



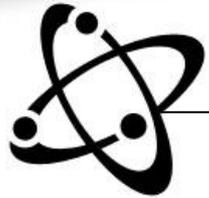
**Ивановский государственный энергетический
университет имени В.И. Ленина**

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





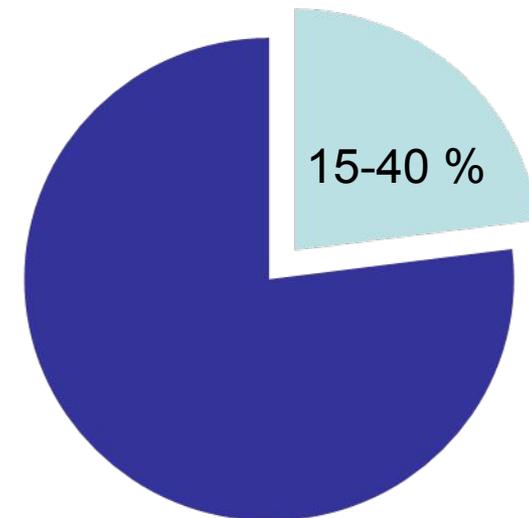
ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

АКТУАЛЬНОСТЬ И ЦЕЛЬ РАБОТЫ

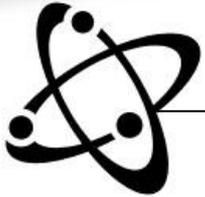
Прогнозируемые темпы развития ядерной энергетики нашей страны требуют опережающего роста кадрового наполнения.

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



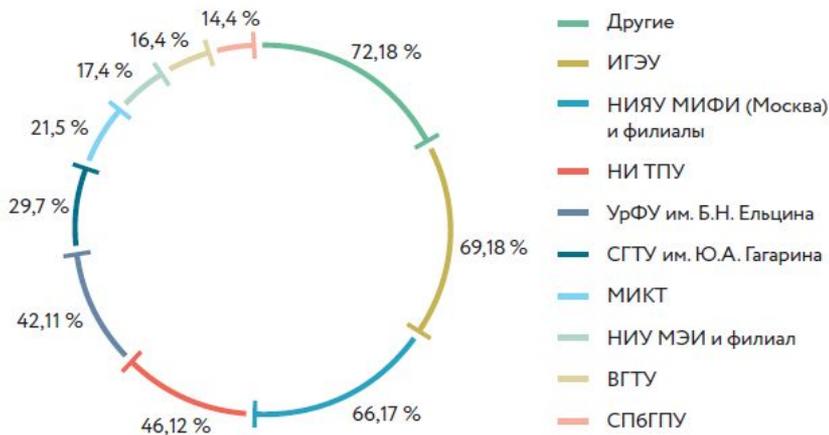
Доля аварий на АЭС, произошедших по вине операторов по разным оценкам составляет от 15 до 40 %



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

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

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

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

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

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

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

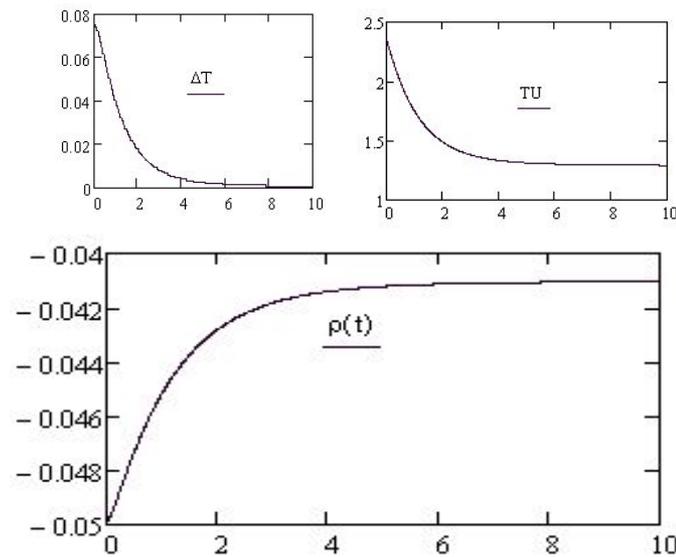
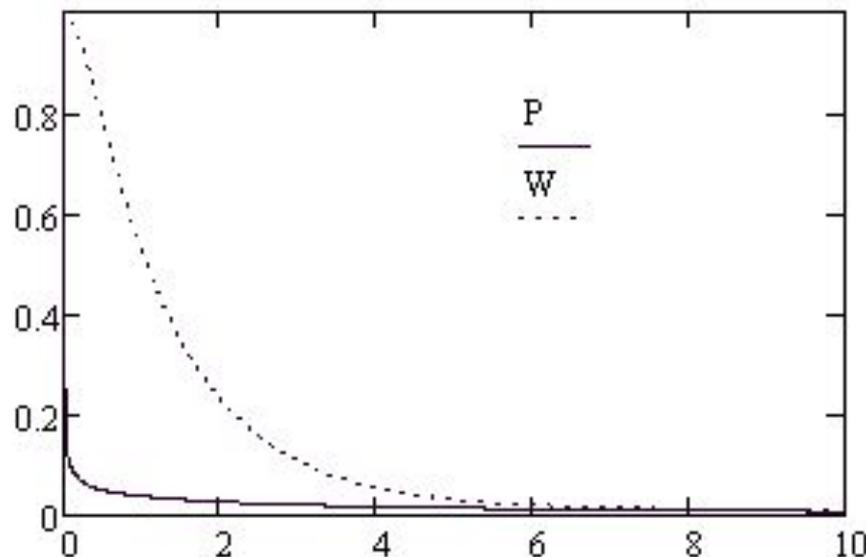
$$\rho = \delta\rho(t) + \alpha_1(T_U - T_U(0)) + \alpha_2(T_E - T_E(0)).$$

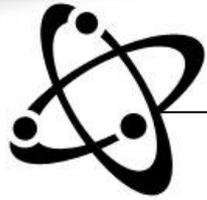


ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

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

Компьютерное моделирование кинетики реактора

Mathcad - [Глушение реактора с учетом падения стержней]

Файл Правка Вид Добавить Формат Инструменты Символика Окно Справка

Normal Arial 10 B I U 75%

Мой сайт Go

$$\begin{bmatrix} \left[\frac{\beta \rho \cdot (1 - \exp(-1.53 \cdot \text{tm} \cdot d))}{\tau} - \alpha_2 (y_7 - 1.66) - \alpha_1 (y_8 - 0.66) - \beta \right] y_0 + \sum_{i=0}^6 (VC_i \cdot y_i) \\ \frac{VE_1 \cdot y_0}{\tau} - VC_1 \cdot y_1 \\ \frac{VE_2 \cdot y_0}{\tau} - VC_2 \cdot y_2 \\ \frac{VE_3 \cdot y_0}{\tau} - VC_3 \cdot y_3 \\ \frac{VE_4 \cdot y_0}{\tau} - VC_4 \cdot y_4 \\ \frac{VE_5 \cdot y_0}{\tau} - VC_5 \cdot y_5 \\ \frac{VE_6 \cdot y_0}{\tau} - VC_6 \cdot y_6 \\ y_0 - (y_7 - y_8) \\ R1 \cdot y_7 - R2 \cdot y_8 + R3 \cdot T1 \end{bmatrix}$$

правые части диф. уравнений

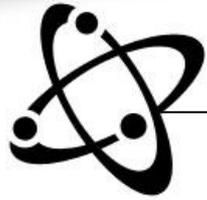
$$y_0 := \begin{bmatrix} 1 \\ \frac{VE_1}{\tau \cdot VC_1} \\ \frac{VE_2}{\tau \cdot VC_2} \\ \frac{VE_3}{\tau \cdot VC_3} \\ \frac{VE_4}{\tau \cdot VC_4} \\ \frac{VE_5}{\tau \cdot VC_5} \\ \frac{VE_6}{\tau \cdot VC_6} \\ 1.661 \\ 0.661 \end{bmatrix}$$

начальные условия

$$\frac{322 - 273 + T1}{T1} = 1.661$$

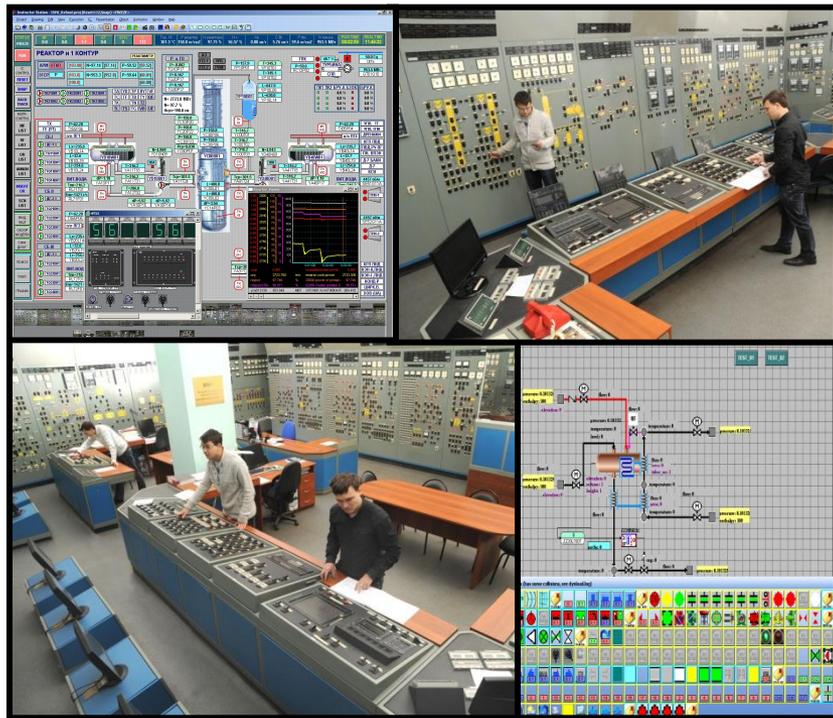
Нажмите F1 для справки. Авто Страница 1

Модель позволяет изучить широчайший спектр вопросов, связанных с процессами, происходящими в реакторе, наглядно показывает важнейшие параметры, влияющие на динамику реактора, что важно для понимания физики этих процессов



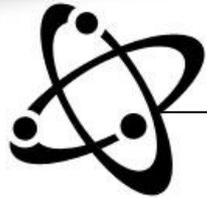
ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

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

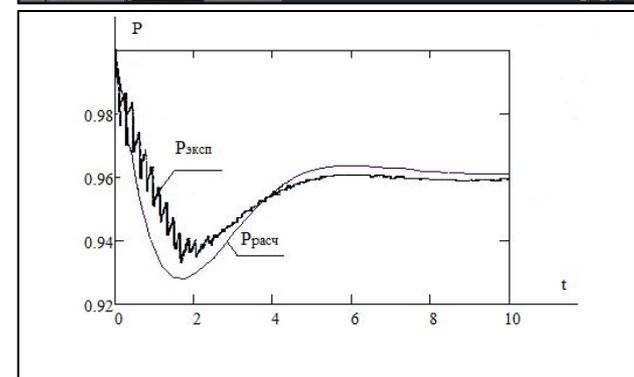
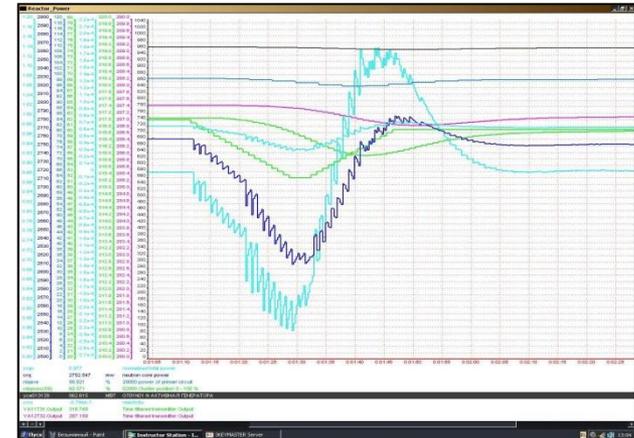


ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ

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

Цель работы:
 - знать порядок мероприятий по снижению мощности в требуемых пределах, включая необходимые эксплуатационные действия и подготавливая контрольно-технологические параметры (отключение КЭН, отключение ПВД, управление положением регулирующей группы ОП 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 операций.

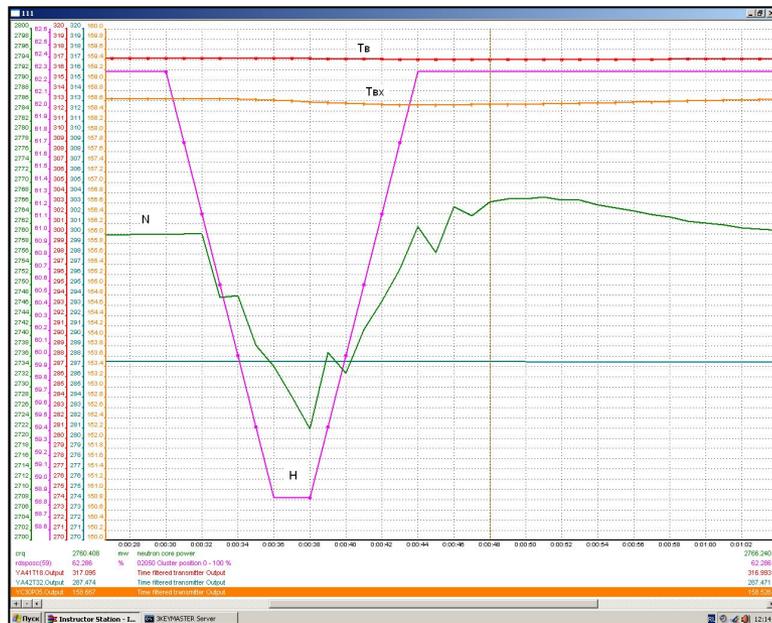
Ход работы

Таблица 2. Ход лабораторной работы №2

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

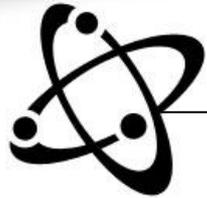
Продолжение табл. 2

Действия обучаемых	Панель управления	Органы управления и контроля
поставить в автоматический режим КЭН11.22811, -проверить закрытие задвижек КЭН11.22802, -проверить открытие РК КЭН21.22811, -проверить закрытие РК КЭН21.22803, -отключить ПВД по спуту закрытием шаровых задвижек, -проверить закрытие КЭН11.22801, КЭН11.22811, Давление пара в ПВД и температура питательной воды после ПВД начисают снижаться.	НУ36 НУ36 НУ30 НУ36 НУ36 НУ27 НУ36 НУ36	КЭН21.22811 КЭН11.22802 КЭН21.22811 КЭН21.22803 КЭН11.22801 КЭН11.22801 RD20803 КЭН11.22801 КЭН11.22811 RD00M1.M2
3. Проверить работу в «автомате» КЛ71-74 СУЗ. При снижении мощности до 70% регуляторы пропускной способности ТЭН начнут поддерживать постоянный перепад давления между коллектором питательной воды и ТПН около 10 кгс/см ² , при этом ТЭН начнут вращаться и основные регуляторы системы III начнут привлекаться.	НУ65 НУ52 УФС (с/к)	КЛ71-74 СУЗ СВРК КЛ00M1.M2
4. Энергетическая нагрузка энергоблока снижается на (20-40) МВт. Закрыть (проверить закрытие) задвижек КТ61801 и ШН1801.02 (прямки отборов на корпус ПВД).	НУ25 НУ30 НУ36	GT01N01 RT61801 SH1801.02
5. Открыть байпас ПВД по питательной воде КЛ.61.62805 соответствием КЛ.61801 и КЛ.61801.	НУ36 НУ36 НУ36	КЛ.61.62805 КЛ.61.62801 КЛ.61.62801
6. Проверить закрытие КЛ.61.62801.04. После отбиставления параметров переключить АРМ в режим "Н". УФСР переключить в режим "П". Продолжить снижать мощность ТГ до 500 МВт.	НУ36 НУ35	КЛ.61.62804

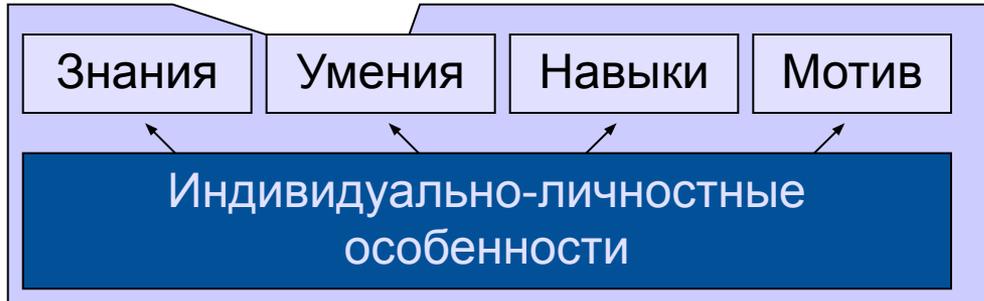




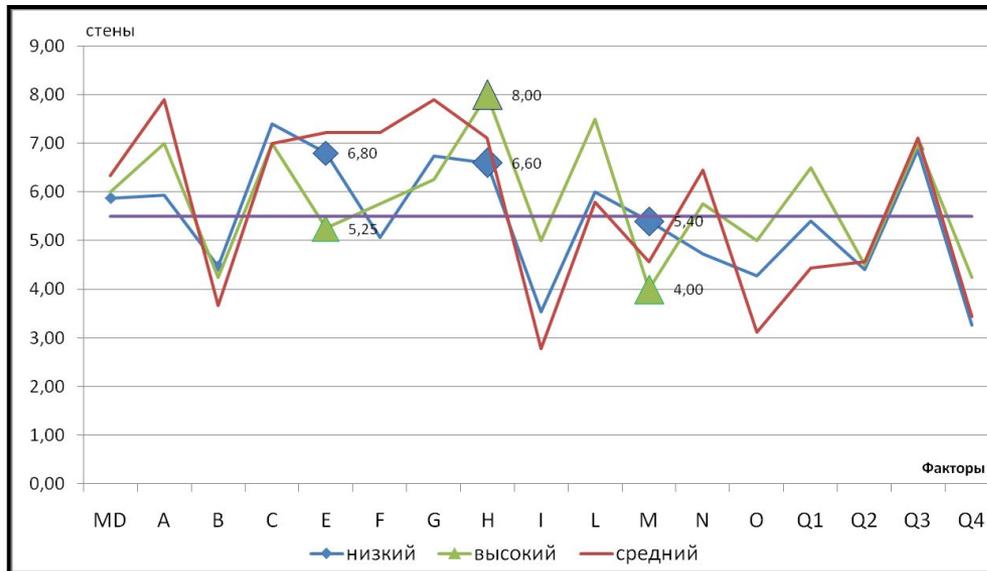
ОПТИМИЗАЦИЯ ВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА АЭС НА ОСНОВЕ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ТРЕНАЖЕРОВ-ИМИТАТОРОВ



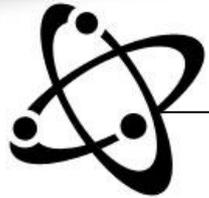
КОМПЕТЕНЦИЯ



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