



ПЕРЕДОВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА НГТУ

# Цифровые системы управления технологическими процессами атомных станций нового поколения

Институт: ИРИТ

зав. кафедрой «Вычислительные системы  
и технологии», д.т.н., доцент

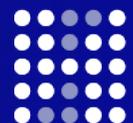
**Жевнерчук Дмитрий Валерьевич**

d.zhevnerchuk@nntu.ru

8(831)4368228



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**Передовые  
инженерные  
школы**



НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. Р. Е. Алексеева



ПЕРЕДОВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА НГТУ

## Ключевые тематики

1. Технологии построения самоорганизующихся цифровых систем управления с обеспечением адаптивности;
2. Технологии синтеза и реконфигурирования виртуальных тренажеров для отработки внештатных ситуаций на АЭС;
3. Концепция и технологии обеспечения защищенности систем верхнего уровня (СВУ) АСУ ТП атомных электростанций от киберугроз.



Контроль направления движения



ARМ для натурномодельных испытаний вариантов реализации приемно-передающей аппаратуры



Иммерсивные технологии





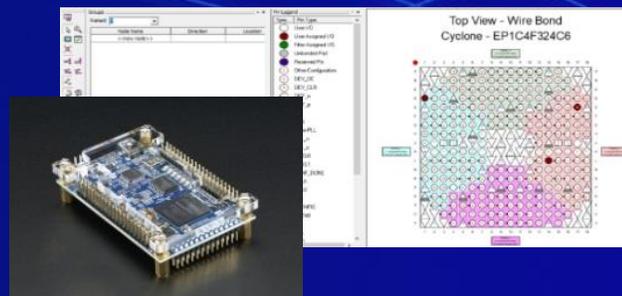
ПЕРЕДОВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА НГТУ

# Тематика № 1. Технологии построения самоорганизующихся цифровых систем управления с обеспечением адаптивности

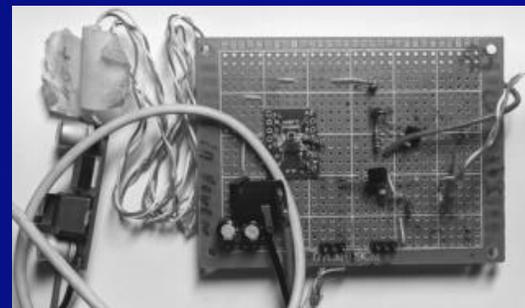
**Решаемые проблемы:** Проблема оптимального выбора управляющего воздействия АСУ технологическими процессами и/или техническими системами атомных станций в условиях их высокой сложности, изменчивости и априорной неопределенности внешних и внутренних воздействий на основе методов теории: цифрового управления многосвязными объектами, открытых информационных систем, технической диагностики, компьютерного зрения.

## Задачи:

1. повышение степени детализации систем управления многокомпонентными системами;
2. преодоление априорной неопределенности внешних и внутренних воздействий на технические системы атомных станций;
3. обеспечение режима реального времени;
4. обеспечение адаптивности систем управления;
5. развитие методов теории:
  - цифрового управления многосвязными объектами;
  - технической диагностики;
  - открытых информационных систем;
  - компьютерного зрения.



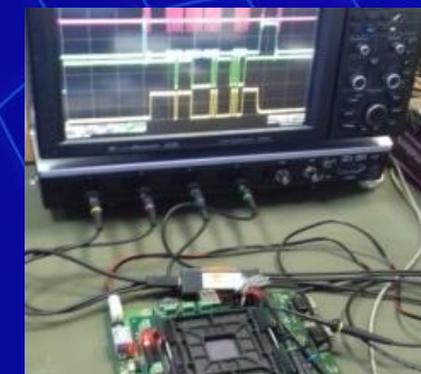
Устройства сопряжения и синхронизации на базе ПЛИС



Программно-аппаратный комплекс вибрационно-акустической диагностики



Системы компьютерного зрения



Стенд для поиска структурных дефектов бортовых вычислительных систем



ПЕРЕДОВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА НГТУ

## Тематика №2. Технологии синтеза и реконфигурирования виртуальных тренажеров для отработки внештатных ситуаций на АЭС

**Решаемая проблема:** Низкая степень масштабируемости и интероперабельности виртуальных тренажеров; Невозможность быстрой сборки тренажера с заданным перечнем ситуаций на конкретном оборудовании в рамках известных технологических процессов; Невозможность быстрой модернизации тренажеров для подготовки персонала АЭС к новым ситуациям на новом оборудовании, для внедрения новых режимов обучения и подготовки, в том числе с применением иммерсивных технологий и когнитивной графики.

### Задачи:

1. разработка микросервисной архитектуры, методов и алгоритмов синтеза и реконфигурирования виртуальных тренажеров для отработки внештатных ситуаций АЭС;
2. создание инструментальных средств обеспечения технической и семантической интероперабельности аппаратно-программных комплексов виртуальных тренажеров;
3. создание технологий построения:
  - облачных сервисов на основе распределенных баз знаний о цифровых двойниках, компонентах тренажеров и имитационных моделях внештатных ситуаций на АЭС;
  - интерактивных модулей для виртуальных тренажеров на основе иммерсивных технологий и когнитивной графики.



Лаборатория  
иммерсивных технологий



Виртуальные тренажеры  
для обучения и отработки  
внештатных ситуаций



Оборудование виртуальной реальности



ПЕРЕДОВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА НГТУ

## Тематика №3. Концепция и технологии обеспечения защищенности систем верхнего уровня (СВУ) автоматизированных систем управления технологическими процессами АЭС от киберугроз

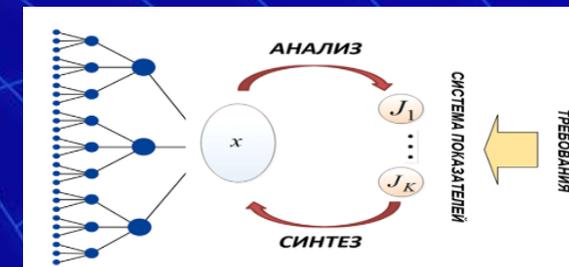
**Решаемые проблемы:** В случае серьезных отклонений технологических параметров срабатывает защита, приводящая к аварийной остановке блока и резкому переходному процессу, сопровождаемому глубокими изменениями. В таких условиях от операторов требуется внимание не только к технологическим аспектам, но и к безопасности. Это особенно важно, если существует угроза выхода параметров за пределы безопасной эксплуатации или за уставки срабатывания систем безопасности.

### Задачи:

1. обеспечение поддержки принятия решений операторов в случае внештатных ситуаций на АЭС (СИПО);
2. создание математических моделей для оценки эффективности отдельных элементов ЧМИ с последующим созданием полунатурного стенда моделирования ЧМИ БПУ АЭС;
3. усовершенствование ЧМИ:
  - оптимизация использования человеческих и вычислительных ресурсов;
  - минимизация влияния различных видов воздействия (психологическое, шумовое, электромагнитное) на оператора;
  - создание оптимальных условий для высокоэффективной и безошибочной деятельности человека.



Система инженерной поддержки оператора (СИПО)



Подход к проектированию ЧМИ БПУ АЭС и формированию системно-технических решений



Переход к совершенному ЧМИ БПУ АЭС



ПЕРЕДОВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА НГТУ

## Материально-техническое оснащение

### Шлемы виртуальной реальности:



#### HTC VIVE PRO

Разрешение экрана, пикс: 2880x1600  
Частота обновления экрана, Гц: 90  
Угол обзора, градусов: 110



#### HP Reverb G2

Разрешение экрана, пикс: 4320x2160  
Частота обновления экрана, Гц: 90  
Угол обзора, градусов: 114



#### Pico Neo 3 Pro

Разрешение экрана, пикс: 3664x1920  
Частота обновления экрана, Гц: 90  
Угол обзора, градусов: 98

### ПО для разработки систем реального времени:

«Neutrino», «Neutrino - Э» защищенная ОС реального времени, обеспечивающая отказоустойчивое и предсказуемое управление ресурсами вычислительных средств (в том числе на базе платформы «Эльбрус»), управляющих физическим оборудованием или технологическими процессами.

#### Комплект разработчика CPB:

- набор целевых компонентов, соответствующий ЗОСРВ «Нейтрино», «Нейтрино-Э», для платформ: x86, ARM, ARMv7, PowerPC, PowerPC SPE, MIPS BE, MIPS LE, Эльбрус;
- инструментарий на основе GCC, Binutils, GNU make и GDB, Qt Creator;
- поддержка: C до стандарта C11 включительно и C++ до стандарта C++17.



#### Отечественная аппаратная платформа:

Эльбрус 801-miniPC - терминал:  
1 x Эльбрус-8С, 8 ядер, до 1200 МГц,  
28нм, L3 cache 16MB



### Взаимодействие с реальным сектором экономики

РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»



Исследование возможности построения моделей, методов и алгоритмов диагностирования многофункциональной бортовой вычислительной системы

РФЯЦ-ВНИИЭФ «НИИИС им. Ю.Е. Седакова»



Усовершенствование ЧМИ оператора БПУ АЭС. Анализ существующих решений и определение потенциальных направлений научно-технического развития

### Результаты

1. Показана возможность построения базовых математических моделей и диагностических моделей МБВС-М для различных этапов жизненного цикла;
  2. Построены алгоритмы реконфигурирования отказоустойчивой вычислительной системы на основе инвариантно-группового подхода для многофункциональной вычислительной системы, разработанной филиалом.
  3. Даны рекомендации по реализации алгоритмов диагностирования в системном программном обеспечении МБВС-М.
- 
1. Проведен анализ существующей нормативной документации.
  2. Выполнено исследование ЧМИ БПУ АЭС российского и зарубежного дизайна.
  3. Выработаны аспекты научно-технического развития ЧМИ БПУ АЭС, а также потенциальные направления исследований.



ПЕРЕДОВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА НГТУ

## Опыт выполнения работ

**Наименование работы:** Усовершенствование ЧМИ оператора БПУ АЭС.

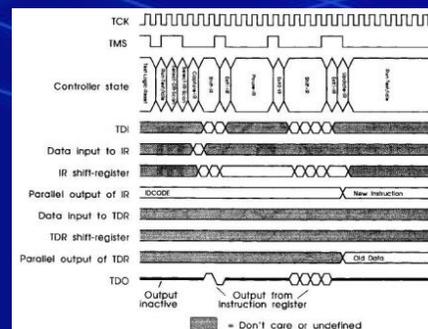
Анализ существующих решений и определение потенциальных направлений научно-технического развития.

**Цель** — построение моделей, методов и алгоритмов диагностирования малогабаритного варианта исполнения многофункциональной бортовой вычислительной системы (МБВС-М) 1У-33505.

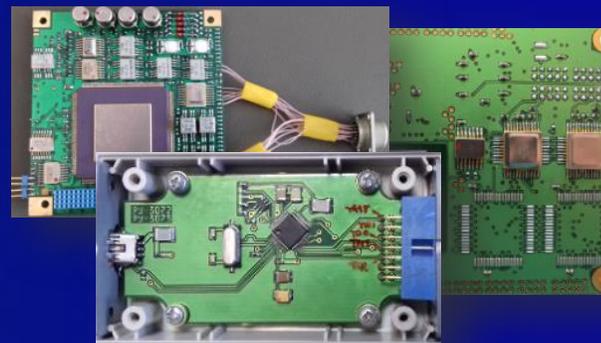
### Задачи:

1. построение базовой математической и диагностической моделей МБВС-М;
2. разработка алгоритмов диагностирования МБВС-М по выбранным или разработанным методам.

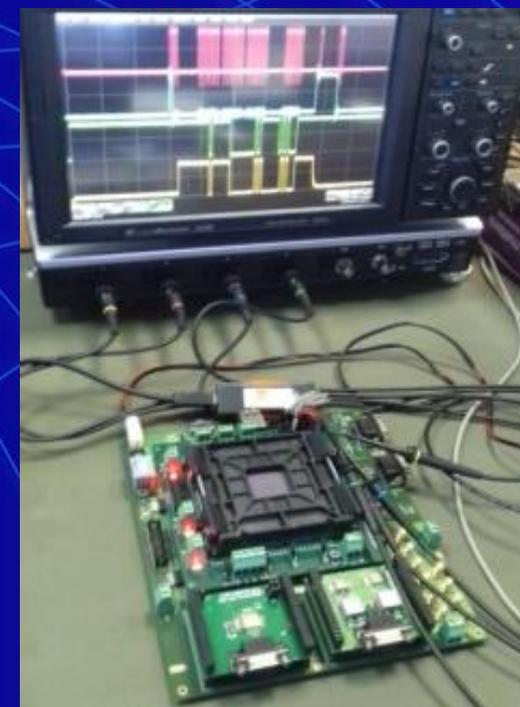
**Результаты:** Базовая модель электронных модулей МБВС в графо-матричном представлении и программа ее автоматической генерации по информации из списков соединений. Диагностическая модель электронных модулей МБВС на основе технологии граничного сканирования.



Временные диаграммы работы с регистром команд



Аппаратное обеспечение системы диагностики



Стенд для поиска структурных дефектов бортовых вычислительных систем



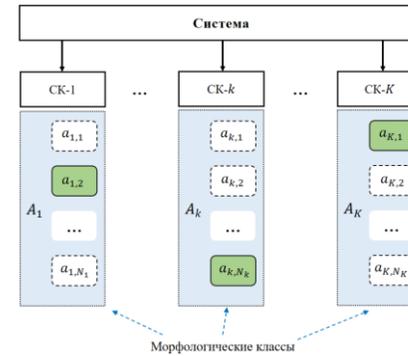
**Наименование работы:** Исследование возможности построения моделей, методов и алгоритмов диагностирования многофункциональной бортовой вычислительной системы.

**Цель** – обеспечение научного задела для разработки новых решений по созданию перспективных ЧМИ БПУ АЭС.

**Задачи:**

1. проведение анализа существующих решений в области ЧМИ БПУ АЭС российских и иностранных производителей;
2. определение направлений научных исследований в области ЧМИ БПУ АЭС.

**Результаты:** Проведен анализ существующей нормативной документации. Выполнено исследование ЧМИ БПУ АЭС российского и зарубежного дизайна. Выработаны аспекты научно-технического развития ЧМИ БПУ АЭС, а также потенциальные направления исследований.



Применение морфологического синтеза



Зал, оснащенный ЧМИ БПУ АЭС



Переход к совершенному ЧМИ БПУ АЭС



ПЕРЕДОВАЯ  
ИНЖЕНЕРНАЯ  
ШКОЛА НГТУ

# Цифровые системы управления технологическими процессами атомных станций нового поколения

Спасибо за внимание!

зав. кафедрой «Вычислительные системы  
и технологии», д.т.н., доцент

**Жевнерчук Дмитрий Валерьевич**

d.zhevnerchuk@nntu.ru

8(831)4368228



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ  
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



**Передовые  
инженерные  
школы**



НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
им. П. Е. Алексеева