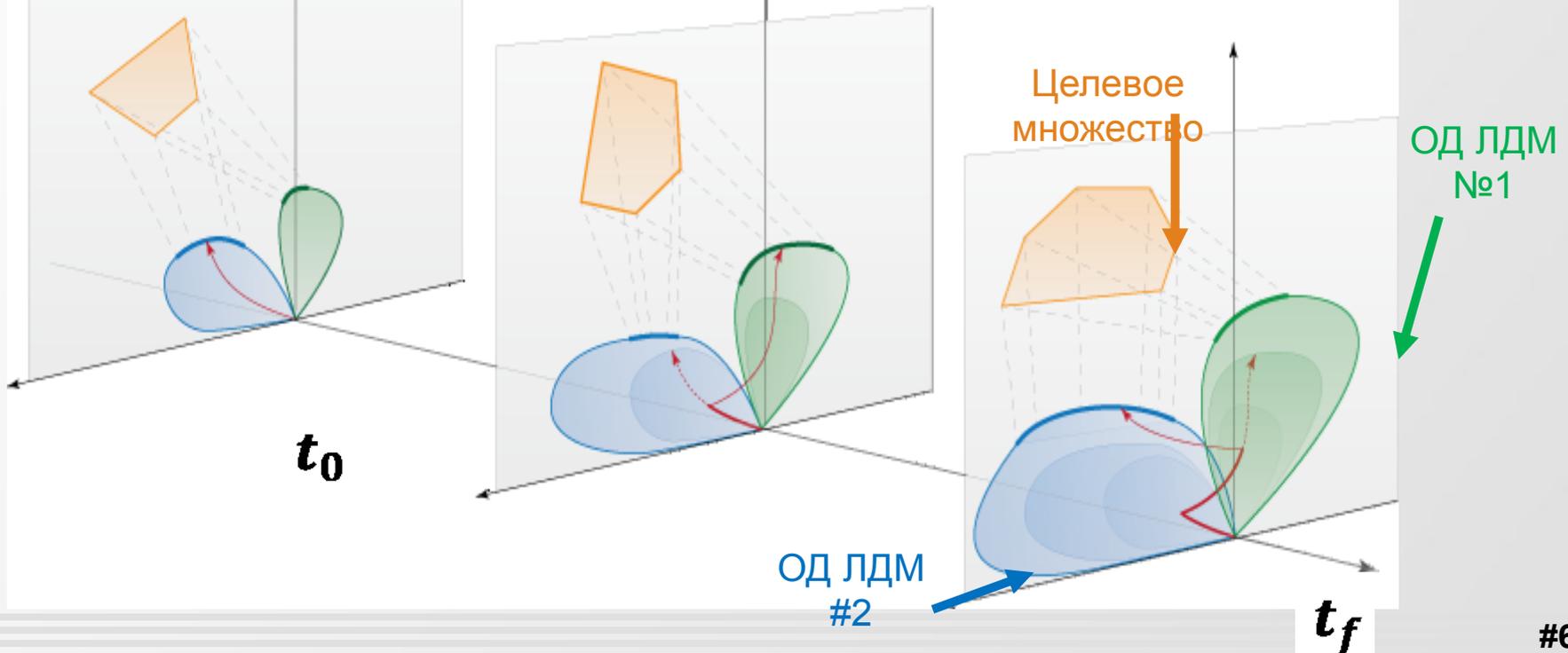
На первой фазе осуществляется формирование (генерирование) допустимых вариантов многоструктурных макросостояний СЛО (ЦД) или, по-другому, структурно-функциональный синтез нового облика СЛО (ЦД), соответствующего складывающейся (прогнозируемой) обстановке

Ортогональное проектирование целевого множества на ОД позволяет получить множество допустимых вариантов многоструктурных макросостояний СЛО (множество В. Парето)

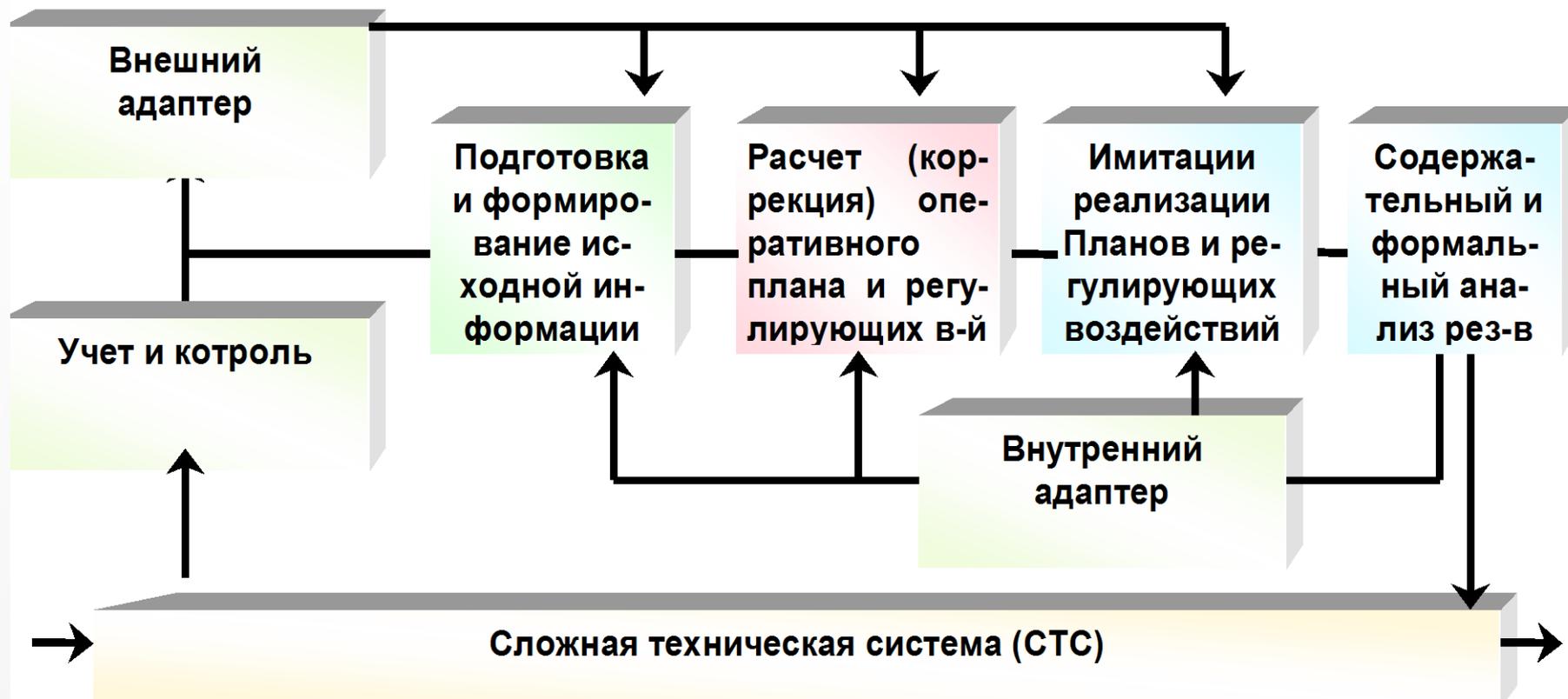


Обобщенная процедура решения задач выбора программ управления структурной динамикой СЛО и его ЦД

На второй фазе проводится выбор конкретного варианта многоструктурного макросостояния СЛО (ЦД) с одновременным синтезом (построением) адаптивных планов (программ) управления переходом СЛО (ЦД) из текущего в требуемое (выбранное) макросостояние. При этом рассматриваемые планы должны обеспечивать такое эволюционное развитие СЛО, при котором наряду с реализацией программ перехода из соответствующих макросостояний предусматривается одновременно и реализация программ устойчивого управления СЛО (ЦД) в промежуточных многоструктурных макросостояниях.



Обобщенная технология параметрической и структурной адаптации аналитико-имитационных моделей УСД Сло (Скурихин В.И.)



Обобщенная технология параметрической и структурной адаптации аналитико-имитационных моделей УСД Сло

Примеры решенных прикладных задач

Динамическая модель

Редактор модели
Загрузить модель
Построить план
Сохранить модель
Контроллинг

Расчёт показателей устойчивости

Варианты структур
Приоритет/Ресурсы/Сроки

1	0,3	0,2	0,5
2			
3			

Варианты сценариев
Производительность/вместимость

1	0,9	0,9
2	0,7	0,7
3	0,5	0,5

Диспетчерское решение
 FIFO LIFO NULL

Произвести расчёт Отмена

Таблица "минимакс"

	Структура №1	Структура №2	Структура №3
В идеале	42/11	41/12	37/12
Сценарий №1	40/10	38/12	35/9
Сценарий №2	38/7	35/6	29/7
Сценарий №3	27/5	21/4	18/5

Минимальный объём выполненных работ: 30
Минимальный объём переданной информации: 8

Очистить таблицу

Таблица результатов экспериментов

Алгоритм	DYN	DYN	FIFO	D
Интервал	10	10	10	11
Точность выполнения краевых условий	5,25	5,95	5,25	5,25
Точность обработки потоков информации	3,78	4,97	2,97	5,25
Равномерность загрузки ресурсов	0	0	0	0
Точность соблюдения директивных сроков	2,86	2,85	2,98	2
Качество обработки потока	0	0	0	0
Точность выполнения краевых условий реплика	7,7	11,2	9,1	9,1
Соблюдение сроков передачи информации	4,38	4,63	4,38	4,38
Общее число прерываний операций	10	11	10	9
Обобщённый показатель качества	16,3	18,4	15,6	15,6

Точность вычислений: 0,01

Закреть

Операции равномерно распределены по унифицированным ресурсам

Примеры решенных прикладных задач

Динамическая модель

Редактор модели
Загрузить модель
Построить план
Сохранить модель
Контроллинг
Расчёт показателей устойчивости

Варианты структур
Приоритет/Ресурсы/Сроки

1	0,3	0,2	0,5
2			
3			

Варианты сценариев
Производительность/вместимость

1	0,9	0,9
2	0,7	0,7
3	0,5	0,5

Диспетчерское решение
 FIFO LIFO NULL
Произвести расчёт Отмена

Таблица "минимакс"

	Структура №1	Структура №2	Структура №3
В идеале	42/11	41/12	37/12
Сценарий №1	40/10	38/12	35/9
Сценарий №2	38/7	35/6	29/7
Сценарий №3	27/5	21/4	18/5

Минимальный объём выполненных работ: 30
Минимальный объём переданной информации: 8
Очистить таблицу

Таблица результатов экспериментов

Алгоритм	DYN	DYN	FIFO	D
Интервал	10	10	10	11
Точность выполнения краевых условий	5,25	5,95	5,25	5,25
Точность обработки потоков информации	3,78	4,97	2,97	5,25
Равномерность загрузки ресурсов	0	0	0	0
Точность соблюдения директивных сроков	2,86	2,85	2,98	2
Качество обработки потока	0	0	0	0
Точность выполнения краевых условий реплика	7,7	11,2	9,1	9,1
Соблюдение сроков передачи информации	4,38	4,63	4,38	4,38
Общее число прерываний операций	10	11	10	9
Обобщённый показатель качества	16,3	18,4	15,6	15,6

Точность вычислений: 0,01

Закреть

Операции равномерно распределены по разнородным ресурсам

Примеры решенных прикладных задач

Динамическая модель

Редактор модели
Загрузить модель
Построить план
Сохранить модель
Контроллинг

Расчёт показателей устойчивости

Варианты структур
Приоритет/Ресурсы/Сроки

1	0,3	0,2	0,5
2			
3			

Варианты сценариев
Производительность/вместимость

1	0,9	0,9
2	0,7	0,7
3	0,5	0,5

Диспетчерское решение
 FIFO LIFO NULL

Произвести расчёт Отмена

Таблица "минимакс"

	Структура №1	Структура №2	Структура №3
В идеале	42/11	41/12	37/12
Сценарий №1	40/10	38/12	35/9
Сценарий №2	38/7	35/6	29/7
Сценарий №3	27/5	21/4	18/5

Минимальный объём выполненных работ: 30
Минимальный объём переданной информации: 8

Очистить таблицу

Таблица результатов экспериментов

Алгоритм	DYN	DYN	FIFO	D
Интервал	10	10	10	11
Точность выполнения краевых условий	5,25	5,95	5,25	5,25
Точность обработки потоков информации	3,78	4,97	2,97	5,25
Равномерность загрузки ресурсов	0	0	0	0
Точность соблюдения директивных сроков	2,86	2,85	2,98	2
Качество обработки потока	0	0	0	0
Точность выполнения краевых условий реплика	7,7	11,2	9,1	9,1
Соблюдение сроков передачи информации	4,38	4,63	4,38	4,38
Общее число прерываний операций	10	11	10	9
Обобщённый показатель качества	16,3	18,4	15,6	15,6

Точность вычислений: 0,01

Закреть

Операции сконцентрированы на группе наиболее производительных ресурсов



КВАЛИМЕТРИЯ МОДЕЛЕЙ И ПОЛИМОДЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Авторы: чл.-корр. РАН Юсупов Р.М., д.т.н. Микони С.В., д.т.н. Соколов Б.В.

Научные основы оценивания и управления качеством моделей и полимодельных комплексов

Методологические основы квалиметрии моделей

Концепции: системного моделирования, проактивного управления инвариантности состояния объекта моделирования и вычислительного процесса его описывающего

Принципы: поглощения разнообразия, внешней среды, самоподобного рекурсивного описания объектов моделирования, гомеостатического баланса взаимодействия

Требования, предъявляемые к моделям: адекватность, гибкость, адаптируемость, многофункциональность, унификация, самозащита, самоконтролируемость, самоуправляемость

Классы задач, решаемые при оценивании и управлении качеством моделей

Задачи анализа :

- классификация моделей;
- анализ адекватности сложности, чувствительности, управляемости, надежности, устойчивости моделей и метамodelей

Задачи наблюдения :

идентификация параметров, структур моделей, наблюдение за состоянием развивающейся ситуации

Задачи выбора :

многокритериальное упорядочение, выбор моделей, управление качеством моделей и полимодельных комплексов

Методы и модели решения задач квалиметрии моделей

Обобщенное описание моделей не только на программном уровне, но и на концептуальном, алгоритмическом и информационном уровне детализации

Комбинированные методы и алгоритмы многокритериального оценивания и управления качеством моделей

Полимодельные комплексы, построенные на основе традиционных аналитико-имитационных моделей, а также на основе технологии инженерии знаний, нейронных сетей, нечётких и генетических моделей и алгоритмов

Основополагающие подходы к решению проблемы:

✓ объектом исследования является развивающаяся ситуация, в состав которой входят: объект и субъекты моделирования, сама модель (полимодельный комплекс), а также внешняя среда;

✓ процесс моделирования объектов исследования интерпретируется как процесс управления развивающейся ситуации в условиях неопределённости

Фундаментальные научные результаты

Разработаны понятийно-терминологическая, методологическая база, компоненты новой прикладной теории - квалиметрии моделей и полимодельных комплексов

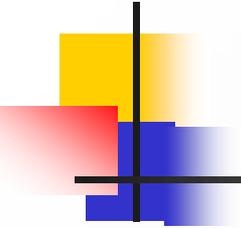
Практические результаты

Структура и принципы создания и использования интеллектуальных систем автоматизации процессов проектирования моделей.

Эффект от внедрения

Повышение обоснованности и качества проектных решений по созданию и применению программно-математического обеспечения информационных систем, а также снижение его стоимости.

Монография: Микони С.В., Соколов Б.В. Юсупов Р.М. Квалиметрия моделей и полимодельных комплексов. –М.: Наука, 2018г.



Примеры решения прикладных задач

SPIIRAS

Актуальность темы

В России ежегодно происходит от 40 до 68 кризисных наводнений. По данным Росгидромета, этим стихийным бедствиям подвержены около 500 тысяч км², наводнениям с катастрофическими последствиями - 150 тысяч км², где расположены порядка 300 городов, десятки тысяч населенных пунктов, большое количество хозяйственных объектов, более 7 млн. га сельхозугодий. Среднегодовой ущерб от наводнений оценивается примерно в 40 млрд. рублей в год.

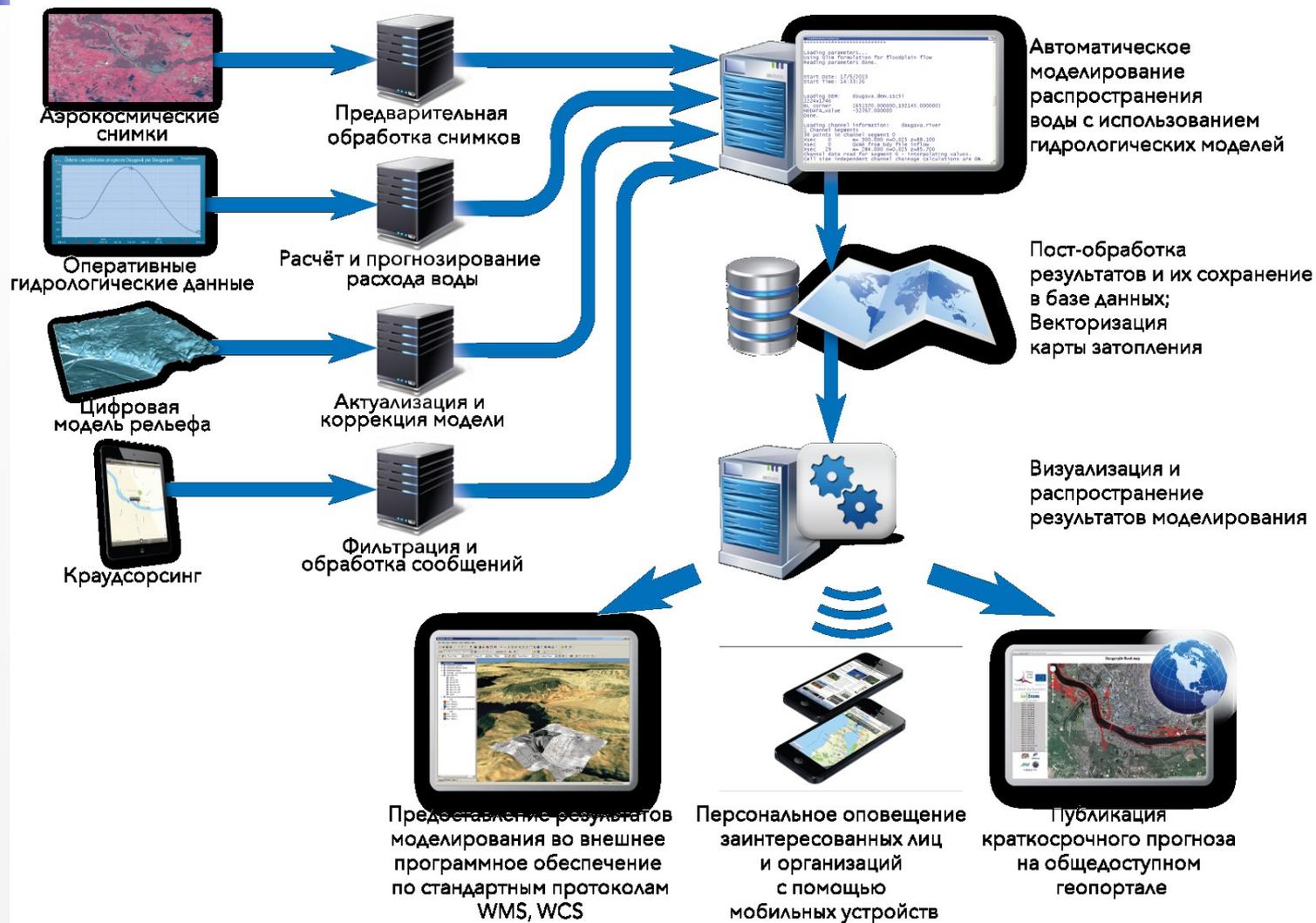
Задача: обеспечение безопасности населения и снижение экономических затрат на ликвидацию последствий природных и техногенных катастроф за счёт проведения мониторинга и прогнозирования ЧС.

В соответствии с ГОСТ Р 22.1.01-95, основными требованиями к процедурам прогнозирования ЧС являются:

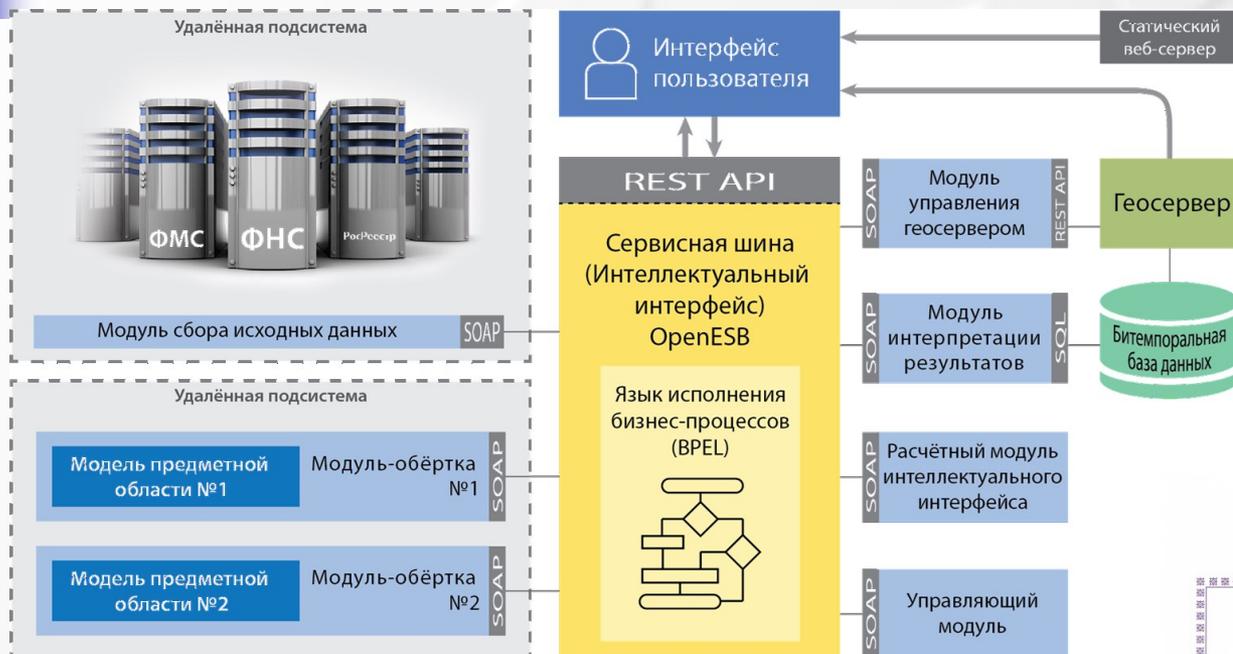
- ✓ обеспечение необходимой достоверности прогноза;
- ✓ обеспечение оперативности решения задач прогнозирования;
- ✓ достижение необходимой точности прогнозирования.



Обобщенная схема системы



Архитектура системы

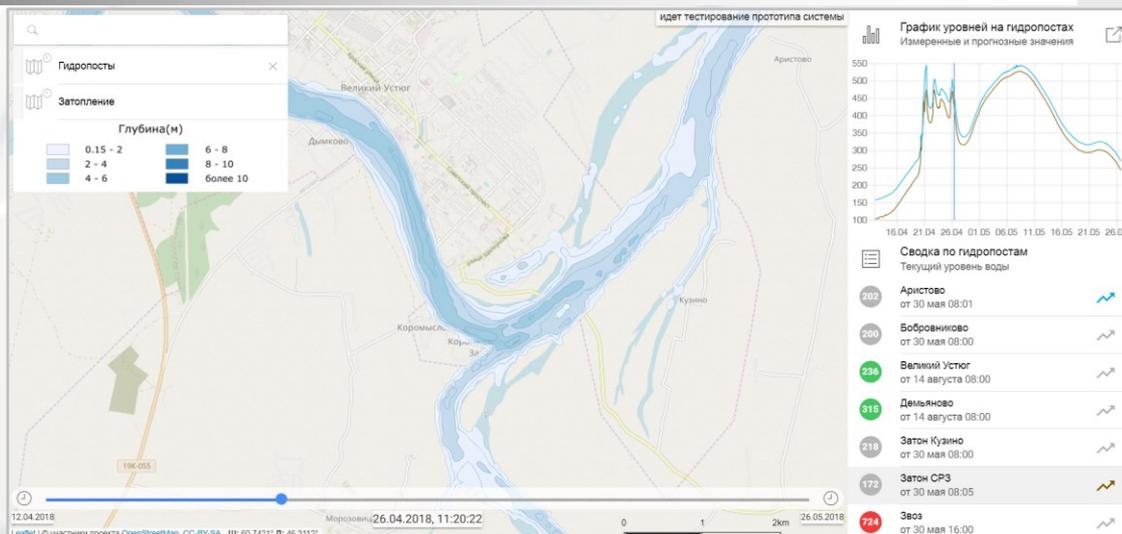


Сервис-ориентированный подход
Модульность
Открытость
Распределенность



Проект РНФ 17-11-01254, река Северная Двина

- автоматическая загрузка данных с гидропостов;
- автоматическая загрузка метеоданных;
- автоматическое формирование контуров зон и глубин затоплений с оперативным прогнозом;
- учет ледовых заторов;
- верификация результатов по космоснимкам (оптическим и радарным);
- оперативный анализ возможных ущербов;
- обеспечение доступа через геопортал и выгрузки результатов в сторонние системы;
- круглогодичный режим работы.



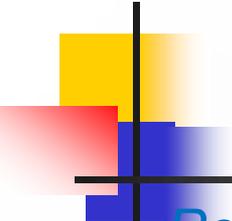
Интерфейс пользователя

Система может использоваться:

1. При текущем мониторинге и прогнозировании наводнений.
2. При разработке проектов определения границ зон затоплений и расчёте ущерба.
3. В качестве базовой платформы для создания единой информационной системы анализа гидрологической обстановки и опасных явлений.

Реализация 2018-2019 г.г.: Северная Двина





Режимы работы системы

1. *Режим автоматического круглогодичного мониторинга и прогнозирования.*

Система осуществляет автоматический сбор и обработку данных, отображает гидрологическую обстановку, проводит моделирование и размещает результаты на веб-портале. Не требует работы оператора.

2. *Режим сценарного моделирования.*

Оператор вводит в систему интересующие условия, система выполняет моделирование и размещает результаты на веб-портале. Моделируются заданные уровни воды на гидропостах и заторные явления.

3. *Режим поддержки принятия решений.*

При наличии в системе пространственных данных об объектах инфраструктуры региона, а также методик расчёта требуемых показателей, выполняется анализ потенциальных ущербов и автоматическое генерирование печатных отчётов по установленному образцу.

Комплекс моделей для бассейна р. Северная Двина и настройка их параметров

Модель формирования стока на водосборе

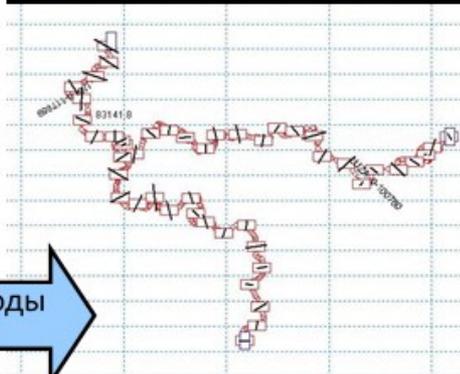
Одномерные гидродинамические модели

Двумерные гидродинамические модели

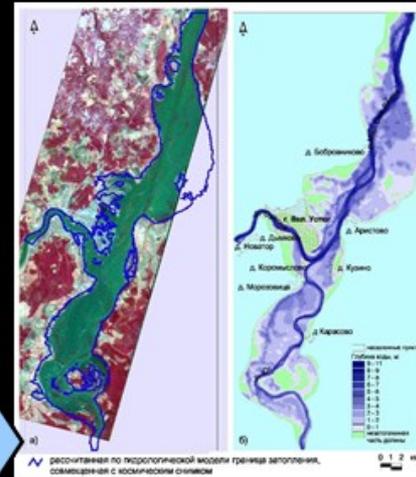
Температура, осадки, влажность воздуха



Расходы воды



Уровни и расходы

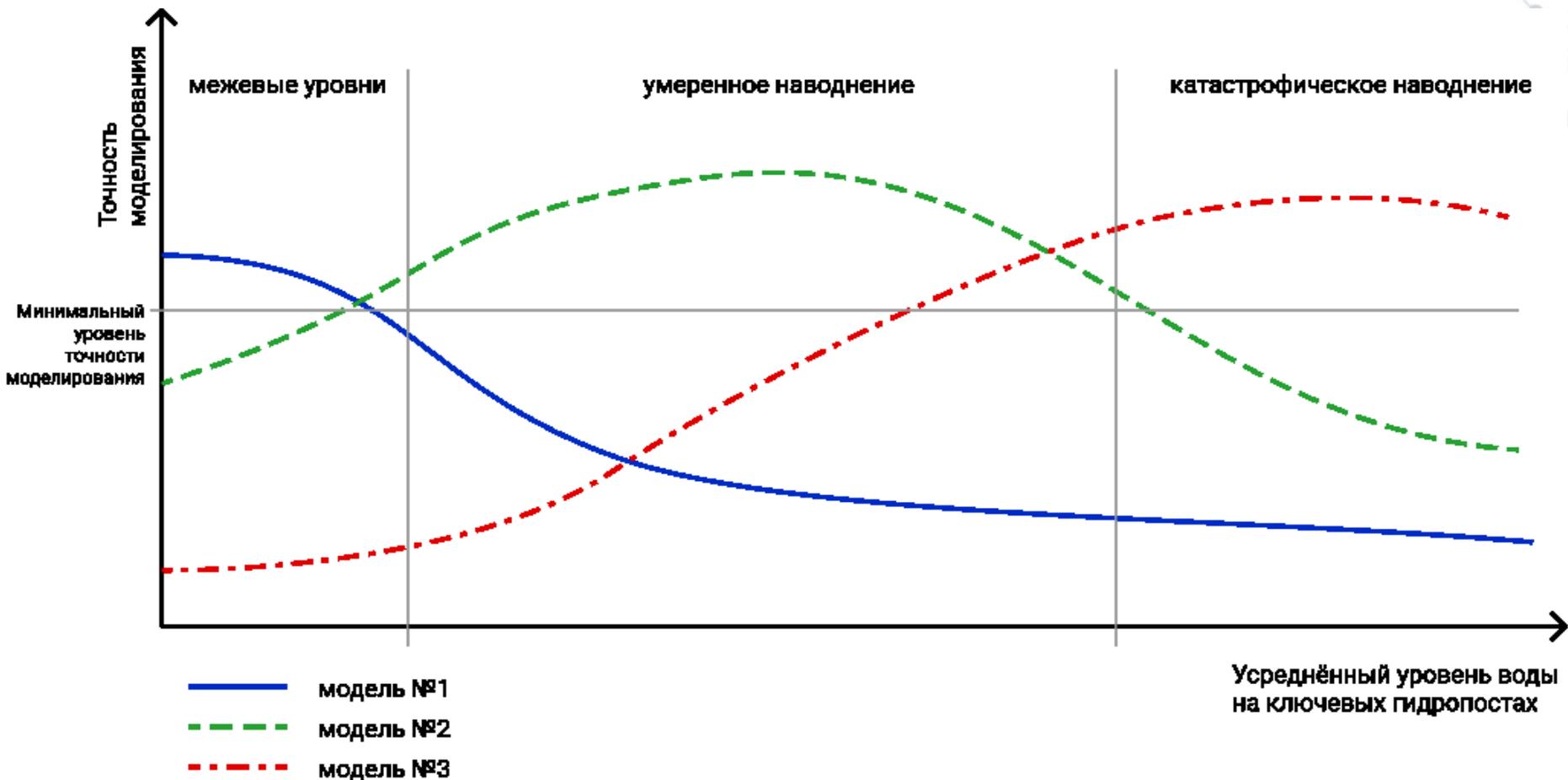


Условия	Участок применения	Добавочный коэффициент шероховатости	
Ледостав, включая заторов	ледоход, период	Русла рек	0.035
Катастрофически мощные заторы	ледовые	Затороопасные участки	0.100
Сильные заторы	ледовые	Затороопасные участки	0.075
Средние заторы	ледовые	Затороопасные участки	0.045
Небольшие заторы	ледовые	Затороопасные участки	0.045

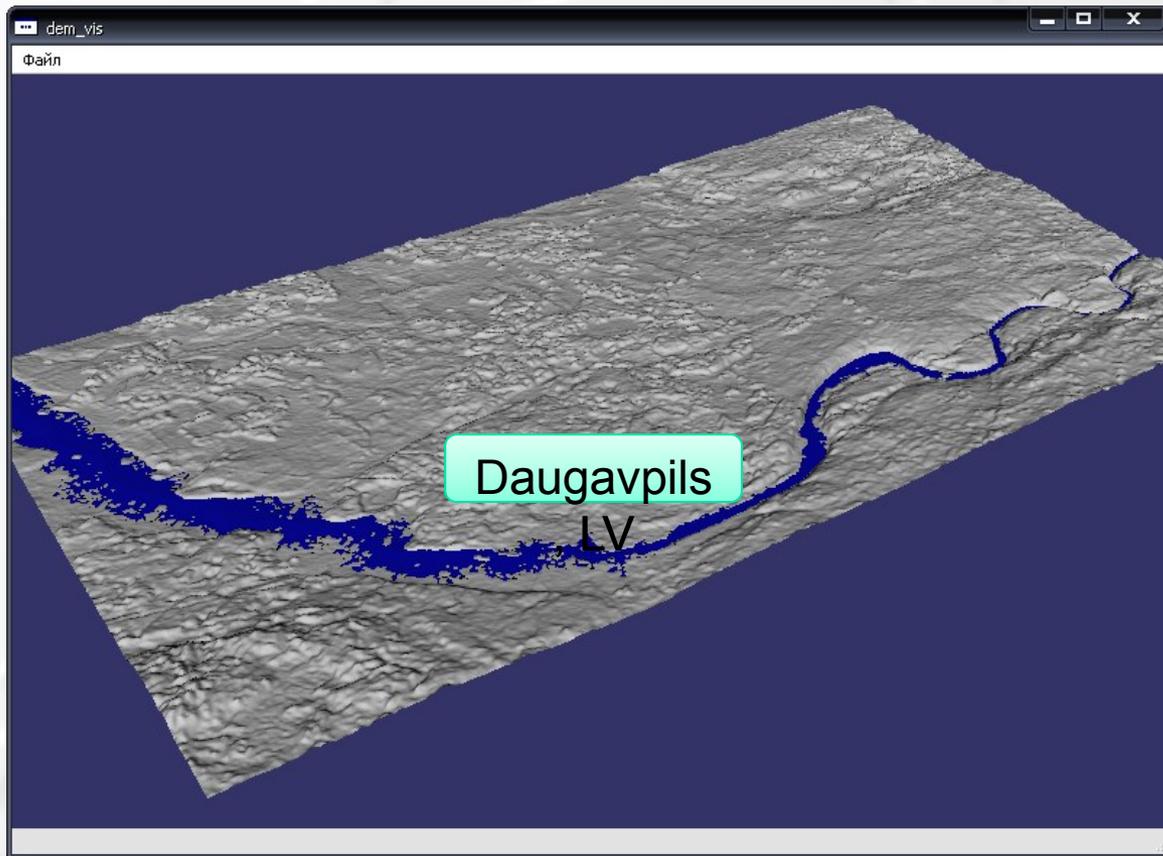


Уровни, глубины воды, границы затопления, скорости течения

Наглядная иллюстрация предлагаемого подхода



3D визуализация прогноза наводнения



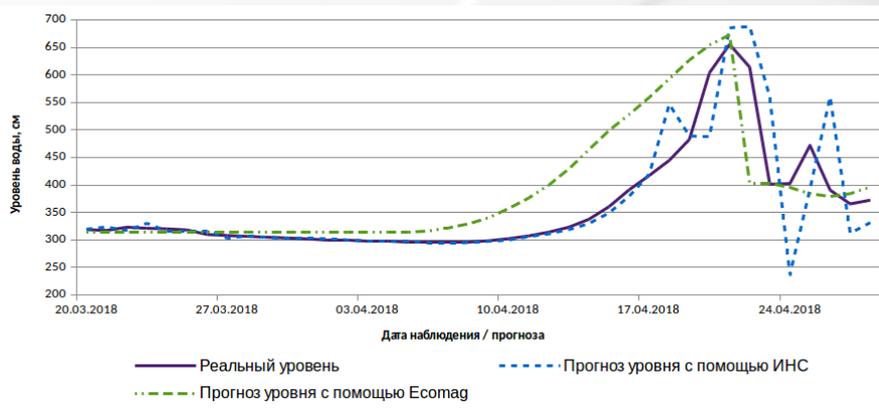
Выбор модели формирования стока



Результаты прогнозирования уровня воды с использованием ИНС для створа поста Гаврино



Результаты прогнозирования уровня воды с использованием ИНС для поста Каликино



Сравнение результатов прогнозирования для поста Каликино (аномальная ситуация – ледовый затор)

Выводы:

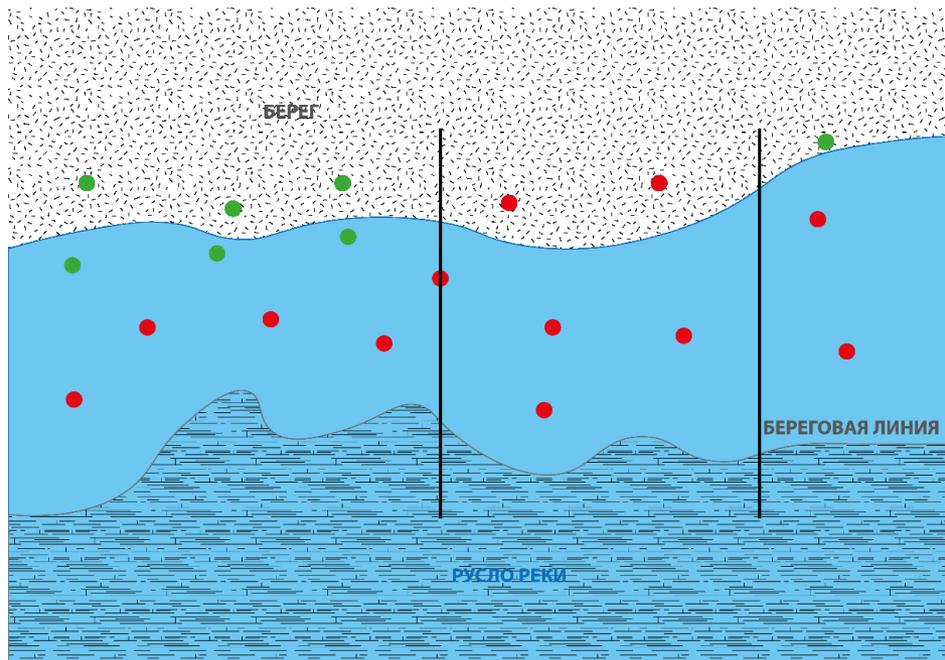
ИНС дают лучший результат в режиме «обычного» ледохода и способны с высокой точностью прогнозировать длительные по времени и инерционные изменения, влияющие на уровень воды.

Модель ECOMAG способна конструктивно учитывать долгосрочные факторы, влияющие на образование заторов, и на этой основе обеспечивать более точное прогнозирование возможных аномальных ситуаций

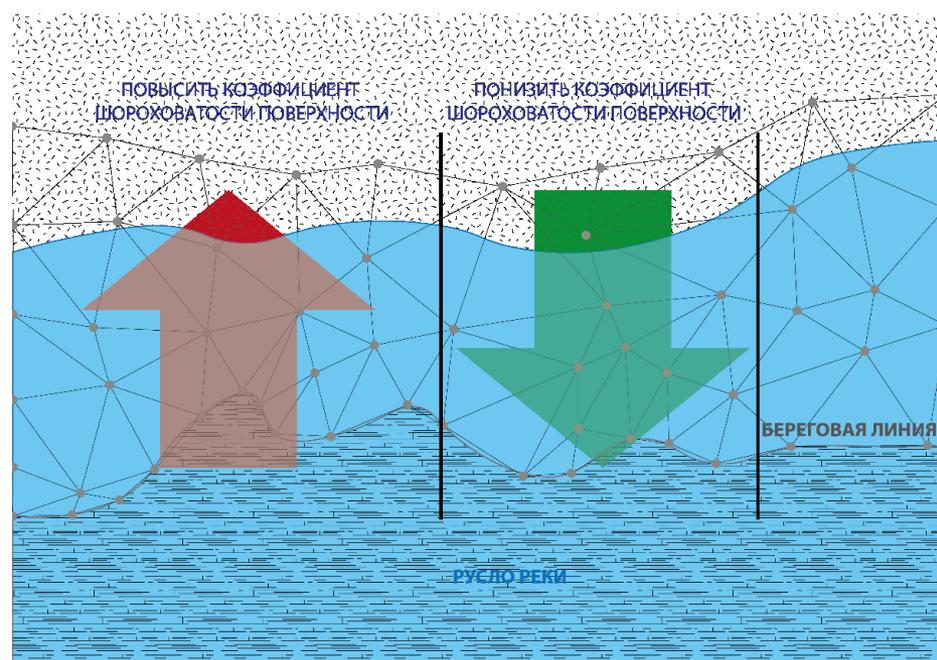
Параметрическая адаптация моделей

Результаты валидации РСКМН могут быть использованы для параметрической адаптации моделей ПМК путём **целенаправленного изменения эмпирических параметров модели**.

Для двумерных моделей прогноза речных наводнений таким параметром является задаваемый для каждой точки сетки коэффициент Гоклера-Маннинга, численно характеризующий сопротивление, оказываемое руслом протекающему потоку.



Фрагмент моделируемой ситуации речного наводнения с разделением на зоны «избыточного» затопления, «недостаточного» затопления и зоны совпадения



Фрагмент моделируемой ситуации речного наводнения с указанием регулярной сетки и зон «избыточного» затопления, «недостаточного» затопления и зоны совпадения

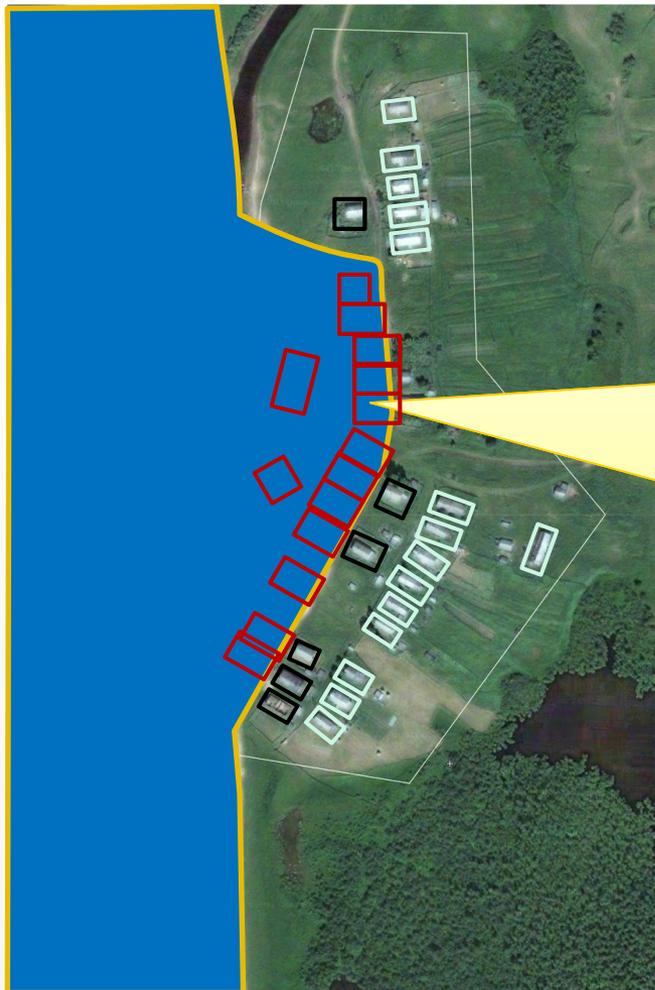
Индивидуальное информирование

Интеграция результатов моделирования затоплений с электронной адресной системой

Дома в расчётной зоне затопления

Ул. Речная, д. 1	Петрова И.В.	(81270) 78482
Ул. Речная, д. 3	Петрова А.И.	(81270) 78347
Ул. Речная, д. 5	Сидорова К.Р.	(81270) 78289
Ул. Речная, д. 7	Смирнов Е.П.	(81270) 78654
Ул. Речная, д. 9	Кузнецов Р.Г.	(81270) 78951

Автоматическое оповещение населения (автодозвон, SMS)



Валидация и адаптация моделей через краудсорсинг

Involv

gies



Достижение наилучшей эффективности целевого применения многоспутниковой ОГ КА ДЗЗ обеспечивается, когда ее управление рассматривается как «управления системой в целом, а не множеством отдельных КА»

Для этого предлагается комбинированный системно-кибернетический и агентно-ориентированный подход, реализующий переход от традиционного централизованного программно-командного управления к технологиям децентрализованного координатно-временного самоорганизующегося управления, в основе которого используется информационное взаимодействие объектов КС.

При этом полагается, что на уровень БКУ переносится решение основных задач, разрабатываемых в макете СМАО.

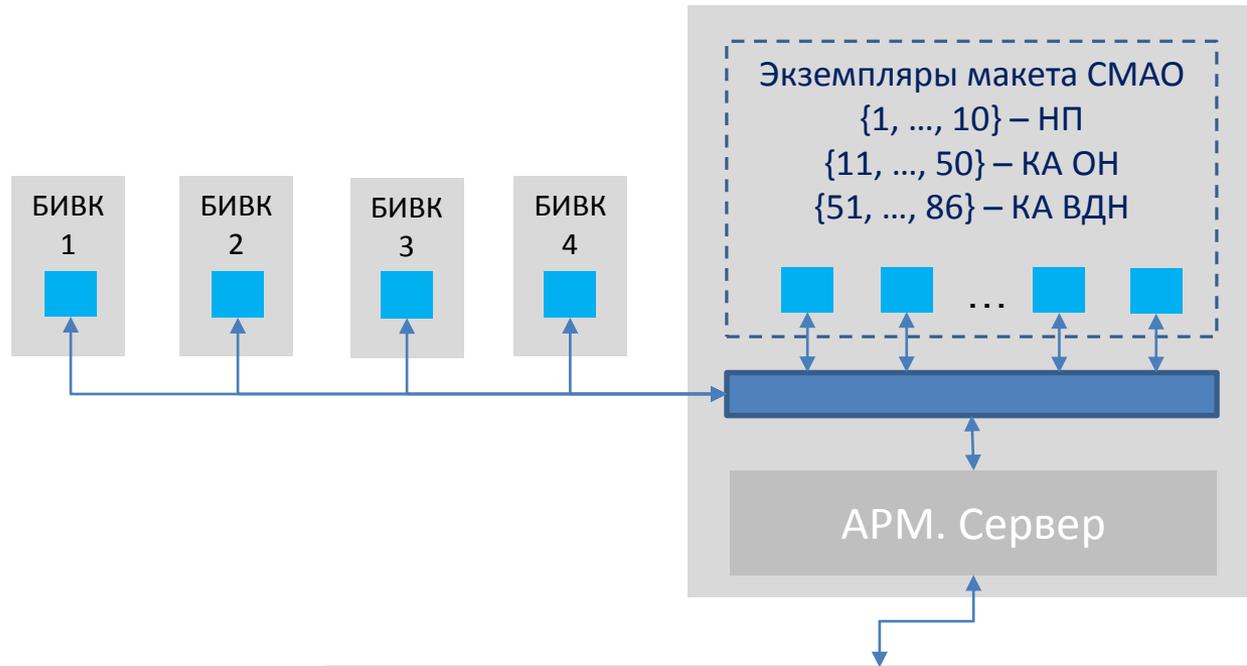
Специальное модельно-алгоритмическое обеспечение

Макет СМАО

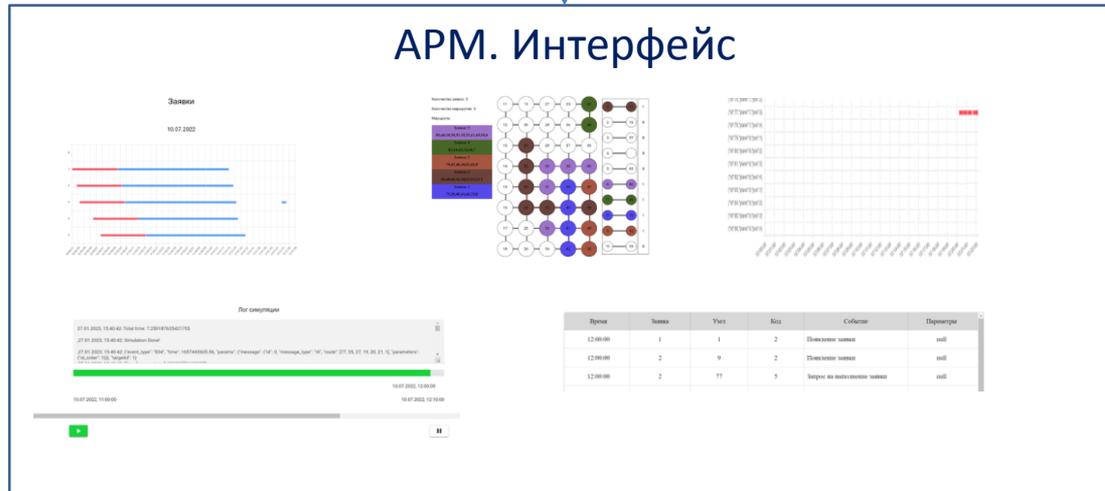
(реализуемые функции)

- Вторичная баллистика
- Автономное планирование съемок
- Распределение и перераспределение заявок
- Маршрутизация передачи данных
- Конфигурация и реконфигурация бортовых систем и устройств КА

Программный комплекс



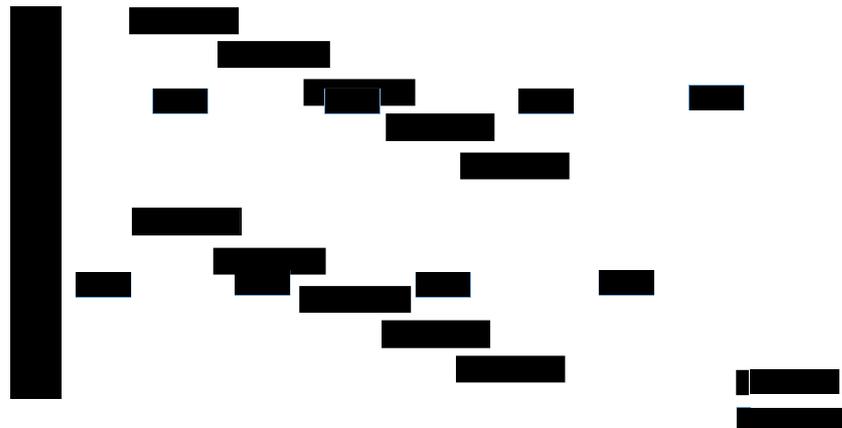
АРМ. Интерфейс



Модельный контекст (горизонт времени)



20 30 40 50 60 70 80 90 100 110 120 130 140 150 160 170 180



Горизонт времени моделирования: 12:00:00 – 12:30:00 15.04.2023

Начальный момент времени решения задач баллистического обеспечения: 00:00:00 15.04.2023

Временной график траверса территории РФ ОГ КА ОН и ОГ КА ВДН представлен на рисунках

КА ОН: выполнение маршрутных съемок и распределение данных на четыре части для сетевой обработки

КА ВДН: выполнение высоко детальных съемок и доставка данных в НП, заявки на съемку могут появляться на КА ОН и в НП

Объем данных ОН - 700 Гбит, ВДН - 20 Гбит

Пропускная способность каналов связи: КА-КА 300 Мбит/сек., КА-НП 1200 Мбит/сек.

Выполнение заявок



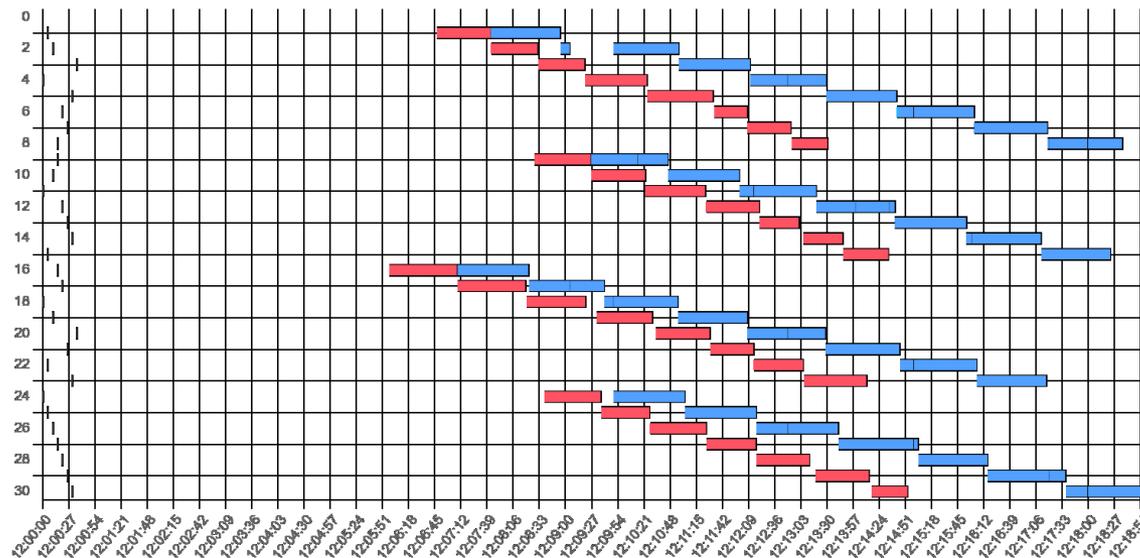
Выполнение заявок:

■ **появление и распределение заявок**
(«вторичная баллистика», автономное планирование, протокол распределения)

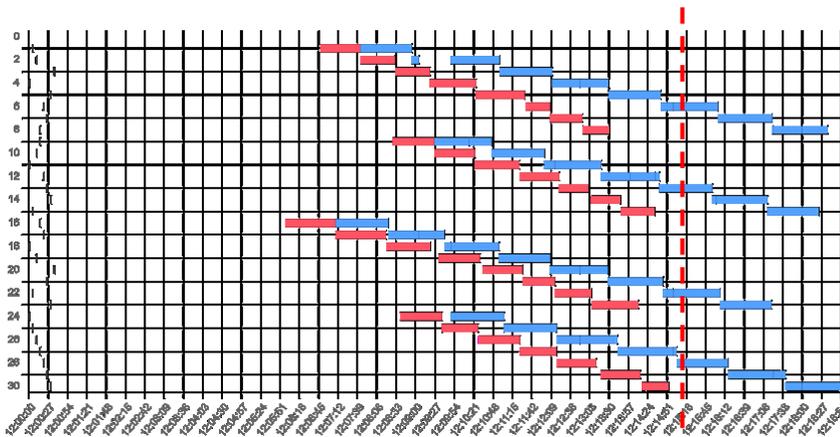
■ **выполнение съемки**,
(начиная с момента времени выполнения программного разворота)

■ **доставка данных съемок в НП**

- в заданные НП
- в любые НП



Маршруты передачи данных



Установленные маршруты для передачи данных на текущий момент времени

Визуальное отображение основной части маршрута в опорной сети

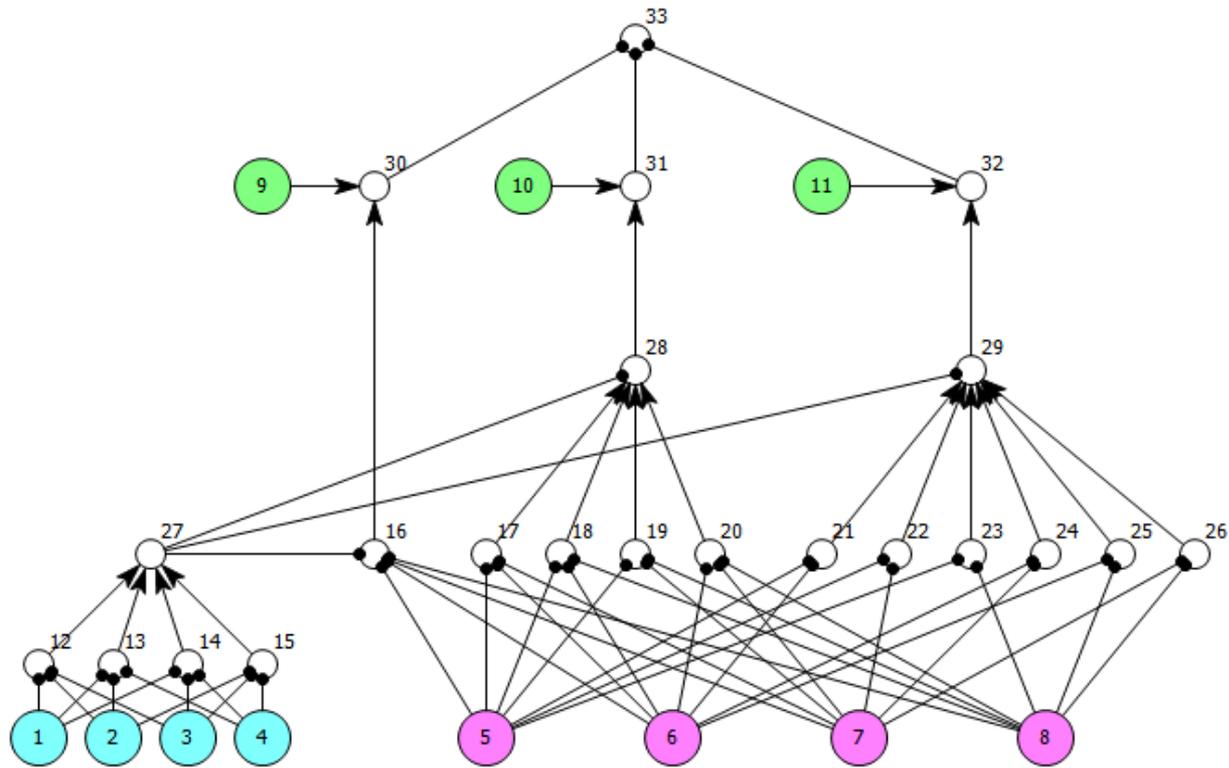
Узлы установленных маршрутов для передачи данных по заявкам



Каналы связи КА – НП:

- установленные в текущий момент времени
- количество маршрутов, в которых используется каждый канал

Реконфигурация БА СУД



Измерители уг. скорости

Двигатели маховики

Кол-во маховиков	Ускорение, гр./с ²	Скорость, гр./с	Стабилизация
4	0.115	2	10
3	0.07	2	10
2	0.005	2	20

ПРИМЕРЫ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПРОГРАММНОЙ ПЛАТФОРМЫ

The image displays a complex software development environment with multiple tool windows and a central dashboard.

Top Windows:

- Redactor форм отображения (Form Editor):** Shows a dashboard for "Заправка и подпитка ЖК изделий 14С54, 14С54" with various status indicators like "ВПО Уровень", "Заправка ЖК 14С54", and "Подпитка ЖК 14С53".
- Менеджер проектов (Project Manager):** Lists projects such as "Формы Схемы", "uploadidx_ui", "sendui", etc., with their status (e.g., "не загружать", "загружать").
- Сообщения (Messages):** Shows a list of messages with timestamps and details, such as "Исправьте ошибки и пересохраните схему".
- Сохранение схемы (Save Scheme):** A dialog box with the message "Исправьте ошибки и пересохраните схему".
- Операции (Operations):** A table listing operations like "Вставить", "Удалить", "Открыть", etc., with associated parameters.

Bottom Windows:

- Менеджер данных (Data Manager):** A table listing data items like "improtb1-81", "improtb1-82", etc., with columns for ID, Type, and Size.
- Инициализация обработки входных данных (Data Processing Initialization):** A flowchart diagram showing the sequence of operations: "Чтение входного файла" -> "Обработка данных файлом" -> "Формирование JSON по протоколу обмена" -> "Подготовка структуры для отправки данных" -> "Отправка данных удаленному клиенту".
- Менеджер соединений (Connection Manager):** A window for configuring database connections, showing fields for "Имя БД", "Драйвер", "Имя сервера", and "Имя пользователя".
- Меню (Menu):** A list of menu items including "Проверка соотношений интер", "Проверка условия выбора из", "Функциональный контроль", etc.

Central Dashboard: A large window displaying a detailed view of the "Заправка и подпитка ЖК изделий" process, including a 3D model of a rocket and various data points.

ИНТЕГРАЦИЯ И КАТАЛОГИЗАЦИЯ: СОЗДАНИЕ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ОБЪЕКТОВ РКТ В ИАСИАО

Конструкторские данные об изделиях :

- Сведения о составе изделия;
- геометрические модели, чертежи и компоненты;
- тактико-технические характеристики;
- структура изделия
- результаты расчетов и моделирования;
- допуски на изготовление деталей;
- и т.д.;

Технологические данные об изделиях :

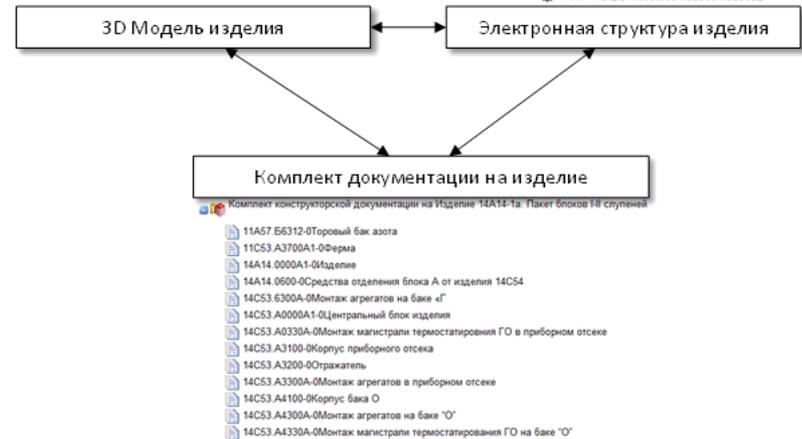
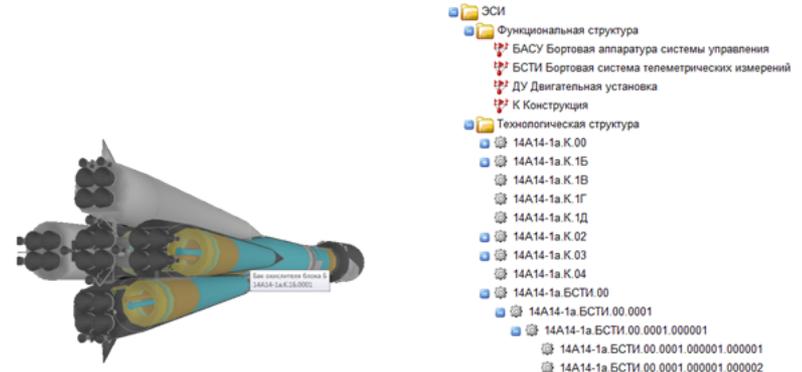
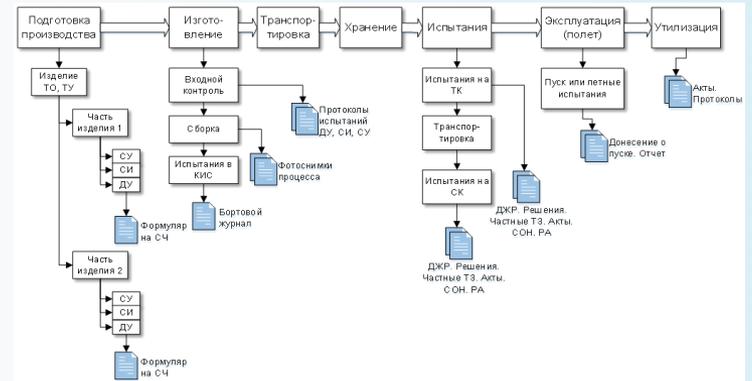
- Сведения о способах изготовления и контроля изделия и его компонентов в процессе производства;
- описание маршрутных и операционных технологий;
- нормы времени и расхода материалов;
- управляющие программы для станков с ЧПУ;
- данные для проектирования приспособлений, специального и измерительного инструмента;
- и т.д.

Данные о производстве и испытаниях изделий :

- Сведения о статусе конкретных экземпляров изделия и его компонентов в производственном цикле;
- данные о качестве изделия;
- сведения о степени соответствия конкретных экземпляров изделия и его компонентов заданным техническим требованиям, техническим условиям, требованиям стандартов и других нормативно-технических документов;
- документы производственного цикла и испытаний;
- и т.д.

Данные на этапе эксплуатации изделий :

- Сведения, необходимые для интегрированной логистической поддержки изделия на постпроизводственных стадиях ЖЦ изделия;
- Эксплуатационные данные об изделии: сведения, необходимые для организации обслуживания, ремонта и других действий, обеспечивающих работоспособность систем и агрегатов и изделия в целом, готовность к целевому применению;
- данные по пусковым кампаниям;
- и т.д.



ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОЙ СТРУКТУРЫ ИЗДЕЛИЯ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Конструкторские данные об изделиях :

- Сведения о составе изделия;
- геометрические модели, чертежи и компоненты;
- тактико-технические характеристики;
- структура изделия
- результаты расчетов и моделирования;
- допуски на изготовление деталей;
- и т.д.;

Технологические данные об изделиях :

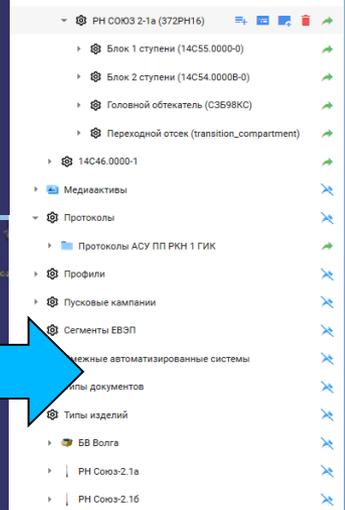
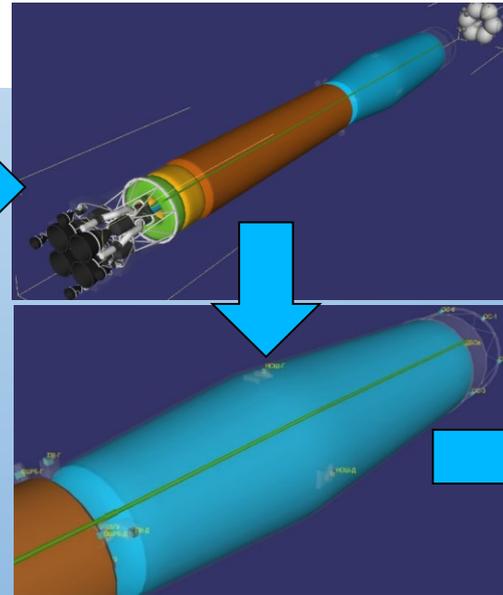
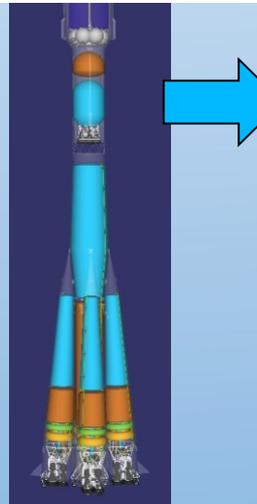
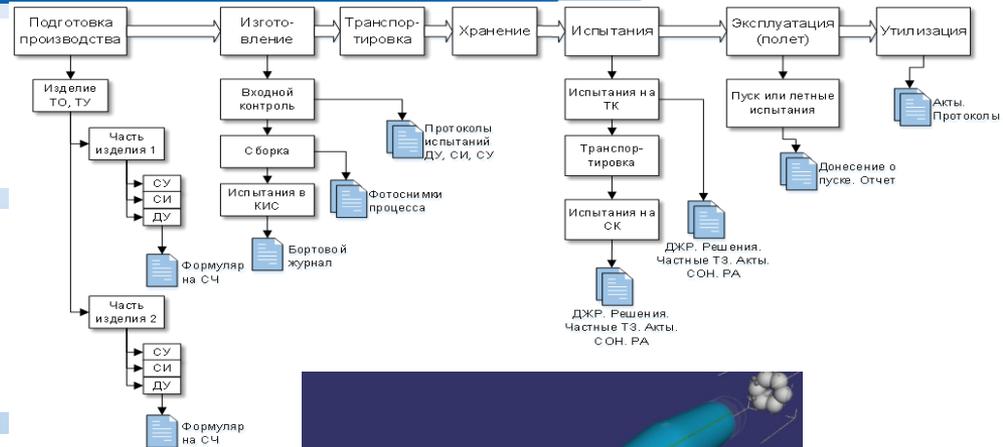
- Сведения о способах изготовления и контроля изделия и его компонентов в процессе производства;
- описание маршрутных и операционных технологий;
- нормы времени и расхода материалов;
- управляющие программы для станков с ЧПУ;
- данные для проектирования приспособлений, специального и измерительного инструмента;
- и т.д.

Данные о производстве и испытаниях изделий :

- Сведения о статусе конкретных экземпляров изделия и его компонентов в производственном цикле;
- данные о качестве изделия;
- сведения о степени соответствия конкретных экземпляров изделия и его компонентов заданным техническим требованиям, техническим условиям, требованиям стандартов и других нормативно-технических документов;
- документы производственного цикла и испытаний;
- и т.д.

Данные на этапе эксплуатации изделий :

- Сведения, необходимые для интегрированной логистической поддержки изделия на постпроизводственных стадиях ЖЦ изделия;
- Эксплуатационные данные об изделии: сведения, необходимые для организации обслуживания, ремонта и других действий, обеспечивающих работоспособность систем и агрегатов и изделия в целом, готовность к целевому применению;
- данные по пусковым кампаниям;
- и т.д.



МОНИТОРИНГ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ РКТ

АРМ формирования заявления о соответствии (макет)

Ведомость контроля
Поиск по документам

Материальная часть | Документы | Сборка | Испытания | Хранение

КИСИ | ПКИ

РН "Союз 2-1в"
Выгрузить электронное дело изделия

Электронная структура изделия

- ГОЛОВНОЙ ОБТЕКАТЕЛЬ
- БЛОК 2 СТУПЕНИ (14С54.0000-0)
 - Конструкция блока 2 ступени
 - Отсек бака "Г" (14С54.6000-0)
 - Отсек бака "О" (14С54.4000-0)
 - Хвостовой отсек 14С54.7000-0 ...
 - Корпус хвостового отсека ...
 - Панель хвостового о...
 - Панель хвостового о...
- БЛОК 1 СТУПЕНИ (14С55.0000-0)
 - Двигательная установка блок
 - Конструкция блока 1 ступени
 - Межбаковый отсек
 - Отсек бака "Г" (14С55.6
 - Комплект монтажа
 - Демпфер (8К7...
 - Клапан раздел...
 - Расходный тру...
 - Расходный тру...
 - Расходный тру...
 - Расходный тру...
 - Комплект монтажа
 - Клапан-тройни...
 - Клапан дренаж...
 - Клапан заправ...
 - Клапан пневм...
 - Клапан пусковой (14...
 - Клапан пусковой (37...
 - Компенсатор (14С55...
 - Переходник (8К74.А...

Карточка регистрации: ввод данных из документа

КАРТОЧКА РАЗРЕШЕНИЯ
маршевого двигателя 2 ступени

Исполнитель	АО КВК	Дата изготовления	26.10.2014
Издание документа	Матрица/различия 7 листов (МАРТ)	Дата окончания гарантийного срока	04.12.2015
Заводской номер	1401203981 (391)	Дата документа	15.07.2014
Номер документа	2473-14		
Подпись	Севин А.В. С. (подпись) (ИМВ, 28.02.2014)		
Истечение на эксплуатацию	<input checked="" type="radio"/> Влияет <input type="radio"/> Не влияет		

Интерактивная интеллектуальная 3D-модель

Информация по изделию

Индекс изделия	Заводской №	Дата изготовления	Дата окончания гарантийного срока	Допущенные отступления (отказы)			
ТА (КРД)	РА (СОИ)	влияет	НЕ влияет	КР	КП	КВ	КД
14А15	1Л	не указана	не указана	0	0/0	1	7

Блок обработки нестандартных ситуаций

Таблица допущенных отступлений

id	Наименование	№ документа	Дата документа	Акт
184	Карточка разрешения маршевого двигателя 2 сту...	0505-13	28.08.2013	Добавить акт замены

Интерактивный интеллектуальный технологический график

Организационно-штатная структура предприятия

РКЦ "Прогресс"

- Байконурский филиал
 - Бюро технического контроля (Байконурский филиал)
 - Информационно-диспетчерская группа (Байконурский филиал)
 - Отдел 2623 технического обеспечения (Байконурский филиал)
 - Отдел 2641 метрологии (Байконурский филиал)
 - Отдел 2946 МТС и связи с РКЦ (Байконурский филиал)
 - Отдел 2973 хозяйственного обеспечения (Байконурский филиал)
 - Планово-экономический 2911 отдел (Байконурский филиал)
 - Сборочно-испытательный комплекс по подготовке КА и Р...
 - Цех 2435 автотранспортный (Байконурский филиал)
- Испытательный центр
 - Отдел 2831 подготовки испытаний
 - Отдел 2833 тепловакуумных и климатических испытаний

Организационно-штатная структура

Список документов

2016г

Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь | Декабрь | Январь | Февраль | Март | Апрель | Май | Июнь | Июль | Август | Сентябрь | Октябрь | Ноябрь

Заключение договоров

Выплата авансов

Поставка материалов

Поставка БА

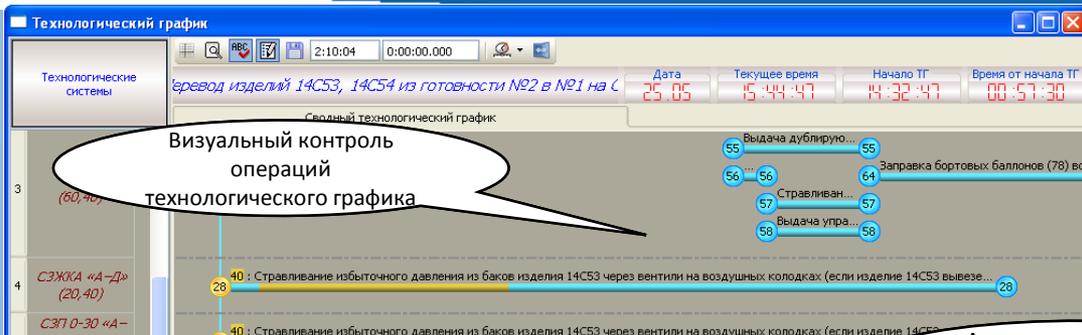
Изготовление арматуры

Изготовление РМ, ДСИ

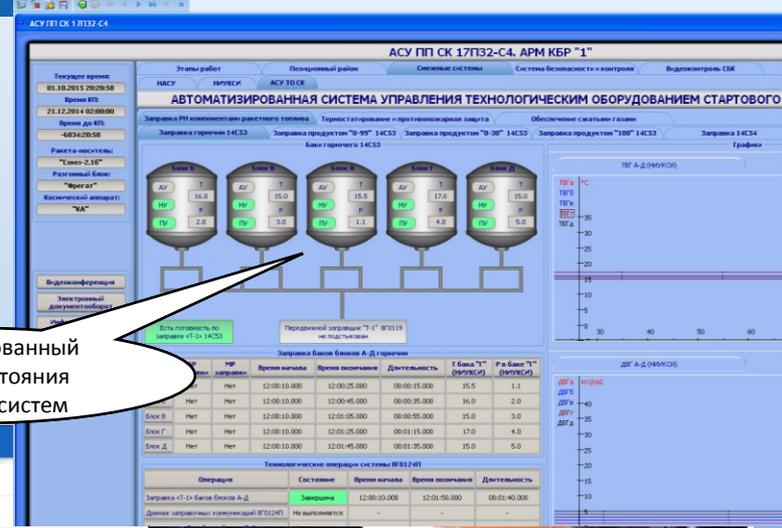
Изготовление БКС

Изготовление приборов

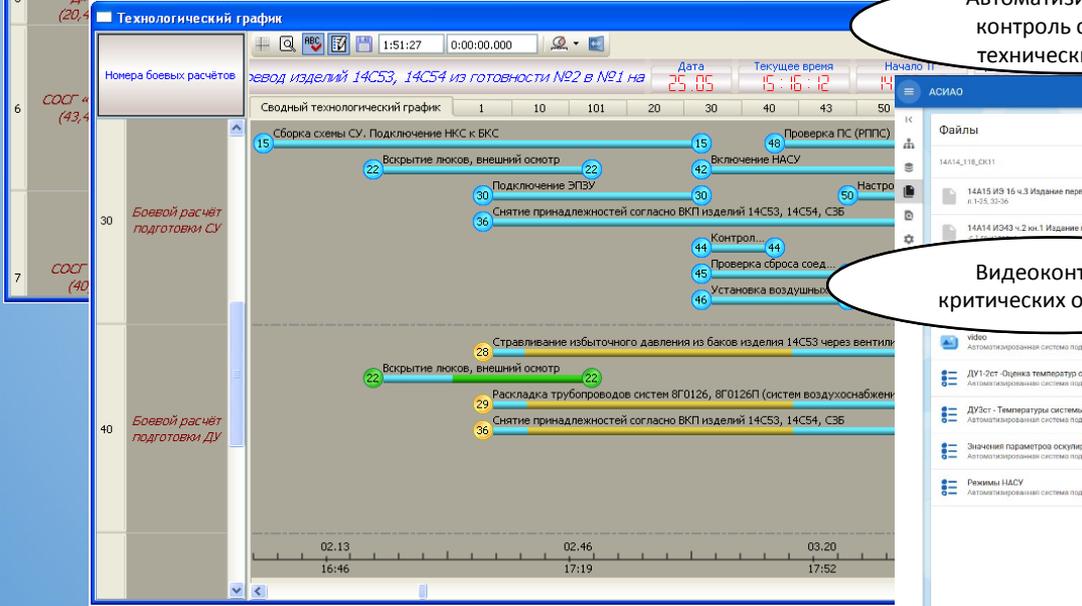
МОНИТОРИНГ ПОДГОТОВКИ И ПУСКА ИЗДЕЛИЙ РКТ



Визуальный контроль операций технологического графика



Автоматизированный контроль состояния технических систем



Видеоконтроль критических операций



МОНИТОРИНГ АКТИВНОГО УЧАСТКА ПОЛЕТА ИЗДЕЛИЯ РКТ В РЕАЛЬНОМ МАСШТАБЕ ВРЕМЕНИ

The screenshot displays a comprehensive flight monitoring interface for a rocket launch. At the top, it shows mission details: РН: Союз-СТ-Б, Дата пуска: 17.12.11, Текущее время: 02:04:34, Полетное время: 48 сек. Below this, there are sections for 'Системы РН' (Control of active section), 'Исправность ЦВК' (Dynamic control of element status), and 'Наличие U на шинах Д' (Dynamic selection of information). A central 3D-мнемосхема (3D mnemonic diagram) shows the rocket's trajectory and separation points. On the right, there are graphs for 'оп' (altitude) and 'ДГФн' (dynamic pressure), and a table for 'оплаб-д, оплаб, ДГФн'. At the bottom, a 'Точное время старта' (Exact start time) is shown as 02:03:48.248, along with a table of 'Высота (г), км' (Altitude) for various stages.

Контроль циклограммы активного участка

Динамический контроль состояния элементов изделий РКТ

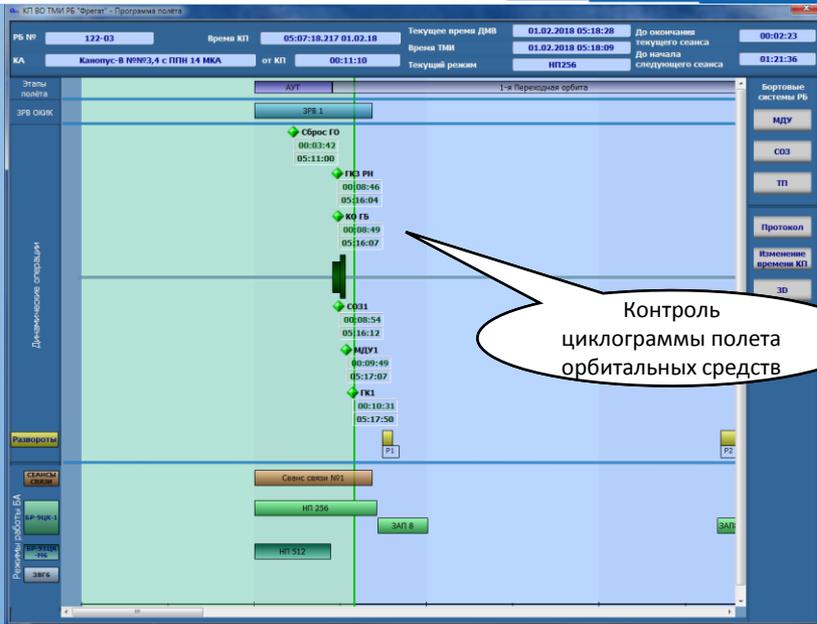
Динамический выбор отображаемой информации

3D-мнемосхема изделия РКТ

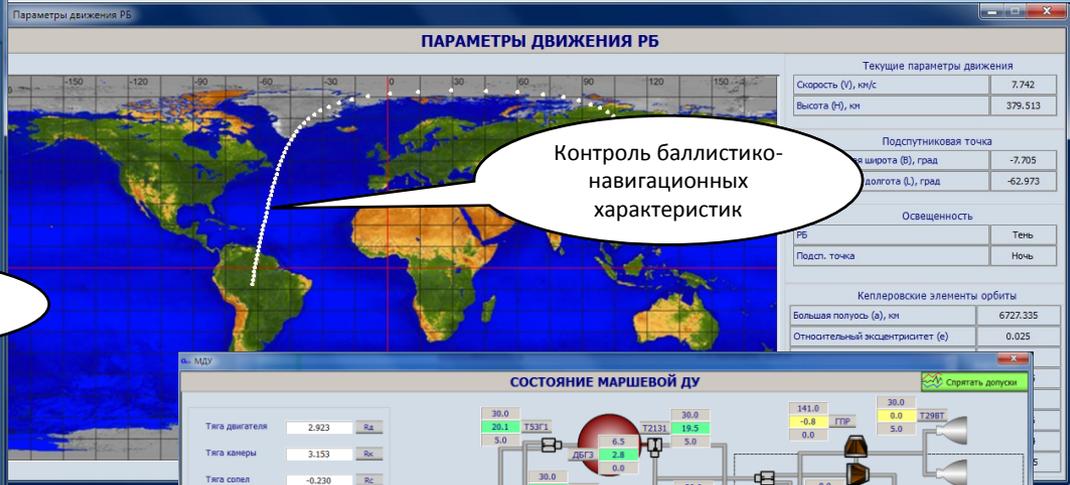
Мониторинг траектории полета и зон падения отделяемых элементов в РМВ

Контроль основных параметров изделий РКТ

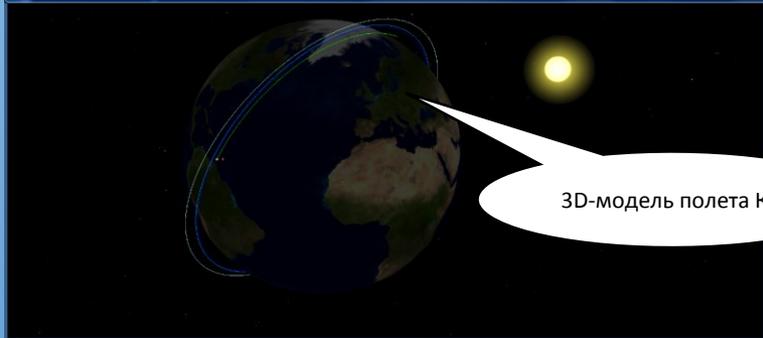
МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ РАЗГОННЫХ БЛОКОВ И ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ



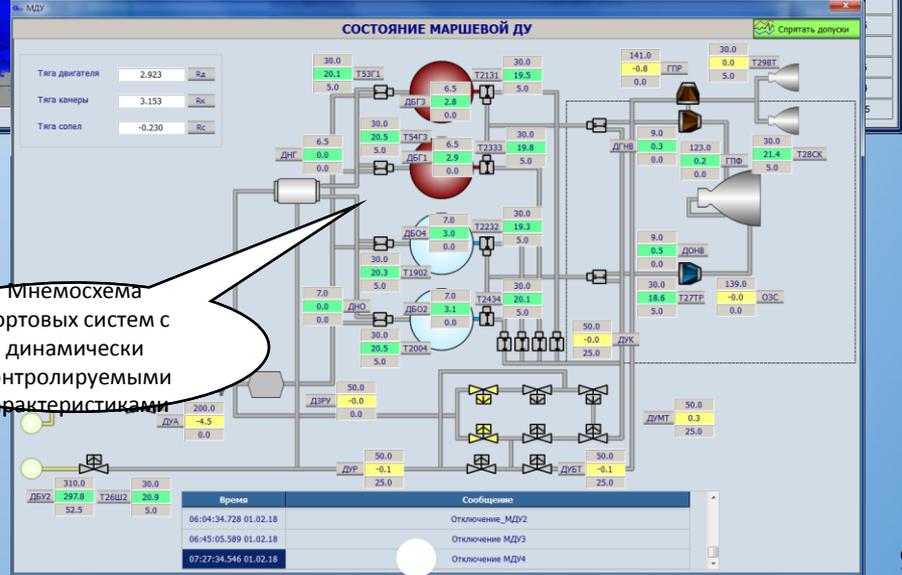
Контроль циклограммы полета орбитальных средств



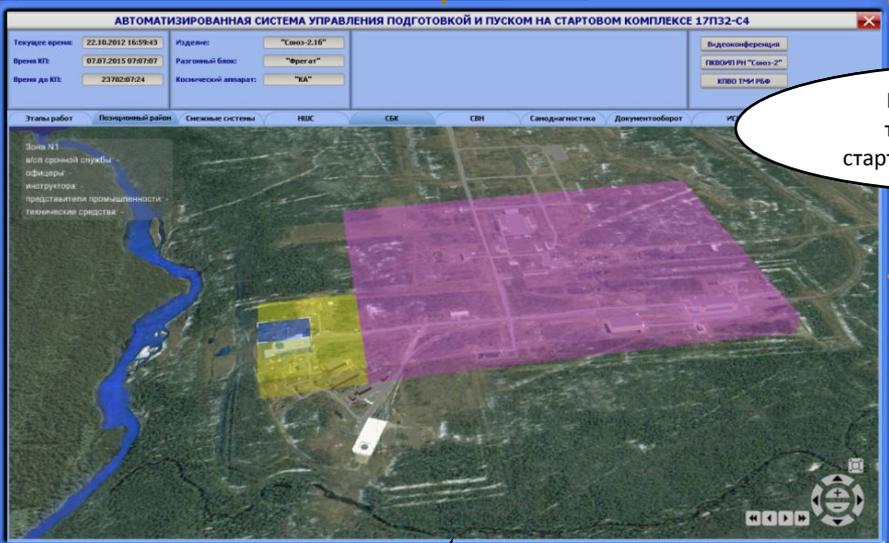
Контроль баллистико-навигационных характеристик



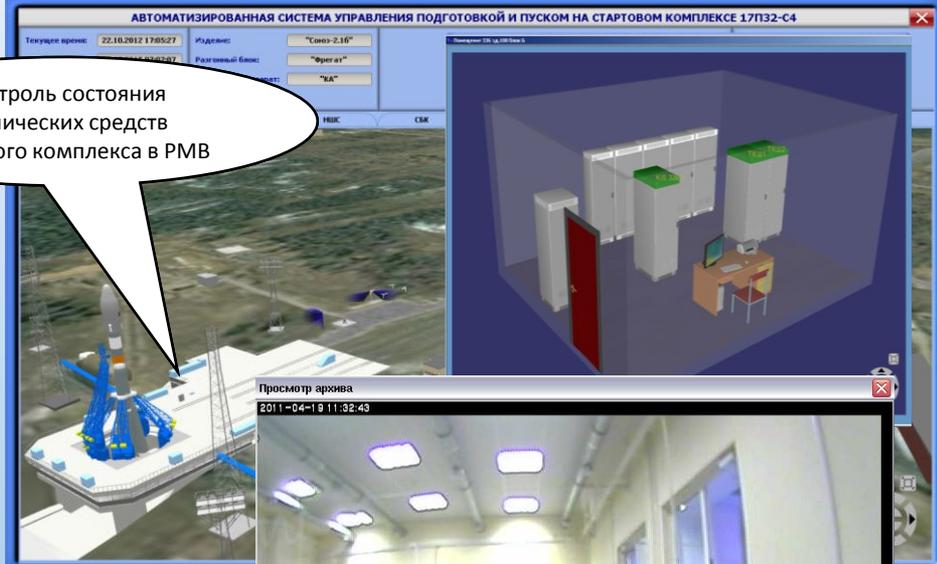
Инемосхема бортовых систем с динамически контролируемыми характеристиками



МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ГОТОВНОСТИ НАЗЕМНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ



Контроль состояния технических средств стартового комплекса в РМВ



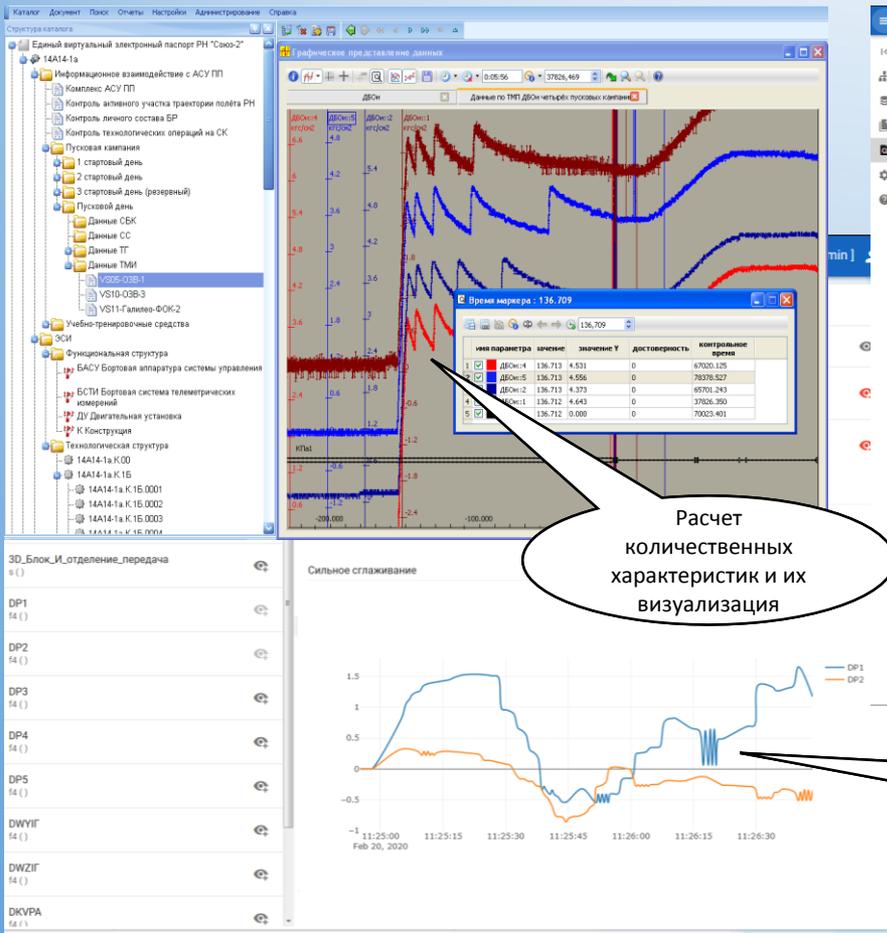
Номер БР	И	Наименование БР	Ф.И.О.	Местоположение	Время регистрации	Время эвакуации	Место эвакуации
92	...	Командир БР	Иванов Иван Иванович	Зона СК	2011-04-19 11:33:37	00:15:00	Комната 403
93	...	Командир боевого расчета	Мирных Андрей Дмитриевич	Комната 215	2011-04-19 11:29:11	00:15:00	Убежище АСГ
920	...	Бодитель транспортной машины	Иванов Иван Иванович	Комната 215	2011-04-19 11:58:42	00:15:00	Убежище АСГ
921	...	Бодитель транспорта	Иванов Иван Иванович	Комната 215	2011-04-19 11:32:38	00:20:00	Комната 403

Мониторинг нахождения личного состава в контролируемых зонах СК в РМВ

Видеоконтроль боевого расчета во время работ



КОНТРОЛЬ ЦЕЛЕВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ИЗДЕЛИЙ РКТ



Расчет количественных характеристик и их визуализация

Поиск Болт

- Болт (-)
Тип объекта: Узел изделия
Коллекция: Нет
Описание: Описание отсутствует
Запасной номер:
Связь: с 30
Версия: 1
- Болт (-)
Тип объекта: Узел изделия
Коллекция: Нет
Описание: Описание отсутствует
Запасной номер:
Связь: с 30
Версия: 1
- Болт (-)
Тип объекта: Узел изделия
Коллекция: Нет
Описание: Описание отсутствует
Запасной номер:
Связь: с 30
Версия: 1
- Болт (-)
Тип объекта: Узел изделия
Коллекция: Нет
Описание: Описание отсутствует
Запасной номер:
Связь: с 30
Версия: 1
- Болт (-)
Тип объекта: Узел изделия
Коллекция: Нет
Описание: Описание отсутствует
Запасной номер:
Связь: с 30
Версия: 1
- Болт (-)
Тип объекта: Узел изделия
Коллекция: Нет
Описание: Описание отсутствует
Запасной номер:
Связь: с 30
Версия: 1
- Болт (-)
Тип объекта: Узел изделия
Коллекция: Нет
Описание: Описание отсутствует
Запасной номер:
Связь: с 30
Версия: 1

Контроль измеряемых и расчетных летно-технических характеристик изделий РКТ

2 Проверка герметичности ДУ
2.1 Подготовка ДУ к испытанию
2.1.1 Подготовка ППИ 374КН87-1 в соответствии с инструкцией 374КН87-1 ТО Издание первое. Перед началом испытаний проконтролировать исходное состояние ППИ: вентиля ВНО-ВН18 должны быть закрыты.
2.1.2 Подсоединить ППИ к сети (27±3) В. Подсоединить ППИ к наземной ценовой воздушной магистрали для чего шланг 353У.0913.002, от штуцера ШО ППИ, подсоединить к раздаточной колодке и подать на входной штуцер ППИ воздух давлением от 195 до 205 кгс/см² (от 18,9 до 20,0 МПа). Давление контролировать по пултовому манометру М0.
2.1.2 Снять крышку 11A511 9102-0 с предохранительного приспособления 14С54.0910-100, для чего раскрутить и расстегнуть замки крепления хомута, не ослабляя приспособление от клапана "ДьВ0", "ДьБГ" (КО109, КО107).
Примечание – предохранительное приспособление отсоединять от клапана "ДьВ0", "ДьБГ" (КО109, КО107) с помощью ключа 7811-0482 ГОСТ 2839-80 S=36 мм и установить заглушки на клапан "ДьВ0", "ДьБГ" (КО109, КО107) с помощью ключа 7812-0381 ГОСТ 11737-93 S=17 мм (наружный шестигранник) непосредственно перед подачей в бак "О" и "Г" воздуха.
2.1.3 Отвернуть ключом 7811-0025 ГОСТ 2839-80 гайки крепления крышки 11A511 9102-0 и снять крышку с торца изделия.

Оперативный доступ к характеристикам элементов изделий РКТ

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ПОДГОТОВКА И СОЗДАНИЕ ОТЧЕТНЫХ ДОКУМЕНТОВ НА ВСЕХ ЭТАПАХ ЖЦ ИЗДЕЛИЙ РКТ

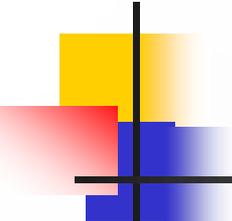
The screenshot displays the ASIAO software interface, which is used for the automated preparation and creation of reporting documents across all stages of the product lifecycle of rocket products. The interface is divided into several main sections:

- File Management (Left Panel):** Shows a list of files and folders, including documents (e.g., "14A15 ИЭ 16 ч.3 Издание первое.doc"), images, and video files (e.g., "14A14_118_CK11", "14A14_118_CK10", "video").
- Video Playback (Center):** A video player showing a rocket launch, labeled "video.mp4".
- File List (Right Panel):** A detailed list of files with their names, descriptions, and icons, such as "14A15 ИЭ 16 ч.3 Издание первое.doc" and "14A14_118_CK11".
- Report Generation (Bottom Right):** A table titled "Режимы НАСУ" (NASU Modes) showing parameters, status, and dates for various modes.

Three callout boxes highlight key features of the system:

- Формирование, хранение, оперативный доступ к медиаархивам** (Formation, storage, and operational access to media archives) - points to the file management section.
- Автоматизированная генерация отчетов** (Automated report generation) - points to the report generation table.
- Автоматизированная подготовка форм документов** (Automated preparation of document forms) - points to the report generation table.

Режимы НАСУ				
Параметр	Текущее состояние	Время начала	Время окончания	Длительность
Режим ПТД	Завершен	20.02.2020 06:17:13	20.02.2020 06:23:26	00:06:13
Режим ПТД/ФТД	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим РТМ	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим РТС	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим РТД/ИЭД/ПЗ	Не выполнялся	Тест	Тест	Тест
Режим ИЭ ПЗ	Не выполнялся	Тест	Тест	Тест
Режим ПЗ	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим РТРС	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим РТД/Д	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим РТД/А	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим КРТ	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим Тестовая ПСУ	Не выполнялся	Тест	Тест	Тест
Режим Тест	Завершен	Тест	Тест	Тест
Область мониторинга П	Не выполнялся	Тест	Тест	Тест
Область ПТД	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим РТД/СД	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим РТД	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим РТ	Завершен	Тест	Тест	Тест
Режим КР14	Завершен	20.02.2020 06:38:41	20.02.2020 06:46:39	00:07:58
Режим Проверка ПСУ	Завершен	20.02.2020 06:39:19	20.02.2020 06:39:27	00:00:08
Режим Проверка ИЭТ	Завершен	20.02.2020 07:12:08	20.02.2020 07:16:21	00:04:14
Режим РТ	Завершен	20.02.2020 09:50:17	20.02.2020 11:24:17	01:34:00



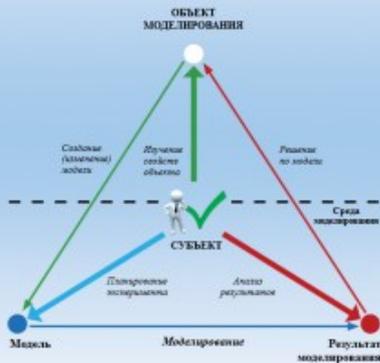
ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В докладе проблематика квалиметрии моделей и полимодельных комплексов рассматривается как научное направление, связанное с разработкой методологических и методических основ теории оценивания и управления качеством моделей используемых при создании ЦД.

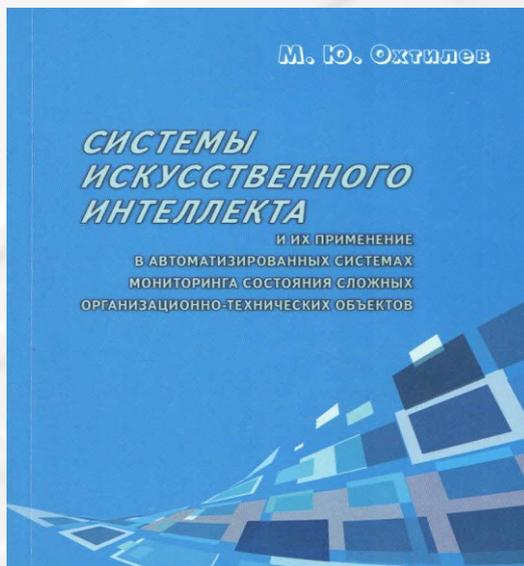
Основные направления развития квалиметрии моделей и ПМК:

- 1. Разработка общих вопросов квалиметрии моделей.*
- 2. Решение прикладных задач оценивания и управления качеством моделей в различных предметных областях.*
- 3. Изучение особенностей новых моделей, описываемых логико-динамическими уравнениями, в*
- 4. терминах формальных систем (грамматик, логических языков, динамических графов и др.), в терминах вероятностных (байесовских) сетей лингвистических и нечетких моделей, моделей данных, моделей знаний и т.д. Установление взаимосвязей данных моделей с существующими классами моделей.*

Михови С. В., Соколов Б. В., Юсупов Р. М.
**КВАЛИМЕТРИЯ МОДЕЛЕЙ
И ПОЛИМОДЕЛЬНЫХ
КОМПЛЕКСОВ**



2018



Юсупову Рафаэлю Мидхатовичу – 90 лет

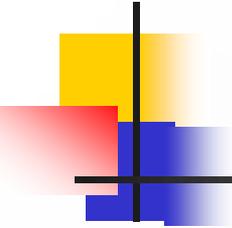
17 июля будет отмечать юбилей выдающийся советский и российский ученый член-корреспондент РАН Юсупов Рафаэль Мидхатович



Юсупов Рафаэль Мидхатович родился 17 июля 1934 года в г. Казани. После окончания с золотой медалью Казанской спецшколы ВВС поступил в Ленинградскую военно-воздушную инженерную академию имени А.Ф. Можайского (ныне Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского), которую окончил с отличием в 1958 году. В 1964 году окончил Ленинградский государственный университет по специальности «математик».

Рафаэль Мидхатович руководил институтом в течение 27 лет. Сегодня Рафаэль Мидхатович – руководитель научного направления СПб ФИЦ РАН, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, лауреат Премии Правительства РФ в области науки и техники, Премии Правительства в области образования. Награжден орденом «Красной звезды», орденом «Почета», орденом «За заслуги перед Отечеством» IV степени, Почетной грамотой Президента РФ, Присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РФ и «Почетный радист СССР».



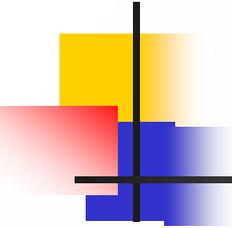


Публикации

- Юсупов Р.М., Заболотский В.П. *Концептуальные и научно-методологические основы информатизации.* – СПб.: Наука, 2009. — 542 с., 80 ил.
- Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. *Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов.* – М.: Наука, 2006, 410 с.
- Sokolov B. V., Yusupov R .M. *Influence of Computer Science and Information Technologies on Progress in Theory and Control Systems for Complex Plants // Keynote Papers of the 13th IFAC Symposium on Information Control Problems in Manufacturing, Moscow, Russia, June 3–5, 2009. P. 54–69.*
- Sokolov BV, Yusupov RM (2004) *Conceptual foundations of quality estimation and analysis for models and multiple-model systems. J Comput Syst Sci Int 6:5–16*
- Ivanov D, Sokolov B, Kaeschel J (2009a) *A multi-structural framework for adaptive supply chain planning and operations control with structure dynamics considerations. Eur J Oper Res. doi:10.1016/j.ejor.2009.01.002*
- Ivanov D, Sokolov B (2010) *Adaptive Supply Chain Management, Springer, 295 p.*

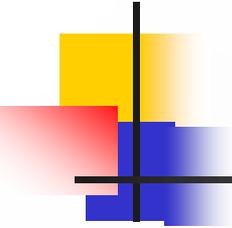
Публикации

- Плотников А.М., Рыжиков Ю.И. Первая всероссийская научно-практическая конференция ИММОД-2003. Итоги и перспективы // Вестник технологии судостроения. – 2004. – № 12. – С. 69–73.
- Рыжиков Ю.И., Плотников А.М. Вторая всероссийская научно-практическая конференция ИММОД-2005. // Вестник технологии судостроения. – 2006. – № 14. – С. 67–73.
- Рыжиков Ю.И., Плотников А.М. Третья всероссийская научно-практическая конференция ИММОД-2007. // Вестник технологии судостроения. – 2008. – № 16. – С. 108-114.
- Материалы 1-й, 2-й, 3-ей, 4-ой Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика», т.т. 1-2 – СПб.: ФГУП «ЦНИИ», 2003, 2005, 2007, 2009.
- Труды 5-й Всероссийской научно-практической конференции «Имитационное моделирование. Теория и практика», т.т. 1-2 – СПб.: ОАО «ЦТСС», 2011 г.
- Аврамчук Е.Ф., Вавилов А.А., Емельянов С.В. и др. Технология системного моделирования / Под общ. ред. С.В.Емельянова. И.: Машиностроение, 1988.
- Власов С.А., Девятков В.В. Имитационное моделирование в России: прошлое, настоящее, будущее //Автоматизация в промышленности, 2005, №5. стр. 63-65.
- Захаров И.Г. Обоснование выбора. Теория практики.- СПб.: Судостроение, 2006.-328 с., ил.
- Краснощёков П.С., Петров А.А. Принципы построения моделей. – М.: Фазис, 2000. – 400 с.



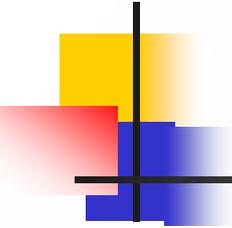
Публикации

- Месарович М., Такахара Я. *Общая теория систем: математические основы.* М.: Мир, 1978.
- Бусленко Н.П. *«Моделирование сложных систем»*, М., «Наука», 1968.
- Т. Нейлор *«Машинные имитационные эксперименты с моделями экономических систем».* М.: Мир, 1975. – 500 стр.
- Р. Шеннон *«Имитационное моделирование систем – искусство и наука».* М.: Мир, 1978. – 418 стр.
- Карпов Ю. *Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic.* СПб.: БХВ-Петербург, 2005.
- Ростовцев Ю.Г., Юсупов Р.М. *Проблема обеспечения адекватности субъектно-объектного моделирования// Известия ВУЗов. Приборостроение. - № 7, 1991. – С.7-14.*
- Рыжиков Ю.И., Плотников А.М., *Четвертая всероссийская научно-практическая конференция ИММОД-2009. Репринт.* СПб.
- Савин Г.И. *Системное моделирование сложных процессов.* М.: Фазис, 2000.



Публикации

- Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. – М.: Физматлит, 2001. – 320 с.
- Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Концептуальные основы оценивания и анализа качества моделей и полимодельных комплексов // Теория систем и управления, 2004, № 6. С. 5–16.
- Шеннон Р. Имитационное моделирование – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
- Юсупов Р.М. Элементы теории испытаний и контроля технических систем: / Под ред. Р.М. Юсупова. – М.: Энергия, 1977. – 189 с.
- Юсупов Р.М., Иванищев В.В., Костельцев В.И., Суворов А.И. Принципы квалиметрии моделей // IV СПб Международная конференция «Региональная информатика-95», тезисы докладов. – СПб, 1995. – С.90-91.
- 21st European Conference on Modelling and Simulation, June 4–6, Prague, Czech Republic, Proceedings, 2007, Prague 826 pp.
- <http://www.wintersim.org>
- <http://www.scs.org>
- <http://www.liophant.org/scsc>



БЛАГОДАРЮ ЗА ВНИМАНИЕ

*ФГБУН “Санкт-Петербургский
Федеральный исследовательский
центр
Российской академии наук”*

*(812) 328-33-11, 328-01-03
<http://www.spcras.ru>, <http://litsam.ru>
E-mail: info@spcras.ru, sokol@iias.spb.su*