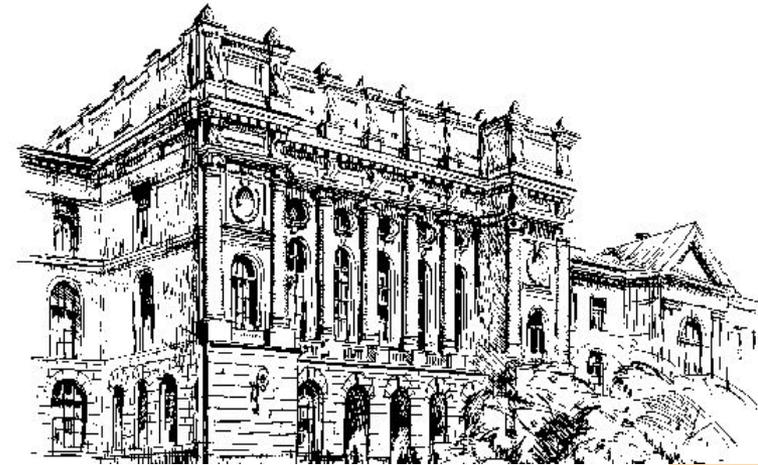


СИМАКОВ

Игорь Павлович



**ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

**(для многоагрегатных технических комплексов
ответственного назначения с повышенным риском эксплуатации и
потенциально опасных производств)**

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

09 января 2018

**ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ
КОМПЛЕКСАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ С ПОВЫШЕННЫМ
РИСКОМ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Часть 1

- **ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ
УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ**

Часть 2

- **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА И
СИНТЕЗА СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

Часть 3

- **ПОСТАНОВКА И РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫЕ ЗАДАЧИ
АНАЛИЗА И СИНТЕЗА СТРУКТУР УПРАВЛЯЮЩИХ
СИСТЕМ**

Основные разделы:

- **ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ И ИДЕОЛОГИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫМИ ТЕХНИЧЕСКИМИ КОМПЛЕКСАМИ**
- **МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ, АНАЛИЗА СИСТЕМНОЙ НАДЕЖНОСТИ, ЖИВУЧЕСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ, ТЕХНИЧЕСКОЙ (ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ) И ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ,**
- **ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ АНАЛИЗА И СИНТЕЗА СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ (ВЫБОРА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ, АЛГОРИТМИЧЕСКИХ, ТОПОЛОГИЧЕСКИХ, ОРГАНИЗАЦИОННЫХ и ДРУГИХ ВИДОВ СТРУКТУР)**
- **ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ АСУ ТП с ЭЛЕМЕНТАМИ САМООРГАНИЗАЦИИ и САМОАЛГОРИТМИЗАЦИИ,**
- **СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ С БАЗАМИ ЗНАНИЙ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ДИАГНОСТИЧЕСКИХ И УПРАВЛЯЮЩИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМАХ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ОПЕРАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ В НЕШТАТНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ, ПРИ БОРЬБЕ ЗА ЖИВУЧЕСТЬ И ОБЕПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ**
- **- ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ОБУЧАЮЩИХ СИСТЕМ И ПОНЯТИЙНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ**
- **СИСТЕМА ГОСУДАРСТВЕННЫХ И ОТРАСЛЕВЫХ СТАНДАРТОВ, РД и МУ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ АВТОМАТИЗИРОВАННЫМ ИНФОРМАЦИОННЫМ И УПРАВЛЯЮЩИМ СИСТЕМАМ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА**

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ (ФКТС) КАК МНОГОАГРЕГАТНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

1. Наличие собственно неустойчивых процессов.
2. Энергонапряженность работы агрегатов - жесткие ограничения на доп. области изменения координат.
3. **Большое число структурных элементов** - агрегатов, механизмов, устройств, связанных единым технологическим процессом и / или единством целей функционирования.
4. Недостаточные естественные свойства саморегулирования по поддержанию в допустимых пределах балансов потоков энергии и (или) вещества между агрегатами.
5. **Предрасположенность при отказах к цепному (каскадному) развитию повреждений ("эффект домино")**.
6. ФКТС - многоагрегатные системы - многомерные многосвязные объекты со многими управляющими органами различной природы и управляемыми координатами.
7. Наличие аварийно-опасных координат.
8. Наличие естественного резерва управляющих органов (регулирующих или управляющих) относительно аварийно-опасных координат с воздействием как со стороны подвода энергии (вещества), так и со стороны отвода энергии (вещества).
9. Наличие секционированных исполнительных органов.
10. Допустимость работы ФКТС с пониженным уровнем качества функционирования или пониженными выходными характеристиками.
11. Наличие у ФКТС нескольких режимов работы, отличающихся целями составом аварийно-опасных координат и (или) ограничениями на область допустимого из условий безопасности (безаварийности) их изменения.
12. **Рассредоточенность агрегатов и составных частей ФКТС**.
13. Рассредоточение основных и резервных устройств энергообеспечения и обеспечения рабочими средами.
14. Сосредоточение в одном помещении технологически связанных частей (устройств), выполняющих одну функцию или имеющих один технологический выход.
15. **Возможность возникновения неопределенных условий** и непредвиденных (не выявленных на стадии проектирования) аварийных ситуаций.
16. Наличие (хотя и ограниченной) возможности восстановления работоспособности оборудования ФКТС и аппаратуры СУ ТС .
17. **Возможность возникновения заранее непредсказуемых комбинаций множественных отказов и повреждений**.

СПЕЦИФИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ (ФКТС) КОРАБЛЯ

КАК МНОГОАГРЕГАТНЫХ ОБЪЕКТОВ УПРАВЛЕНИЯ

1. **Наличие собственно неустойчивых процессов** (потребность в организации контуров регулирования, обеспечивающих саму возможность функционирования).
2. **Энергонапряженность работы агрегатов - жесткие ограничения на доп. области изменения координат** (потребность высокого качества стабилизации).
3. **Большое число структурных элементов - агрегатов, механизмов, устройств, связанных единым технологическим процессом и / или единством целей функционирования** (потребность в координации 1-го и/или 2-го рода).
4. **Недостаточные естественные свойства саморегулирования по поддержанию в допустимых пределах балансов потоков энергии и (или) вещества между агрегатами** (потребность в организации искусственных "гомеостатических механизмов самосохранения" путем динамического поддержания балансов потоков энергии).
5. **Предрасположенность при отказах к цепному (каскадному) развитию повреждений ("эффект домино")** (потребность в организации функций АЗ, противоаварийного управления, локализации аварийных ситуаций).
6. **ФКТС - многоагрегатные системы - многомерные многосвязные объекты со многими управляющими органами различной природы и управляемыми координатами** (возможность реализации идей взаимосвязанного регулирования).
7. **Наличие аварийно-опасных координат** (потребность в обеспечении "абсолютной" безопасности ФКТС при любых внезапных одиночных нарушениях).
8. **Наличие естественного резерва управляющих органов (регулирующих или управляющих) относительно аварийно-опасных координат и со стороны отвода энергии (вещества) с воздействием как со стороны подвода энергии (вещества), так безопасности** (возможность обеспечения "абсолютной" безопасности).
9. **Наличие секционированных исполнительных органов** (возможность использования идей структурного и функционального резервирования).
10. **Допустимость работы ФКТС с пониженным уровнем качества функционирования или пониженными выходными характеристиками.**
11. **Наличие у ФКТС нескольких режимов работы, отличающихся целями функционирования и критериями управления, требованиями к качеству процессов функционирования, составом аварийно-опасных координат и (или) ограничениями на область допустимого из условий безопасности (безаварийности) их изменения.**
12. **Распределенность агрегатов и составных частей ФКТС** (потребность в территориальной децентрализации).
13. **Распределение основных и резервных устройств энергообеспечения и обеспечения рабочими средами** (например, первичных (основных, резервных) источников энергии). (возможность в организации живучей системы энергообеспечения).
14. **Сосредоточение в одном помещении технологически связанных частей (устройств), выполняющих одну функцию или имеющих один технологический выход** (возможность и целесообразность функциональной децентрализации).
15. **Возможность возникновения неопределенных условий и непредвиденных (не выявленных на стадии проектирования) аварийных ситуаций** (потребность в привлечении Эвристического Анализа, Экспертных Систем Реального Времени (ЭС РВ), идеологии Систем Управления с Базами Знаний (СУ БЗ).
16. **Наличие (хотя и ограниченной) возможности восстановления работоспособности оборудования ФКТС и аппаратуры СУ ТС** (целесообразность в реализации функций диагностирования, технического обслуживания, наличия возимого ЗИП).
17. **Возможность возникновения заранее непредсказуемых комбинаций множественных отказов и повреждений** (потребность в реконфигурации структур всей совокупности ФКТС).

ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ , определяющие потребность в **ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ** их ИУС

1. **Неопределенность (непредсказуемость) поражающих воздействий (ПВ)** (о времени, месте, физической природе, разрушающей силе), их уникальность, отсутствие вероятностной меры).
2. **Возможны комбинации различных ПВ (комплексные аварии)** (например, пожар - прорыв ВВД - поступление заборной воды).
3. **Заранее непредсказуемый объем повреждений компонентов** (агрегатов, механизмов, приборов автоматики, кабелей, трубопроводов и т.п.), непредсказуемость комбинаций первичных повреждений и сочетаний отказов компонентов в различных ФКТС)
4. **Возникновение "нештатных" (запроектных) аварийных ситуаций**, на которые не рассчитаны заложенные в традиционные СУ ТС, в управляющие системы безопасности (УСБ) алгоритмы отсутствуют инструкции и технологические регламенты - возникновение так называемого **"алгоритмического отказа"**
5. **Неожиданность (внезапность) и непредсказуемость поведения объекта**, его "самопроизвольная" деградация, проявление "спящих" связей.
6. **Возможность каскадного развития повреждений и отказов ("эффект домино").**
7. **Неопределенность ситуации и непредсказуемость конечных последствий каскадного развития аварий в ФКТС** (сильное влияние числа и конкретных мест "накопления" скрытых отказов в средствах аварийной защиты и системах безопасности, неоднозначность и непредсказуемость траектории деградации объекта).
8. **Неполнота, недостоверность и быстрое устаревание информации** об аварийной обстановке, параметрах ПВ, динамически структурных состояниях комплексов ТС.
9. **Неполнота информации из-за недостаточной стойкости источников информации, датчиков и сигнализаторов, линий связи и других компонентов к ПВ.**
10. **Сильное влияние на уровень живучести топологии ФКТС**, и структурной организации КСУ ТС.
11. **Потребность принятия управляющих решений в "незапланированных" или нестандартных аварийных ситуациях**, при заранее непредсказуемых комбинациях повреждений компонентов в отдельных ФКТС и в комплексах взаимосвязанных технологическим процессом ФКТС.
12. **Проблематичность выработки решений по реконфигурации структур** (большая размерность математических моделей, неприводимость структур комплексов к регулярным, наличия "длинноцепочечных" обратных связей).
13. **Трудность решения задач управления перестройкой структур комплексов ТС** при заранее "незапланированных" сочетаниях отказов относятся к переборным, имеют комбинаторную сложность, являются в общем случае NP-трудными (в смысле Кука).
14. **Возможность автоматического вывода ФКТС из действия** (для предотвращения факта прекращения его существования, нарушений условий безопасности для экипажа и исключения риска для окружающей среды).
15. **Потребность учета естественной ненадежности и недостаточной стойкости системы, ее элементов и связей к разрушающим ПВ.**
16. **Ограниченные возможности восстановления и ремонта.**
17. **Потребность в выработке дорогостоящих проектных решений.**

ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ , определяющие потребность в **ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИИ** их ИУС

1. **Неопределенность (непредсказуемость) поражающих воздействий (ПВ)** (о времени, месте, физической природе, разрушающей силе), их уникальность, отсутствие вероятностной меры).
2. **Возможны комбинации различных ПВ (комплексные аварии)** (например, пожар - прорыв ВВД - поступление забортной воды).
3. **Заранее непредсказуемый объем повреждений компонентов** (агрегатов, механизмов, приборов автоматики, кабелей, трубопроводов и т.п.), **непредсказуемость комбинаций первичных повреждений и сочетаний отказов компонентов в различных ФКТС)**
4. **Возникновение "нештатных" (запроектных) аварийных ситуаций**, на которые не рассчитаны заложенные в традиционные СУ ТС, в управляющие системы безопасности (УСБ) алгоритмы отсутствуют инструкции и технологические регламенты - возникновение так называемого **"алгоритмического отказа"**
5. **Неожиданность (внезапность) и непредсказуемость поведения объекта**, его "самопроизвольная" деградация, проявление "спящих" связей.
6. **Возможность каскадного развития повреждений и отказов ("эффект домино").**
7. **Неопределенность ситуации и непредсказуемость конечных последствий каскадного развития аварий в ФКТС** (сильное влияние числа и конкретных мест "накопления" скрытых отказов в средствах аварийной защиты и системах безопасности, неоднозначность и непредсказуемость траектории деградации объекта).
8. **Неполнота, недостоверность и быстрое устаревание информации** об аварийной обстановке, параметрах ПВ, динамически структурных состояниях комплексов ТС.
9. **Неполнота информации из-за недостаточной стойкости источников информации, датчиков и сигнализаторов, линий связи и других компонентов к ПВ.**
10. **Сильное влияние на уровень живучести топологии ФКТС**, и структурной организации КСУ ТС.
11. **Потребность принятия управляющих решений в "незапланированных" или нестандартных аварийных ситуациях**, **при** заранее непредсказуемых комбинациях повреждений компонентов в отдельных ФКТС и в комплексах взаимосвязанных технологическим процессом ФКТС.
12. **Проблематичность выработки решений по реконфигурации структур** (большая размерность математических моделей, неприводимость структур комплексов к регулярным, наличия "длинноцепочечных" обратных связей).
13. **Трудность решения задач управления перестройкой структур комплексов ТС** при заранее "незапланированных" сочетаниях отказов относятся к переборным, имеют комбинаторную сложность, являются в общем случае NP-трудными (в смысле Кука).
14. **Возможность автоматического вывода ФКТС из действия** (для предотвращения факта прекращения его существования, нарушений условий безопасности для экипажа и исключения риска для окружающей среды).
15. **Потребность учета естественной ненадежности и недостаточной стойкости системы, ее элементов и связей к разрушающим ПВ**

Ц Е Л И А В Т О М А Т И Ч Е С К О Г О У П Р А В Л Е Н И Я И С О З Д А Н И Я А С У Т П П О Т Е Н Ц И А Л Ь Н О - О П А С Н Ы М И О Б Ъ Е К Т А М И И Т Е Х Н И Ч Е С К И М И К О М П Л Е К С А М И С П О В Ы Ш Е Н Н Ы М Р И С К О М Э К С П Л У А Т А Ц И И

- Обеспечение самой возможности протекания технологических (физических) процессов в объекте управления.
- Обеспечение возможности безопасного использования или безопасной для персонала, населения и окружающей среды эксплуатации объекта.
- Экономия живого труда на управление и техническое обслуживание автоматизированного объекта.
- Обеспечение централизованного по своей природе управления многоагрегатным комплексом минимальным числом операторов.
- Согласование характеристик АСУ ТП с возможностями человека-оператора.
- Минимизация потерь от ненадежности

КОНЕЧНЫЕ ЭФФЕКТЫ КОМПЛЕКСНОЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ТС ПЛ

- Повышение боевой устойчивости и живучести ПЛ.
- Обеспечение безаварийности и безопасности (технической, ядерной, радиационной, экологической).
- Максимальное использование боевого потенциала ПЛ.
- Снижение шумности в процессе эксплуатации.
- Повышение боеготовности личного состава, совершенствование технического обслуживания.
- Повышение модернизационных возможностей и ремонтпригодности.
- Существенное сокращение возимой части ЗИП.



«...тщательный анализ аварийных событий свидетельствует о том, что центр тяжести проблем лежит все-таки в области управления, где человеческий фактор наиболее существен. Выясняется, что сами инструкции были либо не очень точны и не предусматривали, а в некоторых случаях и не могли предусмотреть правил поведения при возникновении нештатных режимов».

Академик **Легасов Валерий Алексеевич**
журнал «Коммунист» № 8 за 1987 г.,
статья «Проблемы безопасного развития техносферы»,
с. 92 – 101.

ВАЖНЕЙШАЯ ПРОБЛЕМА

академик **Легасов Валерий Алексеевич** в своей статье
«**Проблемы безопасного развития техносферы**»

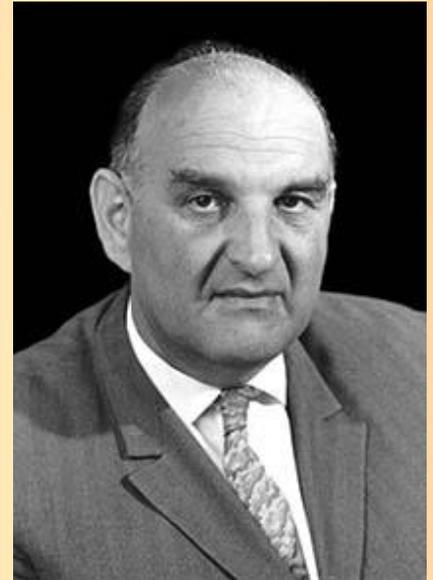
(см. журнал «Коммунист» № 8 за 1987 г., , с. 92 – 101)

отмечает следующее

- Несмотря на остроту проблем обеспечения живучести и безопасности, количество и размеры аварий и техногенных катастроф в мире неуклонно растут. Причин такого положения – значительное число и среди них, по убеждению многих специалистов, главной является **недостаточная теоретическая разработка проблемы управления** столь сложными объектами в нештатных аварийных ситуациях, то есть при возникновении заранее непредсказуемых комбинаций отказов и повреждений компонентов .
- Так, : *«...тщательный анализ аварийных событий свидетельствует о том, что **центр тяжести проблем лежит все-таки в области управления**, где человеческий фактор наиболее существен. Выясняется, что сами инструкции были либо не очень точны и не предусматривали, а в некоторых случаях и не могли предусмотреть правил поведения при возникновении нештатных режимов».*
- Таким образом В.А. Легасов достаточно четко обозначил **роль и значение управления и информационно-управляющих систем (ИУС) в обеспечении безопасности и живучести современных АТК** и, по существу, сформулировал в общем виде проблемы, стоящие перед теорией управления и теорией проектирования систем управления такими объектами.

О состоянии теории управления

«Теория управления, как
и самая красивая
девушка Парижа, не
может дать больше того,
чем она располагает»



Марк Аронович Айзерман

К ПОНЯТИЮ СТРУКТУРНО-СЛОЖНОЙ СИСТЕМЫ

(примеры - энергоблоки АЭС, функциональные комплексы технических средств энергообеспечения, обеспечения обитаемости и борьбы за живучесть атомных кораблей и судов)

- **Большое число структурных элементов** - агрегатов, механизмов, устройств, связанных единым технологическим процессом и / или единством целей функционирования.
- **Предрасположенность при отказах к цепному (каскадному) развитию повреждений ("эффект домино").**
- **Неожиданность (внезапность) и непредсказуемость поведения объекта**, его "самопроизвольная" деградация, проявление "**спящих**" связей.
- **Возникновение "нештатных" (запроектных) аварийных ситуаций**, на которые не рассчитаны заложенные в традиционные УС, в управляющие системы безопасности (УСБ) алгоритмы отсутствуют инструкции и технологические регламенты - возникновение так называемого **«алгоритмического отказа»**
- **Возможность возникновения заранее непредсказуемых комбинаций множественных отказов и повреждений (неперечислимость (!) исходных событий аварий)**
- **Неопределенность (непредсказуемость) поражающих воздействий (ПВ)** (о времени, месте, физической природе, разрушающей силе), их уникальность, отсутствие вероятностной меры .
- **Возможны комбинации различных ПВ** (комплексные аварии) (например, пожар - прорыв ВВД - поступление забортной воды).
- **Заранее непредсказуемый объем повреждений компонентов** (агрегатов, механизмов, приборов автоматики, кабелей, трубопроводов и т.п.), непредсказуемость комбинаций первичных повреждений и сочетаний отказов компонентов в различных **ФКТС**)
- **Неопределенность ситуации и непредсказуемость конечных последствий** каскадного развития аварий в ФКТС (сильное влияние числа и конкретных мест "накопления" скрытых отказов в средствах аварийной защиты и системах безопасности, неоднозначность и непредсказуемость траектории деградации объекта).
- **Потребность принятия управляющих решений в "незапланированных" или нестандартных аварийных ситуациях**, при заранее непредсказуемых комбинациях повреждений компонентов в отдельных ФКТС и в комплексах взаимосвязанных технологическим процессом ФКТС.
- **Проблематичность выработки решений по реконфигурации структур** (большой размерности математических моделей, неприводимость структур комплексов к регулярным, наличия "длинноцепочечных" обратных связей). **Трудность решения задач управления перестройкой структур** комплексов ТС при заранее "незапланированных" сочетаниях отказов относятся к переборным, имеют комбинаторную сложность, являются в общем случае **NP-трудными (в смысле Кука)**.

Особенности структурно-сложных систем, учитываемые при конструировании логико-математических моделей структур для формализованного получения полной информации о совокупностях КГЭ (МСО), МКР (КПУФ), графов деградации и др.

- Неприводимость к последовательно-параллельным схемам
- Наличие многочисленных **«переплетающихся»** (по В.А. Трапезникову) **обратных связей** – замкнутых контуров из элементов, осуществляющих выработку, преобразование и передачу энергии/вещества (замкнутые технологические циклы).
- Наличие циркулирующих в системе **нескольких видов ресурсов** (электроэнергия, рабочие среды, информация и т.д.).
- Условия функционирования элементов требуют наличия на их входах различных видов ресурсов, которые могут поставляться от альтернативных источников.
- Наличие **«управляемых» перемычек**, через которые ресурсы могут передаваться в том или ином направлении (но не в обоих одновременно).
- Наличие **«закольцованных» схем** из «управляемых» перемычек и распределительных подсистем (например, распределительных щитов).
- Необходимость **учета каналов (линий передачи ресурсов)**, как элементов структуры для анализа и обеспечения живучести.

БАЗИС ТИПОВЫХ ФУНКЦИЙ ИУС типа АСУ ТП (ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОДСИСТЕМ)

1. УПРАВЛЯЮЩИЕ ФУНКЦИИ

- регулирования процессов
- аварийной защиты агрегатов и блокировок
- противоаварийного управления ФКТС
- программно-логического управления (временного, координатного, смешанного).
- координированного управления (1-го и 2-го рода)
- реконфигурации структур ФКТС
- управление «по будущему»
- резервного (ручного) дистанционного управления (индивидуального и режимного (группового))

2. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ФУНКЦИИ

операторского контроля

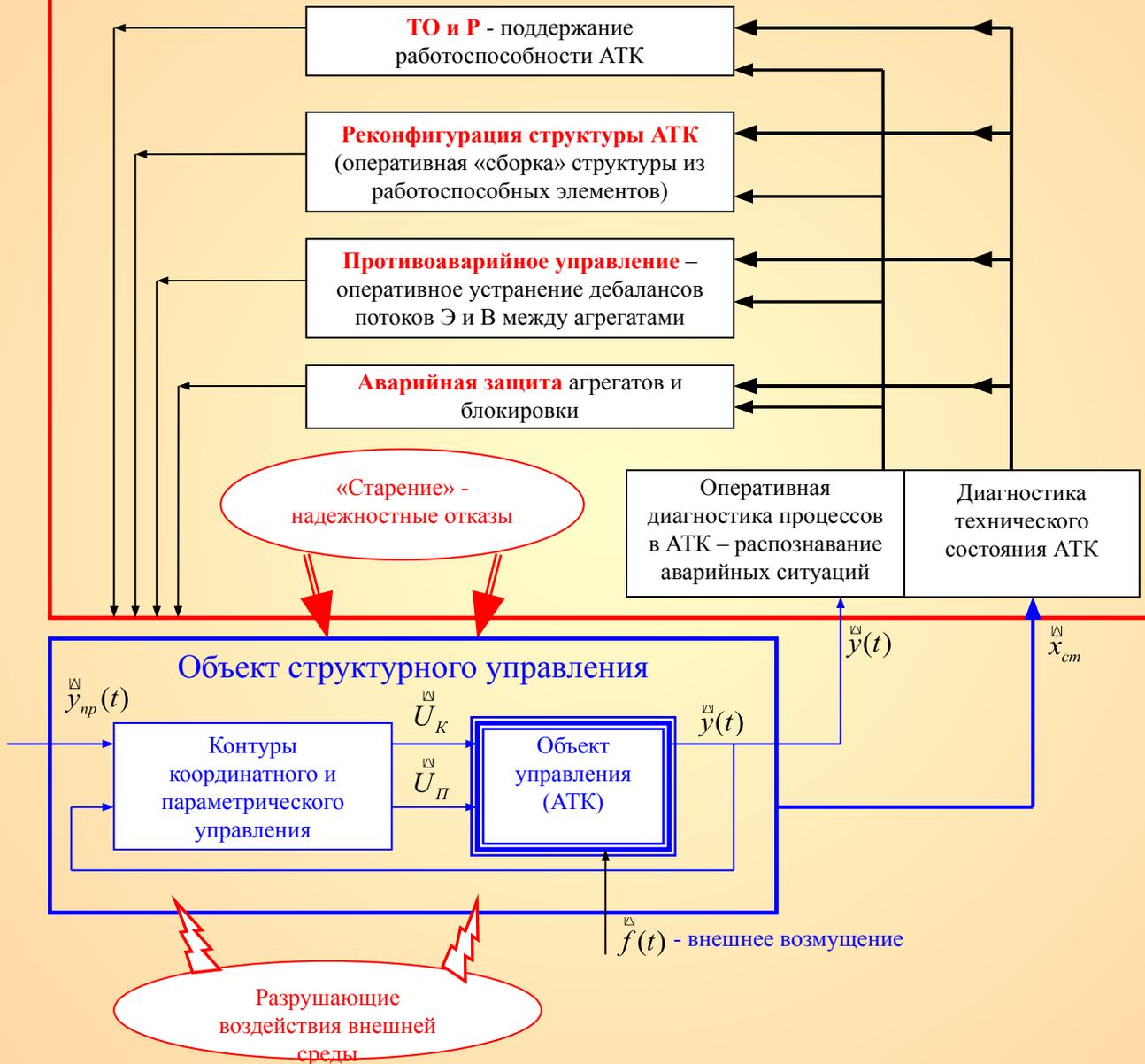
- оперативной диагностики технологических процессов и прогнозирования процессов
- поддержки принятия решений (интеллектуальной, вычислительной, информационной) в нештатных и запроектных АС и при БЖ
- диагностирования и прогнозирования технического состояния оборудования
- документирования, в т.ч. «черный ящик»
- тренажерный режим

3. ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ФУНКЦИИ

обеспечения энергией и рабочими средами

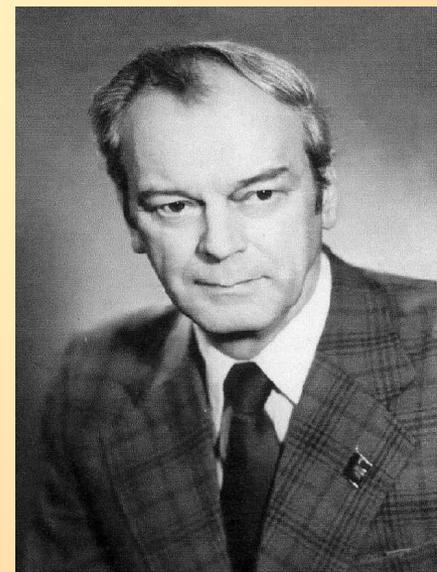
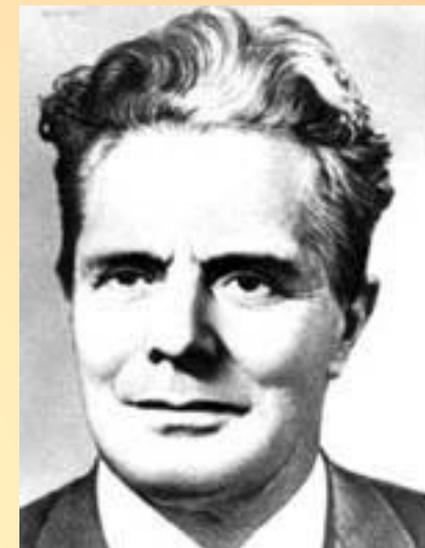
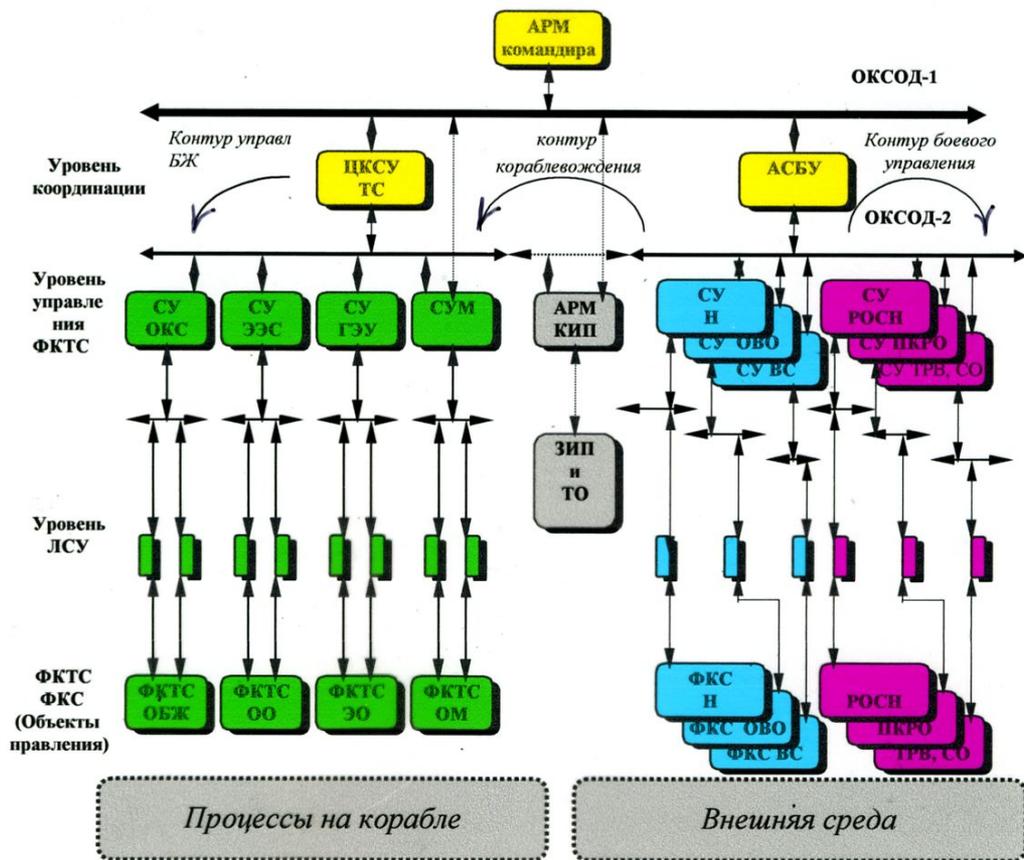
- оперативного функционального контроля исправности
- резервирования (структурного, функционального, временного, информационного)
- управления процессами обработки информации (многозадачные операционные системы реального времени - ОС РВ)
- управления процессами обмена информацией между звеньями ИУС (АСУ ТП) - сетевые ОС РВ
- реконфигурации структуры собственно системы управления (принципы статического и/или динамического перераспределения задач между звеньями СУ ТС при отказах заданной кратности и/или при любых комбинациях отказов звеньев) для обеспечения элегантной деградации системы
- управления надежностью ИУС (АСУ ТП) - накопление и обработка информации о наработках и отказах, оценка остаточного ресурса, планирования ТО и Р)

Контурь структурного управления



Основополагающие принципы комплексной автоматизации кораблей и других многоагрегатных технических комплексов

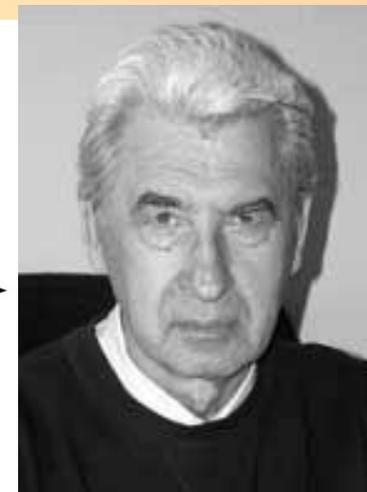
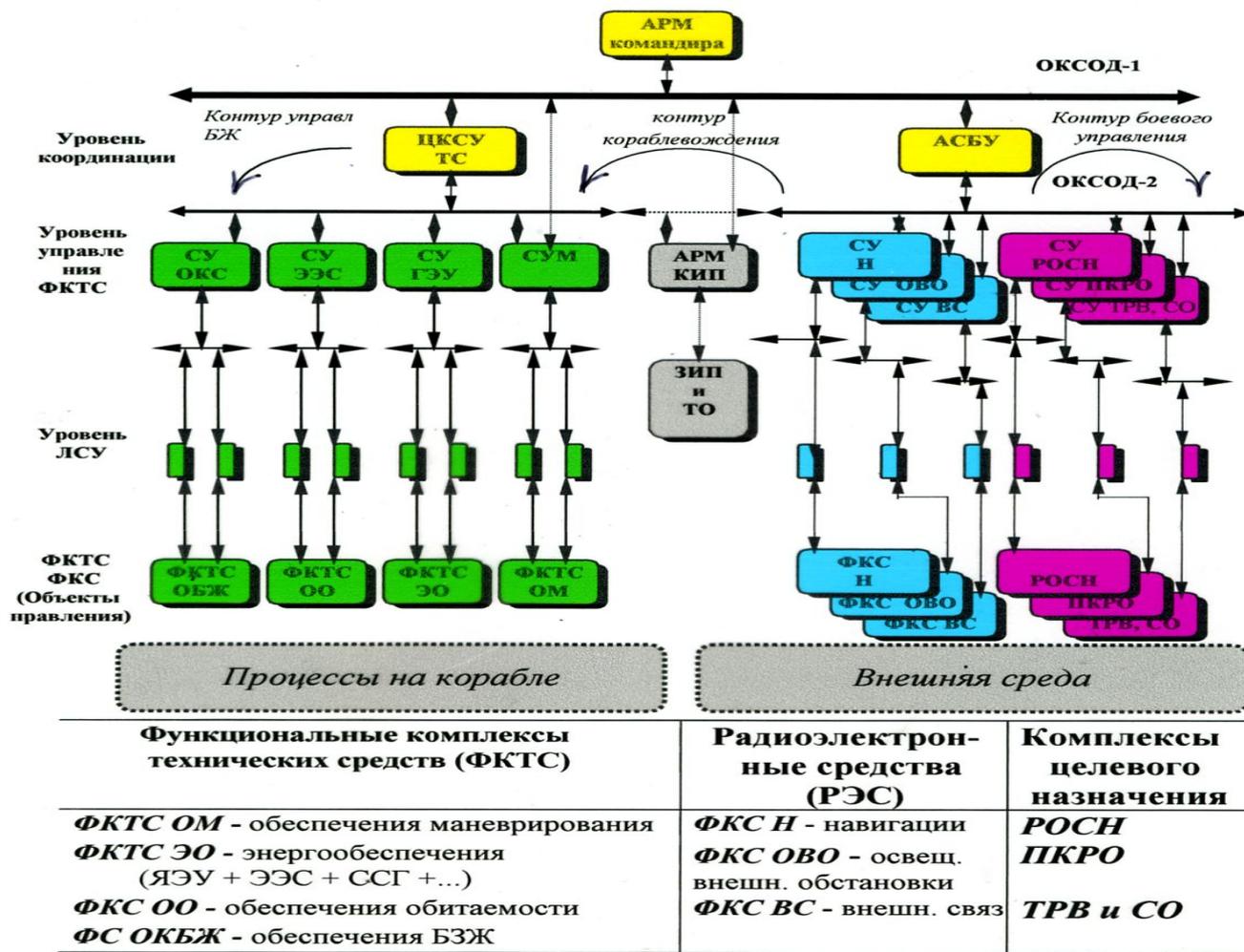
Укрупненная структура единой (интегрированной) АСУ корабля



Функциональные комплексы технических средств (ФКТС)	Радиоэлектронные средства (РЭС)	Комплексы целевого назначения
<p>ФКТС ОМ - обеспечения маневрирования</p> <p>ФКТС ЭО - энергообеспечения (ЯЭУ + ЭЭС + ССГ +...)</p> <p>ФКТС ОО - обеспечения обитаемости</p> <p>ФКТС ОКБЖ - обеспечения БЗЖ</p>	<p>ФКС Н - навигации</p> <p>ФКС ОВО - освещ. внешн. обстановки</p> <p>ФКС ВС - внешн. связь</p>	<p>РОСН</p> <p>ПКРО</p> <p>ТРВ и СО</p>

Основополагающие принципы комплексной автоматизации кораблей и других многоагрегатных технических комплексов

Укрупненная структура единой (интегрированной) АСУ корабля

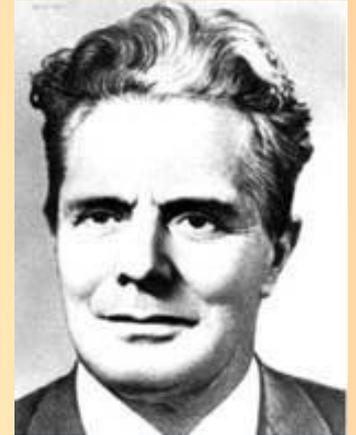


Б.Г. Волик



Декомпозиция проблемы проектирования Информационно-управляющих систем

1. Функциональная структура
2. Алгоритмическая структура
3. Функционально-топологическая структура
4. Техническая структура
5. Приборная структура



Определения по ГОСТ 19176 -85

ДЕКОМПОЗИЦИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
(СИНТЕЗА, ВЫБОРА СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ)
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ КОРАБЛЯ
и СИСТЕМ типа АСУ ТП

I СИНТЕЗ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ

что "делает" система, какую совокупность относительно автономных и взаимосвязанных функций она должна выполнять на различных уровнях их детализации и в соответствующих этим уровням базисах.

ДЕКОМПОЗИЦИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
(СИНТЕЗА, ВЫБОРА СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ)
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ КОРАБЛЯ
и СИСТЕМ типа АСУ ТП

II СИНТЕЗ ФУНКЦИОНАЛЬНО- ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ:

*где (в каком отсеке или помещении)
должны выполняться
(реализовываться)
выделенные в функциональной
структуре функции (функциональные
подсистемы), каковы должны быть
характеристики стойкости конструктивных
элементов и связей.*

ДЕКОМПОЗИЦИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
(СИНТЕЗА, ВЫБОРА СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ)
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ КОРАБЛЯ
и СИСТЕМ типа АСУ ТП

- III СИНТЕЗ АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СТРУКТУР (АЛГОРИТМОВ) ДЛЯ НОРМАЛЬНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И СТАНДАРТНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ И ПРОЕКТНЫХ АВАРИЙ:**
- *как система выполняет выделенные в ее структуре функции.*

ДЕКОМПОЗИЦИЯ ЗАДАЧ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
(СИНТЕЗА, ВЫБОРА СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ)
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
ТЕХНИЧЕСКИМИ СРЕДСТВАМИ КОРАБЛЯ
и СИСТЕМ типа АСУ ТП

IV СИНТЕЗ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СТРУКТУР

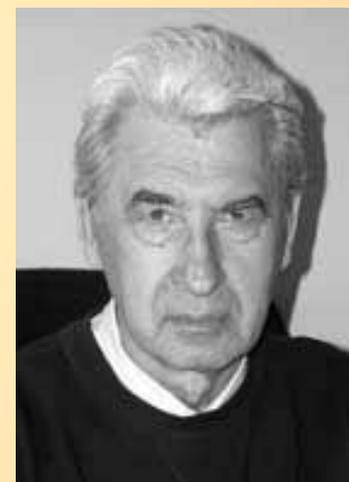
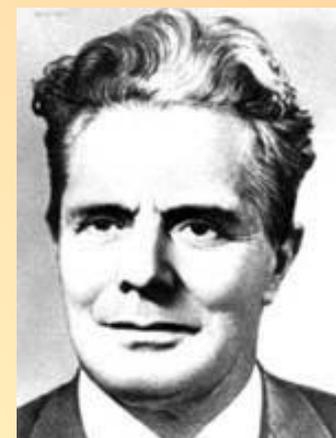
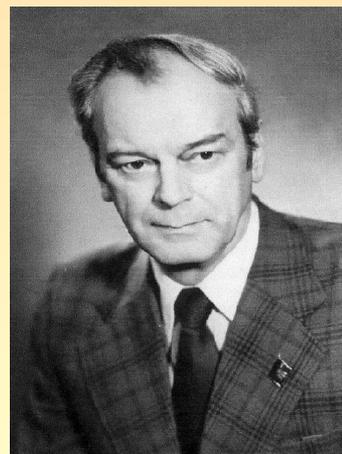
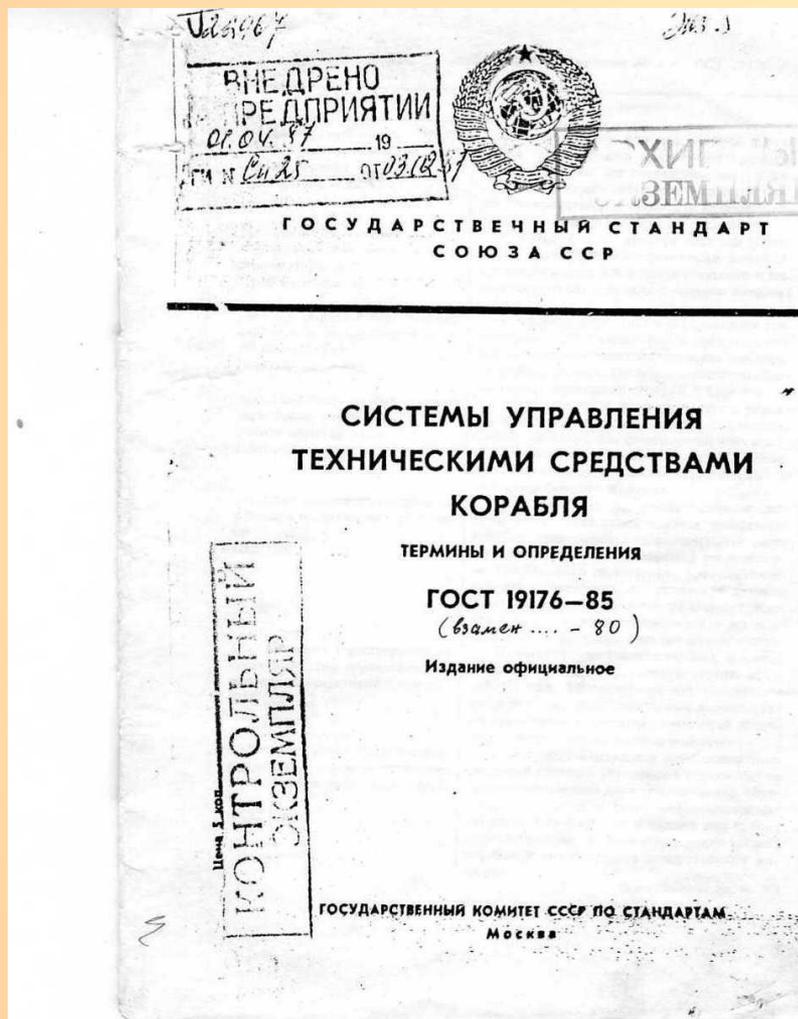
***количество и размещение
центров управления и принятия
решений (основных и резервных),
разделение задач между ними и их
соподчиненность.***

СИНТЕЗ ТЕХНИЧЕСКИХ СТРУКТУР

с помощью чего, каких технических и программных средств система выполняет функции, включая выбор

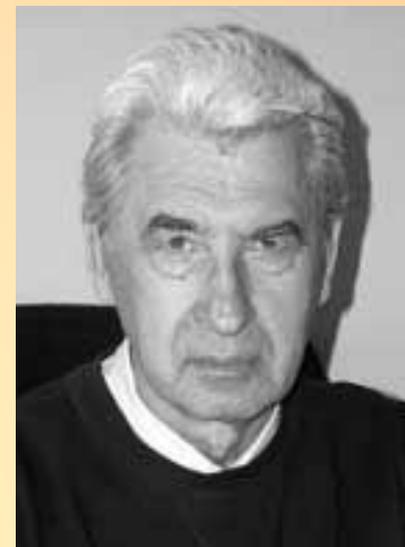
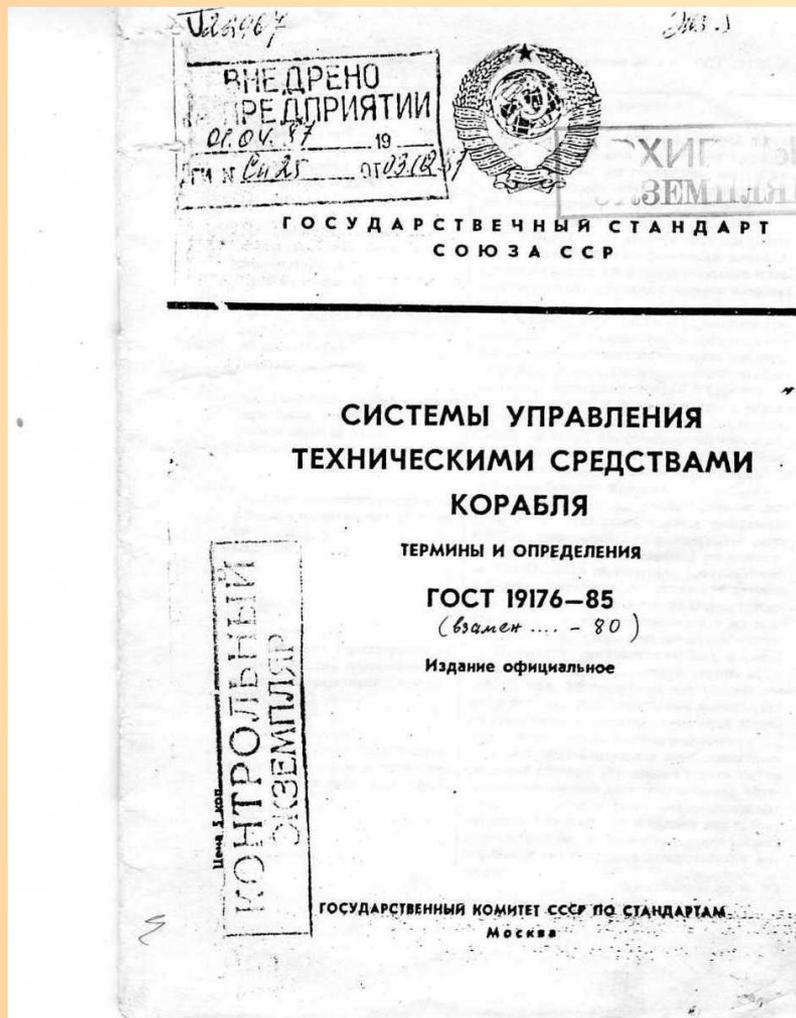
- номенклатуры и характеристик типовых микропроцессорных агрегатированных средств,
- комплексирования подсистем как функционально и конструктивно законченных изделий (СУ ФКТС, ГСУ ТС, ЛСУ ТС),
- выбор в каждой из подсистем числа уровней обработки информации, числа процессорных приборов на каждом уровне и распределение функций между ними,
- рационального соотношения используемых видов избыточности (*временного, информационного, функционального, структурного резервирования*),
- физической среды передачи информации (*витая пара, коаксиальный кабель, оптоволоконный кабель, радиоканал и т.п.*), топологии сети (*магистраль, кольцо, звезда и т.п.*),
- способа доступа к общим каналам передачи информации (*случайный, маркерный, смешанный, маркерное кольцо, маркерная шина, множественный доступ с контролем несущей*),
- протоколов связи (*TCP/IP, MAP, DECnet и т.п.*),
- метода передачи информации (*широкополосный, однополосный*),
- стратегии управления обменом информацией в сети (*децентрализованная, централизованная*),
- стандартной распределенной многозадачной многопользовательской операционной системы реального времени,
- стандартной систем управления базами оперативных данных,
- стандартной системы графического (и речевого) человеко-машинного интерфейса,
- стандартной системы промышленного программирования и сопровождения ПО.

Разработка ГОСТ – 1979 г.



Б.Г. Волик

Разработка ГОСТ – 1979 г.



Б.Г. Волик

Проводятся только при
нарушениях логики функционалов
из-за отказа, разрушения, сбоя и т.п. !

ВАЖНЕЙШИЕ ПОНЯТИЯ и ОПРЕДЕЛЕНИЯ по ГОСТ 19176-85 "Системы управления техническими средствами корабля. Т и О"

СТРУКТУРНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ СУ ТС

совокупность проектных решений, принятых при выборе функциональной, алгоритмической, организационной, топологической и технической структур СУ ТС и в целом характеризующих принципы ее построения и функционирования в различных режимах и условиях эксплуатации.

КАЧЕСТВО СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ СУ ТС

совокупность свойств СУ ТС, обуславливающих ее способность обеспечивать безаварийное функционирование ТС и управление ими с возможным снижением качества при нарушениях в работе системы.

ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ СУ ТС

составляющая качества структурной организации СУ ТС, проявляющаяся при отказах отдельных устройств, сбоях в их работе и(или) проявлении ошибок в программном обеспечении.

ЖИВУЧЕСТЬ СУ ТС

составляющая качества структурной организации СУ ТС, проявляющаяся при частичных повреждениях аппаратуры и линий связи и заключающаяся в сохранении работоспособности управляемого оборудования, непосредственно не подвергшегося аварийным воздействиям (АВ) внешней среды, безаварийности ТС и возможности управления режимами его работы.

ОТКАЗОБЕЗОПАСНОСТЬ СУ ТС

свойство СУ ТС удерживать аварийно-опасные координаты ТС в пределах, допустимых по условиям безаварийности функционирования ТС, при нарушениях в работе СУ ТС.

СОХРАНЯЕМОСТЬ РЕЗЕРВНОГО УПРАВЛЕНИЯ в СУ ТС

свойство СУ ТС сохранять возможность осуществления человеком-оператором направленного изменения режимов работы и(или) выходных координат ТС при выходах из строя отдельных устройств, приборов и(или) линий связи в СУ ТС.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ СУ ТС

свойство СУ ТС обеспечивать и поддерживать во времени значения показателей качества функционирования СУ ТС в заданных режимах и условиях эксплуатации, минимизируя потери от нарушений в работе ТС и СУ ТС.

Примечание.

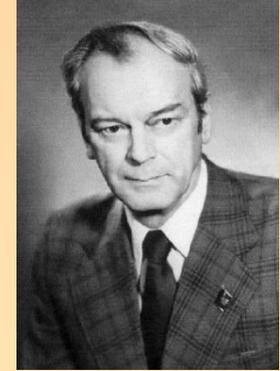
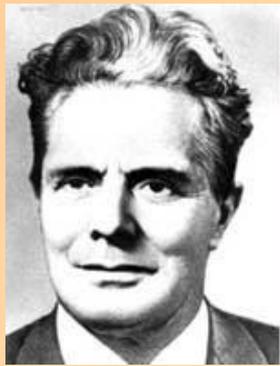
Техническая эффективность УС является комплексным свойством, органически объединяющим в себе динамические свойства (свойства алгоритмических структур), свойства отказоустойчивости (отказобезопасности и сохраняемости резервного управления), надежности (безотказности, ремонтпригодности и долговечности аппаратуры), запасов ресурсов, свойств системы технического обслуживания)

СТОЙКОСТЬ СИСТЕМЫ

свойство системы сохранять работоспособность, не получая повреждений при АВ внешней среды.

интегральность
и(или) в себе

интегральность



ОСНОВОПОЛОЖНИКИ:
ТРАПЕЗНИКОВ Вадим Александрович
ДЕМЧЕНКО Олег Павлович
ВОЛИК Борис Григорьевич

СИСТЕМА КРИТЕРИЕВ
ВЫБОРА СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
типа СУ ТС кораблей и АСУ ТП
и ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ

А. ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ КРИТЕРИИ СТРУКТУРНОЙ
УСТОЙЧИВОСТИ

А.1. КРИТЕРИИ абсолютной (!) ОТКАЗОБЕЗОПАСНОСТИ
и **отказоустойчивости** УС при любых одиночных нарушениях с
учётом накопления "скрытых" отказов (без ограничений на
ресурсы !)

А.2. КРИТЕРИИ ЖИВУЧЕСТИ УС при частичных повреждениях
для любого аварийного воздействия внешней среды из априори
установленного множества взаимоисключающих гипотез



СИСТЕМА КРИТЕРИЕВ

См.:

Генеральный директор
НПО "Аврора" (1971-1983)

- 1) журнал "Судостроение", N 8, 1976 г. статья
О.П. Демченко "Проблемы организации систем
автоматического управления судовыми
техническими средствами".

2) ОТТ к СУ ТС кораблей

(Гол. исполнитель - I ЦНИИ МО РФ -
кораблестроения ВМФ)

А. Детерминированные критерии структурной устойчивости

A.1. Критерии абсолютной (!) безопасности (отказоустойчивости) УС

при любых одиночных нарушениях с учётом накопления
"скрытых" отказов (без ограничений на ресурсы !)

A.2. Критерии живучести УС при частичных повреждениях

(для любого аварийного воздействия внешней среды из априори
установленного множества взаимоисключающих гипотез)

Б. Вероятностные критерии и показатели

- * эффективности,
- * системной надежности УС
(как многофункциональной системы),
- * риска,
- * потерь от ненадёжности,
- * общих затрат

В. Критерии многоуровневой оптимизации и распределения
ограниченных ресурсов между системами 2-х соподчиненных рангов

Г. Критерии производственные

(типа "Время создания - затраты живого труда")

Д. Критерии государственные

"Скрывает" порог
структурной
организации
(безотказности
в среднем" по
генеральной
совокупности)

↑
как средняя
температура !!
по больнице !!

Министр Егорев
о трагедии Р=0,99.

Критерий отказов
Основа для
выбора структуры
организации
УС !!!
"скрип"

Резервы
не могут
устойчиво
отражать
критерий

СИСТЕМА КРИТЕРИЕВ

ВЫБОРА СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ИУС типа СУ ФКТС кораблей и АСУ ТП и ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

А. ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЕ КРИТЕРИИ СТРУКТУРНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

А.1. КРИТЕРИИ абсолютной (!)ОТКАЗОБЕЗОПАСНОСТИ

отказоустойчивости) УС при любых одиночных нарушениях с учётом накопления "скрытых" отказов (без ограничений на ресурсы !)

А.2. КРИТЕРИИ ЖИВУЧЕСТИ УС при частичных повреждениях для любого аварийного воздействия внешней среды из априори установленного множества взаимоисключающих гипотез

Б. КРИТЕРИИ типа "ЭФФЕКТИВНОСТЬ - ЗАТРАТЫ"

С вероятностными показателями функциональной эффективности, системной надежности УС (как многофункциональной системы), риска нарушения условий безопасности (технической, ядерной, радиационной, экологической), потерь от ненадёжности, общих затрат различных видов) с выбором предпочтительных (Парето- оптимальных) решений

В. КРИТЕРИИ МНОГОУРОВНЕВОЙ и РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

между системами 2-х соподчиненных рангов

Г. КРИТЕРИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ типа "ВРЕМЯ СОЗДАНИЯ - ЗАТРАТЫ ЖИВОГО ТРУДА"

Д. КРИТЕРИИ ГОСУДАРСТВЕННЫЕ:

интересы государства, занятость ИТР и производственного персонала, научно-техническая политика.

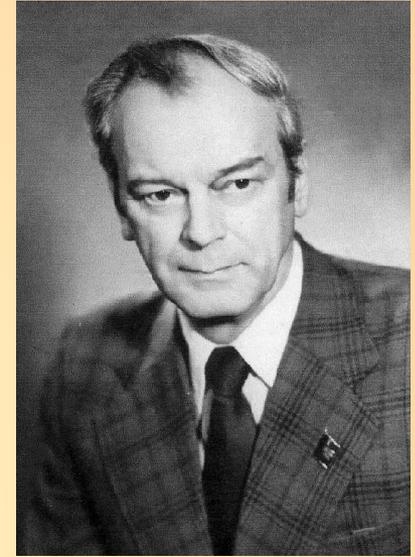
Начало исследований проблемы при решении конкретных проектных задач

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
 на проведение расчетов по оценке живучести различных вариантов функционально-топологических структур КСУ ТС.

Отдел-заказчик / СНИО -35
 Начало работ *май*
 Срок окончания *июль ?*
 Плановая стоимость работ / без машинного времени /

Расходы отнести на заказ-наряд № 077454

Начальник СНИО-35 / *В. С. /* / Лерман В.С.
 Начальник 343 отдела / *М. Т. /* / Ворчаков М.Т.
 Начальник 351 сектора / *И. П. /* / Сымаков И.П.
 Начальник 3431 лаборатории / *И. /* / Клубаев И.



Порядок проведения расчетов по оценке живучести трех вариантов функционально-топологической структуры КСУ ТС.

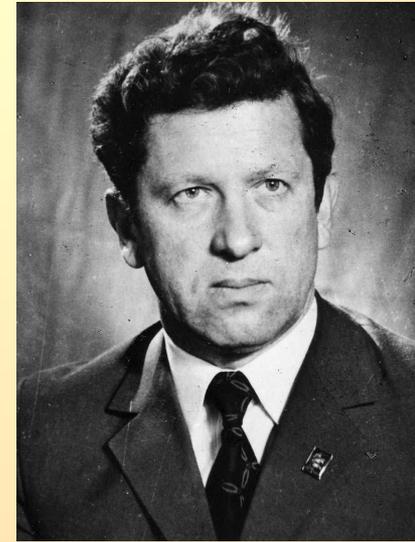
1/ Определить значения основной функции работоспособности " e_{jk} " КСУ ТС каждого из трех вариантов ТС для " $j = 1, 2, \dots, 24$ " состояний помещений и связей при аварии вида пожар и для " $j = 1, 2, \dots, 10$ " состояний помещений и связей при аварии вида затопления с учетом " $k = 1, 2, \dots, 16$ " состояний всего комплекса оборудования. Формулы для расчета основной функции работоспособности " e_{jk} " и определяющие ее вспомогательных функций " X_i " представлены в приложении III-1, III-2, III-3 / для каждого из трех вариантов структуры/. Характеристики каждого из " $k = 1, 2, \dots, 16$ ", " $j = 1, 2, \dots, 24$ ", " $j = 1, 2, \dots, 10$ " состояний оборудования, помещений, связей / в зависимости от вида аварии/, а также соответствующий им вероятностные показатели P_j , S_k представлены в таблицах I, II-a, II-b.

2/ Определить для трех вариантов вероятностную величину с последующим суммированием $\sum_{j=1}^{10} P_j e_{jk}$ / для аварии типа пожар/ и $\sum_{j=1}^{24} P_j e_{jk}$ / для аварии типа затопление/ для каждого "k" состояния оборудования.

3/ Определить величину $S_k \sum_{j=1}^{24} P_j e_{jk}$ и $S_k \sum_{j=1}^{10} P_j e_{jk}$ для каждого варианта структуры с последующим суммированием $\sum_{k=1}^{16} S_k \sum_{j=1}^{24} P_j e_{jk}$ и $\sum_{k=1}^{16} S_k \sum_{j=1}^{10} P_j e_{jk}$ по всем состояниям оборудования и выдать на печать:

a/ $\sum_{k=1}^{16} S_k \sum_{j=1}^{24} P_j e_{jk}$ для структур /формулы III-1, 2, 3/
 б/ $\sum_{k=1}^{16} S_k \sum_{j=1}^{10} P_j e_{jk}$ для структур /формулы III-1, 2, 3/.

Приложение: на 13 листах.



ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОВЫШЕННЫХ УРОВНЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ, ЖИВУЧЕСТИ И НАДЕЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ

ВЫБОР и ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

(функциональных, топологических, организационных, алгоритмических, технической структур) при проектировании на основе априорной информации

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ в НЕШТАТНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ, ПРИ ЗАПРОЕКТНЫХ АВАРИЯХ и при БЖ

(придание системе свойств
САМОАЛГОРИТМИЗАЦИИ и
САМООРГАНИЗАЦИИ) в процессе
эксплуатации на основе апостериорной
информации

ВАЖНЕЙШИЕ ПРИНЦИПЫ

1. Функционально-иерархический принцип организации ЕАСУ и КСУ ТС корабля с выделением 3-х уровней иерархии систем:
 - локальных систем управления (ЛСУ),
 - систем управления функциональными комплексами средств корабля (СУ ФКС),
 - координирующих систем управления типа ЦКСУ ТС и БИУС
2. Организация подсистем аварийной защиты (ПАЗ) и управляющих систем безопасности (УСБ).
3. Принцип территориальной децентрализации
4. Принцип функциональной децентрализации, (в том числе для оборудования систем аварийной защиты, систем безопасности и борьбы за живучесть) принципы независимости, разделения, разнообразия.
5. Децентрализация процессов управления обменом информацией в системах с сетевой архитектурой
6. Дублирование центров (пультов) управления (введение ПАУ и МП)
7. Принцип организации живучей структуры систем энергоснабжения аппаратуры УС
8. Рациональное использование различных видов избыточности (структурной, функциональной, информационной, временной)
9. Использование естественной избыточности в объектах управления (эшелонирование, дробление производительности, инерционность и т.п.)
10. Принцип "коннективной устойчивости" многосвязных систем управления относительно всех или аварийно-опасных координат

1. Принципы интеллектуализации поведения УС с организацией функций под держки принятия решений:
 - вычислительной поддержки,
 - информационной поддержки с развитым графическими речевым интерфейсом,
 - интеллектуальной поддержки.
2. Принципы построения систем обработки информации с базами знаний, механизмами рассуждений, логического вывода (динамических экспертных систем) для:
 - выявления, распознавания и идентификации нештатных аварийных ситуаций (оперативная диагностика процессов),
 - диагностики множественных отказов и повреждений,
 - выработка решений по реконфигурации структур совокупности ФК ТС при произвольных заранее непредсказуемых сочетаниях отказов.
3. Раннее обнаружения нарушений (принципы спорадического контроля, ЭС диагностики технологических процессов)
4. Принципы статического или динамического перераспределения задач между звеньями УС с сетевой архитектурой при любых комбинациях отказах (или отказах заданной кратности) с учетом приоритетности задач (принцип "элегантной деградации", или "каннибализма")
5. Интеграция УС с встроенным понятийным (интеллектуальным тренажером)

Общая постановка проблемы системного анализа НБЖ и ее актуальность вытекают из проектных задач, решаемых на уровне Генерального (главного) конструктора ССС

1. Выявления **«узких мест»** в структуре ССС в целом, невидимые и необнаруживаемы на уровне отдельных многочисленных подсистем с целью предотвращения создания **«структурно-порочных»** (по О.П. Демченко) систем, т.е. систем, в которых по крайней мере одиночные отказы могут привести не только к невыполнению системой своего функционального назначения, но и к огромным «ущербам, включая прекращение своего существования.
2. Проверка выполнимости **детерминированных требований НТД и ТЗ** к функционированию системы при т.н. максимальных проектных авариях (МПА), критерия единичного отказа (КЕО) и т.п.
3. В пределе необходимо **найти все возможные (полные наборы) минимальные критические комбинации** отказавших элементов и связей в ССС, приводящие к потере работоспособности или к нарушению условий безопасности, что обеспечит координацию работ многочисленных предприятий-разработчиков в интересах обеспечения Н,Ж и Б всей системы в целом. Это т.н. МСО или КГЭ (по А.И. Клемину).
4. **Выявить (по возможности) все минимальные наборы элементов и связей, работоспособность которых обеспечит выполнение системой** своего назначения и(или) **безопасное функционирование**. Это т.н. минимальные рабочие конфигурации (**МРК**) или в частном случае т.н. КПУФ (по И.А. Рябину). Знания всех МРК обеспечит разработку алгоритмического обеспечения для выработки решений по реконфигурации структуры системы в целом при любых заранее непредсказуемых комбинациях отказов элементов, т.е. решение задач типа **«Как собрать структуру из оставшихся в строю элементов ?»** (по А.С. Смирнову и Р.Д. Колесникову). Это обеспечит важнейшие свойства «самоорганизации» и даже «самоалгоритмизации», исключающих необходимость применения «экспертных жестких» алгоритмов и знаний.
5. И, наконец, **выполнение проектных расчетов** и максимально объективных количественных оценок всех **вероятностных показателей надежности, безопасности, эффективности**.

НАДЕЖНОСТИ, ЖИВУЧЕСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ

1. **НАДЕЖНОСТЬ** – по нему достигнуто почти полное согласие специалистов, зафиксированное в ГОСТ 27.002-89. Но работа по «гармонизации» стандартов РФ с международными не завершена.
2. **ЖИВУЧЕСТЬ** – имеет в литературе широкое толкование. Впервые введено адмиралом С.О. Макаровым. Вклад в его развитие внесли адмирал И.А. Рябинин, акад. Руденко Ю.Н. (для больших ЭЭС) и др.
3. **Живучесть** – свойство объекта выполнять заданные функции хотя бы в минимально допустимом объеме при внешних неблагоприятных воздействиях (НВ), не предусмотренных заданными штатными условиями применения по назначению. (см. *«Теория управления, терминология. Сб. Рекомендуемых терминов»*. Под ред. Б.Г. Волика. – М.: Наука, 1988).
4. **БЕЗОПАСНОСТЬ** - свойство объекта не допускать выхода в область возможного нахождения персонала и населения поражающих для их жизни и здоровья факторов, а также факторов, наносящих ущерб окружающей среде сверх установленных норм. В качестве меры «ущерба» закрепился термин «РИСК». **ТЕХНОГЕННЫЙ РИСК** – показатель опасности.
5. **ЭФФЕКТИВНОСТЬ** – понятие, отражающее «целевую отдачу» объекта от его применения по назначению (количество недовыданной генерируемой в течение года энергии из-за нарушений работоспособности, срок окупаемости и т.п.).

Соотношение свойств НАДЕЖНОСТЬ, ЖИВУЧЕСТЬ и БЕЗОПАСНОСТЬ технической системы



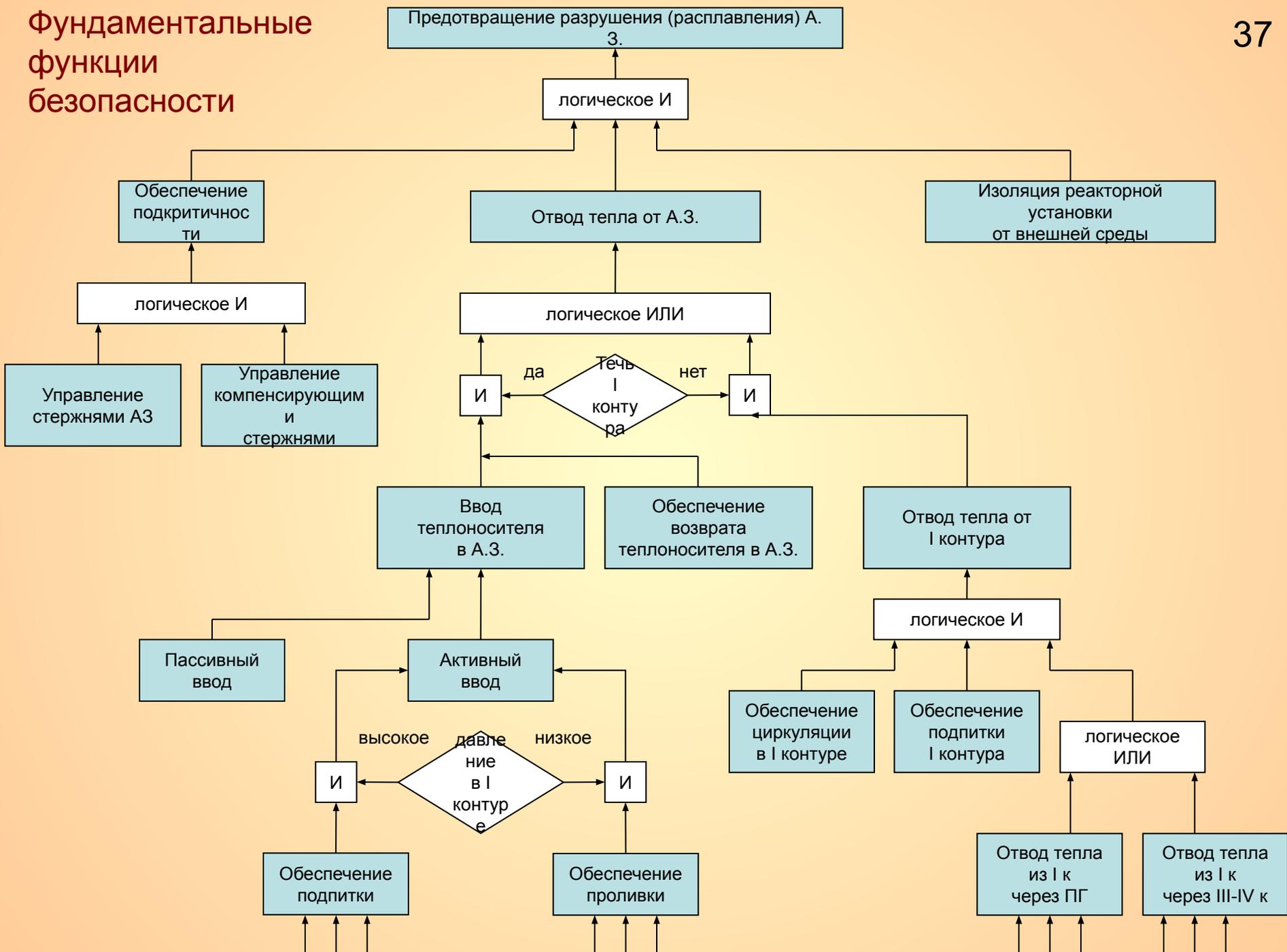
Требования к безопасности АЭС

(ИЗВЛЕЧЕНИЯ из ОПБ-97)

1.2.12. В проекте АС должны быть предусмотрены технические средства и организационные меры, направленные на предотвращение проектных аварий и ограничение их последствий и обеспечивающие безопасность при любом из учитываемых проектом исходном событии с наложением в соответствии с **принципом единичного отказа** одного независимого от исходного события отказа любого из следующих элементов систем безопасности: активного элемента или пассивного элемента, имеющего механические движущиеся части, или одной независимой от исходного события ошибки персонала.

Дополнительно к одному независимому от исходного события отказу одного из указанных выше элементов должны быть учтены приводящие к нарушению пределов безопасной эксплуатации не обнаруживаемые при эксплуатации АС отказы элементов, влияющих на развитие аварии.

Фундаментальные функции безопасности



Детерминированные показатели надежности и безопасности технических систем

Показатель отказобезопасности d – максимальное число (d) отказов элементов в системе, которые в любом сочетании не приведут к аварии или к потере работоспособности.

Показатель отказобезопасности V – отношение числа безаварийных состояний (для отказоустойчивости – работоспособных состояний) системы к общему их числу, равному 2^N , где N - число элементов системы. Если ФРС представить в виде СДНФ, то V равно количеству конъюнкций в данной СДНФ.

Коэффициент отказобезопасности для отказов k - ой кратности равен:

$$G_k = \frac{M_k}{C_n^k} = \frac{C_n^k - M'_k}{C_n^k} = 1 - \frac{M'_k}{C_n^k} \quad (1.1)$$

где M_k - количество безопасных (или работоспособных) состояний системы в множестве ее состояний с отказами k - ой кратности

“Вес” элемента x_i в системе - отношение веса булевой разности по аргументу x_i к числу всех наборов N -мерного логического пространства:

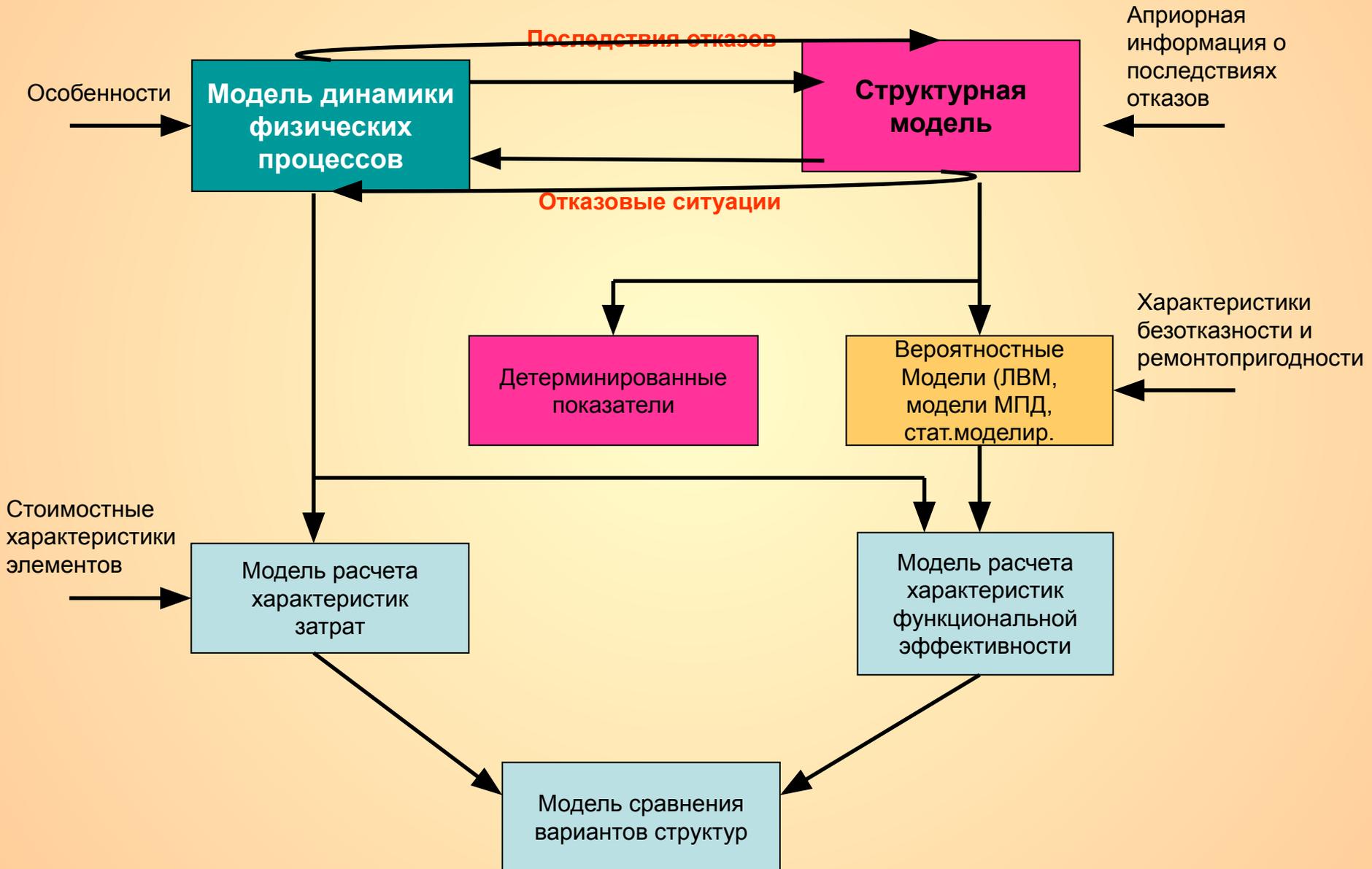
$$g(x_i) = \frac{G\{\Delta_{x_i} y(x_1, \dots, x_N)\}}{2^N}.$$

Если функция y записана в виде ОДНФ или СДНФ, то

$$g(x_i) = \sum_{f=1}^k 2^{-(r_f-1)} - \sum_{j=1}^l 2^{-(r_j-1)}, \quad (1.2)$$

где k, r_f – число и ранг ортогональных конъюнкций, содержащих аргумент x_i ; l, r_j – число и ранг ортогональных конъюнкций, содержащих отрицание аргумента \bar{x}_i .

Потребность в т.н. СИСТЕМНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ при анализе НАДЕЖНОСТИ, ЖИВУЧЕСТИ и БЕЗОПАСНОСТИ



Решаемые задачи

- Сравнение вариантов функционально-топологических, технических и др. структур с различной степенью централизации по детерминированным критериям живучести.
- Определение всего множества комбинаций отказов элементов минимальной кратности, приводящих к потере работоспособности ССС и/или к нарушению условий безопасности для принятия соответствующих проектных мер.
- Определение всего множества наборов из минимальной числа работоспособных элементов, обеспечивающих выполнение ССС своего назначения и/или безопасного функционирования.
- Выработка решений по реконфигурации структур ССС при любых заранее не предсказуемых комбинациях отказов элементов.
- Оценка уровней работоспособности, живучести и безопасности по детерминированным показателям.
- Оценка риска – выполнение вероятностного анализа безопасности (ВАБ) для подтверждения соответствия нормативным документам.

Структурная модель работоспособности системы

Структурная модель работоспособности системы описывает условия, необходимые для работы элементов системы. Среди этих элементов будут как элементы, обеспечивающие выполнение основной функции ТС, так и элементы обеспечивающие безопасное функционирование.

Функция работоспособности системы (ФРС) – логическая функция, аргументами которой являются состояния элементов системы (работоспособные, вышедшие из строя), а значением функции является работоспособность системы по одному из критерий:

- выполнение основной функции
- выполнение функций безопасности

Функция неработоспособности системы (ФНС) – логическое дополнение ФРС

Из ФРС и ФНС можно «извлечь» все МРК и МСО

1. Логико-математическая модель анализа живучести структурно-сложных систем.

Основные обозначения

- X_i – бинарная переменная, характеризующая собственно состояние работоспособности (неработоспособности) элемента системы, $x_i = \{0, 1\}$;
- Y_i – бинарная переменная, характеризующая функционирование элемента (его рабочее состояние) как с учетом собственной работоспособности, так и с учетом условий обеспечения его необходимыми ресурсами от элементов ближайшего окружения, $y_i = \{0, 1\}$;
- Z_k – бинарная переменная, характеризующая состояние среды в k -ом помещении (аварийное, безаварийное), $Z_k = 0$ – наличие АВ, приводящего к выходу из строя элементов k -ого помещения; $Z_k = 1$ – отсутствие АВ
- S_{ij} - состояние работоспособности проходящего «транзитом» через k -ое помещение участка магистральной линии (передачи соответствующего ресурса) от j -ого к i -му элементу;
- Π_{ij} – множество номеров помещений, через которые осуществляется передача соответствующего ресурса от j -ого элемента к i -му
- N – множество всех элементов системы;

2. Логико-математическая модель анализа живучести структурно-сложных систем.

Принцип конструирования модели системы

Для каждого выделенного в структуре элемента записывается логическое условие его функционирования в зависимости от его собственной работоспособности и обеспеченности ресурсами от элементов ближайшего окружения

$$y_i = x_i \cdot z_{k(i)} \cdot f_i \left(\left[\bigotimes_{k \in \Pi_{ik}} (s_{ijk} \cdot z_{kj}) \right] \cdot y_j ; j \in N_i \subset N \right);$$

$k(j = 1, 2, \dots, N).$

где

Π_{ij} – множество номеров помещений, через которые осуществляется передача соответствующего ресурса от j -ого элемента к i -му

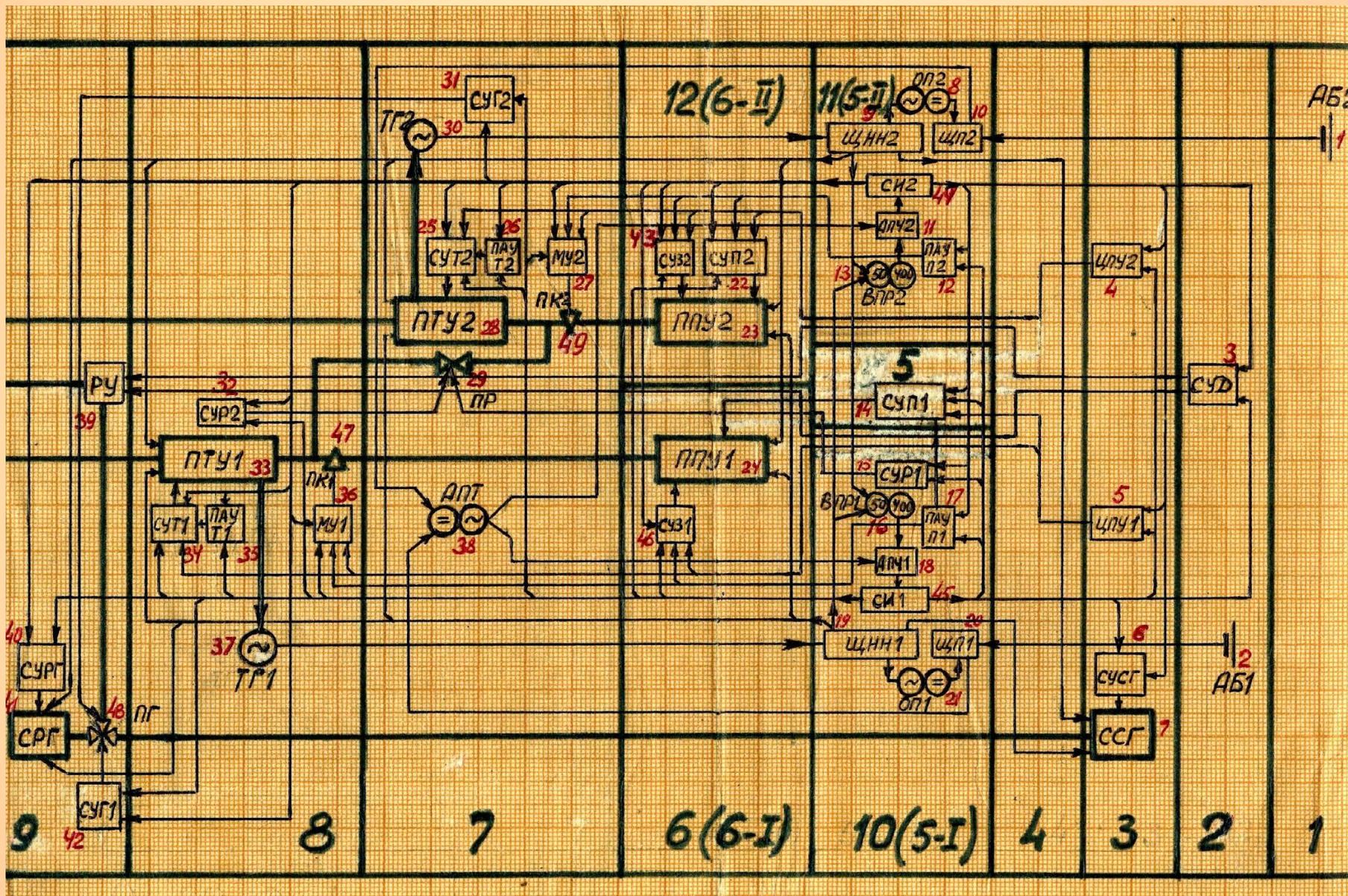
N – множество всех элементов системы;

N_i – подмножество элементов системы, выходной ресурс которых непосредственно передается i -му элементу;

$f_i(\dots)$ – функция алгебры логики (ФАЛ) от приведенных выше бинарных переменных, записанная в базисе операций «конъюнкция» и «дизъюнкция» и отражающая условие, при выполнении которого i -ый элемент будет обеспечен всеми необходимыми для его функционирования по назначению ресурсами (энергией соответствующих видов и управлением), на выходе i -го элемента наличествует необходимая (определяемая назначением продукция);

Система N – штук логических уравнений (СЛУ) описывает все без исключения причинно-следственные связи в системе !!!

Пример конкретного варианта топологической структуры ФКТС энергообеспечения корабля



Пример составления СЛУ для варианта № 1

- 1 -

Вариант I

1. Система логических уравнений

$$Y_1 = X_1 \cdot Z_1$$

$$Y_2 = X_2 \cdot Z_2$$

$$Y_3 = X_3 \cdot Z_2 (Y_{15} \vee Y_{14})$$

$$Y_4 = X_4 \cdot Z_2 (Y_{15} \vee Y_{14})$$

$$Y_5 = X_5 \cdot Z_2 (Y_{15} \vee Y_{14})$$

$$Y_6 = X_6 \cdot Z_3 (Y_{15} \vee Y_{14})$$

$$Y_7 = X_7 \cdot Z_3 (C_4' \cdot Y_{19} \vee C_4'' \cdot Y_9) \cdot Y_6;$$

$$Y_8 = X_8 \cdot Z_{11} \cdot Y_9;$$

$$Y_9 = X_9 \cdot Z_{11} \cdot C_{12}'' \cdot Y_{30};$$

$$Y_{10} = X_{10} \cdot Z_{11} (C_4' \cdot C_3'' \cdot C_2'' \cdot Y_1 \vee Y_8)$$

$$Y_{11} = X_{11} \cdot Z_{11} (Y_{13} \vee C_{12}'' \cdot Y_{38})$$

$$Y_{12} = Y_{12} - \text{элемент отс.}$$

$$Y_{13} = X_{13} \cdot Z_{11} (Y_{19} \vee Y_9)$$

$$Y_{14} = X_{14} \cdot Z_5 (C_4' \cdot C_3' \cdot Y_{15} \vee C_4'' \cdot C_3'' \cdot Y_{14}) \cdot C_4' \cdot C_3' \cdot Y_5$$

$$Y_{15} = X_{15} \cdot Z_7 (C_6' \cdot C_{10}' \cdot C_4' \cdot C_3' \cdot Y_{15} \vee C_{12}'' \cdot C_{11}'' \cdot C_4'' \cdot C_3'' \cdot Y_{14})$$

$$Y_{16} = X_{16} \cdot Z_{10} (Y_{19} \vee Y_9)$$

$$Y_{17} = Y_{12} - \text{элемент отс.}$$

$$Y_{18} = X_{18} \cdot Z_{10} (Y_{16} \vee C_6' \cdot Y_{38})$$

$$Y_{19} = X_{19} \cdot Z_{10} \cdot C_6' \cdot C_7' \cdot Y_{37}$$

$$Y_{20} = X_{20} \cdot Z_{10} (C_4' \cdot C_3' \cdot Y_2 \vee Y_{21})$$

$$Y_{21} = X_{21} \cdot Z_{10} \cdot Y_{19}$$

$$Y_{22} = X_{22} \cdot Z_7 (C_6' \cdot C_{10}' \cdot C_4' \cdot C_3' \cdot Y_{15} \vee C_{12}'' \cdot C_{11}'' \cdot C_4'' \cdot C_3'' \cdot Y_{14}) \cdot C_{12}'' \cdot C_5'' \cdot C_4'' \cdot C_3'' \cdot Y_7$$

$$Y_{23} = X_{23} \cdot Z_{12} (C_6' \cdot Y_{19} \vee Y_9) \cdot Y_{22} \cdot C_5'' \cdot C_4'' \cdot C_3'' \cdot Y_{13} \cdot Y_{19} (Y_{28} \vee Y_{29} \cdot Y_{33});$$

- 2 -

Вариант I

$$Y_{24} = X_{24} \cdot Z_6 (Y_{19} \vee C_{12}'' \cdot Y_9) \cdot Y_{14} \cdot C_5' \cdot C_4' \cdot C_3' \cdot Y_{16} \cdot Y_{17} (Y_{33} \vee Y_{29} \cdot Y_{28})$$

$$Y_{25} = X_{25} \cdot Z_7 \cdot C_{12}'' \cdot C_5'' \cdot C_4'' \cdot C_3'' \cdot Y_{14} (C_6' \cdot C_{10}' \cdot C_4' \cdot C_3' \cdot Y_{15} \vee C_{12}'' \cdot C_{11}'' \cdot C_4'' \cdot C_3'' \cdot Y_{14}) \cdot C_5''$$

$$Y_{26} = Y_{26} - \text{элемент отс.}$$

$$Y_{27} = X_{27} \cdot Z_2 (Y_{15} \vee Y_{14}) \cdot Y_4$$

$$Y_{28} = X_{28} \cdot Z_7 (C_6' \cdot Y_{19} \vee C_{12}'' \cdot Y_9) \cdot Y_{25} (Y_{19} \cdot Y_{23} \vee Y_{29} \cdot Y_{17} \cdot Y_{24})$$

$$Y_{29} = X_{29} \cdot Z_4 \cdot Y_{15}$$

$$Y_{30} = X_{30} \cdot Z_7 \cdot Y_{28}$$

$$Y_{31} = (C_6' \cdot C_{10}' \cdot C_4' \cdot C_3' \cdot Y_{15} \vee C_{12}'' \cdot C_{11}'' \cdot C_4'' \cdot C_3'' \cdot Y_{14}) \cdot X_{31} \cdot Z_7$$

$$Y_{32} = Y_{32} - \text{элемент отс.}$$

$$Y_{33} = X_{33} \cdot Z_8 (C_7' \cdot C_6' \cdot Y_{19} \vee C_7'' \cdot C_{12}'' \cdot Y_9) \cdot Y_{34} (Y_{17} \cdot Y_{24} \vee Y_{29} \cdot Y_{19} \cdot Y_{23});$$

$$Y_{34} = X_{34} \cdot Z_8 \cdot C_7' \cdot C_6' \cdot C_5' \cdot C_4' \cdot C_3' \cdot Y_5 (C_6' \cdot C_{10}' \cdot C_4' \cdot C_3' \cdot Y_{15} \vee C_7'' \cdot C_{12}'' \cdot C_{11}'' \cdot C_4'' \cdot C_3'' \cdot Y_{14});$$

$$Y_{35} = Y_{35} - \text{элемент отс.}$$

$$Y_{36} = X_{36} \cdot Z_2 (Y_{15} \vee Y_{14}) \cdot Y_5;$$

$$Y_{37} = X_{37} \cdot Z_8 \cdot Y_{33};$$

$$Y_{38} = X_{38} \cdot Z_7 (C_6' \cdot Y_{20} \vee C_{12}'' \cdot Y_{10});$$

$$Y_{39} = X_{39} \cdot Z_9 \cdot Y_{18} (C_8' \cdot C_7' \cdot C_6' \cdot C_5' \cdot C_4' \cdot C_3' \vee C_8'' \cdot C_7'' \cdot C_{12}'' \cdot C_5'' \cdot C_4'' \cdot C_3'') \cdot Y_3;$$

$$Y_{40} = X_{40} \cdot Z_9 (C_8' \cdot C_7' \cdot C_6' \cdot C_{10}' \cdot C_4' \cdot C_3' \cdot Y_{15} \vee C_8'' \cdot C_7'' \cdot C_{12}'' \cdot C_5'' \cdot C_4'' \cdot C_3'') \cdot Y_{14}$$

$$Y_{41} = X_{41} \cdot Z_9 (C_8' \cdot C_7' \cdot C_6' \cdot Y_{19} \vee C_8'' \cdot C_7'' \cdot C_{12}'' \cdot Y_9) \cdot Y_{40};$$

$$Y_{42} = X_{42} \cdot Z_9 (C_8' \cdot C_7' \cdot C_6' \cdot C_{10}' \cdot C_4' \cdot C_3' \cdot Y_{15} \vee C_8'' \cdot C_7'' \cdot C_{12}'' \cdot C_{11}'' \cdot C_4'' \cdot C_3'' \cdot Y_{14})$$

$$Y_{43} = X_{43} \cdot Z_2 (Y_{15} \vee Y_{14}) \cdot Y_4;$$

$$Y_{44} = X_{44} \cdot Z_2 \cdot C_3' \cdot C_4' \cdot Y_{11};$$

$$Y_{45} = X_{45} \cdot Z_2 \cdot C_3' \cdot C_4' \cdot Y_{18}$$

$$Y_{46} = X_{46} \cdot Z_2 (Y_{15} \vee Y_{14}) \cdot Y_5$$

$$Y_{47} = X_{47} \cdot Z_8 \cdot C_7' \cdot C_6' \cdot C_5' \cdot C_4' \cdot C_3' \cdot Y_{36}$$

$$Y_{48} = X_{48} \cdot Z_9 (Y_{11} \vee Y_7) (Y_{12} \vee C_8'' \cdot Y_{31})$$

$$Y_{49} = X_{49} \cdot Z_7 \cdot C_{12}'' \cdot C_5'' \cdot C_4'' \cdot C_3'' \cdot Y_{27}$$

$$Y_{50} = Y_{50} - \text{элемент отс.}$$

Выдача ТЗ в ВЦ для проведения имитационного моделирования

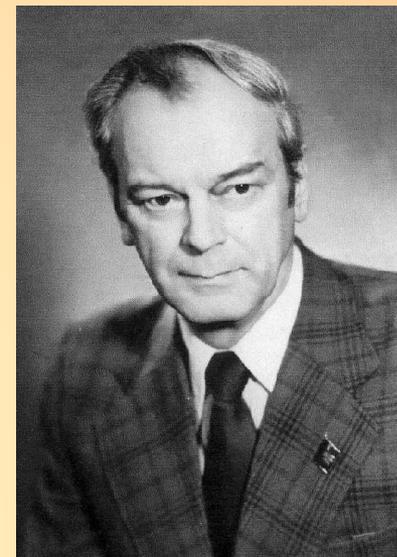
ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ
на проведение расчетов по оценке живучести различных вариантов функционально-топологических структур КСУ ТС.

Отдел-заказчик / СНИО -35
Начало работ *май*
Срок окончания *июль ?*
Плановая стоимость работ / без машинного времени /

Расходы отнести на заказ-наряд № 077454

Начальник СНИО-35 / *В.С. /* / Лерман В.С.
Начальник 351 сектора / *И.П. /* / Сымаков И.П.

Начальник 343 отдела / *М.Т. /* / Ворчаков М.Т.
Начальник 3431 лаборатории / *И.И. /* / Клубаев О.И.



Порядок проведения расчетов по оценке живучести трех вариантов функционально-топологической структуры КСУ ТС.

1/ Определить значения основной функции работоспособности " e_{jk} " КСУ ТС каждого из трех вариантов ТС для " $j = 1, 2, \dots, 24$ " состояний помещений и связей при аварии вида пожар и для " $j = 1, 2, \dots, 10$ " состояний помещений и связей при аварии вида затопления с учетом " $k = 1, 2, \dots, 16$ " состояний всего комплекса оборудования. Формулы для расчета основной функции работоспособности " e_{jk} " и определяющие ее вспомогательных функций " X_{ij} " представлены в приложении III-1, III-2, III-3 / для каждого из трех вариантов структуры/. Характеристики каждого из " $k = 1, 2, \dots, 16$ ", " $j = 1, 2, \dots, 24$ ", " $j = 1, 2, \dots, 10$ " состояний оборудования, помещений, связей / в зависимости от вида аварии/, а также соответствующий им вероятностные показатели P_j , S_k представлены в таблицах I, II-a, II-b.

2/ Определить для трех вариантов вероятностную величину с последующим суммированием $\sum_{j=1}^{10} P_j \cdot e_{jk}$ / для аварии типа пожар/ и $\sum_{j=1}^{24} P_j \cdot e_{jk}$ / для аварии типа затопление/ для каждого " k " состояния оборудования.

3/ Определить величину $S_k \cdot \sum_{j=1}^{10} P_j \cdot e_{jk}$ и $S_k \cdot \sum_{j=1}^{24} P_j \cdot e_{jk}$ для каждого варианта структуры с последующим суммированием $\sum_{k=1}^{16} S_k \cdot \sum_{j=1}^{10} P_j \cdot e_{jk}$ и $\sum_{k=1}^{16} S_k \cdot \sum_{j=1}^{24} P_j \cdot e_{jk}$ по всем состояниям оборудования и выдать на печать:

a/ $\sum_{k=1}^{16} S_k \cdot \sum_{j=1}^{10} P_j \cdot e_{jk}$ для структур /формулы III-1, 2, 3/
б/ $\sum_{k=1}^{16} S_k \cdot \sum_{j=1}^{24} P_j \cdot e_{jk}$ для структур /формулы III-1, 2, 3/.

Приложение: на 13 листах.



ФОРМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ЛОГИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

1. Метод определителей Ю.А. Гогина (эвристический)

Гогин Ю.А. и др. Логико-математическое моделирование больших сложных систем.– Л.: ЛВИКА им. А.Ф. Можайского, 1972.

(для «линейных» СЛУ - систем без обратных связей и представляемых «ИЛИ-графами»)

2. Метод символьных итераций А.В. Чугунцева

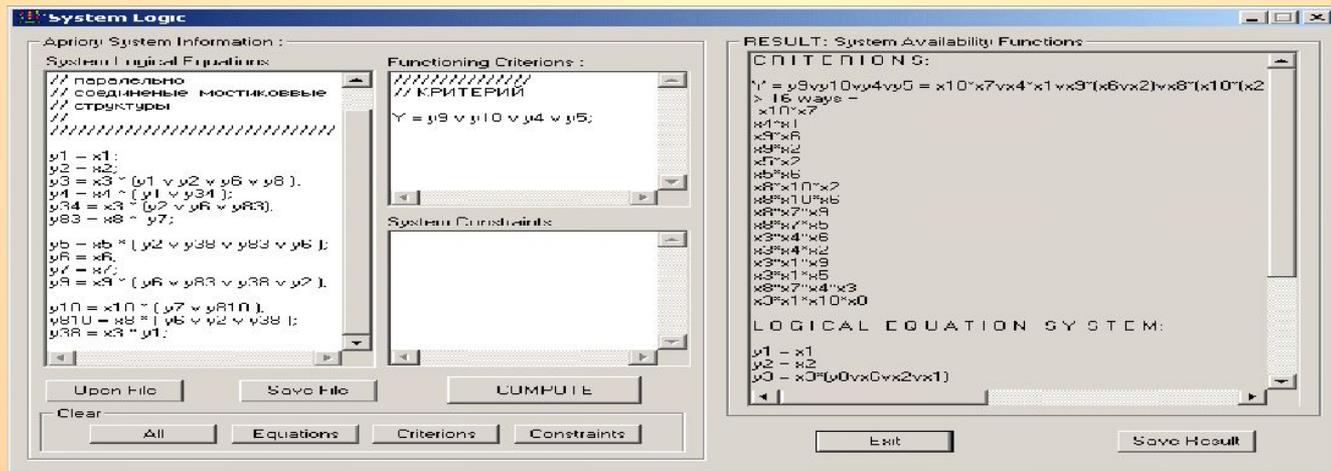
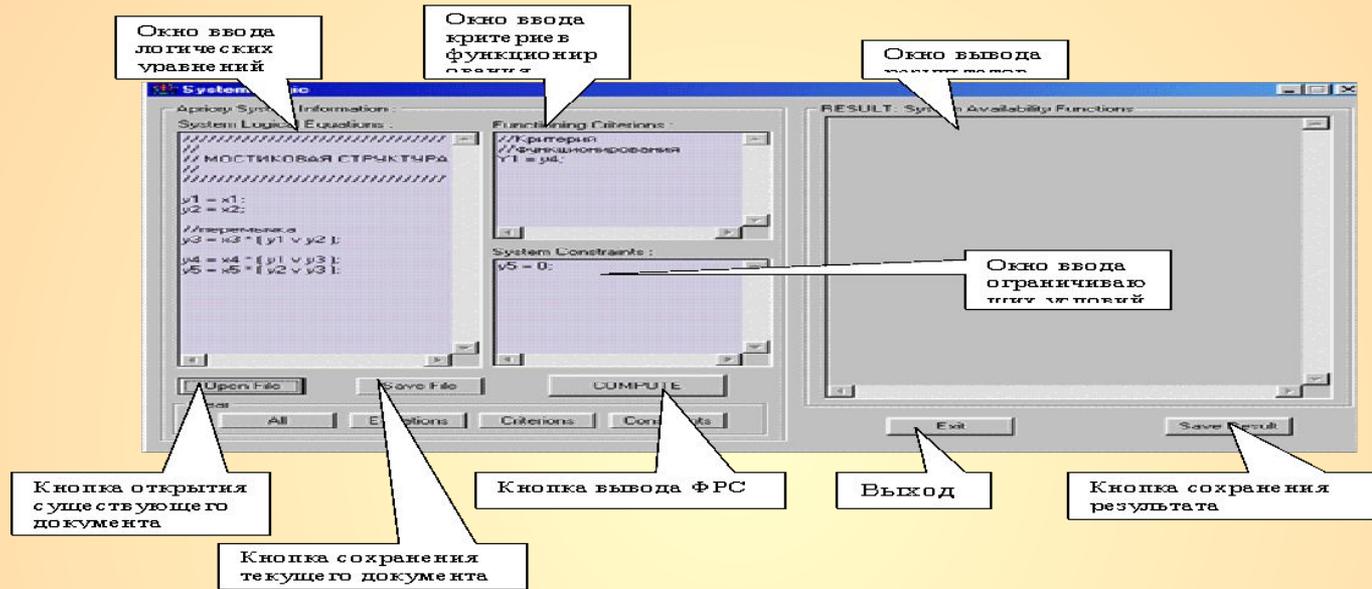
с учетом введенных ограничительных условий (Магистерская диссертация – 2003 г.)

3. Метод последовательного понижения «порядка» (аналог метода Гаусса)

4. Метод получения общего решения СЛУ с R –функциями Г.Н. Черкесова
(2004 – в «НТВ СПбГПУ»)

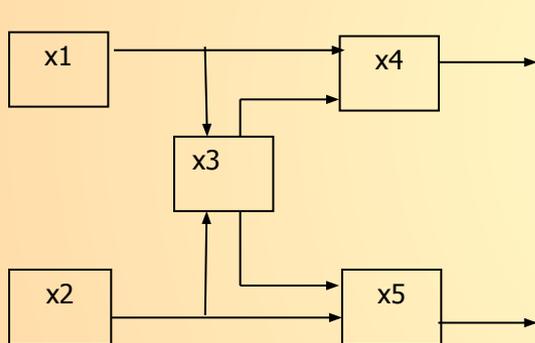
5. Введение в правые части СЛУ «операторов-убийц» (Магистерская диссертация
П.В. Холодных – 2009)

2003 г. - Магистерская диссертация А.В. Чугунцева
 «РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМИЧЕСКОГО И ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СТРУКТУРНОГО
 АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ МНОГОАГРЕГАТНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ
 КОМПЛЕКСОВ»



Ограничивающие условия А.В. Чугунцева и их совместное рассмотрение с СЛУ

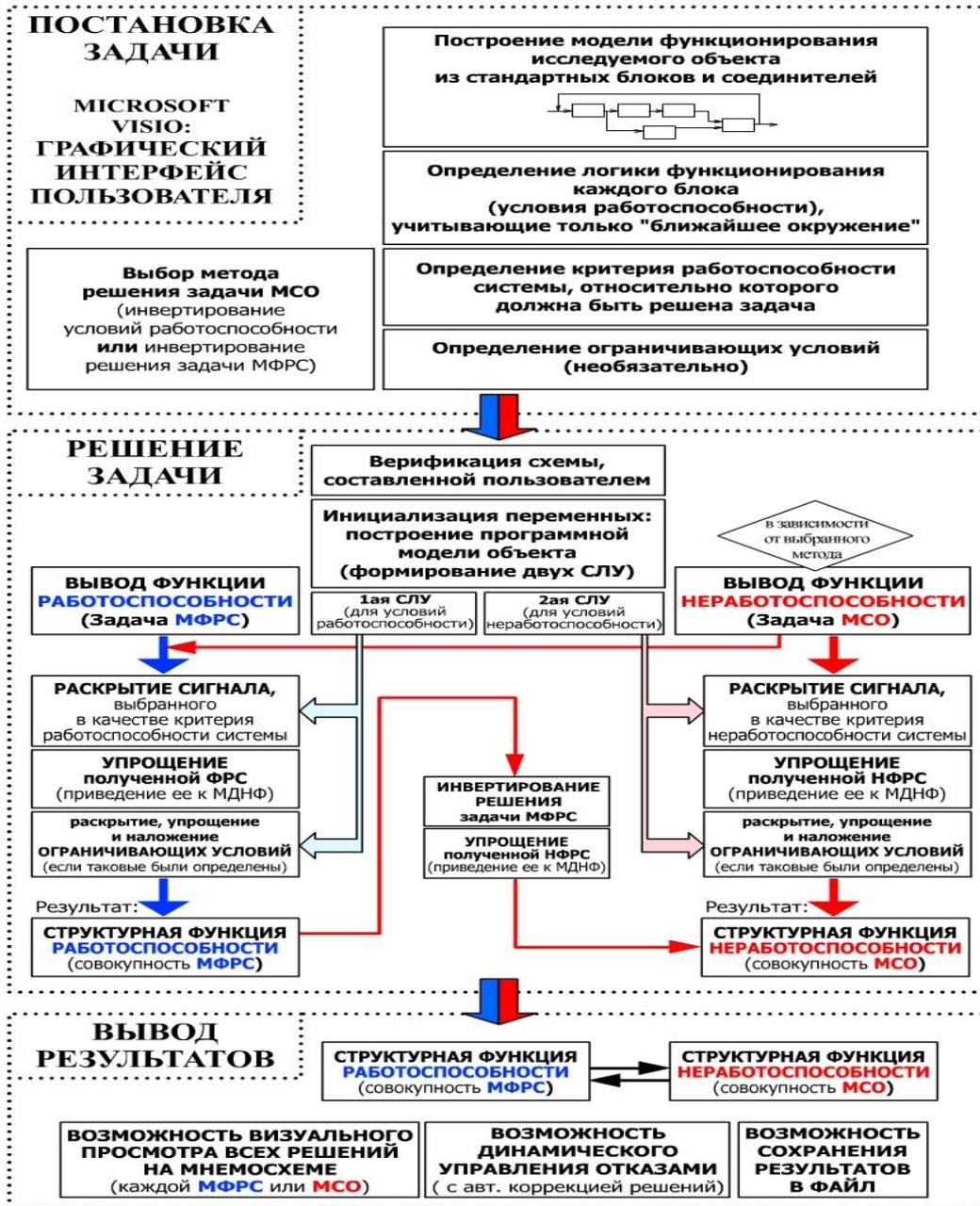
Описания структурных особенностей - выявление совокупностей не совместных событий:



$$\begin{cases} y1 = x1 \\ y2 = x2 \\ y3 = x3 * (y1 \vee y2) \\ y4 = x4 * (y1 \vee y3) \\ y5 = x5 * (y2 \vee y3) \end{cases}$$

ограничивающее условие

$$y1 * y2 * x3 = 0$$



И.А. РЯБИНИНА

Автору этой афоризм - доктору Игорю Павловичу Симакову вот статья, с пожеланием успеха всей семье Симаковых.

РЯБИНИН И.А. 22 июня 2003г.

Рябинин

ЗАДАЧА № 35 И ИСТОРИЯ ЕЁ ИССЛЕДОВАНИЙ

«Теории приходят и уходят, задача № 35 остается»

Игорь Симаков (НПО «Аврора») 01.06.2000

Аннотация

Рассмотрена задача исследования структурной надежности системы, состоящей из 15 элементов. Феномен интереса к этой задаче заключается в ее многолет-

надежность и живучесть педагога заключается не в том, чтобы с заданной вероятностью на слухателя знаниями в том, чтобы безмерно зажать его к...

нства обнаруженных характеристик) при раз-

качестве таких теорий и методов рассмотрены:

ности, решение системы логических управле-

д, теория графов и матрицы связности, полный

ные методы, метод несовместных гипотез и др.

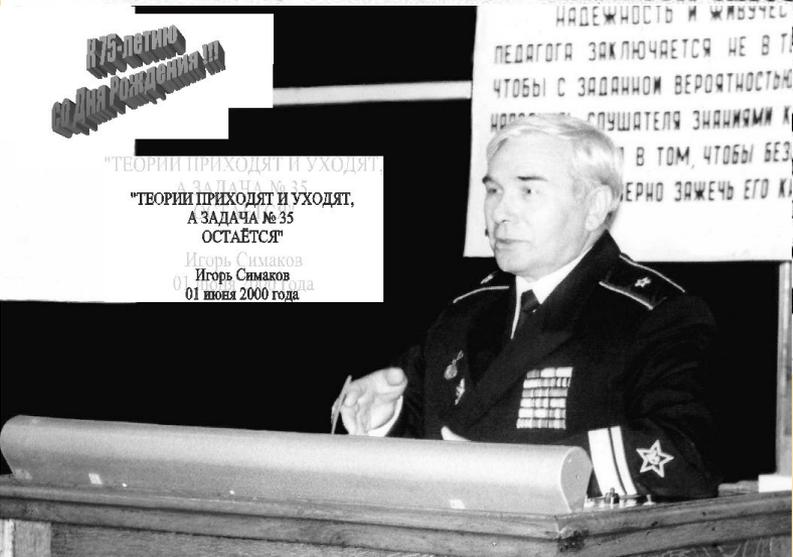
тенциал задачи № 35 до конца не исчерпан и

росов, а также подчеркивается мысль, что при-

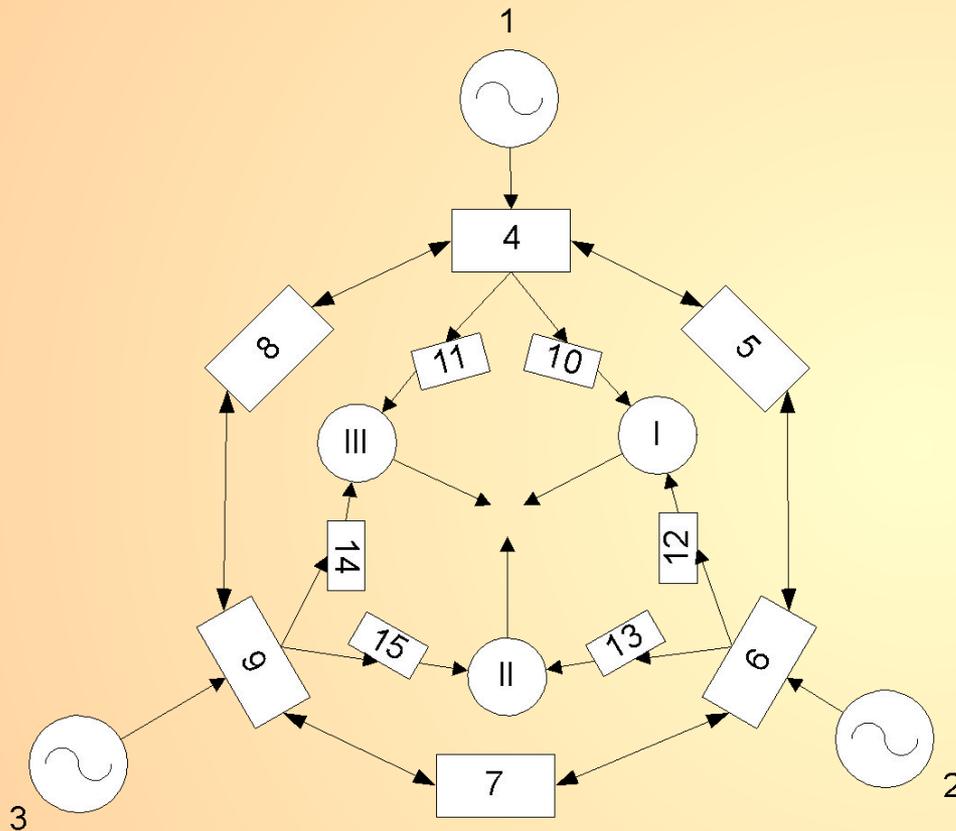
чем сухая теория.



"ТЕОРИИ ПРИХОДЯТ И УХОДЯТ,
А ЗАДАЧА № 35
ОСТАЕТСЯ"
Игорь Симаков
01 июня 2000 года



Типовая система энергоснабжения корабле



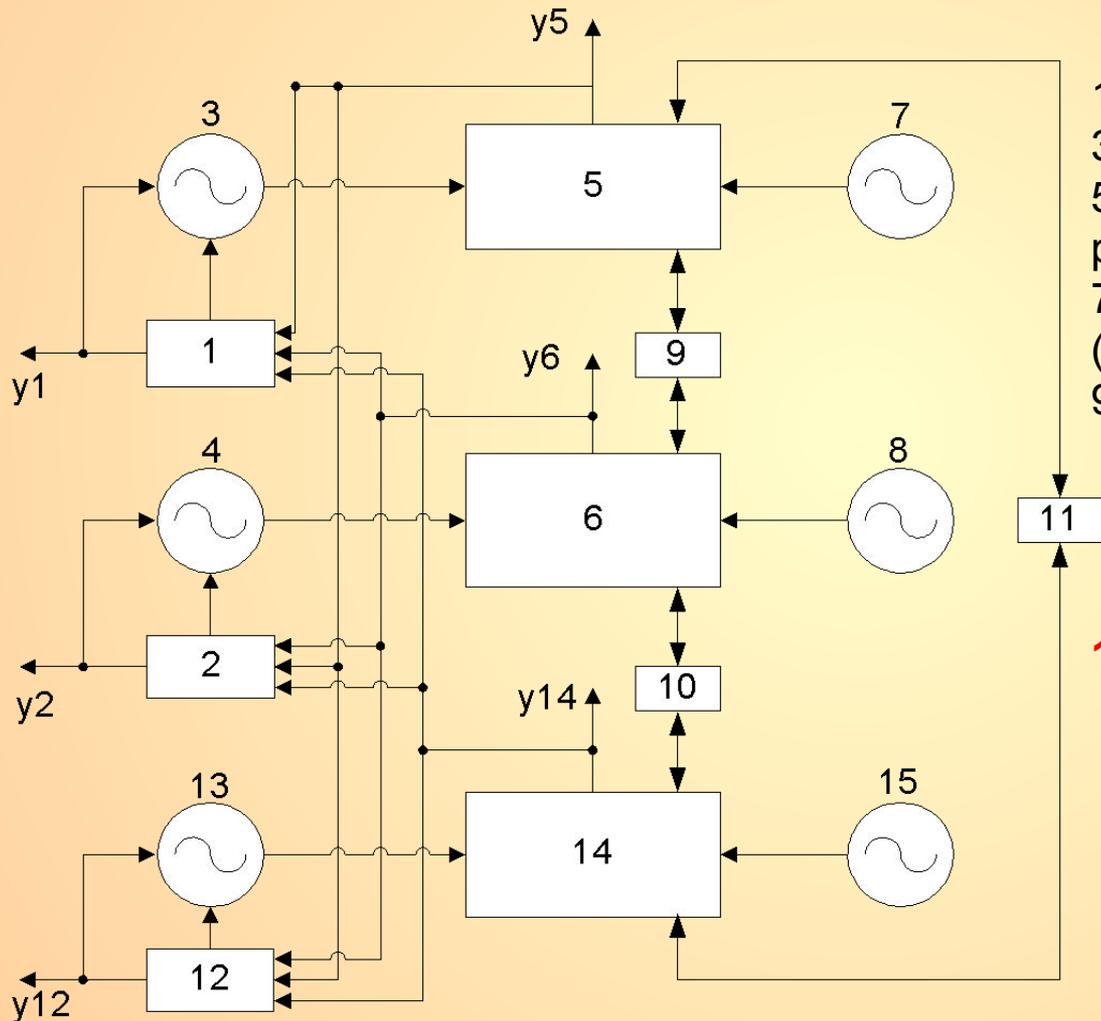
1,2,3 – генераторы
4,6,9 - главные распределительные щиты
6,7,8 - переключки
10,11,12,13,14,15 - вторичные
распределительные щиты
I, II, III - различные группы потребителей
электроэнергии

92 шт. КПУФ,
21 шт. МСО

Вершины графа обозначают различные элементы системы.

Дуги графа обозначают обмен между элементами различными ресурсами. В данном случае электроэнергией.

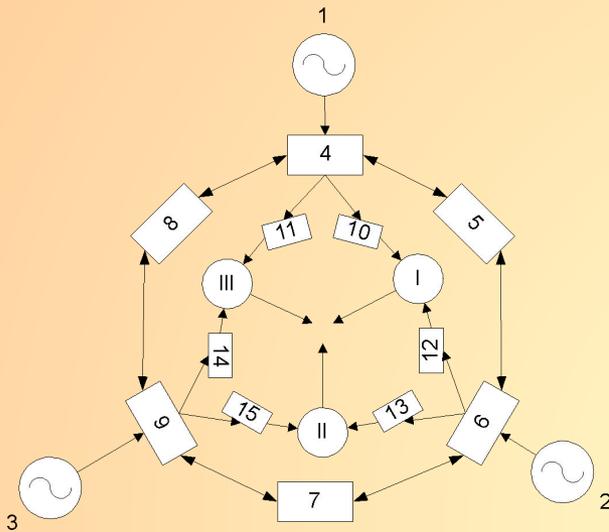
Усложненная «Задача №35» с введением «обратных связей»



1, 2, 12 – ядерные установки
 3, 4, 13 – турбогенераторы
 5, 6, 13 – главные распределительные щиты
 7, 8, 15 – аварийные (резервные) источники
 9, 10, 11 – перемычки

**12 шт. МКР (КПУФ) ,
 27шт. МСО**

Модель работоспособности системы в виде системы логических уравнений



$$\begin{cases} y_1 = x_1; y_2 = x_2; y_3 = x_3 \\ y_4 = x_4(y_1 + y_5 + y_8) \\ y_5 = x_5(y_4 + y_6) \\ y_6 = x_6(y_2 + y_5 + y_7) \\ y_7 = x_7(y_6 + y_9) \\ y_8 = x_8(y_4 + y_9) \\ y_9 = x_9(y_3 + y_7 + y_8) \\ y_{10} = x_{10}y_4; y_{11} = x_{11}y_4; y_{12} = x_{12}y_6 \\ y_{13} = x_{13}y_6; y_{14} = x_{14}y_9; y_{15} = x_{15}y_9 \end{cases}$$

x_i - логический индикатор работоспособности i -ого элемента

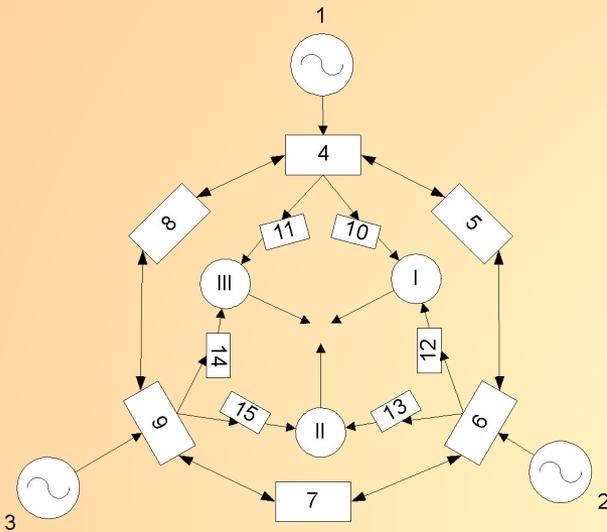
y_i - логический индикатор, характеризующий факт выполнения или невыполнения своего назначения (возложенной на него функции) i -ым элементом.

Каждое уравнение является логическим условием выполнения i -ым элементом своей функции. Это условие включает в себя работоспособность самого элемента и получение необходимых ресурсов от смежных элементов-поставщиков.

Критерий успешного функционирования – все три группы потребителей обеспечиваются электроэнергией

$$Y(y_i, i \in 1:n) = (y_{11} + y_{14})(y_{10} + y_{12})(y_{13} + y_{15})$$

Математическая постановка задачи



$$\begin{cases} y_1 = x_1; y_2 = x_2; y_3 = x_3 \\ y_4 = x_4(y_1 + y_5 + y_8) \\ y_5 = x_5(y_4 + y_6) \\ y_6 = x_6(y_2 + y_5 + y_7) \\ y_7 = x_7(y_6 + y_9) \\ y_8 = x_8(y_4 + y_9) \\ y_9 = x_9(y_3 + y_7 + y_8) \\ y_{10} = x_{10}y_4; y_{11} = x_{11}y_4; y_{12} = x_{12}y_6 \\ y_{13} = x_{13}y_6; y_{14} = x_{14}y_9; y_{15} = x_{15}y_9 \end{cases}$$

x_i - логический индикатор работоспособности i -ого элемента

y_i - логический индикатор, характеризующий факт выполнения или невыполнения своего назначения (возложенной на него функции) i -ым элементом.

Требуется решить СЛУ и найти функции работоспособности отдельных элементов (ФРЭ), как функции от работоспособностей элементов:

$$y_i = y_i(x_j, j \in 1:n)$$

После подстановки нужных ФРЭ в критерий работоспособности системы получим ФРС

$$Y = Y(x_i, i \in 1:n)$$

Инвертируя ФРС, получаем ФНС:

$$\bar{Y} = \bar{Y}(\bar{x}_i, i \in 1:n)$$

В статье* Черкесова Г.Н. и Степанова Ю.В. рассматривался метод решения СЛУ. Было показано, что система логических уравнений, соответствующая ТС, содержащей в себе обратные связи и «управляемые» переключки будет иметь несколько решений. При этом общее решение представимо в виде:

$$y_i = y_i(x_j, R_k, j \in 1:n, k \in 1:m), i \in 1:n$$

$R_k \in \{0,1\}$ - свободные параметры, варьируя (перебирая) которые, можно получить все возможные «корни» СЛУ

Количество корней при этом будем равно 2^m . При этом придется каждое решение проверять «вручную», что при большом значении m является задачей невыполнимой.

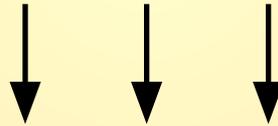
При этом только одно из множества решений будет полно и верно описывать реальную физическую логику работы ТС.

* Черкесов Г.Н., Степанов Ю.В. Логико-вероятностный анализ надежности сложных систем на основе общего решения систем логических уравнений. – Научно-технические ведомости СПбГПУ, № 2, 2003. с. 149-158.

Наша задача – разработать метод построения такой модели в форме СЛУ, которая позволяла бы с помощью формального аналитического метода непосредственно получить правильное решение, не прибегая к эмпирическим приемам в отборе решения путем проверки. Последняя для структурно «запутанных» систем практически непосильна.

Чтобы при решении СЛУ выделить ровно один «физически правильный» корень, это **решение необходимо производить с учетом граничных условий**, накладываемых логикой и спецификой работы элементов.

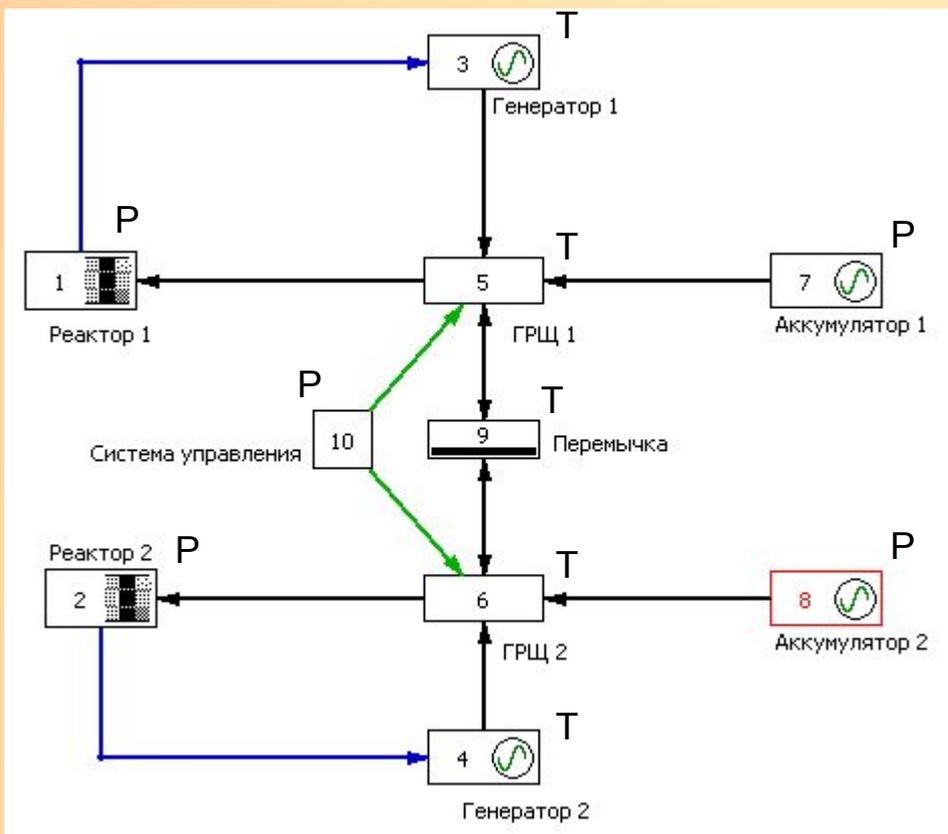
Для этого требуется расширить модель работоспособности новыми понятиями, позволяющими различать элементы с разной логикой работы.



Все элементы в системе делятся на два класса: Р и Т

Р - элементы-источники или элементы-производители некоторого ресурса (аккумуляторные батареи, ядерные реакторы, дизель-генераторы и т.п. агрегаты, в которых существует «начальный» источник энергии)

Т - элементы, обеспечивающие передачу, распределение или переработку одного вида ресурса в другой (кабельные линии передачи электроэнергии, трубопроводные коммуникации, распределительные щиты, парогенераторы, турбогенераторы, насосы)



■	Энергия
■	Пар
■	Управление

P, T – класс элемента указывается буквой рядом с ним.

Цвет дуги обозначает тип ресурса. Каждый элемент для своей работы может требовать несколько различных типов ресурсов. Один тип ресурса может иметь несколько альтернативных поставщиков.

В итоге в одной модели можно собрать различные подсистемы: энергоснабжение, охлаждение, гидравлику, пневматику, смазку и т.д. Получается модель работоспособности уровня главного конструктора.

Общий вид записи системы уравнений:

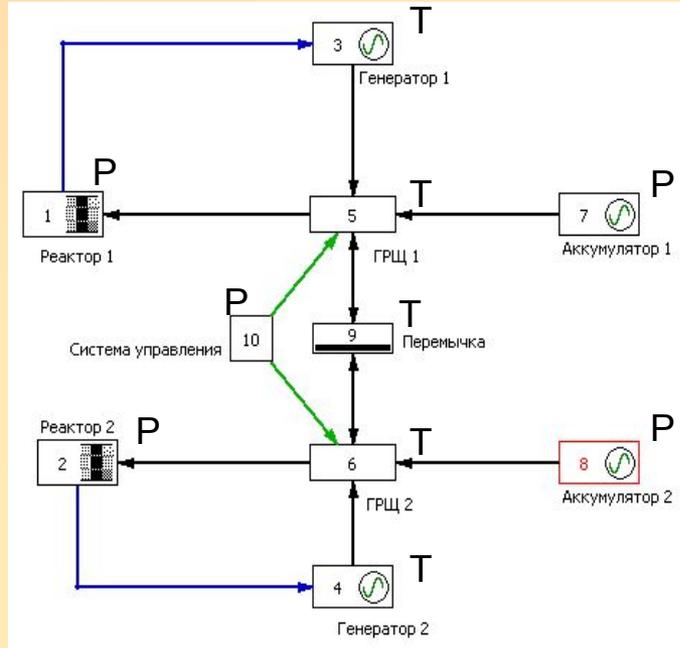
$$y_i = x_i \cdot f_i(H_{i,j}^z \cdot y_j, z = c_j; j \in N_i); i \in N$$

f_i - записанная в базисе операций конъюнкция и дизъюнкция логическая функция бинарных переменных $H_{i,j}^z \cdot y_j$, характеризующая условие достаточности поступающих на вход i -ого элемента ресурсов

$H_{i,j}^{C_j}$ - специальный маркер, вносящий в СЛУ информацию о классе элемента-поставщика ресурса.

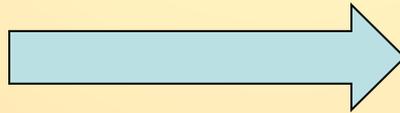
При решении СЛУ методом подстановки наборы маркеров фиксируют, как реальная конфигурация ТС должна применяться для выполнения условий работоспособности. Маркеры позволяют проверить каждую из конфигураций на физическую выполнимость, что в итоге приводит к определению одного единственного верного с «физической» точки зрения решения СЛУ.

При этом при решении СЛУ используются все законы алгебры логики и маркеры играют роль обычных бинарных переменных.



Прежний подход

$$\left\{ \begin{aligned} y_1 &= x_1 y_5 \\ y_2 &= x_2 y_6 \\ y_3 &= x_3 y_1 \\ y_4 &= x_4 y_2 \\ y_5 &= x_5 (y_3 + y_7 + y_9) y_{10} \\ y_6 &= x_6 (y_4 + y_8 + y_9) y_{10} \\ y_7 &= x_7; y_8 = x_8 \\ y_9 &= x_9 (y_5 + y_6) \\ y_{10} &= x_{10} \end{aligned} \right.$$



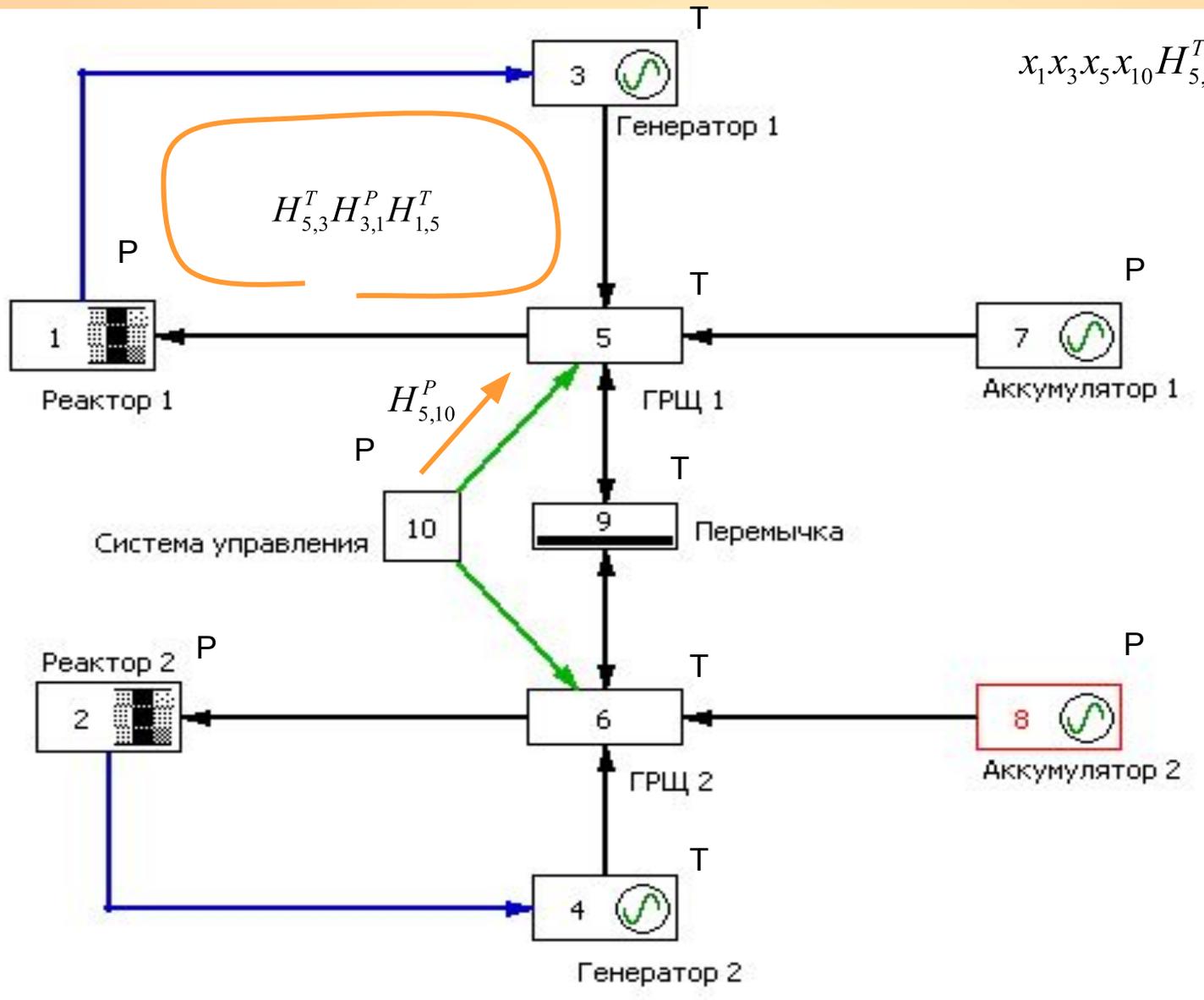
Новый подход: добавить в СЛУ маркеры

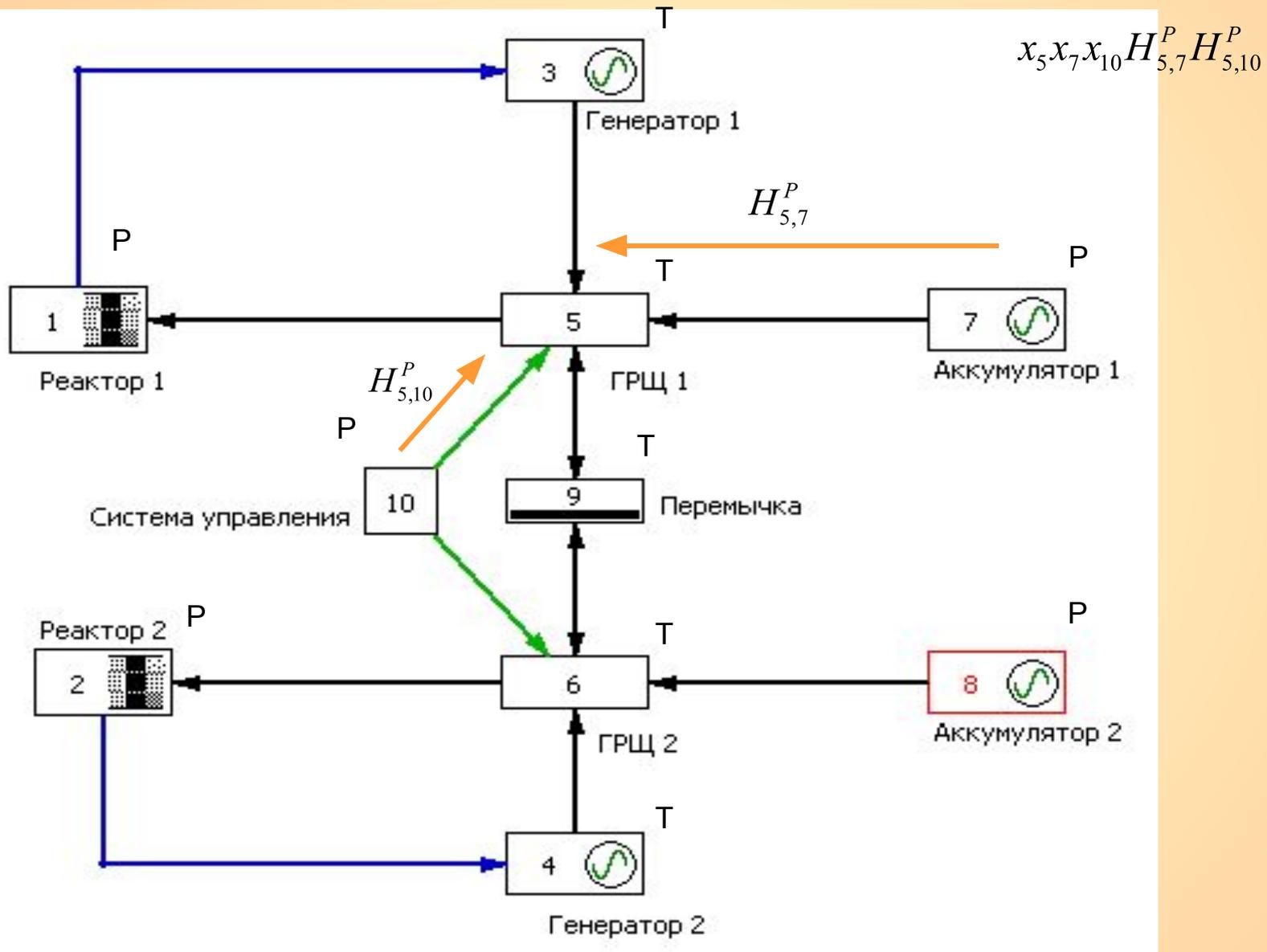
$$\left\{ \begin{aligned} y_1 &= x_1 H_{1,5}^T y_5 \\ y_2 &= x_2 H_{2,6}^T y_6 \\ y_3 &= x_3 H_{3,1}^P y_1 \\ y_4 &= x_4 H_{4,2}^P y_2 \\ y_5 &= x_5 (H_{5,3}^T y_3 + H_{5,7}^P y_7 + H_{5,9}^T y_9) H_{5,10}^P y_{10} \\ y_6 &= x_6 (H_{6,4}^T y_4 + H_{6,8}^P y_8 + H_{6,9}^T y_9) H_{6,10}^P y_{10} \\ y_7 &= x_7; y_8 = x_8 \\ y_9 &= x_9 (H_{9,5}^T y_5 + H_{9,6}^T y_6) \\ y_{10} &= x_{10} \end{aligned} \right.$$

Решение обычной СЛУ приводит к 16 корням

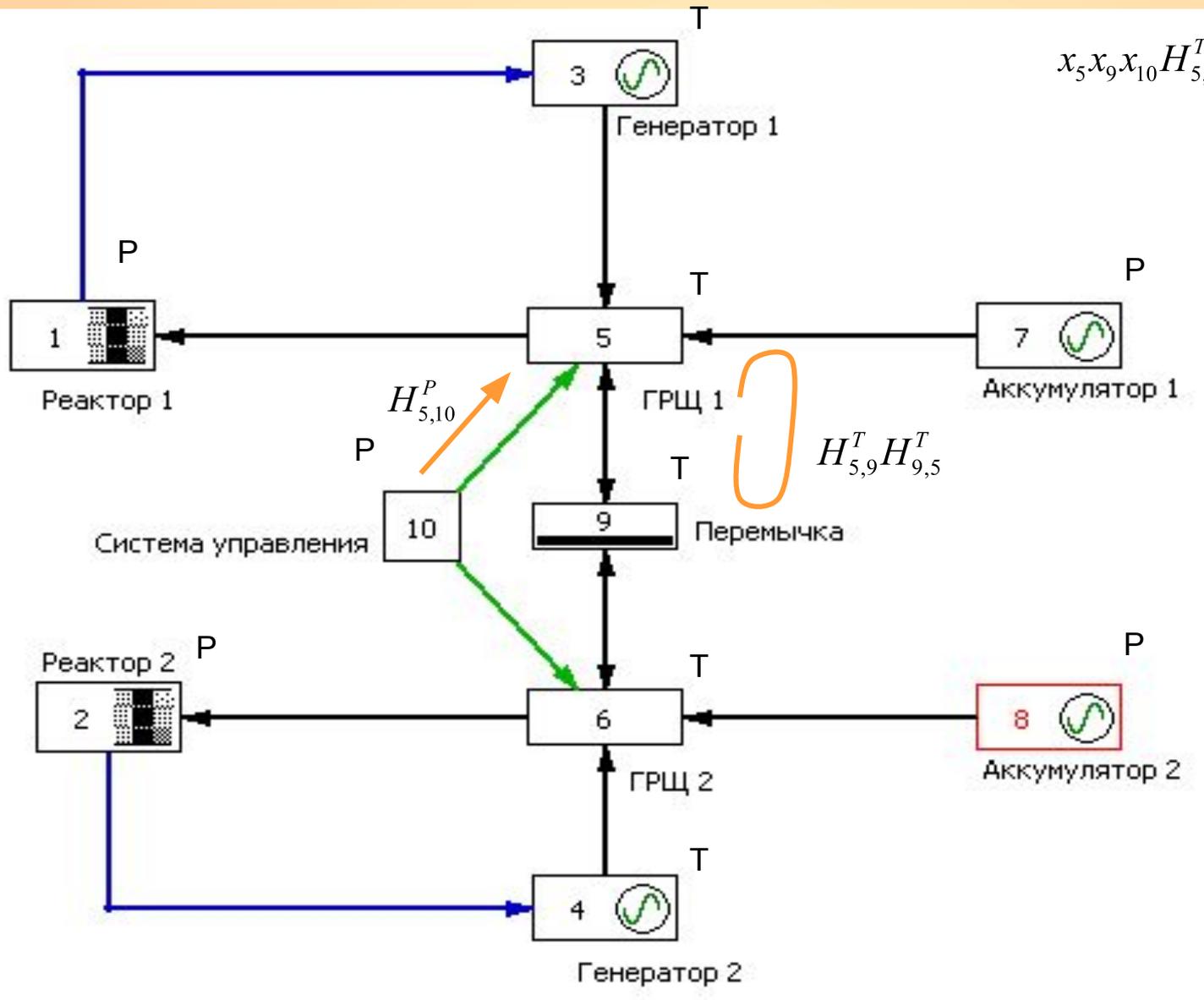
$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = x_1 y_5 \\ y_2 = x_2 y_6 \\ y_3 = x_3 y_1 \\ y_4 = x_4 y_2 \\ y_5 = x_5 (y_3 + y_7 + y_9) y_{10} \\ y_6 = x_6 (y_4 + y_8 + y_9) y_{10} \\ y_7 = x_7; y_8 = x_8 \\ y_9 = x_9 (y_5 + y_6) \\ y_{10} = x_{10} \end{array} \right.$		$\begin{aligned} & y_5(R_1, R_2, R_3, R_4) = \\ & = x_1 x_3 x_5 x_{10} R_1 + \\ & + x_5 x_7 x_{10} + \\ & + x_5 x_9 x_{10} R_2 + \\ & + x_2 x_4 x_5 x_6 x_9 x_{10} R_3 + \\ & + x_5 x_6 x_8 x_9 x_{10} + \\ & + x_5 x_6 x_9 x_{10} R_4 \end{aligned}$
---	--	---

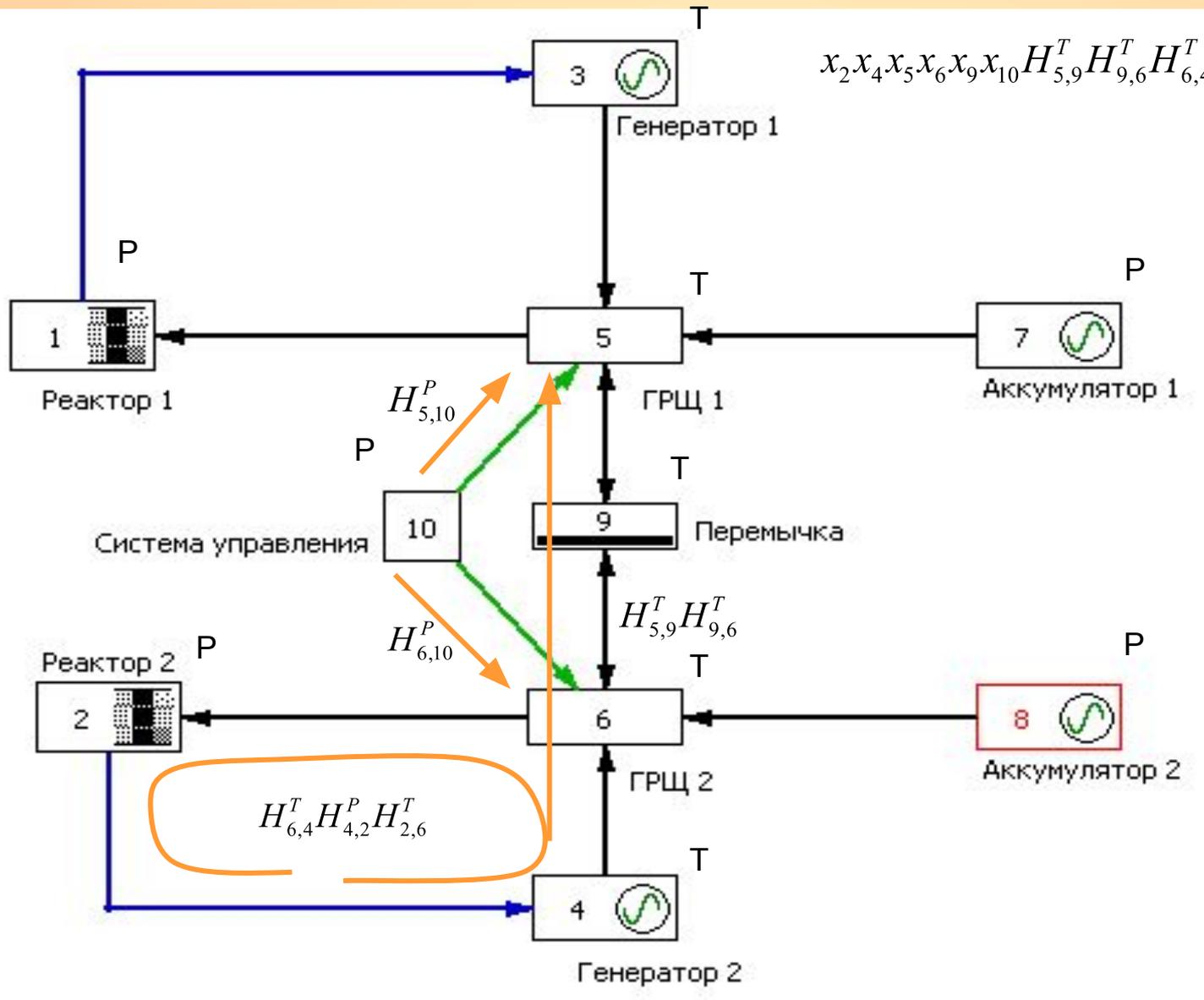
Неоднозначность решения: нужен критерий отбора правильного решения



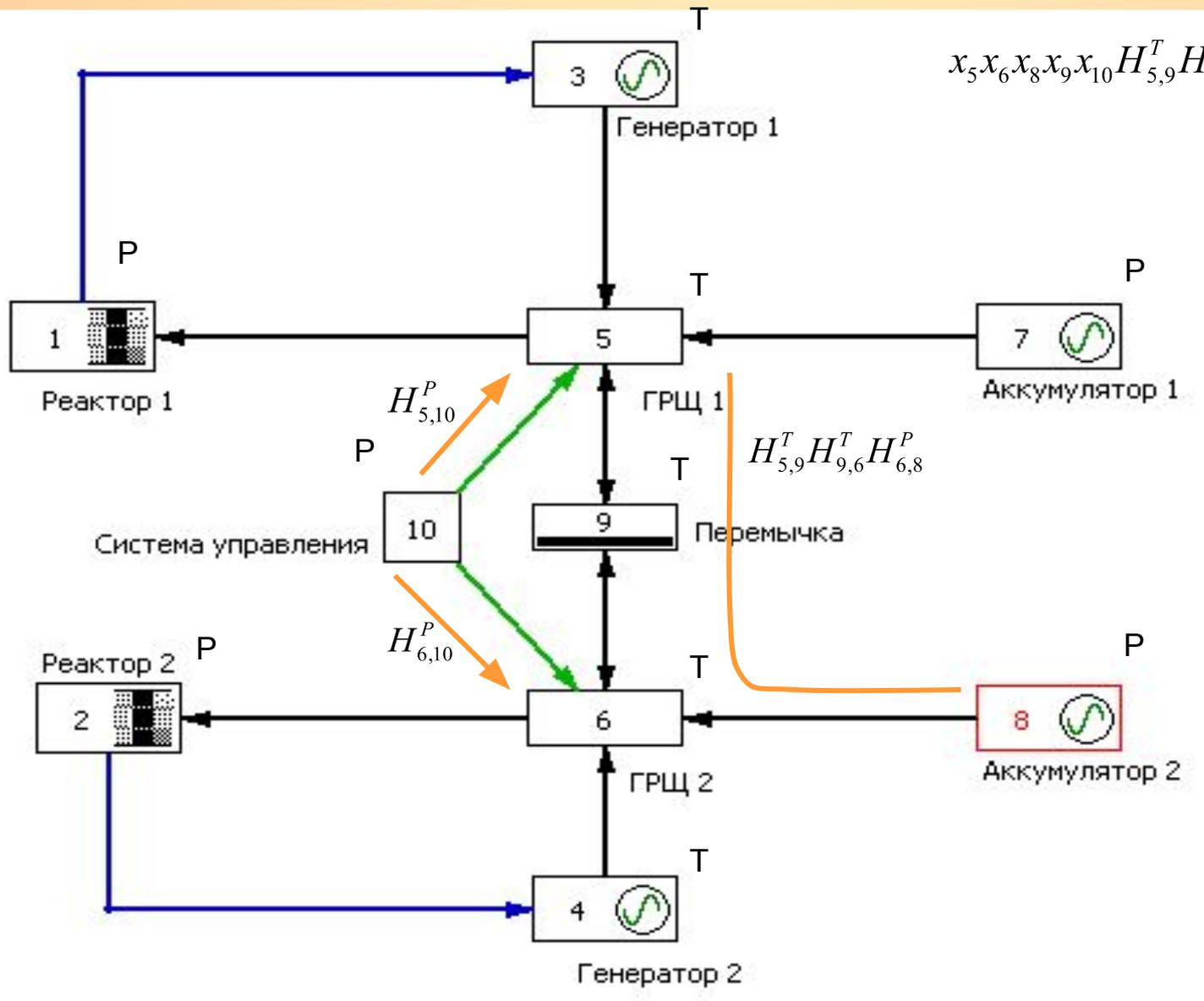


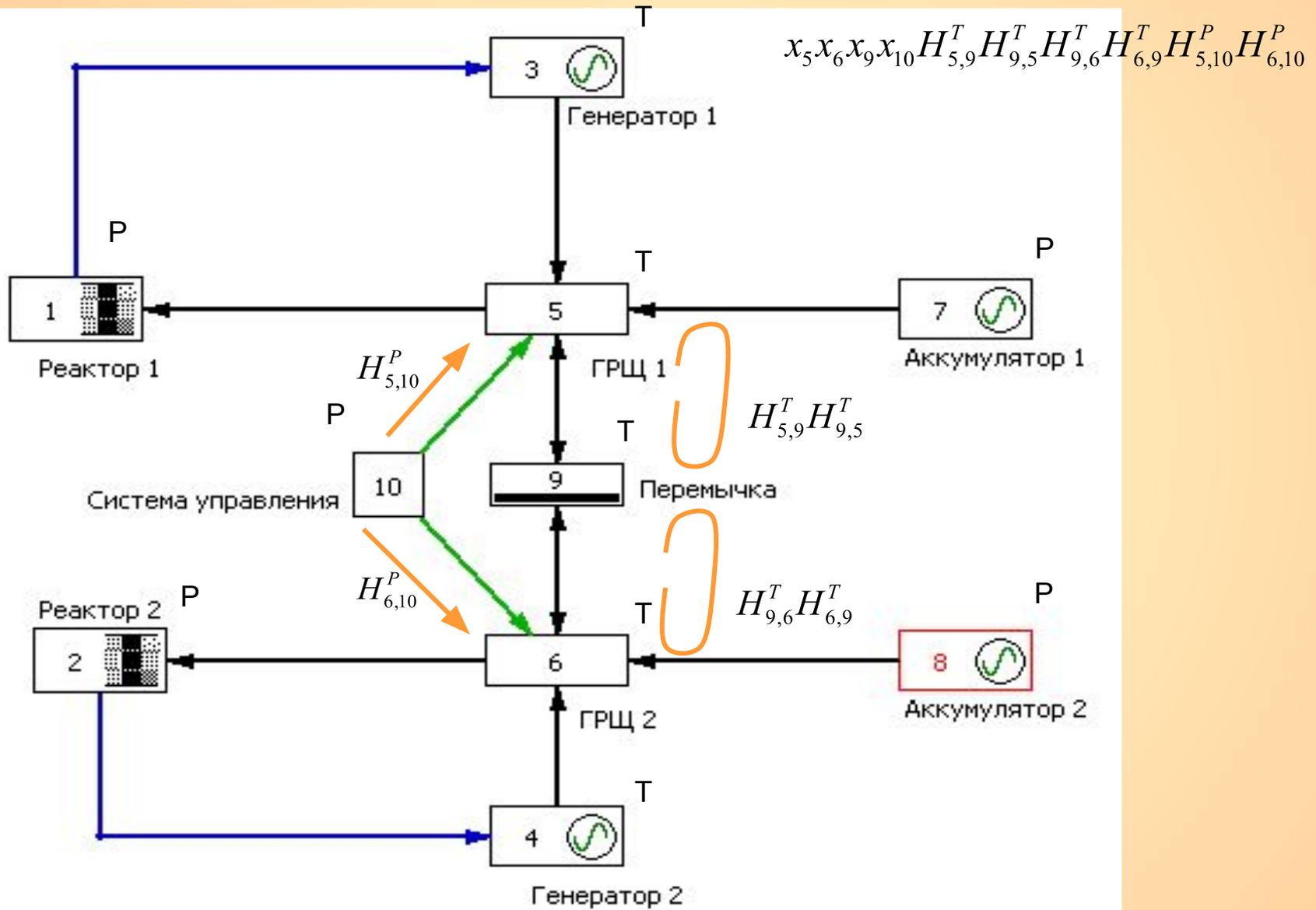
Контуры, соответствующие различным конфигурациям



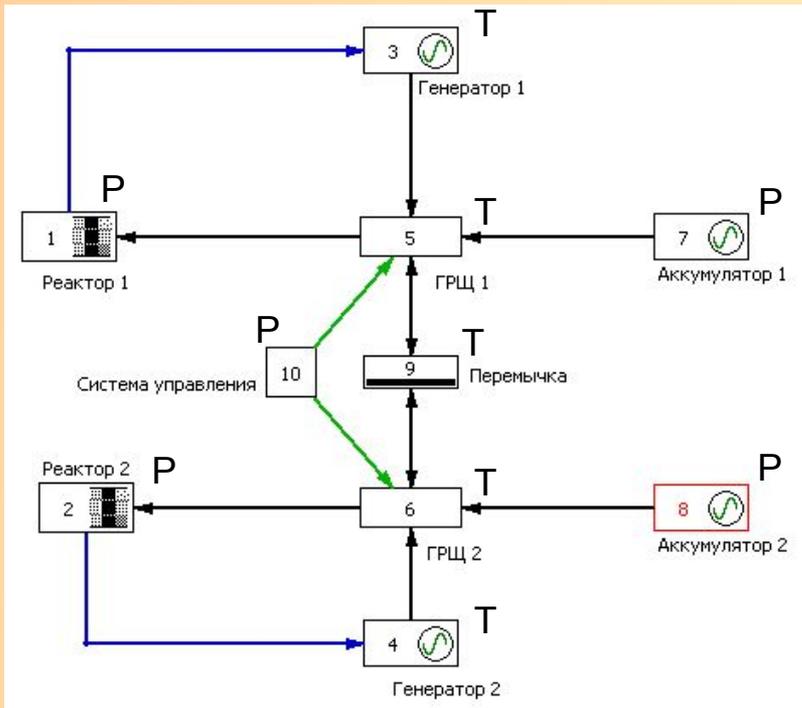


$$x_2 x_4 x_5 x_6 x_9 x_{10} H_{5,9}^T H_{9,6}^T H_{6,4}^T H_{4,2}^P H_{2,6}^T H_{5,10}^P H_{6,10}^P$$





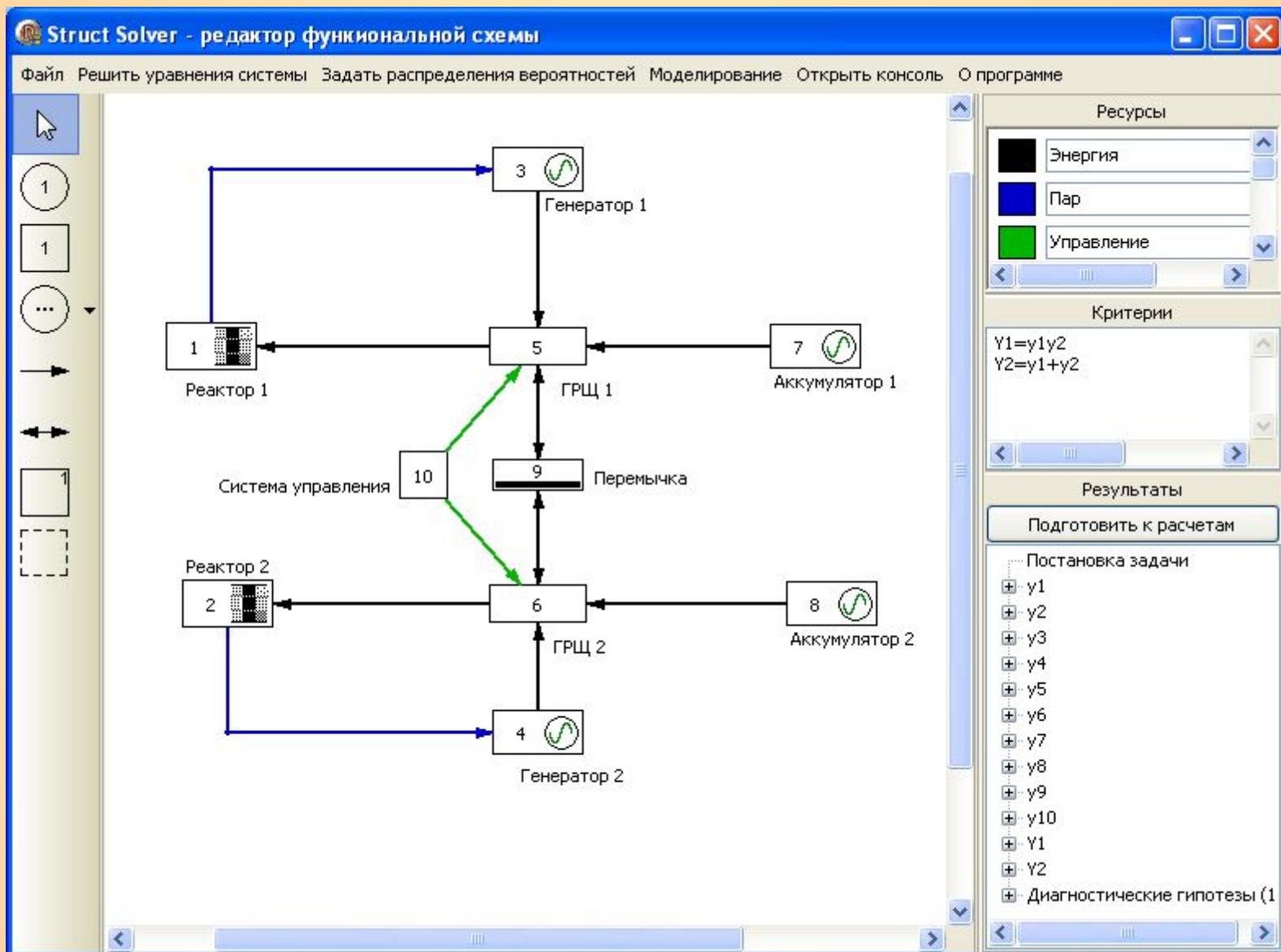
Результат решения СЛУ в виде МДФ



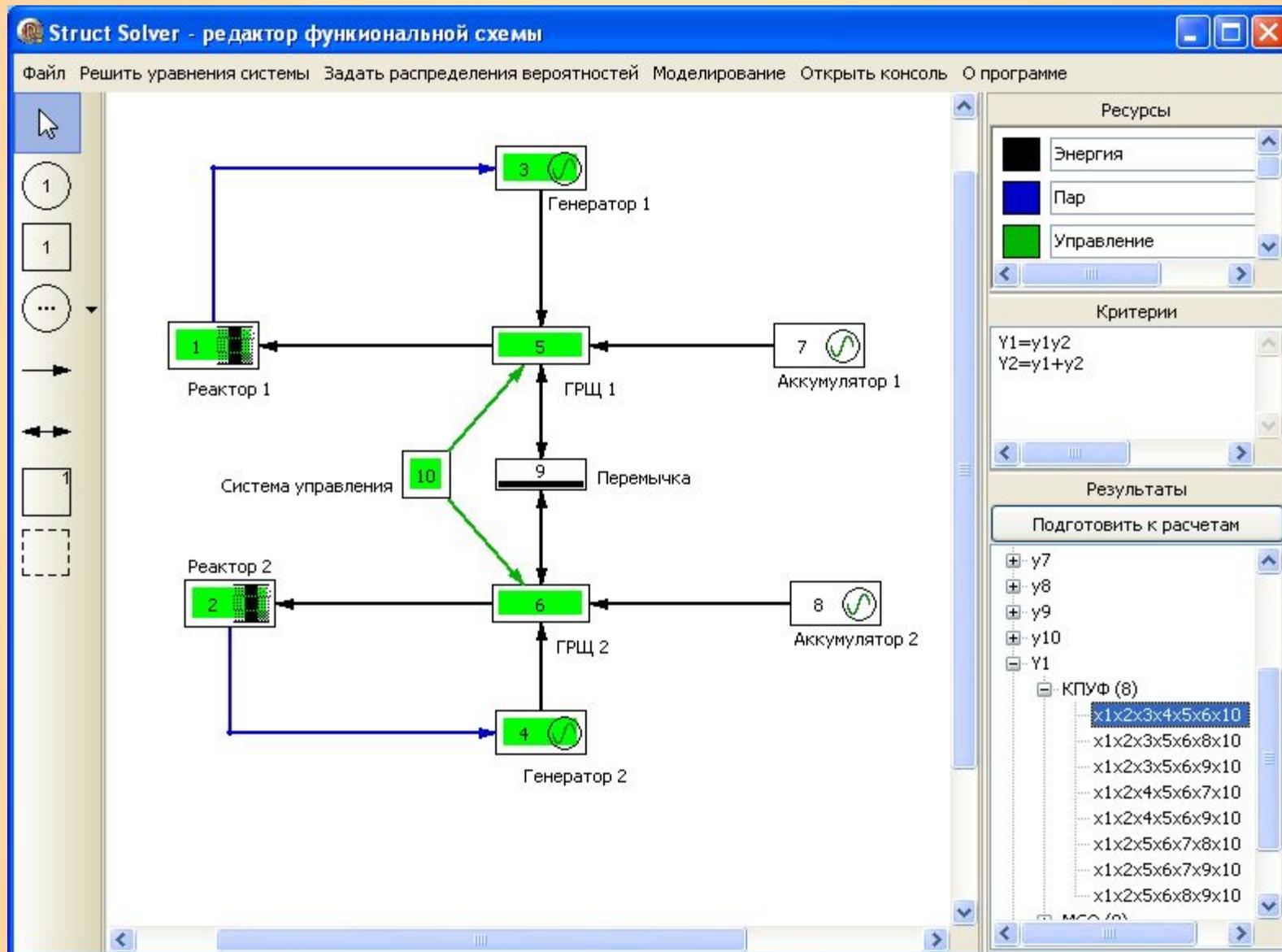
ФРС и ФНС приведенные к виду минимальной ДНФ позволяют выписать все минимальные рабочие конфигурации и минимальные сечения отказов

$$\begin{aligned}
 y_5 = & \\
 = & x_1 x_3 x_5 x_{10} + \\
 & + x_5 x_7 x_{10} + \\
 & + x_2 x_4 x_5 x_6 x_9 x_{10} + \\
 & + x_5 x_6 x_8 x_9 x_{10}
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{y_5} \right\} \text{МРК}$$

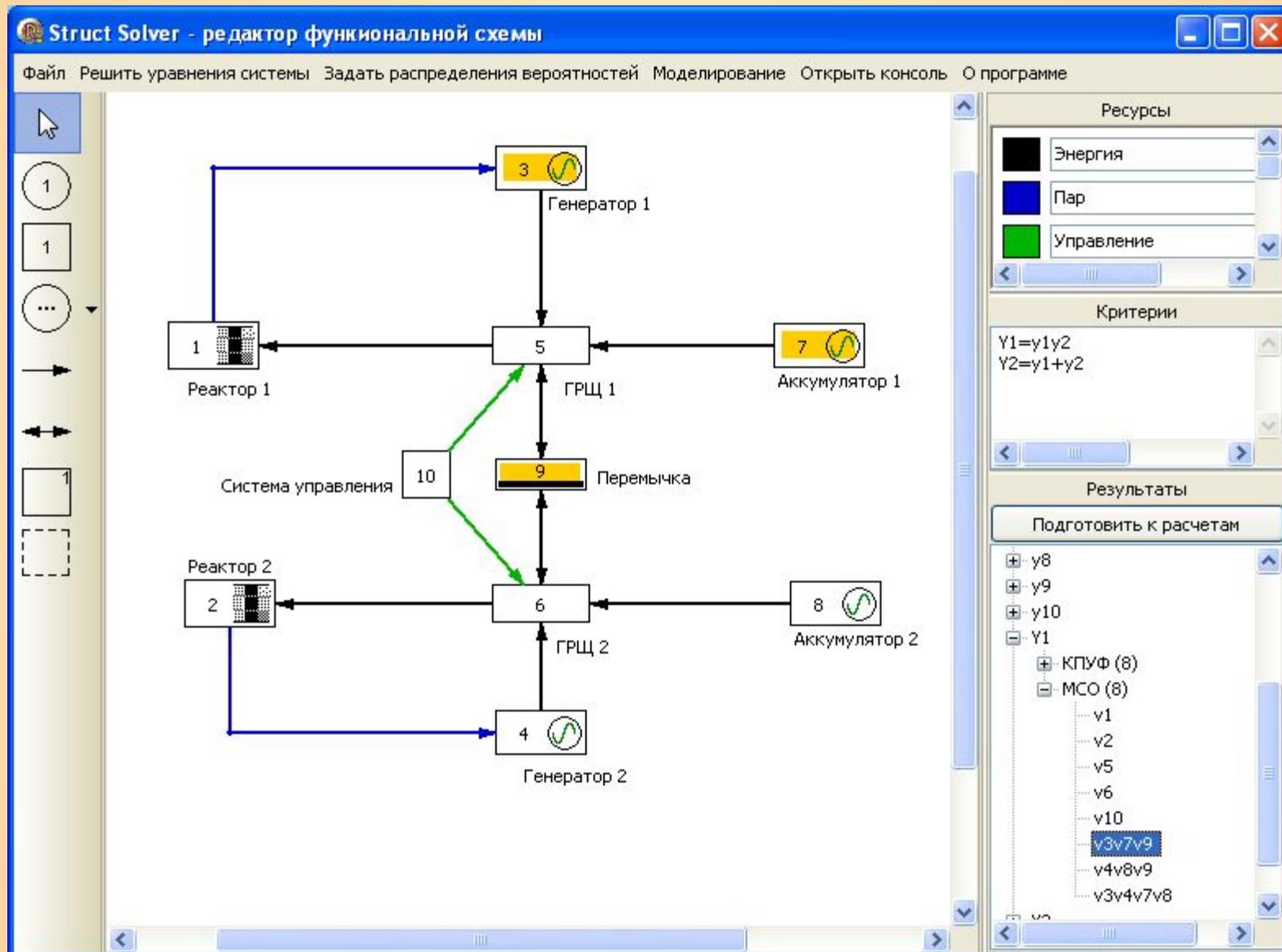
$$\begin{aligned}
 \bar{y}_5 = & \\
 = & \bar{x}_5 + \\
 & + \bar{x}_{10} + \\
 & + \bar{x}_1 \bar{x}_6 \bar{x}_7 + \\
 & + \bar{x}_1 \bar{x}_7 \bar{x}_9 + \\
 & + \bar{x}_3 \bar{x}_6 \bar{x}_7 + \\
 & + \bar{x}_4 \bar{x}_7 \bar{x}_9 + \\
 & + \bar{x}_1 \bar{x}_2 \bar{x}_7 \bar{x}_8 + \\
 & + \bar{x}_1 \bar{x}_4 \bar{x}_7 \bar{x}_8 + \\
 & + \bar{x}_2 \bar{x}_3 \bar{x}_7 \bar{x}_8 + \\
 & + \bar{x}_3 \bar{x}_4 \bar{x}_7 \bar{x}_8
 \end{aligned}
 \left. \vphantom{\bar{y}_5} \right\} \text{МСО}$$



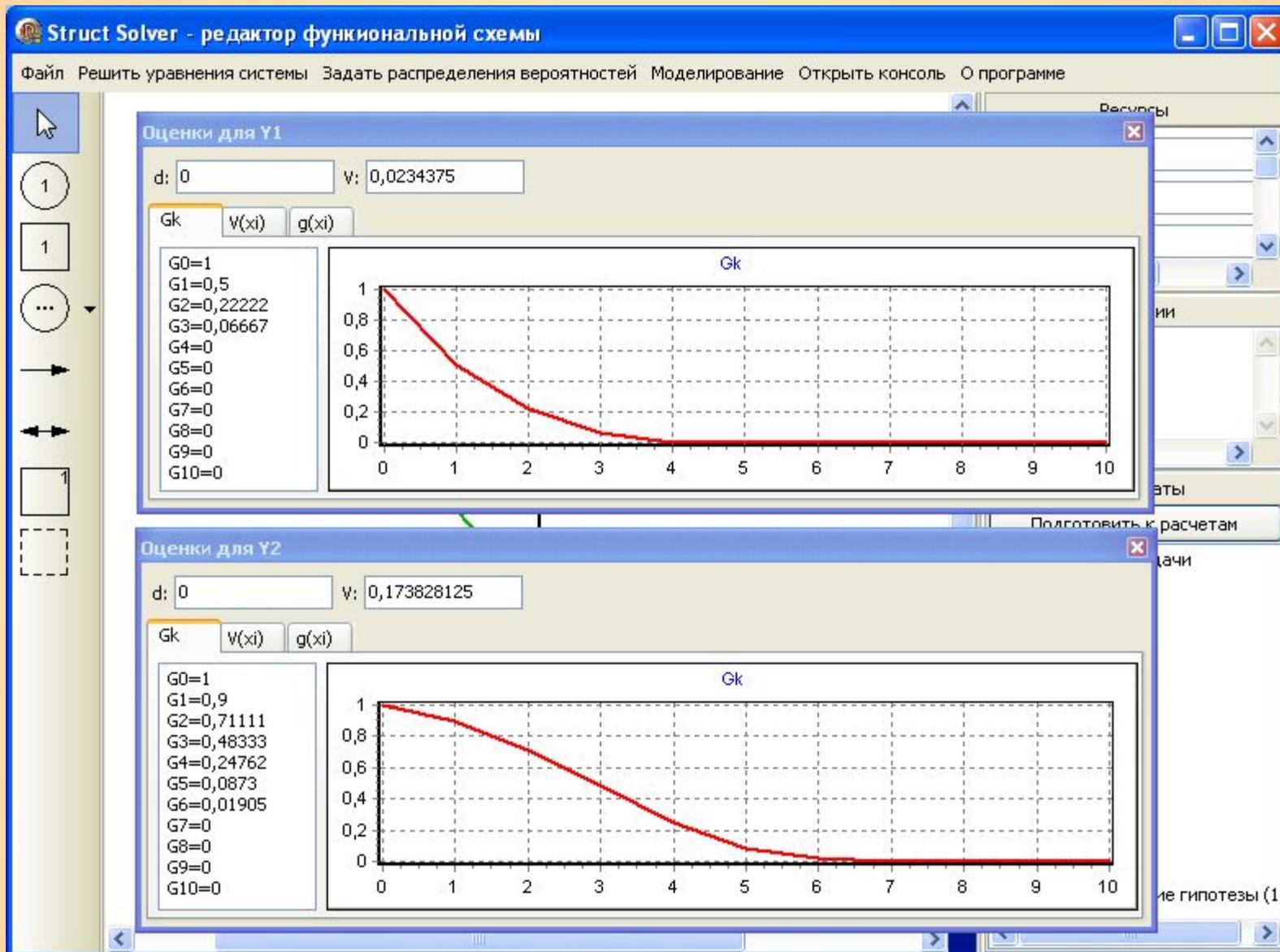
Определение и подсветка МРК

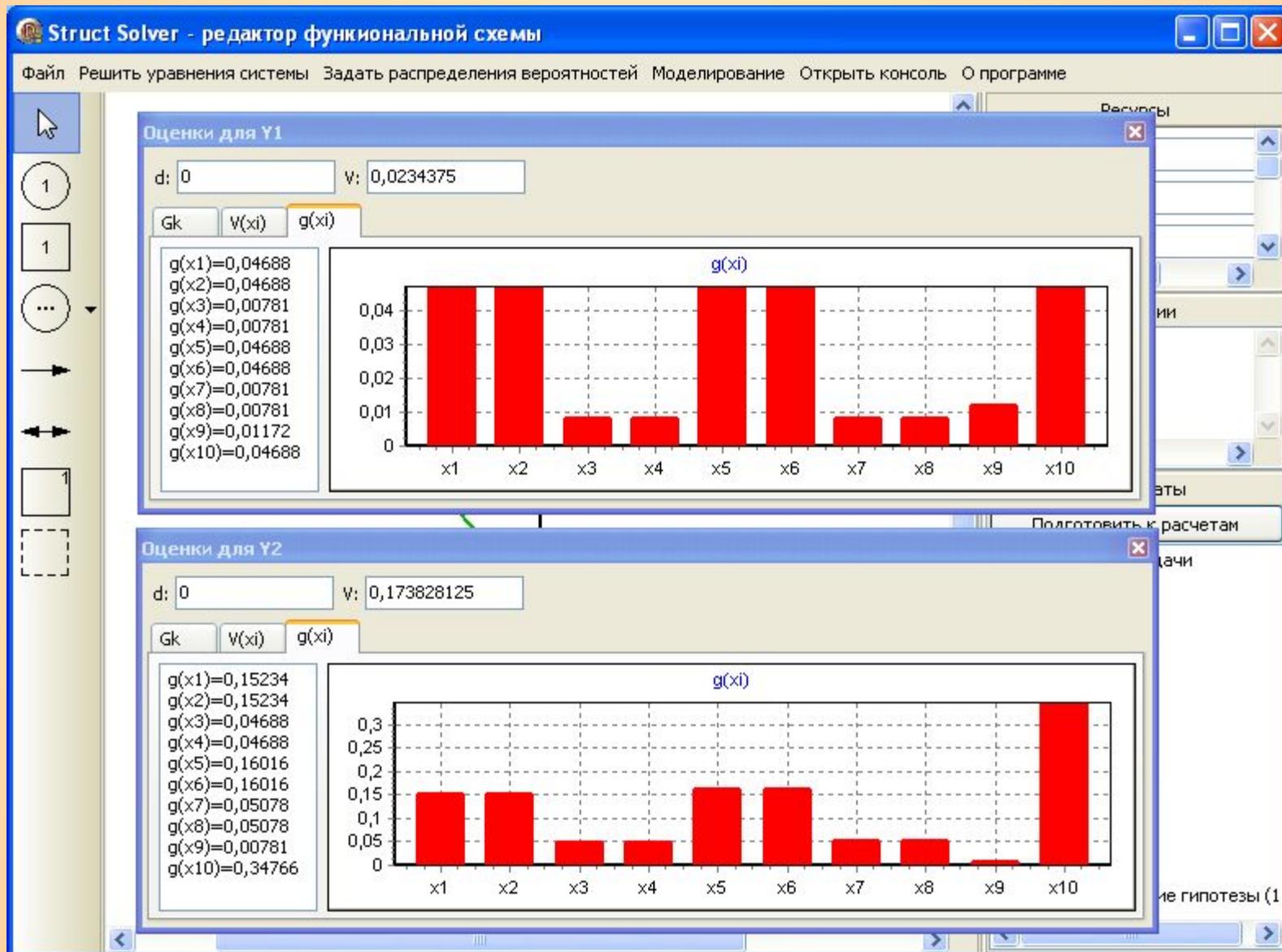


Определение и подсветка МСО



Расчет детерминированных показателей живучести





Struct Solver редактор функциональной схемы

Распределения для Y1

Макс. время: 100 Кол-во узлов: 100 Средняя наработка: 19,233

R(t) f(t)=-R'(t) lambda(t)=f(t)/R(t)

R(0)=1
 R(1,01010101010101010101)=0,950747
 18713283
 R(2,02020202020202020202)=0,903909
 302149416
 R(3,03030303030303030303)=0,859358
 511138403
 R(4,04040404040404040404)=0,816975
 101638103
 R(5,05050505050505050505)

Распределения для Y2

Макс. время: 100 Кол-во узлов: 100 Средняя наработка: 40,591

R(t) f(t)=-R'(t) lambda(t)=f(t)/R(t)

R(0)=1
 R(1,01010101010101010101)=0,989551
 862149758
 R(2,02020202020202020202)=0,978448
 191428433
 R(3,03030303030303030303)=0,966744
 554710211
 R(4,04040404040404040404)=0,954493
 424344206

Отработано: Оставшееся время: 40,591

гипотезы (1)

Расчет вероятности безотказной работы (по ЛВ-методам)

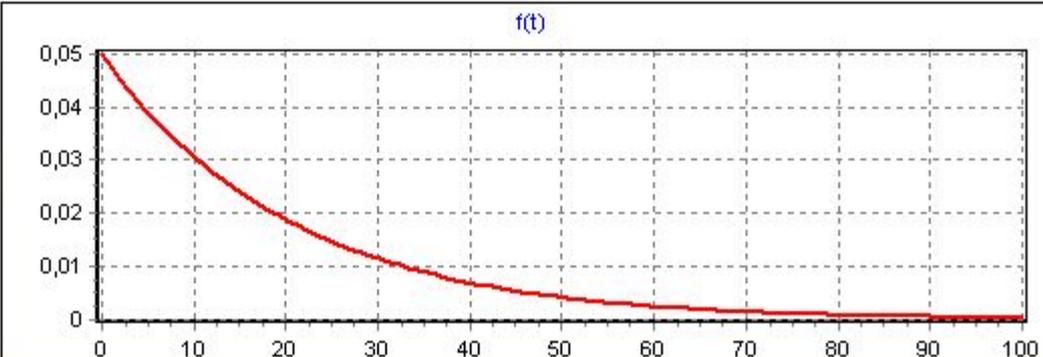
Struct Solver редактор функциональной схемы

Распределения для Y1

Макс. время: 100 Кол-во узлов: 100 Средняя наработка: 19,233

R(t) f(t)=-R'(t) lambda(t)=f(t)/R(t)

f(0)=0,05
f(1,0101010101010101)=0,0475431005787638
f(2,0202020202020202)=0,0452169932511442
f(3,0303030303030303)=0,0430133153224718
f(4,0404040404040404)=0,0409243405346664
f(5,0505050505050505)



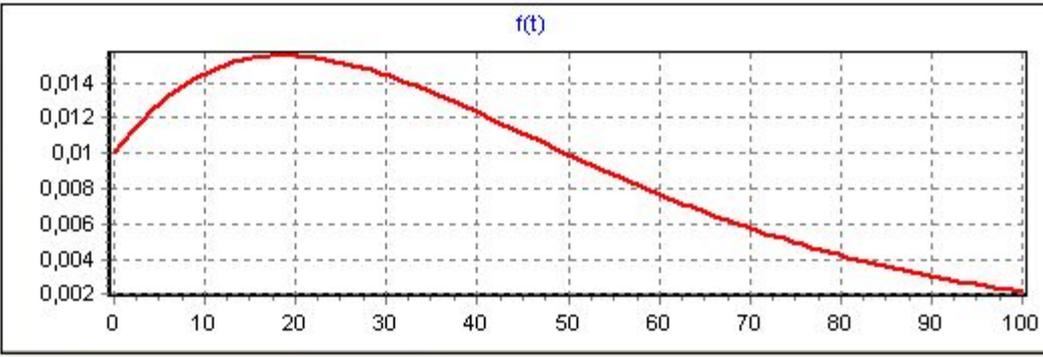
t	f(t)
0	0,05
1,0101010101010101	0,0475431005787638
2,0202020202020202	0,0452169932511442
3,0303030303030303	0,0430133153224718
4,0404040404040404	0,0409243405346664
5,0505050505050505	

Распределения для Y2

Макс. время: 100 Кол-во узлов: 100 Средняя наработка: 40,591

R(t) f(t)=-R'(t) lambda(t)=f(t)/R(t)

f(0)=0,01
f(1,0101010101010101)=0,010677584779177
f(2,0202020202020202)=0,0112985202544894
f(3,0303030303030303)=0,0118660271559898
f(4,0404040404040404)=0,0123830208596336



t	f(t)
0	0,01
1,0101010101010101	0,010677584779177
2,0202020202020202	0,0112985202544894
3,0303030303030303	0,0118660271559898
4,0404040404040404	0,0123830208596336

Отработано: Оставшееся время: 40,591

гипотезы (1)

Расчет вероятности безотказной работы (по ЛВ-методам)

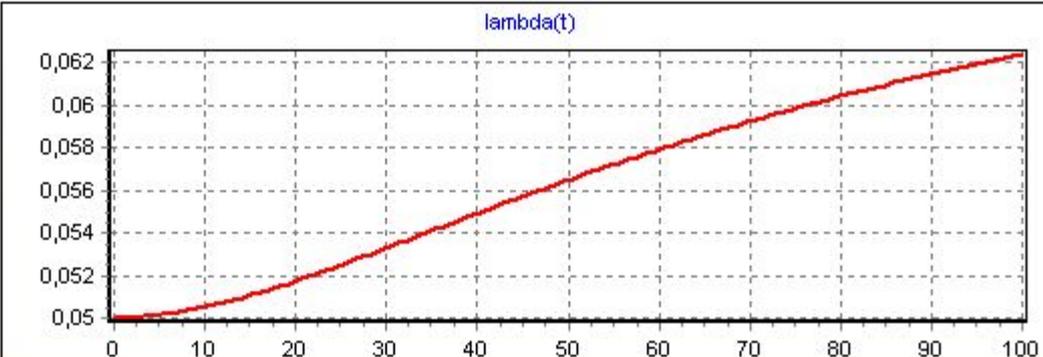
Struct Solver редактор функциональной схемы

Распределения для Y1

Макс. время: 100 Кол-во узлов: 100 Средняя наработка: 19,233

R(t) f(t)=-R'(t) lambda(t)=f(t)/R(t)

```
lambda(0)=0,05  
lambda(1,010101  
01010101)=0,05  
00060386422384  
lambda(2,020202  
02020202)=0,05  
00238167077407  
lambda(3,030303  
03030303)=0,05  
00528181951576  
lambda(4,040404  
04040404)=0,05  
00925186735921  
lambda(5,050505
```

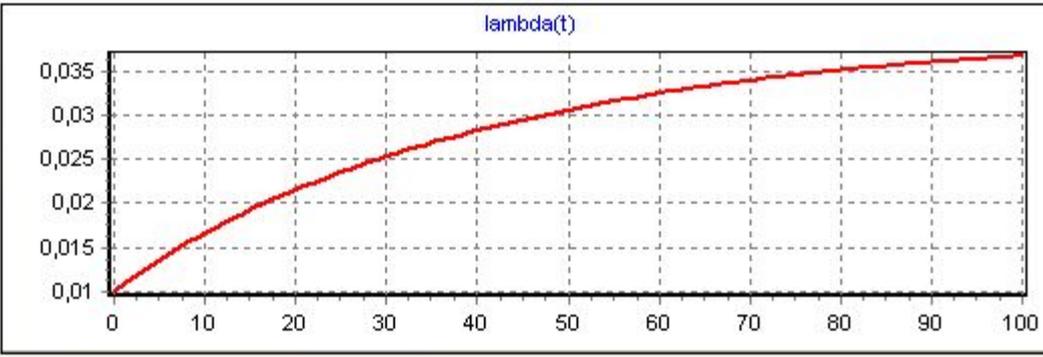


Распределения для Y2

Макс. время: 100 Кол-во узлов: 100 Средняя наработка: 40,591

R(t) f(t)=-R'(t) lambda(t)=f(t)/R(t)

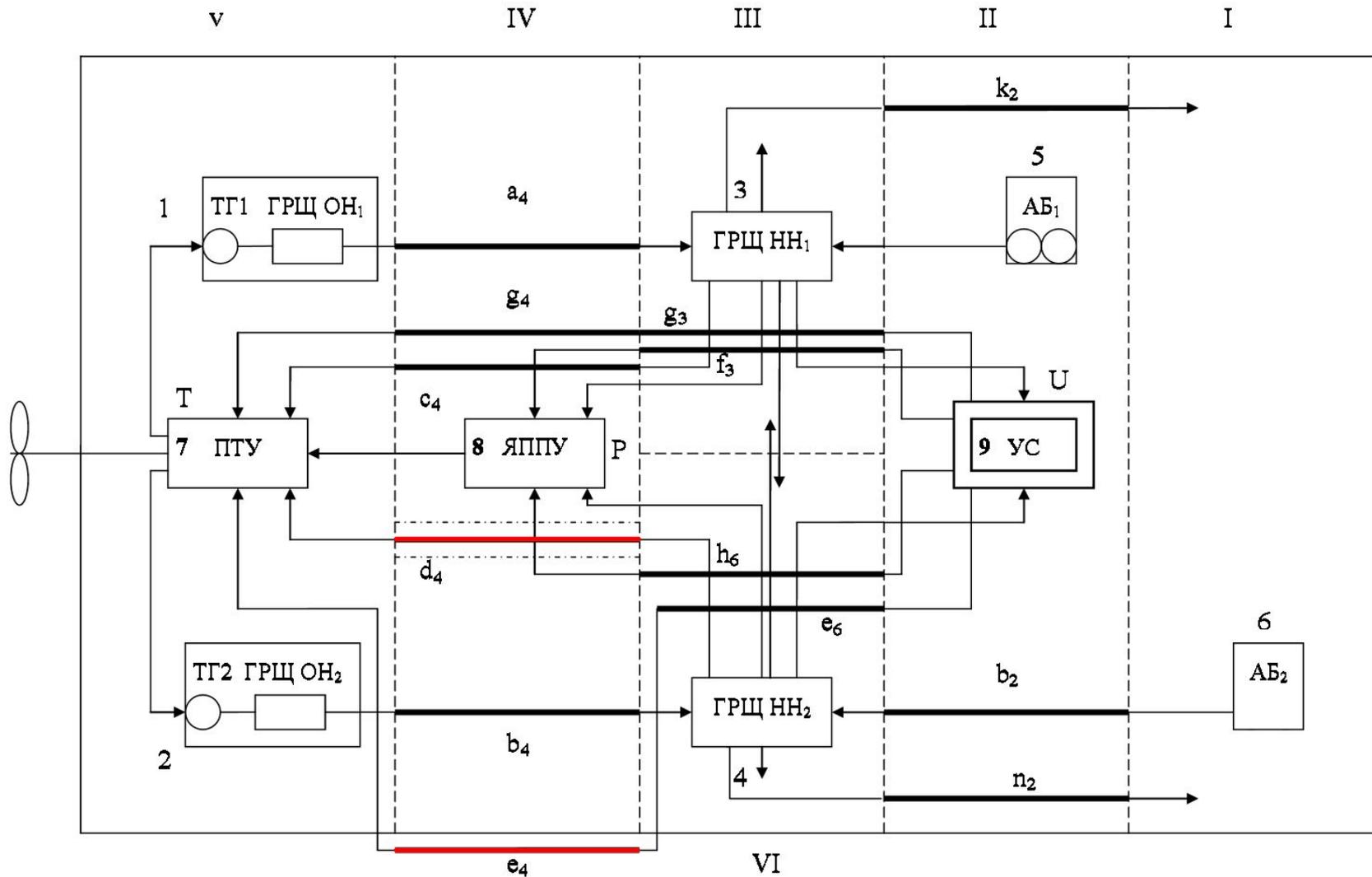
```
lambda(0)=0,01  
lambda(1,010101  
01010101)=0,01  
07903235672564  
lambda(2,020202  
02020202)=0,01  
15473873358535  
lambda(3,030303  
03030303)=0,01  
22742115258635  
lambda(4,040404  
04040404)=0,01  
29733956712604
```



Отработано: Оставшееся время: 40,591

гипотезы (1)

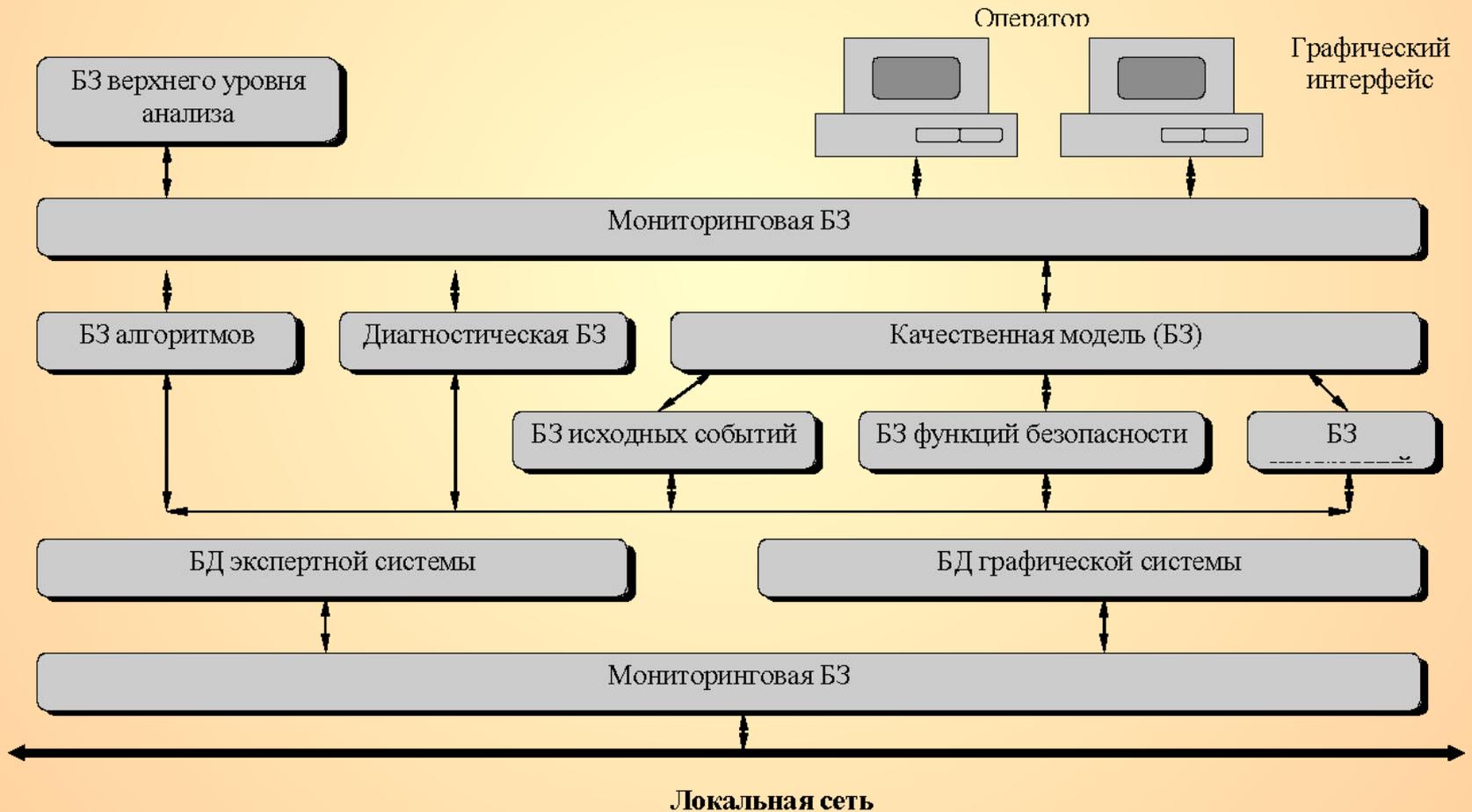
Результаты оптимизации топологической структуры для МПА

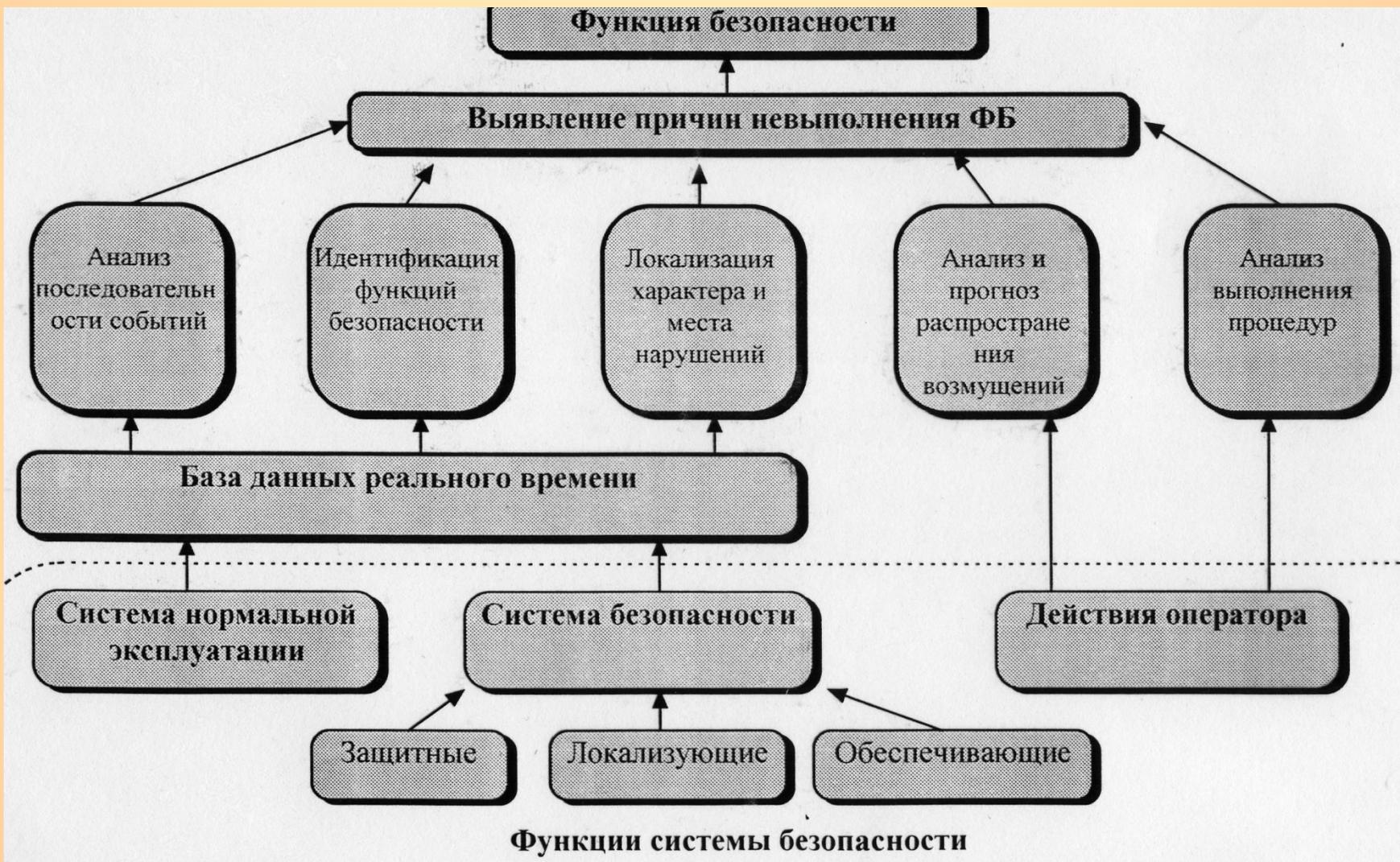


Функциональная структура экспертной системы выбора решений по реконфигурации структуры ФКТС ЭО



Структура баз данных и баз знаний интеллектуализированной системы информационной поддержки оператора ядерной энергетической установки





ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОВЫШЕННЫХ УРОВНЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ, ЖИВУЧЕСТИ И НАДЕЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ

ВЫБОР и ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРНОГО ПОСТРОЕНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

(функциональных, топологических, организационных, алгоритмических, технической структур) при проектировании на основе априорной информации

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫРАБОТКИ УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ В НЕШТАТНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ, ПРИ ЗАПРОЕКТНЫХ АВАРИЯХ и при БЖ

(придание системе свойств
САМОАЛГОРИТМИЗАЦИИ и
САМООРГАНИЗАЦИИ) в процессе эксплуатации на основе апостериорной информации

ВАЖНЕЙШИЕ ПРИНЦИПЫ

1. Функционально-иерархический принцип организации ЕАСУ и КСУ ТС корабля с выделением 3-х уровней иерархии систем:
 - локальных систем управления (ЛСУ),
 - систем управления функциональными комплексами средств корабля (СУ ФКС),
 - координирующих систем управления типа ЦКСУ ТС и БИУС
2. Организация подсистем аварийной защиты (ПАЗ) и управляющих систем безопасности (УСБ).
3. Принцип территориальной децентрализации
4. Принцип функциональной децентрализации (в том числе для оборудования систем аварийной защиты, систем безопасности и борьбы за живучесть: принципы независимости, разделения, разнообразия).
5. Децентрализация процессов управления обменом информацией в системах с сетевой архитектурой
6. Дублирование центров (пультов) управления (введение ПАУ и МП)
7. Принцип организации живучей структуры систем энергоснабжения аппаратуры УС
8. Рациональное использование различных видов избыточности (структурной, функциональной, информационной, временной)
9. Использование естественной избыточности в объектах управления (эшелонирование, дробление производительности, инерционность и т.п.)
10. Принцип "коннективной устойчивости" многосвязных систем управления относительно всех или аварийно-опасных координат

1. Принципы интеллектуализации поведения УС с организацией функций поддержки принятия решений:
 - вычислительной поддержки,
 - информационной поддержки с развитым графическим и речевым интерфейсом,
 - интеллектуальной поддержки.
2. Принципы построения систем обработки информации с базами знаний, механизмами рассуждений, логического вывода (динамических экспертных систем) для:
 - выявления, распознавания и идентификации нештатных аварийных ситуаций (оперативная диагностика процессов),
 - диагностики множественных отказов и повреждений,
 - выработка решений по реконфигурации структур совокупности ФК ТС при произвольных заранее непредсказуемых сочетаниях отказов.
3. Раннее обнаружения нарушений (принципы спорадического контроля, ЭС диагностики технологических процессов)
4. Принципы статического или динамического перераспределения задач между звеньями УС с сетевой архитектурой при любых комбинациях отказов (или отказов заданной кратности) с учетом приоритетности задач (принцип "элегантной деградации", или "каннибализма")
5. Интеграция УС с встроенным понятийным (интеллектуальным тренажером)

Заключение и выводы

- Создан многоцелевой программный комплекс, обеспечивающий корректность решения задач по оценке качества структурной организации, надежности и безопасности АТК до детерминированным и вероятностным показателям
- Введен корректный учет обратных связей и перемычек, двух видов отказов
- Заложены основы решения задач функциональной диагностики и выработке оптимальных решений по реконфигурации структур при заранее неизвестных комбинациях отказов

Направления развития методов анализа и обеспечения НБЖ

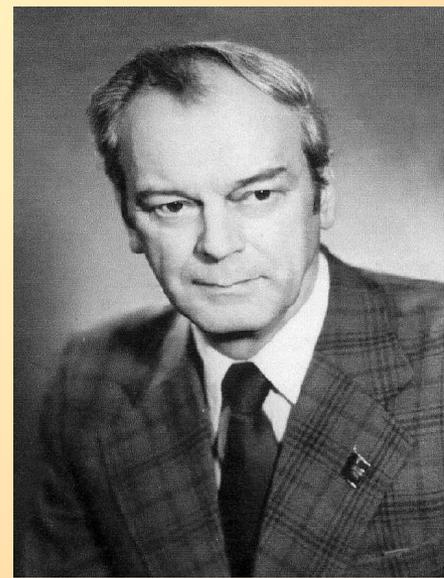
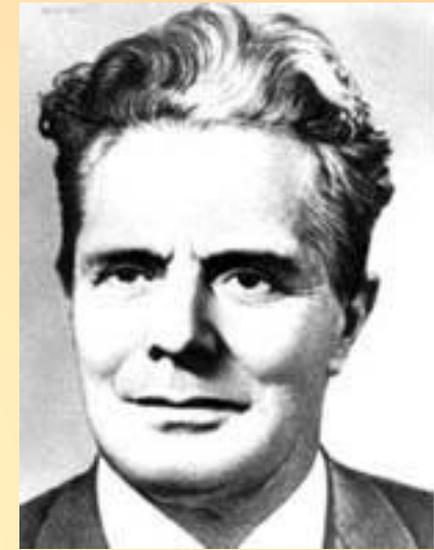
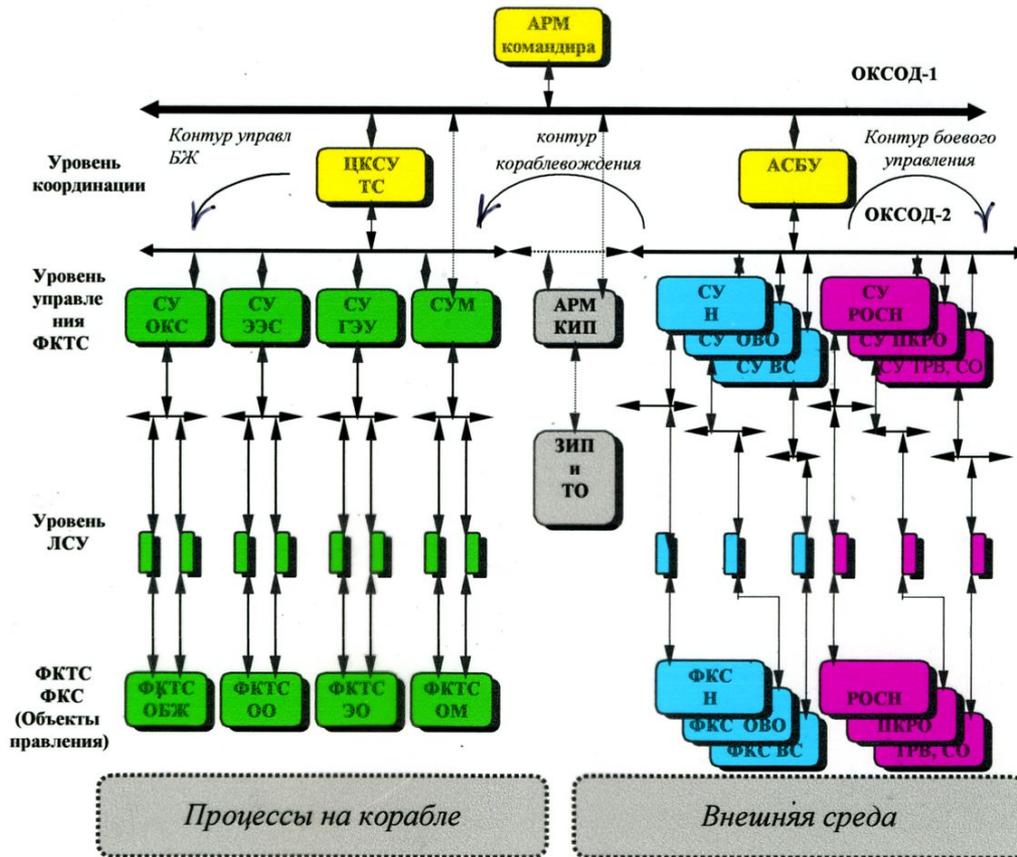
- Учет двух видов отказов элементов («обрыв» и «короткое замыкание»);
- Учет каскадного развития поломок (аварий) – учет «скрытых» отказов систем аварийной защиты;
- Построение графа деградации;
- Учет уровней качества функционирования системы (переход к многозначной логике с многими состояниями элементов)
- Развитие методов оперативной функциональной диагностики (выявления и идентификации) нештатных аварийных ситуаций
- Развитие методов выработки решений по реконфигурации структуры АТК при любых заоранее непредсказуемых комбинациях отказов

Выводы

1. Предложен метод построения корректной логико-математической модели структурно-сложной системы, позволяющий получить однозначные и полные логические условия работоспособности и безопасности (или неработоспособности и небезопасности) в форме ДНФ.
2. Предложенные идеи, формализмы и способы их математической и программной реализации позволяют избежать типичных ошибок и использования трудоемких эмпирических приемов при анализе правильности и полноты получаемых решений систем логических уравнений.
3. Метод позволяет избежать необходимости проверки физической реализуемости и полноты полученной совокупности решений – минимальных комбинаций работоспособных элементов и совокупностей минимальных сечений отказов.
4. Создан программный комплекс, обеспечивающий:
 1. корректность решения задач по оценке качества структурной организации, надежности и безопасности АТК до детерминированным показателям.
 2. выполнение количественных оценок вероятностных показателей надежности и безотказности АТК с использованием отработанных в теории ЛВМ алгоритмов и процедур.
5. Решены конкретные задачи по синтезу оптимальных топологических структур.
6. Намечены пути по решению задач реконфигурации при заранее непредсказуемых комбинациях отказов элементов (задач «самоалгоритмизации»).

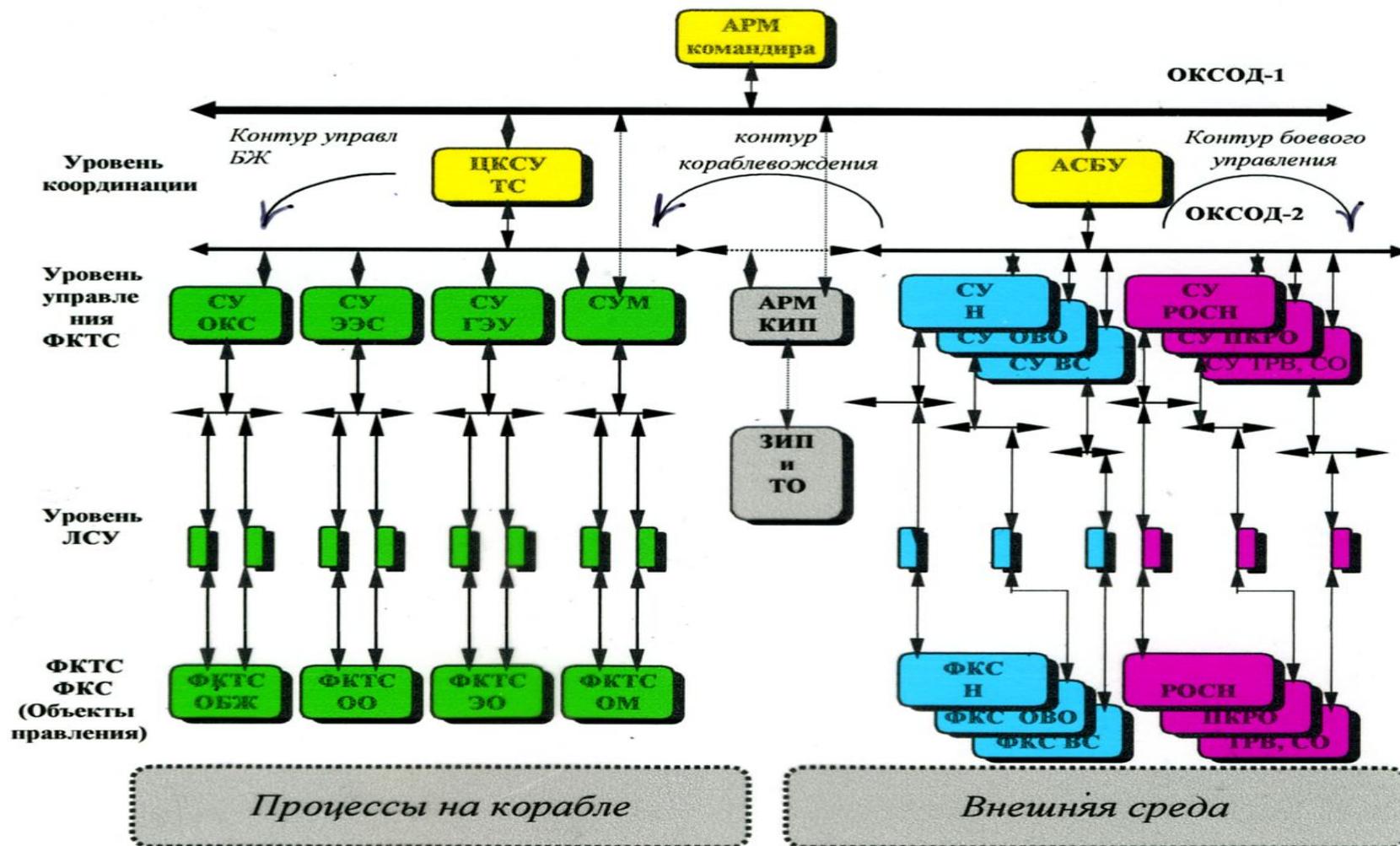
Основополагающие принципы комплексной автоматизации кораблей и других многоагрегатных технических комплексов

Укрупненная структура единой (интегрированной) АСУ корабля



Функциональные комплексы технических средств (ФКТС)	Радиоэлектронные средства (РЭС)	Комплексы целевого назначения
<p>ФКТС ОМ - обеспечения маневрирования</p> <p>ФКТС ЭО - энергообеспечения (ЯЭУ + ЭЭС + ССГ +...)</p> <p>ФКТС ОО - обеспечения обитаемости</p> <p>ФКТС ОКБЖ - обеспечения БЗЖ</p>	<p>ФКС Н - навигации</p> <p>ФКС ОВО - освещ. внешн. обстановки</p> <p>ФКС ВС - внешн. связь</p>	<p>РОСН</p> <p>ПКРО</p> <p>ТРВ и СО</p>

Укрупненная структура единой (интегрированной) АСУ корабля

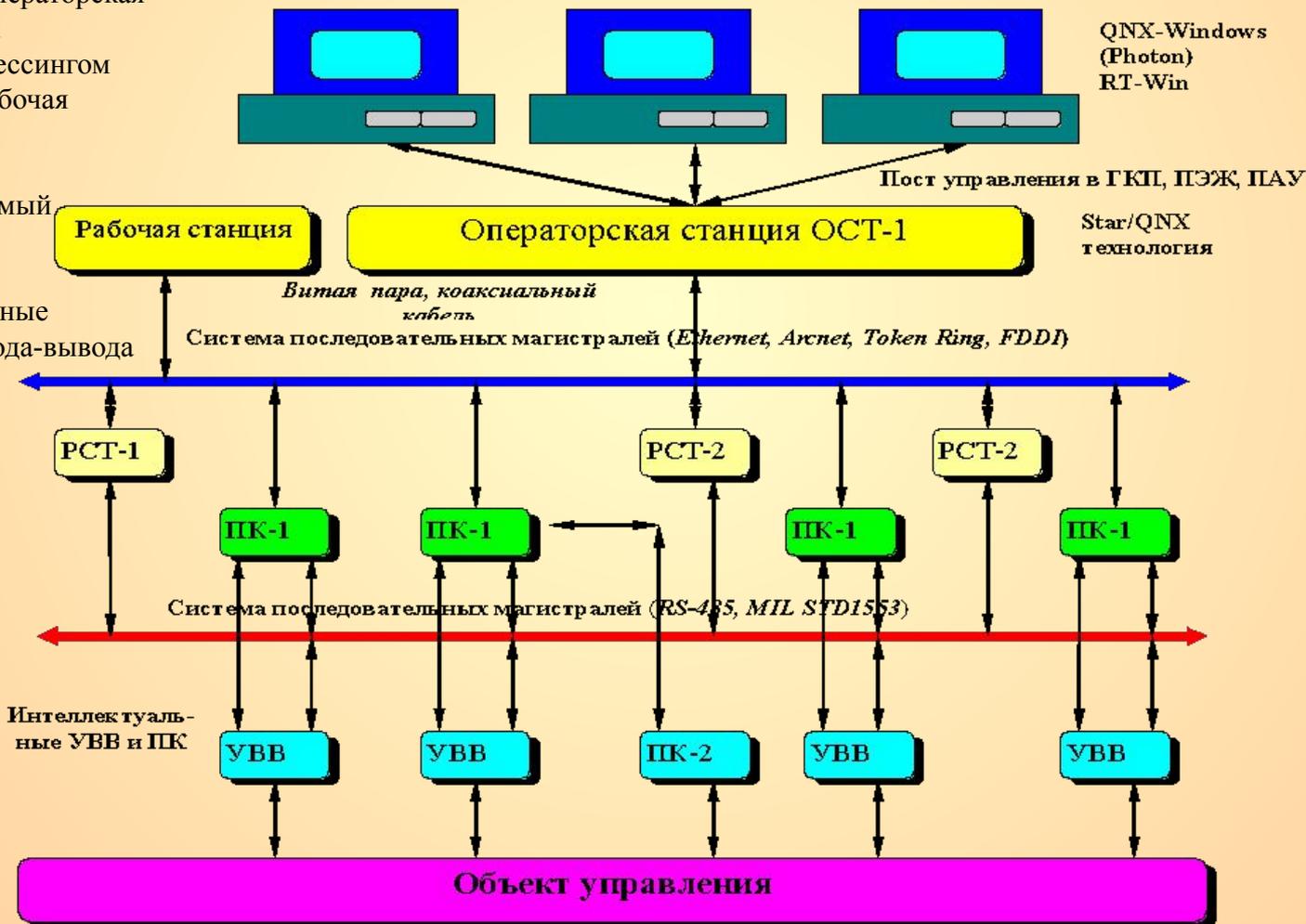


Функциональные комплексы технических средств (ФКТС)	Радиоэлектронные средства (РЭС)	Комплексы целевого назначения
<p><i>ФКТС ОМ</i> - обеспечения маневрирования</p> <p><i>ФКТС ЭО</i> - энергообеспечения (ЯЭУ + ЭЭС + ССГ +...)</p> <p><i>ФКС ОО</i> - обеспечения обитаемости</p> <p><i>ФС ОКБЖ</i> - обеспечения БЗЖ</p>	<p><i>ФКС Н</i> - навигации</p> <p><i>ФКС ОВО</i> - освещ. внешн. обстановки</p> <p><i>ФКС ВС</i> - внешн. связь</p>	<p><i>РОСН</i></p> <p><i>ПКРО</i></p> <p><i>ТРВ и СО</i></p>

Укрупненная архитектура распределенной управляющей системы с сетевой архитектурой и сетевой многозадачной ОС РВ

Пример организации системы на базе средств STD и STD-32 bus архитектуры и многозадачной многопользовательской сетевой ОС реального времени типа QNX

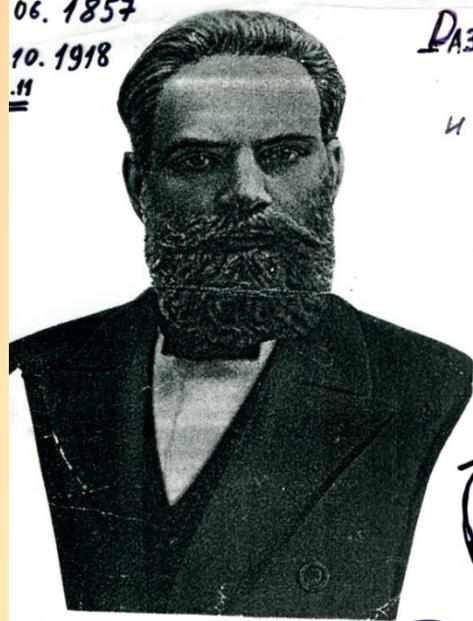
ОСТ-1 - операторская станция типа 1 с мультипроцессингом
РСТ-1 (2) - рабочая станция
ПК-1 (2) - программируемый контроллер УВВ
интеллектуальные устройства ввода-вывода



КРИТЕРИИ ВЫБОРА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОРАБЕЛЬНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ (В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ НАСЫЩЕНИЯ РЫНКА)

- **1. Однородность архитектуры микропроцессоров** аппаратуры всех уровней (IBM PC/AT - совместимой, с возможностью организации СП и замены эл. базы на отечественную)
- **2. Однотипной операционной системы на всех уровнях** обработки информации, (сетевой многозадачной ОС РВ типа QNX).
- **3. Возможность использования отработанных прикладных программ**, разработанных ранее применительно к их реализации на ПЭВМ типа IBM PC/AT.
- **4. Возможность разработки ПО в целом для СУ ТС УС на ПЭВМ типа IBM PC/AT**, в том числе выполнения работ по отработке конфигурации системы в полном объеме и проверке программного обеспечения без использования штатной (поставочной) аппаратуры; возможность распараллеливания работ по разработке АО и ПО
- **5. Функциональная полнота программно-технического комплекса.**
- **6. Гибкость набора средств**, позволяющая создавать эффективные системы как малой информационной мощности, так и большой
- **7. Открытость и свободная конфигурируемость**, простота наращивания (расширения) системы при ее развитии за счет применения стандартных интерфейсов и протоколов
- **8. Широкий диапазон внешних условий работы** (при отсутствии принудительного охлаждения):
 - (а) по температурам в рабочем состоянии:
 - от - 40 С до + 85 С - для периферийной аппаратуры,
 - от 0 С до + 65 С - для аппаратуры в ЦПУ центральном посту и жилых помещениях
 - (б) по влажности:
 - более 95 % при 40 С;
 - (в) по механическим воздействиям:
 - вибрация - 5 g (0.35 мм) в диапазоне частот 5 - 300 Гц (в рабочем и отключенном состоянии),
 - удар - 30 g с длительностью импульса 6 мсек. в нерабочем состоянии, 15 g с длительностью импульса 11 мсек. в рабочем состоянии.
- **9. Высокая надежность аппаратуры** (безотказность, долговечность, сохраняемость)
- **10. Радиационная стойкость к воздействию ИИ и ЭМИ !!!**
- **11. Помехозащищенность при работе в энергетических отсеках** (непосредственно вблизи силового оборудования) !!!
- **12. Минимальные требования к обслуживанию и квалификации персонала**
- **13. Возможность организации мультипроцессорных устройств** с работой нескольких (например, до 7 процессоров) на одной шине

06. 1857
10. 1918
=



Развитие понятий Устойчивости и Устойчивоспособности:

- Устойчивость (в смысле А.М. Ляпунова)
 - Робастность
 - Грубость
 - Надёжность
 - Жизнучесть (+ Выживаемость)
 - Безопасность (безаварийность)
- Структурная устойчивость:

управляемость
+ устойчивость
+ надёжность

• **Гомеостаз** — самосохранение в чл-х внутр. и внешн. возмущ. самоорганизация, адаптивная регуляция, само алгоритмизация, внешнее разрушающее воздействие

• **Гомеорез** — нарушение равнов. системы, изменение структуры

• **Гомеостаз** — утрачена способность к репродукции и гомеостазу

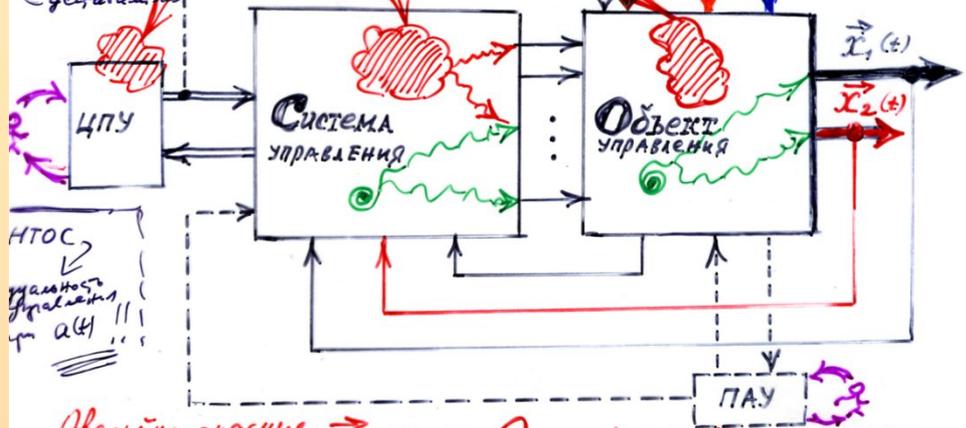
АВ
разрушающее

• отказоустойчивость

• отказо-безопасность

Параметрические возмущ. Сингулярные возмущ.

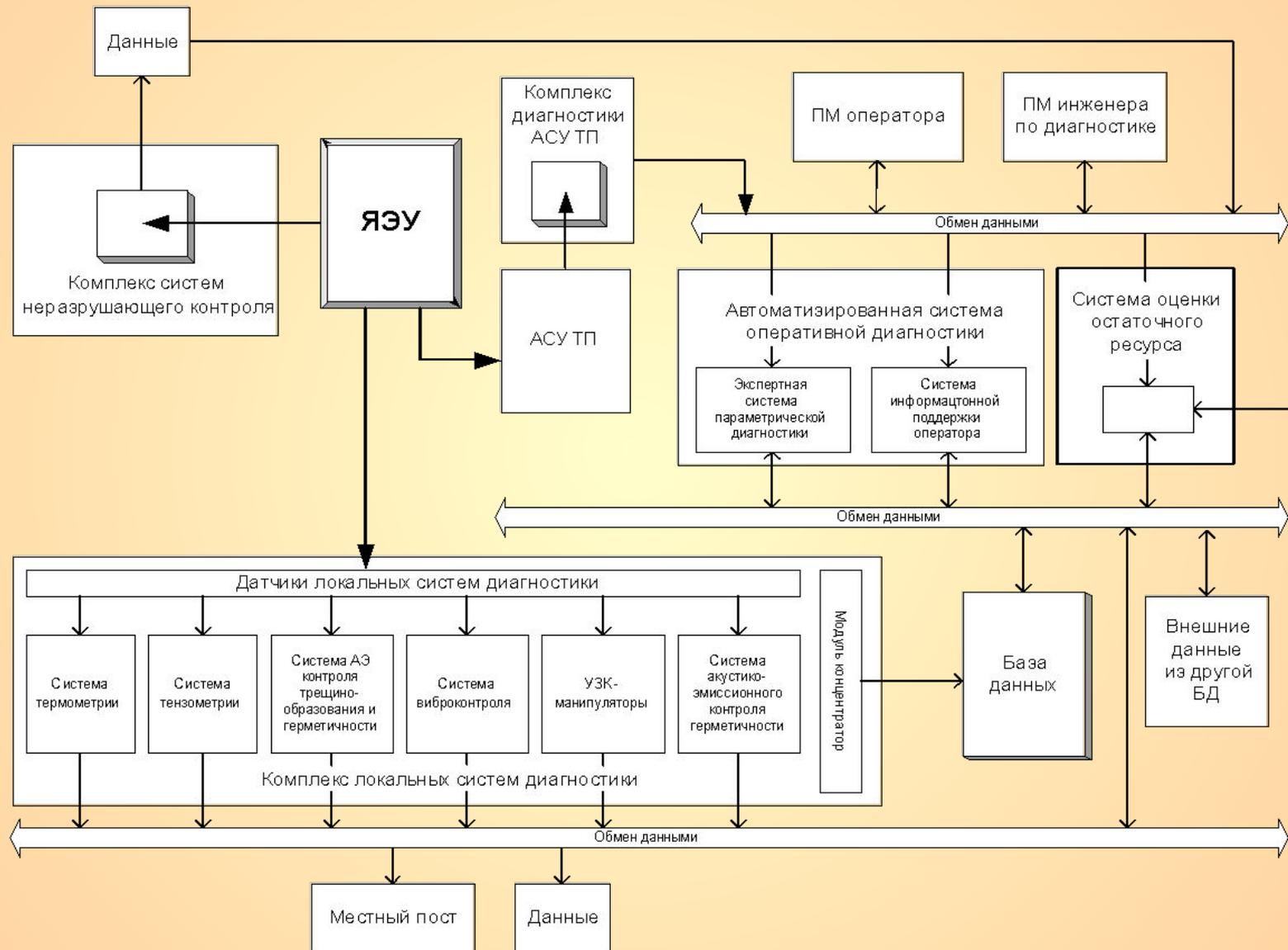
Реальные внешние силы (нагрузки) $f(t)$



НТОС
уменьшение
длина
и т.д.

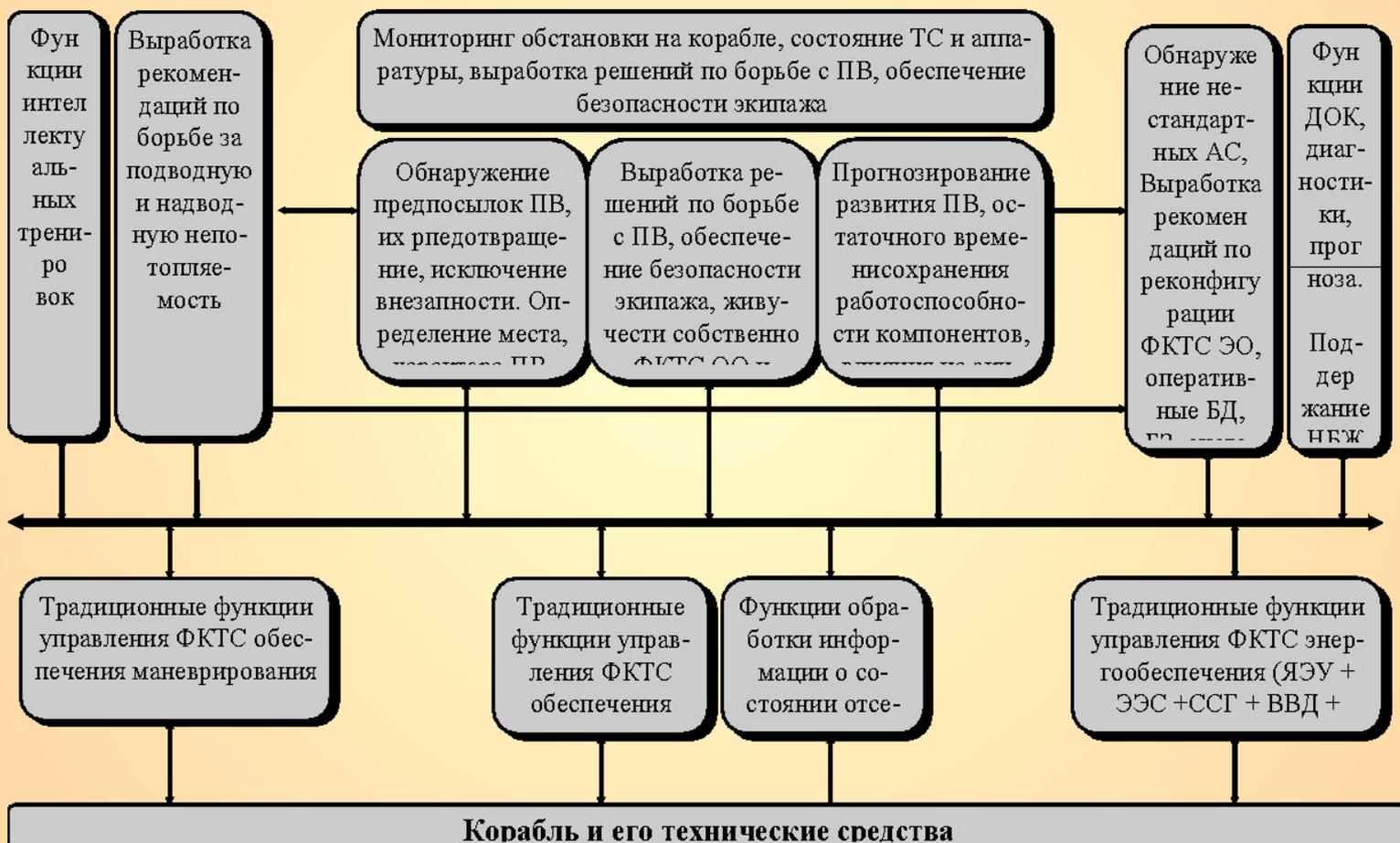
Аварийно-опасные координаты $\vec{x}_2(t) \in G$ - область безопасности (безаварийности)

Структурная схема диагностического комплекса



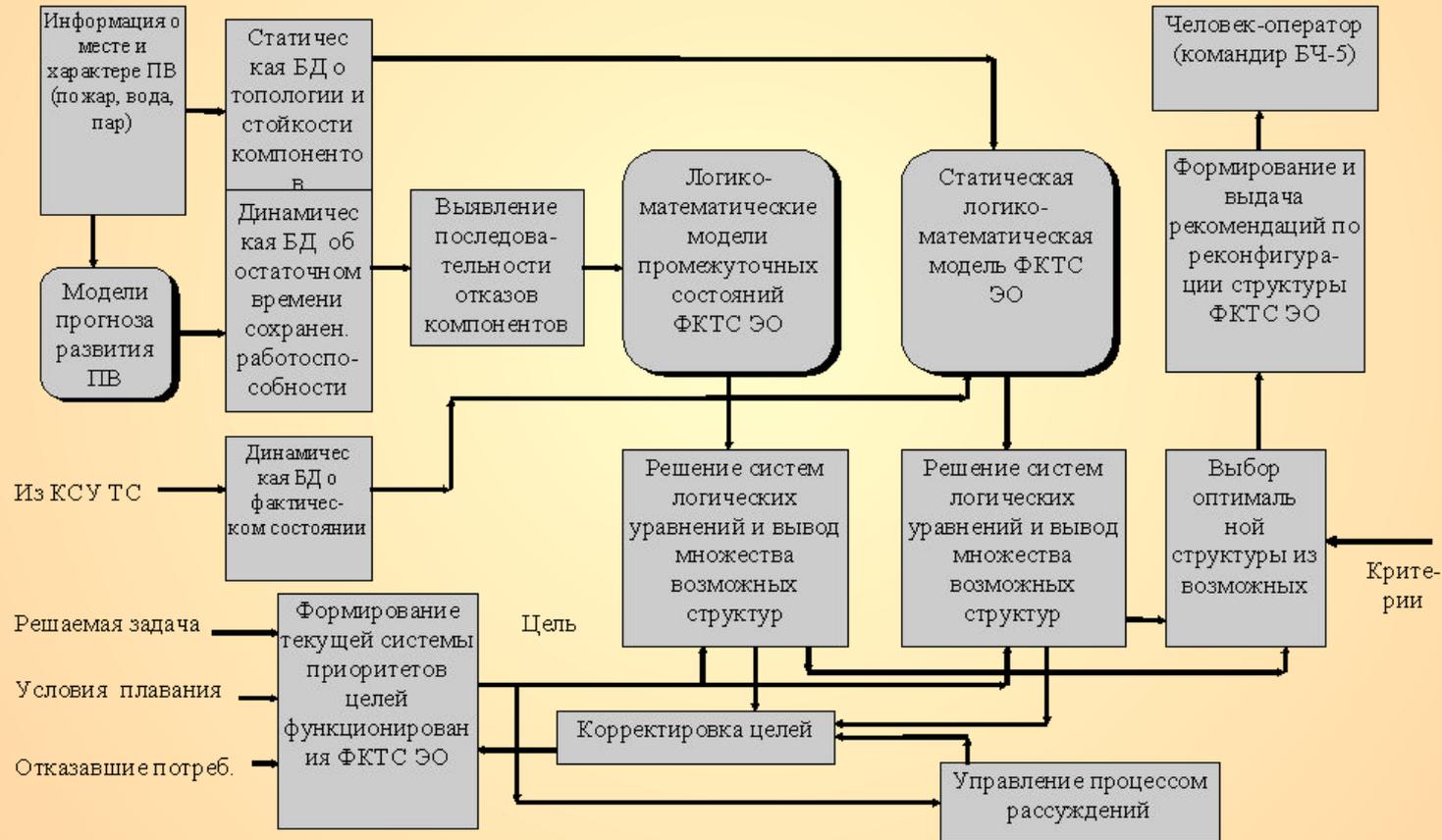
Центральная координирующая система управления

Укрупненная функциональная структура ЦКСУ ТС на базе технологий БД и БЗ



Функциональная структура экспертной системы выбора решений по реконфигурации структуры ФКТС ЭО

Функциональная структура экспертной системы выбора решений по реконфигурации структуры ФКТС ЭО



ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НИР

Наименование разделов презентации

- Развитие методов системного анализа, методов оптимизации и теории управления (устойчивость интервальных систем, коннективная устойчивость, обеспечение грубости при синтезе оптимальных систем, управление группами подвижных объектов и т.д.)
- Теоретико-методологические основы и Система критериев выбора (обоснования) структурной организации автоматизированных многоагрегатных технических комплексов (МТК) и их информационно-управляющих систем
- Математические модели, методы, формализованные алгоритмы и версии Программных комплексов для выполнения полного системного анализа Надежности, Живучести, Безопасности и Эффективности структурно-сложных систем – Программные комплексы “АССА”
- Автоматизированные системы синтез алгоритмов управления реконфигурацией структур МТК при любых заранее непредсказуемых комбинациях отказов и повреждений компонентов (элементов и линий связи) – Программные комплексы “Reson”

- АСНИ динамики и оптимизации процессов управления корабельными МТК на базе отечественного “*Матлаба*” - Программного комплекса «МВТУ» и его развития в ПК «МВТУ-ЛПИ».
- Новые результаты в области оптимального управления энергетическими системами и комплексом «ДДК – РУ – корабль» при оптимизации процессов пространственного маневрирования (как объекта с несколькими управляющими воздействиями и ограничениями на потенциально опасные координаты)
- Обоснование развития САПР аналоговых электронных устройств

- **Информационно-аналитическая система объективной оценки и прогнозирования показателей надежности (безотказности, остаточного ресурса) оборудования МТК по статистическим данным эксплуатации**
- **Программные комплексы оценки показателей надежности МТК с использованием моделей марковских, полумарковских и “немарковских” процессов.**
- **Математические модели оценки пожарной опасности электропроводок для выбора проводов и защитно-предохранительных устройств**

**ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ ПРИНЦИПЫ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ И МЕТОДЫ
ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОВЫШЕННЫХ УРОВНЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ,
БЕЗОПАСНОСТИ, ЖИВУЧЕСТИ И НАДЕЖНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ**

**ВЫБОР и ОБОСНОВАНИЕ
СТРУКТУРНОГО ПОСТРОЕНИЯ
УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ**

(функциональных, топологических, организационных, алгоритмических, технической структур) при проектировании на основе априорной информации

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫРАБОТКИ
УПРАВЛЯЮЩИХ РЕШЕНИЙ в
НЕШТАТНЫХ АВАРИЙНЫХ
СИТУАЦИЯХ, ПРИ ЗАПРОЕКТНЫХ
АВАРИЯХ и при БЖ**

(придание системе свойств **САМОАЛГОРИТМИЗАЦИИ** и **САМООРГАНИЗАЦИИ**) в процессе эксплуатации на основе апостериорной информации

ВАЖНЕЙШИЕ ПРИНЦИПЫ

1. Функционально-иерархический принцип организации ЕАСУ и КСУ ТС корабля с выделением 3-х уровней иерархии систем:
 - локальных систем управления (ЛСУ),
 - систем управления функциональными комплексами средств корабля (СУ ФКС),
 - координирующих систем управления типа ЦКСУ ТС и БИУС
2. Организация подсистем аварийной защиты (ПАЗ) и управляющих систем безопасности (УСБ).
3. Принцип территориальной децентрализации
4. Принцип функциональной децентрализации, (в том числе для оборудования систем аварийной защиты, систем безопасности и борьбы за живучесть) принцип независимости, разделения, разнообразия.
5. Децентрализация процессов управления обменом информацией в системах с сетевой архитектурой
6. Дублирование центров (пультов) управления (введение ПАУ и МП)
7. Принцип организации живой структуры систем энергоснабжения аппаратуры УС
8. Рациональное использование различных видов избыточности (структурной, функциональной, информационной, временной)
9. Использование естественной избыточности в объектах управления (эшелонирование, дробление производительности, инерционность и т.п.)
10. Принцип "коннективной устойчивости" многосвязных систем управления относительно всех или аварийно-опасных координат

1. Принципы интеллектуализации поведения УС с организацией функций под держки принятия решений:
 - вычислительной поддержки,
 - информационной поддержки с развитым графическими речевым интерфейсом,
 - интеллектуальной поддержки.
2. Принципы построения систем обработки информации с базами знаний, механизмами рассуждений, логического вывода (динамических экспертных систем) для:
 - выявления, распознавания и идентификации нештатных аварийных ситуаций (оперативная диагностика процессов),
 - диагностики множественных отказов и повреждений,
 - выработка решений по реконфигурации структур совокупности ФК ТС при произвольных заранее непредсказуемых сочетаниях отказов.
3. Раннее обнаружения нарушений (принципы спорадического контроля, ЭС диагностики технологических процессов)
4. Принципы статического или динамического перераспределения задач между звеньями УС с сетевой архитектурой при любых комбинациях отказах (или отказах заданной кратности) с учетом приоритетности задач (принцип "элегантной деградации", или "каннибализма")
5. Интеграция УС с встроенным понятийным (интеллектуальным тренажером)

О роли системного анализа и моделирования при проектировании

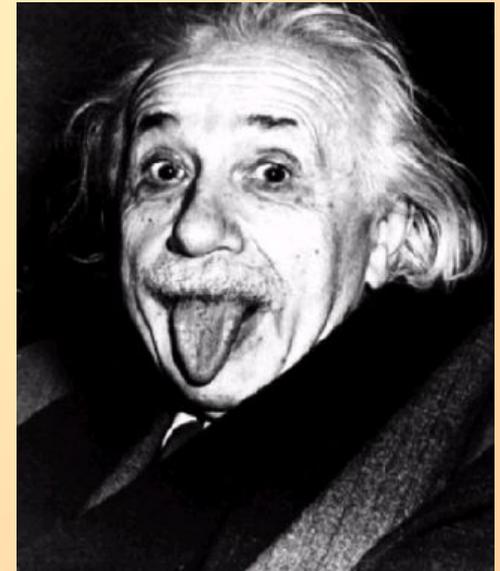
“Экономить на расчетах, оценивающих громадные экономические мероприятия, все равно, что экономить на прицеливании при выстреле в цель”

О.К. Антонов (авиаконструктор)



“Все должно быть сделано настолько просто, насколько это возможно, но не проще”

А. Эйнштейн



ВЫВОДЫ и ЗАКЛЮЧЕНИЯ

“ Все прожекты зело исправны
быть должны, дабы казну
зряшно не разорять и отечеству
ущерба не чинить.

Кто прожекты станет абы как ляпать, того
чина лишу и кнутом драть велю” .



Пётр I

Указы Петра Великого

МЕРОПРИЯТИЯ

Меры административного воздействия, направленные на повышение качества работ

ТЕКСТ ПРИКАЗА

§ 1

«...Повелеваю хозяина Тульской оружейной фабрики Корнилу Белоглаза бить кнутом и сослать в работу в монастыри, понеже он, подлец, осмелился войску государеву продавать негодные пищали и фузеи

Старшину олдермана⁵² Фрола Фукса бить кнутом и сослать в Азов, пусть не ставит клейма на плохие ружья

Организационные меро-
приятя

«Контроль за контролерами»

Выборочный контроль ка-
чества (неразрушающий и раз-
рушающий) и программа уско-
ренных испытаний

Система экономических и
моральных стимулов повыше-
ния качества работ

Социально-экономическое
обеспечение работ по повыше-
нию качества

§ 2

Приказываю ружейной кан-
целярии из Петербурга пере-
ехать в Тулу и денно и ночью
блюсти исправность ружей

Пусть дьяки и подьячие
смотрят, как олдерман клейма
ставит, буде сомнение возьмет,
самим проверять и смотром и
стрельбою

А два ружья каждый месяц
стрелять, пока не испортятся

Буде заминка в войсках
приключится, особливо при
сражении, по недогляду дьяков
и подьячих, бить оных кнутами
нещадно по оголенному месту:
хозяину — 25 кнутов и пени по
червонцу за ружье;
старшину олдермана — бить до
бесчувствия;
старшего дьяка — отдать в
унтер-офицеры;
дьяка — отдать в писаря;
подьячего — лишить восрес-
ной чарки сроком на один год

§ 3

Новому хозяину ружейной
фабрики Демидову повелеваю
построить дьякам и подьячим
избы, дабы не хуже хозяйской
были. Будут хуже, пусть Де-
мидов не обижается, повелю
живота лишить

Петр I»

Из «Записок подводника, побывавшего на том свете»

"Подводные лодки могут и должны плавать без катастроф. Я не исключаяю отдельные аварийные ситуации, но чтобы корабль затонул, такого быть не должно".

И.А. Заводский

"Записки подводника, побывавшего на том свете", Изд. МП
Богородская типография Нижегородской области, 1996 г.

Спасибо за внимание

ЖАРА !





Основные результаты научных исследований

кафедры

«Системный анализ и управление» СПбГПУ

по комплексным проблемам повышения эффективности информационных и управляющих систем для потенциально-опасных технических комплексов