



Ивановский государственный энергетический  
университет имени В.И. Ленина

# ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

Аспирант кафедры АЭС  
Вольман М.А.

V международная научно-техническая конференция «Энергетика глазами молодежи»,  
10-14 ноября 2014 года





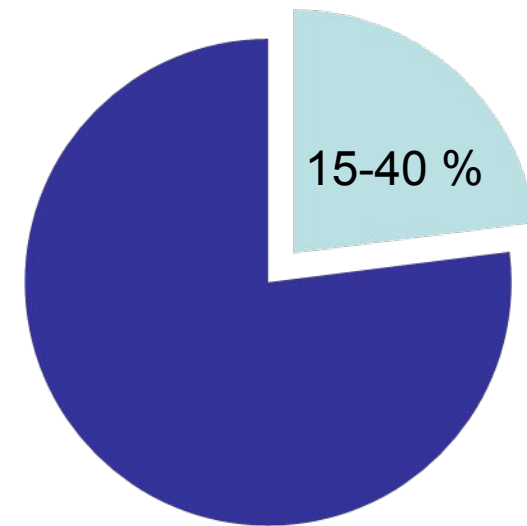
## ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

### АКТУАЛЬНОСТЬ И ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Прогнозируемые темпы развития ядерной энергетики нашей страны требуют опережающего роста кадрового наполнения.

Доля молодых сотрудников (до 35 лет) по категориям в % по данным Годового отчета ОАО «Росэнергоатом» за 2012 год

| Категория    | 2010  | 2011  | 2012 |
|--------------|-------|-------|------|
| Руководители | 7,56  | 7,9   | 8,5  |
| Специалисты  | 26,36 | 28,56 | 29,3 |
| Служащие     | 6,79  | 6,86  | 6,99 |
| Рабочие      | 28,51 | 28,66 | 29,1 |



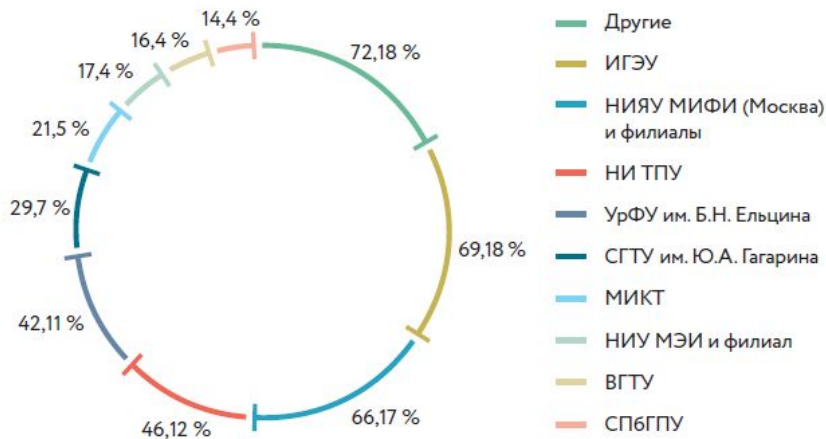
Доля аварий на АЭС, произошедших по вине операторов по разным оценкам составляет от 15 до 40 %



# ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

## АКТУАЛЬНОСТЬ И ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Фактический набор выпускников с высшим образованием на АЭС в 2013 году



Вклад учреждений высшего профессионального образования в общее количество молодых специалистов, принятых на работу на АЭС по данным ОАО «Росэнергоатом»

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

повышение эффективности вузовской подготовки будущего оперативного персонала АЭС за счет внедрения в образовательный процесс комплекса обучающих программ на основе математического и имитационного моделирования



## ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

### Компьютерное моделирование кинетики водо-водяного энергетического реактора

Кинетика горячего реактора определяется системой жестких нелинейных дифференциальных уравнений.

Их интегрирование осуществлено с использованием соответствующих алгоритмов в среде Mathcad

$$\frac{dN}{dt} = \frac{\rho - \beta}{\tau} N + \sum_{j=1}^6 \lambda_j N_j,$$

$$\frac{dN_j}{dt} = \frac{\beta_j}{\tau} N - \lambda_j N_j, \quad j = 1, \dots, 6,$$

$$m_U C_U \frac{dT_U}{dt} = N - kF(T_U - T_E),$$

$$m_E C_E \frac{dT_E}{dt} = kF(T_U - T_E) - \gamma_E C_E G(T_E - T_{EX}),$$

$$\frac{dT_{EX}^n}{dt} = \frac{T_E - T_{EX}^n}{\tau_s},$$

$$m_E C_E \frac{dT_{EX}}{dt} = \gamma_E C_E G(T_{EX}^n - T_{EX}) - W_{IT},$$

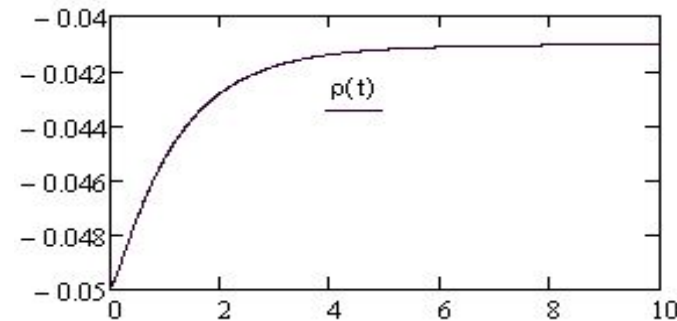
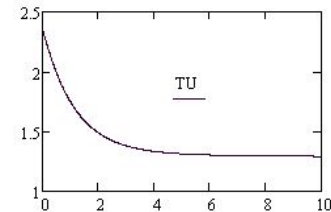
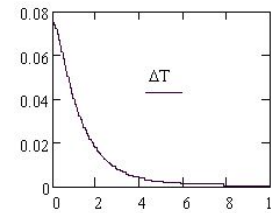
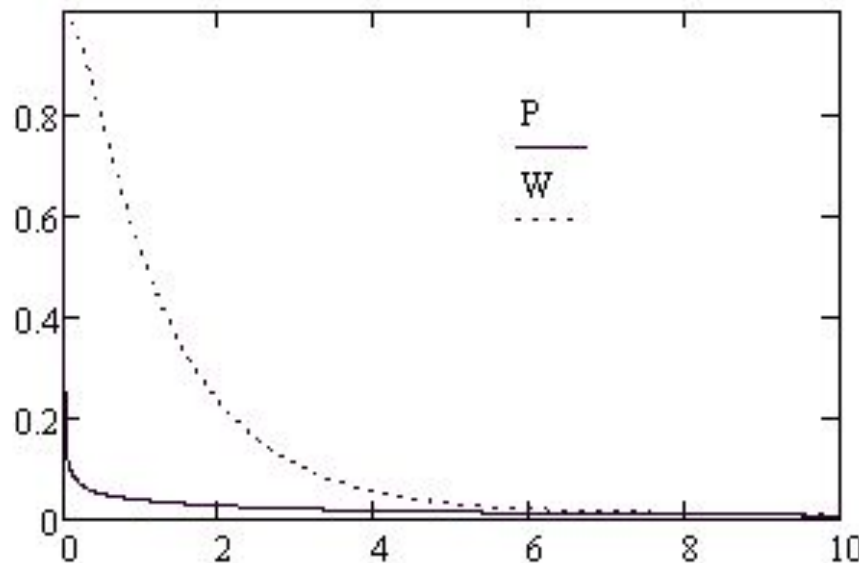
$$\rho = \delta\rho(t) + \alpha_1(T_U - T_U(0)) + \alpha_2(T_E - T_E(0)).$$



# ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

## Компьютерное моделирование кинетики реактора

Математические модели охватывают кинетику холодного и горячего реактора, позволяют проанализировать роль запаздывающих нейтронов, влияние температуры топлива и теплоносителя на характер переходных процессов, процессы выгорания топлива, отравления реактора ксеноном и самарием, а также ксеноновые колебания.



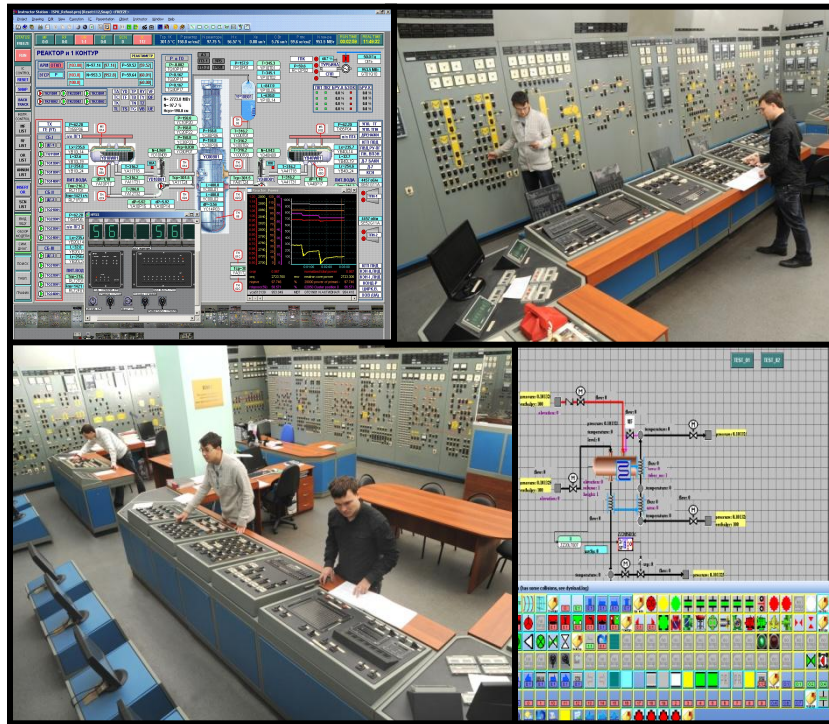






## ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

### Симуляция реакторных физических экспериментов на тренажере-имитаторе



Функционально-аналитический тренажер (ФАТ) и полномасштабный тренажер (ПМТ) энергоблока АЭС с реактором ВВЭР-1000 (В-320):

- представляют собой комплексные всережимные математические модели энергоблока, функционирующие в реальном масштабе времени
- дают возможность обучаемому выполнять такие же действия, как оператор на БЦУ энергоблока-прототипа
- позволяют систематизировать знания из разных дисциплин в ходе практической деятельности

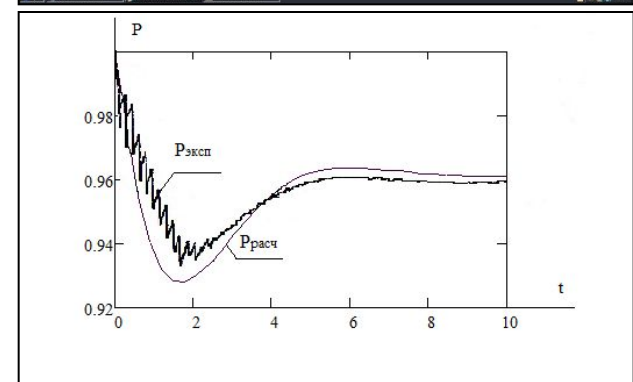
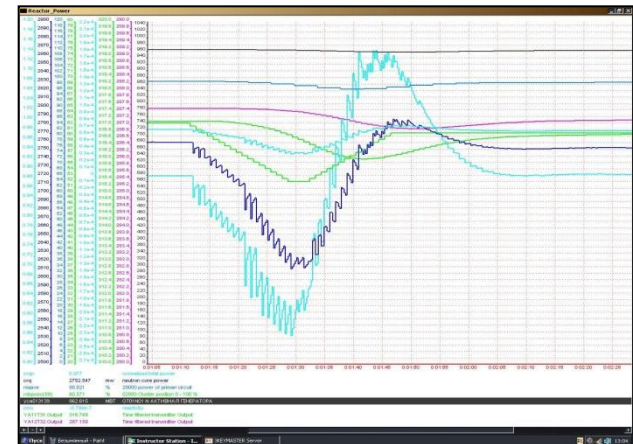


## ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

### Симуляция реакторных физических экспериментов на тренажере-имитаторе

В основу разработки комплекса симуляции реакторных физических экспериментов положены существующие руководящие документы (РД), адаптированные нами для имитаторов.

Экспериментально найденные характеристики (коэффициенты и эффекты реактивности, дифференциальные и интегральные характеристики поглотителей и пр.) далее используются при математическом моделировании различных переходных процессов, расчетные характеристики которых сравнивается с результатами соответствующих экспериментов на имитаторе.







# ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

## Симуляция на тренажере-имитаторе операций пуска и останова энергоблока

Раздел разработан на основе типовой пошаговой программы пуска-останова с учетом базового перечня операций по пуску-останову, порядка и последовательности их выполнения для энергоблока АЭС ВВЭР-1000.

**Лабораторная работа №1. Снижение мощности до 500 МВт ТГ**

**Цели работы:**

- знать порядок мероприятий по снижению мощности в требуемых пределах, включая необходимые эксплуатационные действия и подготавливать контрольно-технологические параметры (отключение КЭН, отключение ПВД, управление положением регулирующей группой ОР СУЗ, порционный ввод бора);
- знать соответствующие выполняемым операциям органы управления и контроля, их расположение на панелях и пультах, а также принципы работы с ними;
- уметь самостоятельно выполнять указанные в ходе работы операции.

**Начальные условия:** определяются конечным состоянием модели энергоблока по итогам лабораторной работы №1, зафиксированным последним сохранением. Начальные условия должны быть занесены в отчет до начала выполнения операции.

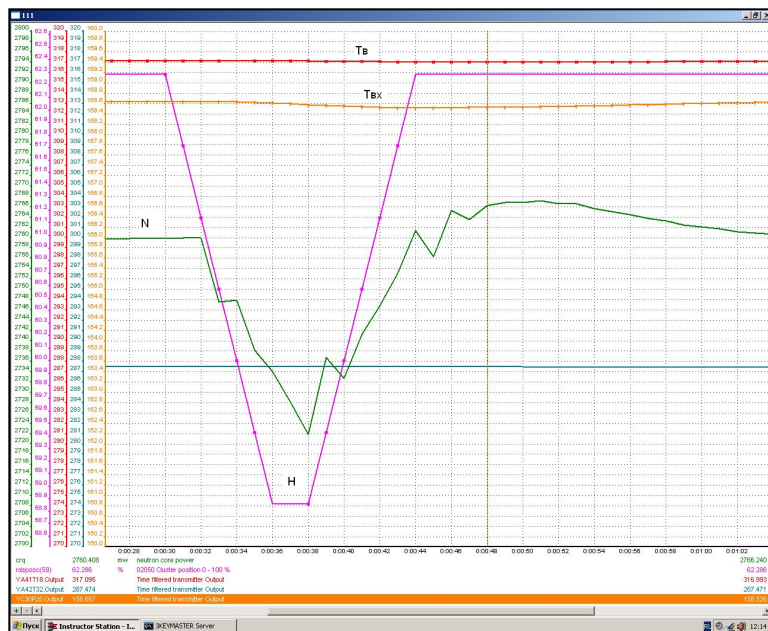
**Ход работы**

Таблица 2. Ход лабораторной работы №2

| Действия обучаемых  | Панель управления    | Средства управления и контроля            |
|---|----------------------|---|
| 1. После снижения нагрузки ТГ до 700 МВт и отключения четвертой реакторной КЭН-II, ослабить параметры энергоблока и переключить АРМ в режим "Н". УФСР переключит в режим "П". | НУ23                 | КМ64М01                                   |
| НУ25  | АРМ                  |   |
| 2. Проверить отключение ПВД, АЭС - отключить (проверить отключение) задвижек КЭН21.22831 (спереди бора КЭН1 на коммутаторе) и КЭН11.22805, -закрыть задвижку КЭН11.22801 и    | НУ36<br>НУ36<br>НУ36 | КЭН21.22831<br>КЭН11.22805<br>КЭН11.22801 |

*Продолжение табл. 2*

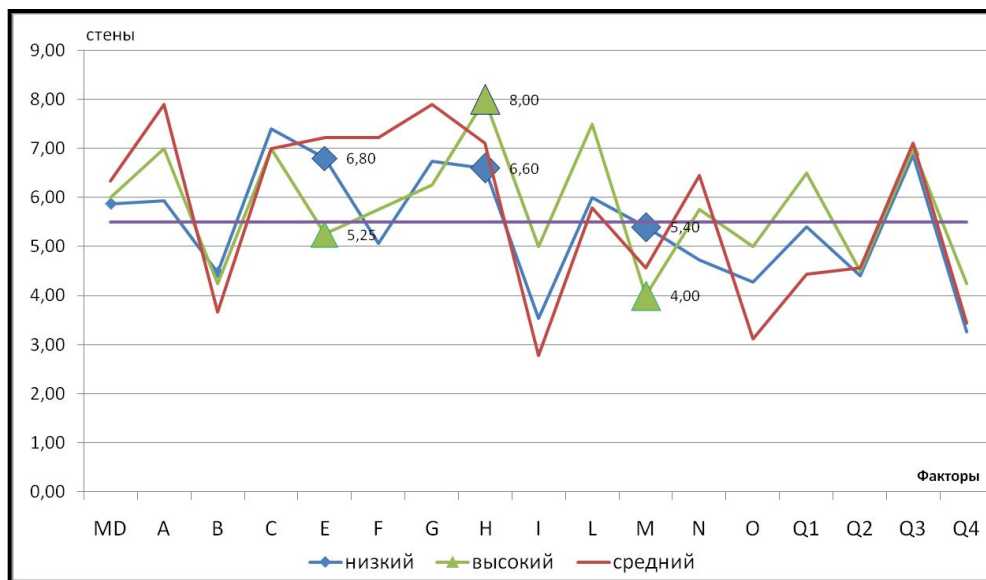
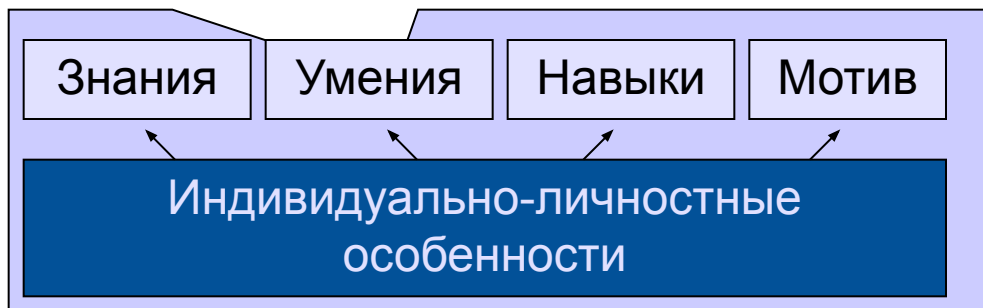
| Действия обучаемых   | Панель управления | Средства управления и контроля |
|--|-------------------|--------------------------------|
| поставить в автоматический режим КЭН11.22811,  | НУ36              | КЭН11.22811                    |
| -проверить закрытие задвижек КЭН11.22802;  | НУ36              | КЭН11.22802                    |
| -проверить открытие РК КЭН21.22811;  | НУ30              | КЭН21.22811                    |
| -проверить закрытие РК КЭН21.22805;  | НУ36              | КЭН21.22805                    |
| -отключить ПВД по спуту закрытием шаровых задвижек,  | НУ36<br>НУ27      | КЭН11.22801<br>RD20803         |
| -проверить закрытие КЭН11.22801  | НУ36              | КЭН11.22801                    |
| КЭН11.22811.   | НУ36              | КЭН11.22811                    |
| Дальнее спар в ПВД и температура питательной воды после ПВД начисают снижаться.  | УФС (сп.)         | RD00M1.M2                      |
| Проверить работу в «автомате» КЛ71-74 СУ2.   | НУ65              | КЛ71-74 СУ2                    |
| При снижении мощности до 70% регуляторы пропускной способности ТЭН начнут поддерживать постоянный перепад давления между коллекторами питательной воды и ТПН около 10 кгс/см <sup>2</sup> , при этом ТЭН начнут вращаться и основные регуляторы системы III начнут привлекаться. | НУ52              | СВРК                           |
| Энергетическая нагрузка энергоблока снижается на (20-40) МВт.  | УФС (сп.)         | КЛ00M1.M2                      |
| Закрыть (проверить закрытие) задвижек КТ61801 и ШН1801.02 (прямки отбора на корпус ПВД).   | НУ25              | GT01N01                        |
| Открыть байпас ПВД по питательной воде КЛ.61.62805 коэффициентом КЛ.61801 и КЛ.61801.  | НУ36              | КЛ.61.62805                    |
| Проверить закрытие КЛ.61.62801.04  | НУ36              | КЛ.61.62801                    |
| 1. После стабилизации параметров перейти АРМ в режим "Н". УФСР переключит в режим "П". Продолжить снижать мощность ТГ до 500 МВт;  | НУ36              | КЛ.61.62804                    |





# ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

## КОМПЕТЕНЦИЯ



Индивидуально - личностные особенности обучаемого влияют на скорость и эффективность формирования компетенции. Их исследование реализуется с помощью полномасштабного тренажера

У студентов с разным уровнем успешности выполнения задач тренажерной подготовки выявляются различия, анализ которых дает возможность корректировать методический аспект обучения



## ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

### ВЫВОДЫ

Интенсивное развитие и продление сроков эксплуатации объектов атомной энергетики, проблема обеспечения безопасности этих объектов определяют всевозрастающую потребность в высококвалифицированном персонале. Вузы должны удовлетворять потребности отрасли в выпускниках и в уровне их подготовки.

Оптимизация вузовской подготовки будущего оперативного персонала, предполагающая сокращение сроков их адаптации на производстве возможна за счет внедрения компьютерного моделирования и тренажеров-имитаторов в рамках комплексов обучающих программ.



## ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

# СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

153003, г. Иваново, ул. Рабфаковская, д. 34, кафедра АЭС  
тел.(4932) 26-97-18

[maria\\_volman@mail.ru](mailto:maria_volman@mail.ru)