

Опыт создания инженерных трехмерных моделей энергоблока АЭС для решения прикладных задач по эксплуатации

Продолжаем публикацию статьи экспертов компании "НЕОЛАНТ", посвященной применению трехмерных инженерных моделей для решения задач эксплуатации и обеспечения безопасности объектов атомной энергетики.

Информационная поддержка задач материаловедения

Для безопасной эксплуатации энергоблока АЭС важной информацией являются достоверные данные о состоянии металла, сварных швов и наплавленного металла у резервуаров, коллекторов, трубопроводов и другого оборудования, работающего под давлением. Объем контролируемых сварных соединений на энергоблоке АЭС достигает десяти тысяч учетных единиц и более. Для АЭС разработаны нормативные требования по эксплуатационному неразрушающему контролю разнообразными методами. Применение ИБД 3D АЭС и трехмерных инженерных моделей в ее составе позволяет осуществлять эффективное хранение, систематизацию, обработку, анализ и визуализацию результатов неразрушающего контроля металла оборудования и трубопроводов АЭС.

Основные задачи ИБД 3D АЭС в данном направлении:

- формирование единого информационного пространства АЭС и внешних организаций по результатам контроля сварных соединений, основного и наплавленного металла с целью дальнейшего проведения анализа причин зарождения дефектов и разработки коррек-

тирующих мероприятий по повышению надежности оборудования и трубопроводов;

- накопление и систематизация данных;
- автоматизация процесса формирования рабочих программ контроля;
- информационная поддержка лаборатории металлов в период планирования и проведения работ;
- генерация отчетной документации;
- оперативное предоставление информации по результатам проведенного контроля сварных соединений, основного и наплавленного металла с возможностью анализа информации и ее фильтрации по интересующему признаку;

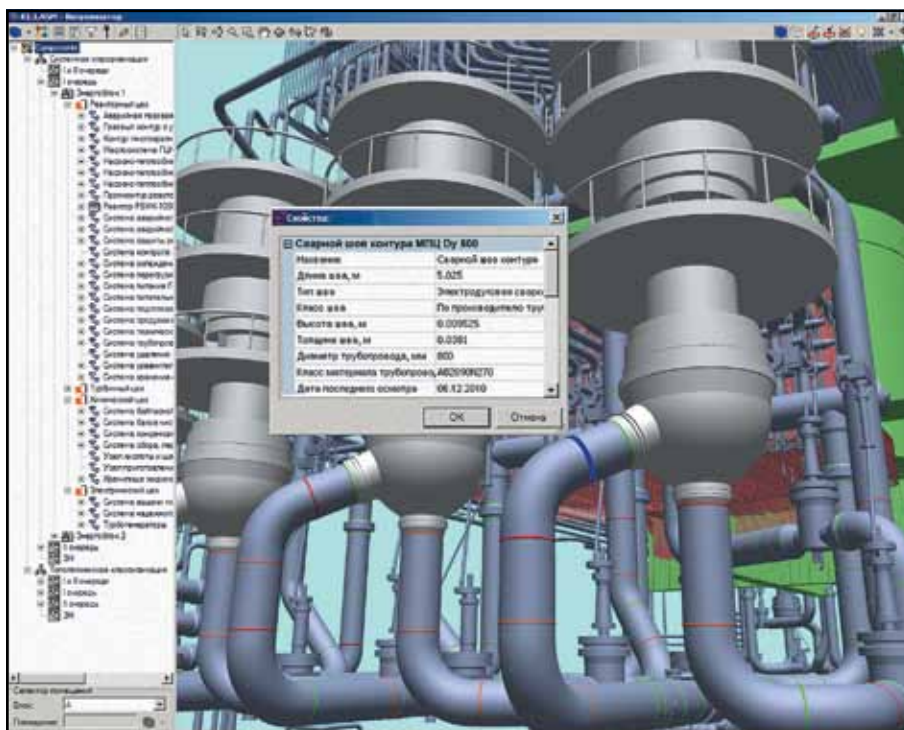


Рис. 12. Отображение атрибутивной информации по сварному шву трубопровода на трехмерной инженерной модели

- визуальное представление на трехмерных моделях состояния сварных соединений на основе задаваемых пользователем поисковых критериев, обеспечение визуального доступа к информации по сварным соединениям (рис. 12);

Окончание. Начало в REM № 1, 2012

- ▶ автоматизация переноса информации из устройств контроля.

Информационная поддержка задач эксплуатации кабельного хозяйства

Проблематика контроля состояния кабельного хозяйства заключается в поиске, идентификации и получении информации о выбранном кабеле или проходке.

В кабельном лотке по полке эстакады совместно проложены десятки кабелей различной функциональности. Определение по ходу трассы принадлежности кабеля к определенной позиции в кабельном журнале является сложной и трудоемкой задачей без наличия развитой системы маркировки и трассировки кабелей.

Использование при поиске приборов-тестеров по ходу трассы и на клеммных коробках не всегда дает быстрый результат. Трудоемкость поиска требуемого кабеля в пучке иногда становится причиной отказа эксплуатационного персонала в демонтаже вышедшего из работы кабеля, что приводит к накоплению неработающих кабелей, постепенному переполнению внутрилоточного пространства. Повышается пожарная нагрузка существующей кабельной трассы, возникает потребность в прокладке новых коробов или лотков.

Межстенные и межэтажные проходы кабельных трасс обладают аналогичной тенденцией: иногда легче проделать новый проход в стене, чем удалить из существующего прохода старый ненужный кабель и взамен проложить новый. Помимо увеличения пожарной нагрузки и создания новых проходов существует проблема герметизации прохода, его освидетельствования и обслуживания в процессе эксплуатации. Прокладка новых, рядом пролегающих кабелей может нарушить герметизацию межстенных проходов, что снижает противопожарную безопасность проходки.

Маркировка кабелей и кабельных проходок для их идентификации, автоматизированное считывание штрих-кодовой метки с помощью ТСД или ППК по месту, а также отображение трассировки кабелей на трехмерной инженерной модели снижает трудоемкость обслуживания кабелей и кабельных проходок. Автоматизированная идентификация кабелей и кабельных проходок совместно с ИБД 3D АЭС обеспечит:

- ▶ оперативный доступ к информации о кабельных трассах, кабелях и проходках (проектной документации, данным);

- ▶ удаление с трассы вышедших из применения кабелей;
- ▶ контроль над совместной прокладкой кабелей с разной функциональной принадлежностью;
- ▶ визуализацию трассировки кабельных трасс и отдельных кабелей;
- ▶ учет и планирование освидетельствования проходок;
- ▶ визуализацию результатов осмотров кабелей и проходок;
- ▶ автоматизацию расчета пожарной нагрузки по кабельной трассе.

Информационная поддержка эксплуатации систем вентиляции

Системы вентиляции энергоблока АЭС обеспечивают допустимые климатические условия для работы персонала при различных режимах работы АЭС, предотвращают загрязнение воздушной среды помещений и атмосферного воздуха радиоактивными веществами, поддерживают оптимальные условия работы технологического оборудования. Применяются приточно-вытяжные, общеобменные и технологические системы вентиляции с механическим побуждением.

Разветвленность воздухопроводов систем вентиляции на АЭС весьма значительна (рис. 13). Это, наряду с важностью данных систем для безопасности, определяет эффективность применения ИБД 3D АЭС и трехмерной инженерной модели энергоблока АЭС в интеграции с системой автоматизированной идентификации элементов вентиляции (оборудования, воздухопроводов и т.д.), а также со штатными автоматизированными системами управления вентиляцией.

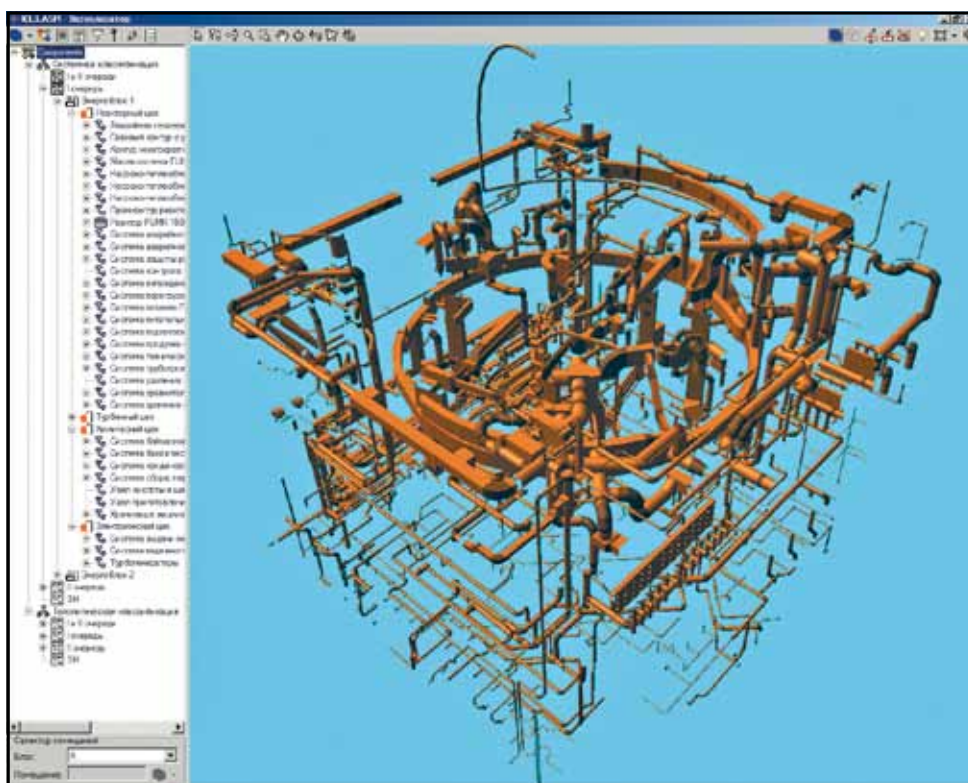


Рис. 13. Отображение компоновки воздухопроводов энергоблока АЭС

Применение подобных технологий при эксплуатации систем вентиляции АЭС обеспечит:

- ▶ оперативный доступ к информации об элементах систем вентиляции (документации, данным);
- ▶ отображение мест размещения оборудования систем вентиляции (фильтров, запорных устройств, вентиляторов и т.д.);
- ▶ отображение трассировок воздуховодов в помещениях, на отметках и шахтах энергоблока АЭС;
- ▶ предварительную подготовку ТОиР систем вентиляции за счет точного знания трассировок, компоновок и габаритных размеров систем вентиляции;
- ▶ визуализацию включения/отключения элементов систем вентиляции;
- ▶ контроль проведения регламентных осмотров/обходов систем вентиляции. Визуализацию состояния элементов систем вентиляции по результатам осмотров персонала;
- ▶ проведение необходимых инженерных расчетов.

Информационная поддержка эксплуатации КИПиА

КИПиА на АЭС характеризуются значительным количеством и пространственной распределенностью по помещениям и оборудованию АЭС. Несмотря на появление в последнее время поколения КИПиА, которое поддерживает дистанционное определение статуса прибора, автоматическое диагностирование причины его неисправности, а в ряде случаев позволяет дистанционно калибровать и диагностировать прибор, на действующих энергоблоках АЭС пока еще во множестве используются оконечные устройства КИПиА, которые требуют периодического обслуживания и контроля со стороны специалистов цеха тепловой автоматики и измерений (ТАИ).

В таких условиях достаточно эффективным представляется применение ИБД 3D АЭС совместно с технологией автоматизированной идентификации для контроля выполнения и визуализации плана/факта выполнения мероприятий по обслуживанию, а также для хранения и отображения информации по системам и оборудованию КИПиА.

Данная технология обеспечивает:

- ▶ создание интерактивных двумерных схем систем КИПиА;
- ▶ ввод схем, данных по составу и атрибутивным характеристикам оборудования КИПиА, отображенного на схемах, в состав ИБД 3D АЭС;
- ▶ отображение оборудования КИПиА на трехмерной инженерной модели энергоблока АЭС;

- ▶ маркировку оборудования КИПиА штрих-кодowymi/радиочастотными метками;
- ▶ применение ТСД или ППК для считывания меток, идентификации оборудования КИПиА, получения и ввода информации;
- ▶ визуализацию показаний КИПиА, а также плана/факта выполнения обслуживания КИПиА на трехмерной инженерной модели энергоблока АЭС.

Информационные щиты отображения комплексного состояния энергоблока АЭС

Благодаря накопленной информации и широким возможностям ее визуализации на трехмерных инженерных моделях ИБД 3D АЭС может обеспечить реализацию идеологии “визуальных щитов состояния” энергоблока АЭС по различным направлениям (радиационная безопасность, пожарная безопасность, техническая безопасность и др.) как непосредственно для специалистов АЭС, так и для технического руководства ОАО “Концерн Росэнергоатом”.

Для реализации таких щитов используется трехмерная инженерная модель АЭС, на которой заданными цветами (как правило, должна применяться светофорная раскраска: красный (опасность), желтый (неисправность/неизвестность), зеленый (норма)) должны визуализироваться данные ИБД 3D АЭС по соответствующим направлениям (рис. 14).

Так как ИБД 3D АЭС может содержать не только текущую, но и ретроспективную информацию, с по-

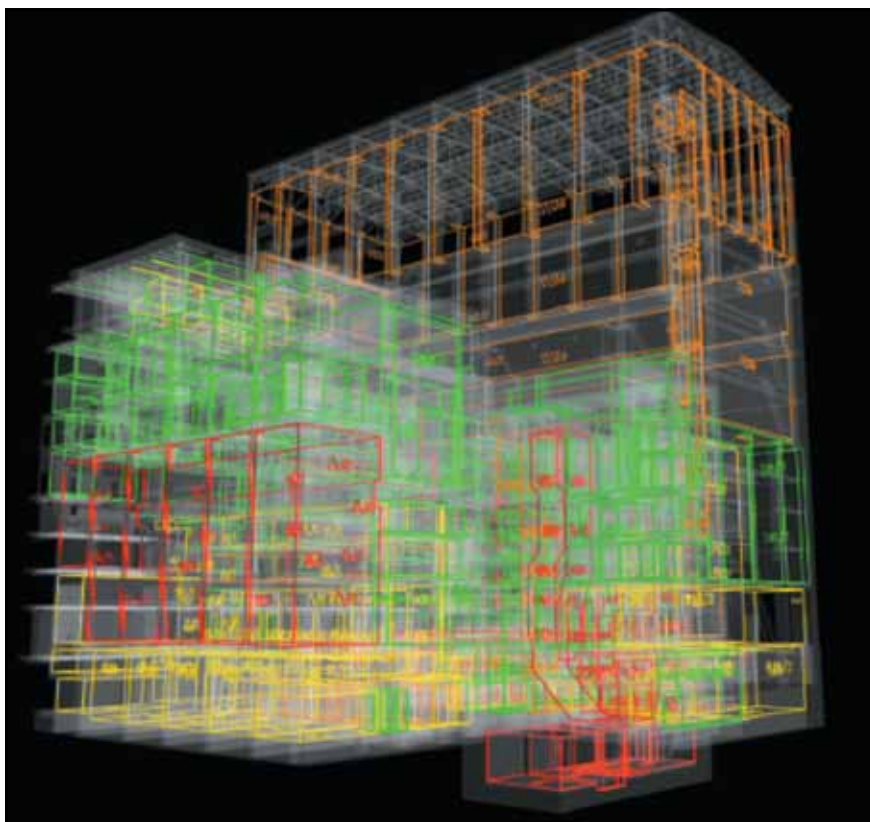


Рис. 14. Пример визуального щита состояния по радиационной обстановке в помещениях энергоблока АЭС

мощью щитов состояний можно оценивать динамику изменений характеристик во времени. Наложение данных нескольких щитов состояний на трехмерную модель позволит выявлять взаимное влияние различных процессов и характеристик, определять неявные закономерности.

Визуальные щиты состояния верхнего уровня должны позволять оперативно и интегрально оценить состояние энергоблока АЭС по выбранному направлению в целом, не вдаваясь в излишнюю детализацию. Например, для щита по направлению "радиационная безопасность" возможно расцветчивать контуры помещений, как показано на рис. 14. Для щита по направлению "пожарная безопасность" возможно расцветчивать контуры помещений или даже более укрупненно контуры противопожарных отсеков/зон энергоблока АЭС, интегрально отображая достоверную информацию о состоянии и готовности пассивного и активного противопожарного оборудования и систем. Для щита по направлению "техническая безопасность" возможно интегрально расцветчивать трехмерные модели технологических и инженерных систем, агрегируя информацию ИБД 3D АЭС по результатам контроля состояния оборудования, трубопроводов, других элементов систем, визуальным цветом отображая усредненный показатель технической безопасности.

Повышение уровня противоаварийной готовности

Для обеспечения противоаварийной готовности на АЭС выполняются следующие мероприятия:

- ▶ обучение и отработка действий персонала АЭС по предотвращению развития аварийных ситуаций;
- ▶ отработка совместных действий персонала АЭС и управления по делам гражданской обороны и чрезвычайным ситуациям с оповещением СМИ о возникновении аварийной ситуации;
- ▶ разработка механизмов, путей и порядка информирования служб-участников противоаварийного реагирования, в том числе местных и федеральных органов власти, в процессе распространения выброса радиоактивных веществ (РВ);
- ▶ планирование на промплощадке, в санитарно-защитной зоне и зоне наблюдения (СЗЗ и СН) путей эвакуации персонала АЭС и населения при возникновении аварийной ситуации.

Перечень и описание возможных проектных аварийных ситуаций, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации энергоблока АЭС, приводится в соответствующих отчетах по углубленной оценке безопасности, разрабатываемых Генеральным проектировщиком или Главным конструктором энергоблока АЭС. Описание аварийных ситуаций затрагивает десятки и более элементов энергоблока АЭС (оборудование, трубопроводы, помещения и т.д.), включает множество их параметров, учитывает различную скорость развития аварий. Таким образом, достаточно проблематичным является воссоздание у эксплуатационного персонала интегральной картины протекания потенциальных ава-



Рис. 15. Демонстрация развития аварийной ситуации в динамике одновременно в нескольких местах энергоблока АЭС



Рис. 16. Обучение эксплуатационного персонала с применением тренажера

рийных ситуаций, одновременно развивающихся в нескольких местах энергоблока АЭС.

Возможности современных информационных технологий позволяют на основе трехмерной инженерной модели энергоблока АЭС создать визуальные тренажеры-имитаторы развития различного рода аварийных ситуаций. Такие тренажеры могут обеспечить одновременное отображение нескольких мест энергоблока АЭС, где протекает моделируемая авария, представляя изменение важных характеристик оборудования и визуализируя радиационный фон в помещениях, позволяют тренируемому персоналу оказывать управляющие воздействия для предотвращения развития аварийной ситуации. Таким образом, с помощью тренажера можно оценивать уровень подготовки персонала. В тренажерах можно задавать необходимый масштаб времени для более тщательной проработки быстротекущих аварийных режимов. Отдельно в классе подобных внутриблочных тренажеров можно выделить тренажеры развития аварийных ситуаций, связанных с возникновением пожара на энергоблоке АЭС.

Как правило, тренажеры реализуются в двух- и более монитормых конфигурациях. Например, на одном из мониторов могут отображаться несколько видов энергоблока, а на другом – изменения характеристик оборудования, а также виртуальные элементы управления и индикации для осуществления управляющих воздействий (рис. 15, 16).

Следующий класс имитационных тренажеров обеспечивает прогнозирование и имитацию в виртуальном пространстве возможных аварийных ситуаций, связанных с выбросом РВ в окружающую среду. Такие тренажеры обеспечивают прогнозирование площадей и направлений распространения загрязнения, дозовых нагрузок на территориях выпадения РВ, определение населенных пунктов, которые могут быть затронуты аварией, отработку сценариев взаимодействия сил и средств по ликвидации последствий аварии и эвакуации населения прилегающих территорий и персонала АЭС.

Для обеспечения моделирования выхода РВ за пределы блока АЭС при возникновении аварии применяются расчетные коды, основанные на моделях распространения газо-аerosольных примесей в атмосфере, которые прогнозируют направление и скорость распространения РВ в приземных слоях воздуха и величины выпадений РВ на поверхности. Примером таких расчетов являются расчетные коды, созданные в Институте проблем безопасного развития атомной энергетики РАН. Результаты расчетов визуализируются на трехмерных имитационных моделях (рис. 17), отображающих промплощадку энергоблока и зону наблюдения АЭС и позволяющих в привязке к временной шкале просмотреть развитие аварийной ситуации (прохождение облака загрязнения), а также отработать процессы взаимодействия подразделений и служб, рассчитать потребные ресурсы для эвакуации населения и т.д. (рис. 18).

В соответствии с набором расчетных сценариев и с климатическими и погодными условиями создается набор моделей, которые применяются для обучения персонала и подразделений, участвующих в процессах ликвидации аварии.

Моделирование распространения выброса на имитационной модели позволяет оценить:

- ▶ качественные и количественные характеристики выброса РВ в окружающую среду (направление и скорость распространения, активность выброса, мощность дозы);
- ▶ последствия выброса для населения (дозы облучения, населенные пункты, подвергшиеся радиационному загрязнению);

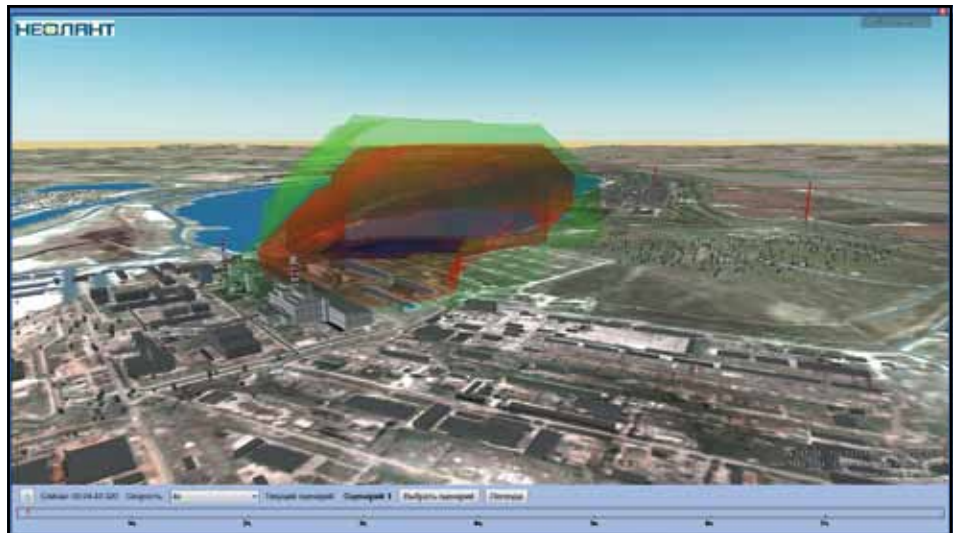


Рис. 17. Моделирование развития аварийной ситуации в ЗН АЭС с отображением радиоактивного выброса на имитационной трехмерной модели

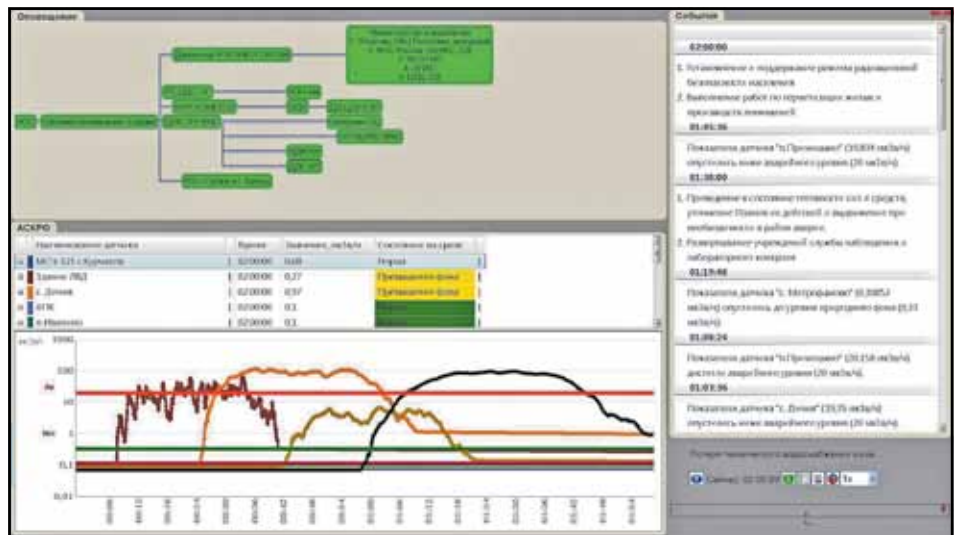


Рис. 18. Моделирование взаимодействия служб, подразделений и государственных органов на имитационной модели

- ▶ необходимость эвакуации населения в начальный период радиационной аварии (сопоставление расчетных дозовых характеристик с предельными и нормальными уровнями);
- ▶ перечень рекомендаций для населения с целью их защиты;
- ▶ требуемые действия аварийно-спасательных служб (пути эвакуации населения, пути доставки оборудования, места размещения людей и техники);
- ▶ ситуацию вокруг АЭС в целом в случае возникновения аварии;
- ▶ работу и необходимость корректировки автоматизированной системы контроля радиационной обстановки (АСКРО);
- ▶ необходимость создания обучающих программ и демонстрационных материалов на базе данного моделирования.

**В. В. Кононов, П. А. Новиков,
В. Л. Тихоновский, Н. В. Сальников,
компания "НЕОЛАНТ"**



atomexpo 2012

Международный форум АТОМЭКСПО 2012

ATOMEXPO 2012 International Forum

4-6 июня 2012 • Гостиный двор • Москва • Россия
4-6 June 2012 • Gostiny Dvor • Moscow • Russia



РОСАТОМ

АТОМЭКСПО

ООО «Атомэкспо»

Тел.: +7 495 663 38 21 • Факс: +7 495 663 38 20

atomexpo@atomexpo.com

www.atomexpo.com