



– объяснять на основе изомерных превращений явления саморегуляции, обратной связи в процессах метаболизма, поддержания гомеостаза; прогнозировать физико-химические свойства веществ на основе их строения, влияния атомов в молекулах; объяснять химические превращения веществ с точки зрения таких понятий, как качество жизни, взаимосвязи в окружающем мире, разнообразие соединений [2].

Рассмотренную сумму знаний и умений можно представить как компетенции, которые включают теоретические знания академической области, практическое, оперативное использование химических знаний при решении конкретных задач профессиональной направленности, а также ценностное отношение к окружающему миру в социальном контексте.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрясова, Е.П. Интегрированный подход – основа содержания экологического образования / Е.П. Митрясова // Методика преподавания химических и экологических дисциплин: сборник научных статей Международной научно-методической конференции; Брест, 14–15 ноября 2013 г. / БрГТУ, БрГУ им. А.С. Пушкина; редкол.: А.А. Волчек [и др.] – Брест: БрГТУ, 2013. – С. 264–267.
2. Митрясова, О.П. Вивчення світоглядних питань – у практику навчання хімії студентів-екологів / О.П. Митрясова // Проблеми освіти: наук.-метод. зб. – Вип. 67. – Київ: Інститут інноваційних технологій і змісту освіти, 2011. – С. 50–54.

УДК 621.039.001.5

**Э.А. Михалычева, А.Г. Трифонов, Л.В. Новаш**

*Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь*

#### **ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ НА ТРЕНАЖЕРЕ ОПЕРАТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ АЭС**

Для подготовки специалистов в области управления АЭС, экологов и сотрудников МЧС для проведения противоаварийных мероприятий по защите людей и окружающей среды от вредного воздействия радиоактивных выбросов атомной станции в ГНУ «ОИЭЯИ-Сосны» НАН Беларуси на тренажере оперативного моделирования аварийных ситуаций (ТОМАС-1) проводится обучение навыкам правильной оценки иницирующих событий аварий и аварийных ситуаций, а также мер по предотвращению развития аварий или смягчению их последствий.

При возникновении отказов и инцидентов задача обеспечения безопасности АЭС состоит в предотвращении их перерастания в проектные аварии за счет следования соответствующим инструкциям и контроля параметров, важных для безопасности. При возникновении запроектных аварий задачей является сведение к минимуму воздействия радиации на персонал, население и окружающую среду за счет ввода в действие планов мероприятий по защите персонала и населения.

Главными задачами управления аварийными ситуациями являются:

- предотвращение повреждения активной зоны реактора;
- предотвращение проплавления корпуса реактора;
- предотвращение отказа контейнмента (защитной оболочки АЭС);
- снижение радиоактивных выбросов в окружающую среду.

Программное и аппаратное обеспечение тренажера Томас-1 обеспечивает моделирование работы энергоблока в нормальных режимах, режимах с нарушениями нормальных условий и в аварийных режимах в реальном времени.



По результатам анализа результатов моделирования студент должен ответить на следующие вопросы:

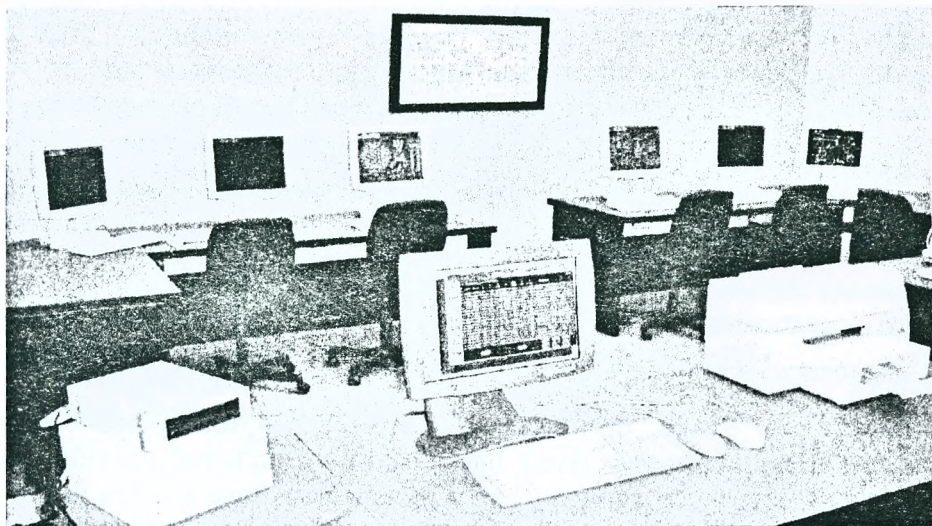
- какие меры предусмотрены по управлению аварией;
- не нарушаются ли установленные пределы для проектной аварии;
- превышает ли установленные нормативные значения радиационное воздействие на персонал, население, окружающую среду при заданной аварии.

Тренажер может работать как в автоматическом режиме, так и в «ручном», когда инструктор принудительно задает условия аварийных ситуаций, при которых студенты должны «вручную» подключить необходимые системы безопасности для предотвращения развития аварии или смягчения ее последствий.

В состав аналитического тренажера входят следующие структурные единицы:

- моделирующий компьютер (сервер) – предназначен для функционирования модели процессов (моделей технологических систем энергоблока) и обеспечения сервисов инструкторской станции – рабочее место инструктора;
- компьютеры рабочих мест операторов;
- сетевое оборудование (HUB) служит для объединения всех рабочих мест в единое сетевое пространство;
- система бесперебойного питания (UPS) предназначена для энергоснабжения компьютерного оборудования АТ в случае отключения от внешнего электропитания или его потери.

На рисунке 1 представлена конфигурация оборудования аналитического тренажера.



*Рисунок 1 – Конфигурация оборудования аналитического тренажера*

Система тренажера обеспечивает разделение полномочий в зависимости от его задач в процессе подготовки следующим образом: руководитель обучения, инструктор, обучаемый.

При проведении тестирования возможно использование различных типов вопросов. Тестовые вопросы являются взвешенными, как и опции вариантов ответа, что позволяет оценить и частично правильные ответы, а не только по принципу «верно/неверно». Проверки знаний назначаются автоматически системой в соответствии с системными настройками, но могут быть назначены и внепланово, например при переэкзаменовке.

В процессе выполнения лабораторных работ по анализу возникновения иницирующего события аварии, протекания аварийного процесса и конечного состояния энергоблока все ситуации нарушений нормальной эксплуатации и аварий рассматриваются в виде выполнения следующих задач:

- указать параметры конечного состояния активной зоны реактора ВВЭР-1000 при проектной аварии в случаях, когда срабатывает аварийная защита реактора;



- показать динамику изменения основных параметров реакторной установки;
- доказать, что эффективность аварийной защиты, а также количество и производительность систем безопасности достаточны для надежного заглушения реактора, охлаждения его активной зоны и ликвидации проектной аварии.

В результате моделирования аварийных ситуаций по полученным графикам зависимости от времени таких параметров, как давление, температура студенты должны проанализировать ход протекания аварийной последовательности, время подключения в работу систем безопасности и изменение в связи с этим параметров, описывающих активную зону реактора и отвод остаточных тепловыделений. По результатам моделирования должны быть получены временные зависимости таких величин, как давление над активной зоной реактора (АЗ); тепловая мощность реакторной установки (РУ); уровень теплоносителя в компенсаторе давления; максимальная температура оболочки тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ).

На рисунке 2 представлены результаты моделирования изменения давления теплоносителя над активной зоной реактора для течей различного диаметра.

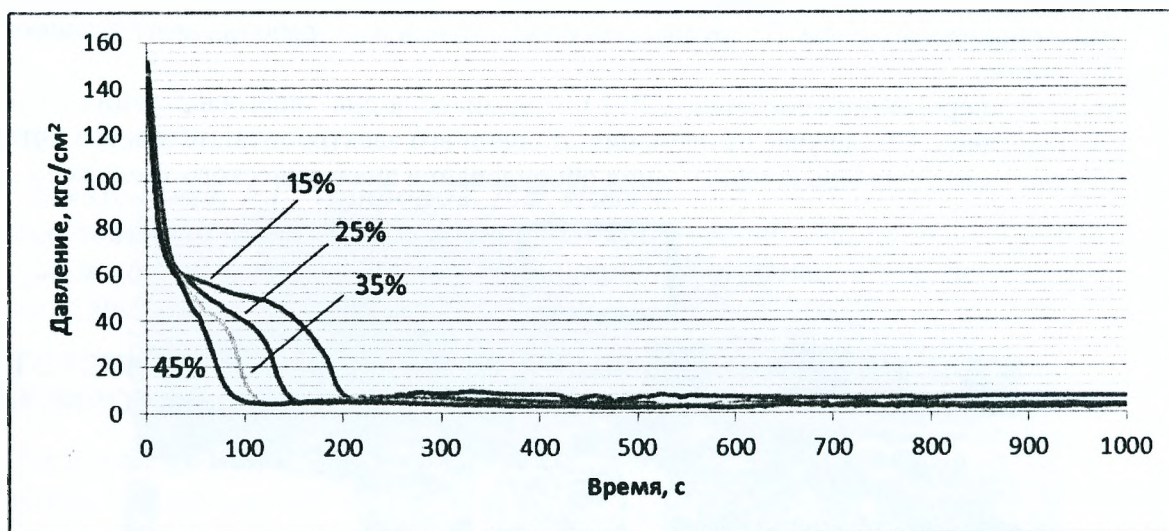


Рисунок 2 – Зависимость давления над АЗ от времени для течей в 15, 25, 35 и 45 %

Из графиков видно, что в течение первых 10-20 секунд происходит значительное снижение давления теплоносителя, затем происходит замедление падения давления из-за уменьшения скорости истечения теплоносителя и начала работы систем безопасности (СБ). При дальнейшем развитии аварии давление устанавливается на определенном остаточном уровне и поддерживается подачей воды СБ и наличием пароводяной смеси в главном циркуляционном контуре (ГЦК). При сравнении изменения давлений для различных величин течей видно, что при течи в 15% давление остается, примерно, в два раза выше, чем при больших течах.

На рис. 3 приведены результаты моделирования зависимости максимальной температуры тепловыделяющих элементов (ТВЭЛ) от времени для течей различного диаметра.

По данным графиков можно судить, что температура ТВЭЛов не превышает допустимых показателей и не доходит до температуры начала пароциркониевой реакции (1200°C). При этом максимальное значение достигается в первые секунды аварии, после чего за счет уменьшения энерговыделения до остаточного уровня и подачи борного раствора в АЗ системами безопасности температура снижается, примерно, с 620°C до 425°C. Для больших течей охлаждение происходит быстрее, т.к. большее количество теплоносителя с номинальными температурами истекает из ГЦК и его место занимает более холодный борный раствор.

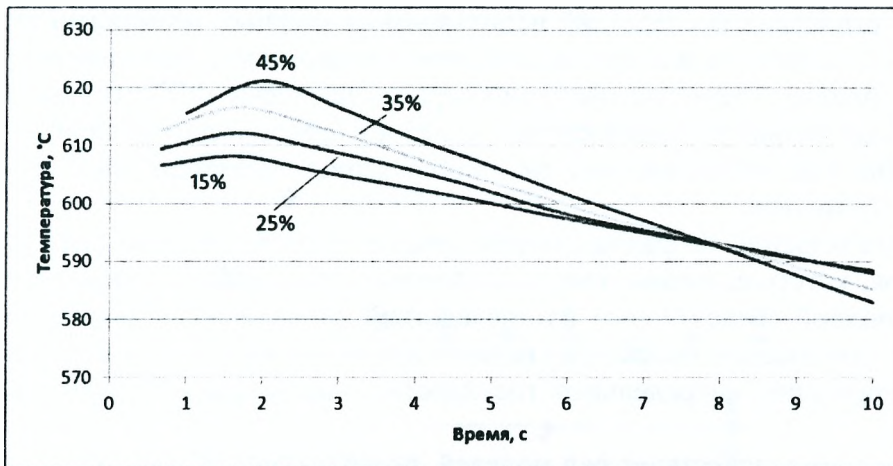


Рисунок 3 – Зависимость максимальной температуры ТВЭЛ от времени для течи в 15, 25, 35 и 45 %

Полученные зависимости позволяют сделать вывод о том, что при течах заданной величины СБ справляются со своими функциями и наблюдается надежное охлаждение АЗ, что не приводит к ее повреждению и позволяет и дальше эксплуатировать энергоблок после ремонтных работ.

Аналитический тренажер АЭС ТОМАС-1 играет важную роль в изучении протекания процессов на АЭС, приобретении базовых знаний и навыков, поддержании уровня приобретенных знаний, связанных с определением уровня радиационного воздействия ЯЭУ на персонал, население и окружающую среду при нормальной эксплуатации, а также реакции установки на различные аварийные ситуации.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Острейковский, В.А. Безопасность атомных станций. Вероятностный анализ / В.А. Острейковский, Ю.В. Швыряев – М.: Физматлит, 2008. – 187 с.
2. Любарский, А.В. Вероятностный анализ безопасности АС уровня 1: учебное пособие для повышения квалификации специалистов по надзору за ядерной и радиационной безопасностью. – Труды НТЦ ЯРБ. / А.В. Любарский, Д.Е. Носков, Г.И. Самохин – М.: НТЦ ЯРБ. 2010. – Вып. 10. – 167 с.
3. Бахметьев, А.М. Основы безопасности ядерных энергетических установок : учебное пособие для студентов специальностей 140404, 140305, 140101 / А. М. Бахметьев ; под ред. С. М. Дмитриева ; Федеральное агентство по образованию, Гос. образовательное учреждение высш. проф. образования Нижегородский гос. технический ун-т. – Нижний Новгород: Нижегородский гос. технический ун-т, 2006. – 174 с.
4. Дементьев, Б.А. Ядерные энергетические реакторы: учебник для вузов / Б.А. Дементьев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 352 с.

УДК 621.039.001.5

**В.И. Орловская, Э.А. Михалычева, А.Г. Трифонов**

Государственное научное учреждение «Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны» Национальной академии наук Беларуси,  
г. Минск, Республика Беларусь

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА «МОДЕЛИРОВАНИЕ МИГРАЦИИ РАДИОНУКЛИДОВ В РЕЧНЫХ СИСТЕМАХ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ БЕЛОРУССКОЙ АЭС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ» В ОБРАЗОВАНИИ СТУДЕНТОВ-ЭКОЛОГОВ

Образование студентов-экологов, выпускаемых для работы на объектах ядерной энергетики, должно включать обучение современным методам моделирования аварийных ситуаций на таких объектах, а также путей и последствий распространения радиоактивных загрязнений.