

СТЕПЕННОВ Дмитрий Борисович

**СОЗДАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ
ЦЕНТРА ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ
ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ
В НИЦ «КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ»**

Специальность 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

Автореферат

*диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук*

Москва – 2012

Работа выполнена в Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт») (г. Москва).

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Б.К. Былкин (НИЦ «Курчатовский институт»)

Официальные оппоненты доктор технических наук
Ю.А. Нечаев (НИЦ «Курчатовский институт»)

кандидат технических наук
И.Д. Ракитин (ОАО «СНИИП»)

Ведущая организация ИБРАЭ РАН

Защита состоится «26» февраля 2013 года в 14 часов 00 минут
на заседании специализированного совета Д 520.009.06
при НИЦ «Курчатовский институт» по адресу:
1231812, Москва, пл. Академика Курчатова, д. 1.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-технической библиотеке
НИЦ «Курчатовский институт».

Автореферат разослан « » _____ 2012 года.

Ученый секретарь
диссертационного Совета,
д.т.н., профессор В.Г. Мадеев

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы

В Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» эксплуатируется около ста объектов использования атомной энергии (ОИАЭ): 7 исследовательских ядерных реакторов (Аргус, Гамма, Гидра, ИР-8, МР, ОР, Ф-1); 14 критических ядерных стендов (СФ-1, СФ-7, Дельта, Квант, СК-физ, В-1000, П, Грог, РБМК, УГ, Нарцисс, Аксамит, Астра, Эфир-2М); 31 установка, генерирующая ионизирующее излучение (7 термоядерных, 10 ускорительных, 14 рентгеновских); 2 облучательные радиоизотопные установки; 3 комплекса материаловедческих защитных камер для проведения работ с высокоактивными материалами и облученным ядерным топливом; радиохимические и радиометрические лаборатории первого, второго и третьего классов; пункты хранения ядерных материалов, свежего и облученного топлива, радионуклидных источников, радиоактивных веществ, временные хранилища твердых и жидких радиоактивных отходов.

Кроме этого, в состав НИЦ «Курчатовский институт» входят Петербургский институт ядерной физики (ПИЯФ) г. Гатчина, Институт Теоретической и Экспериментальной Физики (ИТЭФ) г. Москва и Институт физики высоких энергий (ИФВЭ) г. Протвино, в которых также эксплуатируются различные ОИАЭ.

Для осуществления безопасной эксплуатации ОИАЭ и принятия обоснованных решений при возникновении нештатных ситуаций и аварий персонал ОИАЭ, работники служб, осуществляющих контроль за безопасностью, и руководство эксплуатирующих организаций должны быть обеспечены оперативной и достоверной информацией.

Внедрение современных информационных, информационно-измерительных и информационно-вычислительных систем позволяет обеспечить персонал эксплуатирующих организаций средствами быстрого доступа к информации, ее анализа и прогнозирования состояния ОИАЭ в условиях нештатных ситуаций и аварий, позволяет внедрить в практику усовершенствованные процедуры аварийной готовности и реагирования.

Представленная работа посвящена разработке и применению центра технической поддержки объектов использования атомной энергии (ЦТП ОИАЭ) НИЦ «Курчатовский институт».

ЦТП создан в рамках мероприятий «Комплексной программы по ядерной и радиационной безопасности и антитеррористической защищенности НИЦ «Курчатовский институт».

ЦТП НИЦ «Курчатовский институт» является пилотным проектом системы информационного обеспечения Ростехнадзора, которая основана на создании и развитии сети центров информационной (или технической) поддержки эксплуатирующих организаций. Внутренними клиентами для центров информационной поддержки являются пункты информационной поддержки (ИП), размещаемые на ОИАЭ. Внешними клиентами для центров информационной поддержки являются уполномоченные службы и организации: специальные службы эксплуатирующей организации, осуществляющие контроль за безопасностью, ситуационно-кризисные центры регулирующих и контролирующих органов, другие эксплуатирующие организации.

Цель работы

Создание и применение Центра технической поддержки объектов использования атомной энергии НИЦ «Курчатовский институт».

Для достижения указанной цели автором решены следующие **задачи**:

1. Разработка требований к ЦТП, его структуре, информационному наполнению и способам представления информации на основе анализа отечественного и зарубежного опыта создания и применения систем информационной поддержки государственного и отраслевого контроля ОИАЭ.
2. Разработка современного программного интерфейса для работы с информацией об ОИАЭ.
3. Применение ЦТП при проведении практических работ на ОИАЭ.

Научная новизна

1. Разработаны способы решения задач по обеспечению ядерной и радиационной безопасности: визуализация результатов комплексного инженерного и радиационного обследования; трехмерное динамическое моделирование работ на ОИАЭ, включая обращение с ОЯТ; расчет объема загрязненного грунта.
2. Разработан современный программный интерфейс для работы с информацией об объектах использования атомной энергии.

Практическая ценность работы

1. Реализован пилотный проект «Совершенствование аварийной готовности и реагирования на исследовательских ядерных установках» (RUS/9/005) в рамках технического сотрудничества с МАГАТЭ.
2. Проведены совместные работы с Ростехнадзором по формированию концепции совершенствования системы информационной поддержки государственного контроля ИЯУ в условиях нормальной эксплуатации и при возникновении нештатных ситуаций.
3. Проведены практические работы по экологической реабилитации пунктов временного хранения ОЯТ и РАО в губе Андреева и пос. Гремиха (губа Червяная).
4. Создан и введен в эксплуатацию центр технической поддержки ОИАЭ НИЦ «Курчатовский институт».

Основные положения, выносимые на защиту

1. Результаты разработки требований к функциям и структуре ЦТП.
2. Обоснование выбора архитектуры автоматизированной информационной системы для ЦТП.
3. Результаты использования ЦТП для решения задач по информационному сопровождению работ на ОИАЭ в НИЦ «Курчатовский институт».
4. Результаты применения ЦТП при решении задач по реабилитации пункта временного хранения ОЯТ и РАО в пос. Гремиха.

Личный вклад автора

1. Автор принимал непосредственное участие в сборе, подготовке, анализе и систематизации исходных данных, необходимых для выполнения работы.
2. Автор принимал непосредственное участие в разработке требований к ЦТП ОИАЭ НИЦ «Курчатовский институт».
3. Автор координировал работу нескольких групп специалистов, осуществивших создание ЦТП.
4. Автор принимал непосредственное участие в разработке алгоритмов и компьютерных программ для актуализации лицензий, для сопровождения действий персонала при возникновении нештатных ситуаций и для проведения аварийных тренировок в рамках работ по обеспечению ядерной и радиационной безопасности ОИАЭ НИЦ «Курчатовский институт».
5. Автор принимал непосредственное участие в сборе, обработке и визуализации данных комплексного инженерного и радиационного обследования, выполнении трехмерного динамического моделирования транспортно-технологической схемы вывоза отработавших тепловыделяющих сборок, расчетах радиационных параметров при реабилитации пункта временного хранения ОЯТ и РАО в пос. Гремиха.

Достоверность результатов и обоснованность выводов

Достоверность результатов и обоснованность выводов подтверждены пятилетним опытом успешной эксплуатации ЦТП, 10 свидетельствами о государственной регистрации программы для ЭВМ, 2 свидетельствами о государственной регистрации базы данных и патентом на изобретение.

Апробация работы

Основные результаты работы были доложены и обсуждены на: Международной конференции «Международное сотрудничество по ликвидации ядерного наследия атомного флота СССР», Москва, 16–18 апреля 2008; Международной научной конференции, посвященной 80-летию со дня рождения академика В.А. Мельникова, Москва, 19–20 февраля 2009; Международной

конференции – выставке ИТО-2010, Москва, МИФИ, 1–3 ноября 2010; Научной сессии МИФИ, Москва, 1–5 февраля 2011; 14-й Международной конференции по экологической реабилитации и обращению с радиоактивными отходами ICSEM-201, Реймс, Франция, 25–29 сентября 2011; Международной научно-практической Мультиконференции «Управление большими системами – 2011», Москва, ИПУ РАН, 14–16 ноября 2011.

Публикации

По результатам исследований при участии автора в научных изданиях опубликовано 30 работ, в том числе 2 в ведущих рецензируемых научных изданиях, рекомендованных в действующем перечне ВАК. Список основных публикаций приведен в конце автореферата.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, приложения и списков использованной литературы, терминов и определений, сокращений.

Ее основной объем без приложения составляет 109 страниц, а общий – 136 страниц, включая 34 рисунка, 9 таблиц и список цитируемой литературы, содержащий 81 наименование.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность проведенной работы, сформулированы цель и задачи работы, изложены научная новизна, практическая ценность, личный вклад автора, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ отечественного и зарубежного опыта создания и применения систем информационной поддержки государственного и отраслевого контроля объектов использования атомной энергии.

Подведены итоги работы по формированию концепции совершенствования системы информационной поддержки государственного контроля ИЯУ при нормальной эксплуатации и возникновении нештатных ситуаций. Данная работа

проведена Ростехнадзором совместно с ФГУ НТЦ ЯРБ, ОАО «ГНЦ НИИАР» и НИЦ «Курчатовский институт» при непосредственном участии автора.

На основании анализа специфики решаемых в НИЦ «Курчатовский институт» задач и указаний контролирующих органов разработаны следующие требования к его ЦТП:

1. Многофункциональность. ЦТП должен применяться как для решения широкого круга задач по информационному сопровождению работ на ОИАЭ, так и при выполнении текущих договоров и контрактов НИЦ «Курчатовский институт».

2. Структурирование данных. Данные об ОИАЭ должны быть структурированы в удобном для хранения и обработке месте.

3. Сохранение и передача информации, восстановление утраченных знаний. Жизненный цикл ОИАЭ характеризуется достаточной продолжительностью. При этом имеет место значительная сменяемость кадров. В таких условиях сохранение и передача всей необходимой информации последующим поколениям специалистов становится важной задачей, так как наличие достоверной информации напрямую влияет на безопасность и экономичность проводимых работ. В силу того, что большинство ОИАЭ НИЦ «Курчатовский институт» были спроектированы и созданы в 60-70е годы 20 века, хранение проектной и эксплуатационной документации было организовано, как правило, только на бумажном носителе. В течение срока эксплуатации часть информации была безвозвратно утрачена. Зачастую важные сведения об истории эксплуатации содержатся только в памяти специалистов и утрачиваются со временем.

4. Обновление данных об ОИАЭ. Принятие обоснованных решений на всех этапах жизненного цикла ОИАЭ обеспечивается наличием и полнотой требуемой для этих целей информации, для чего проводится систематическая работа по сбору и обновлению данных.

5. Информационный обмен как между площадками НИЦ «Курчатовский институт», так и со сторонними организациями, должен быть организован с учетом следующих факторов: отсутствие сертифицированных сетей для передачи конфиденциальной информации; многообразие применяемого программного

обеспечения и форматов данных; наличие организационных ограничений на информационный обмен.

6. Аналитическая обработка данных. Процессы обработки данных являются составной частью всех работ на ОИАЭ. ЦТП должен предоставить персоналу ОИАЭ, экспертам и руководству современные средства доступа и обработки данных.

Определены этапы работ, которые должны быть реализованы при проектировании, создании, внедрении и применении ЦТП: определение целей, задач и функций ЦТП; анализ обрабатываемых данных и информационных потоков; разработка форматов представляемой информации, функциональной структуры, конфигурации технических средств, интерфейса для работы с данными, средств обеспечения информационной безопасности, протоколов информационного обмена, алгоритмов решения практических задач по обеспечению работ на объектах использования атомной энергии.

Во второй главе рассмотрены цели и задачи создания ЦТП ОИАЭ НИЦ «Курчатовский институт». Назначением ЦТП является сбор, анализ и предоставление доступа к информации о состоянии ОИАЭ в НИЦ «Курчатовский институт».

Разработана структура информационного обеспечения ЦТП НИЦ «Курчатовский институт» (рисунок 1).

Данная структура ЦТП обеспечивает решение следующих задач:

- создание и сопровождение баз данных ОИАЭ, содержащих проектно-конструкторскую документацию, эксплуатационную документацию, данные по текущей эксплуатации, оперативную информацию о состоянии объектов;
- обеспечение руководства и специалистов НИЦ «Курчатовский институт» и контролирующих органов оперативной информацией о состоянии ядерной и радиационной безопасности ОИАЭ;
- информационная поддержка экспертных групп по направлениям;
- информационное обеспечение аварийных тренировок на объектах;

– подготовка отчетных материалов для контролирующих и регулирующих органов.



Рисунок 1 – Структура информационного обеспечения ЦТП НИЦ «Курчатовский институт»

ЦТП ОИАЭ НИЦ «Курчатовский институт» выполняет функции, которые позволяют осуществлять контроль за состоянием ядерной и радиационной безопасности (рисунок 2): управление данными; аналитическая обработка данных; обработка информации о состоянии объектов; работа с пространственно-привязанными данными, включая двумерную картографию и трехмерные модели объектов; обучение персонала; сопровождение коммуникационной системы; подготовка отчетных и презентационных материалов; автоматизация управления работами.



Рисунок 2 – Функциональная структура ЦТП НИЦ «Курчатовский институт»

ЦТП расположен в Курчатовском центре ядерных технологий, применительно к которому разработаны требования к функциональному назначению помещений и конфигурации оборудования. ЦТП включает: серверные помещения, участок обработки данных, диспетчерский пункт, узел опорной сети передачи данных, помещения системного администратора и администратора данных.

Компьютерное оборудование включает 7 серверов, массив памяти объемом 6 Тб, средства ввода данных и оборудование для тиражирования. Коммуникационное оборудование поддерживает работу 7 локальных сетей. Инженерное оборудование включает системы кондиционирования и бесперебойного питания и обеспечивает круглосуточный режим работы технических средств ЦТП.

Функционирование ЦТП ОИАЭ НИЦ «Курчатовский институт» осуществляется при помощи автоматизированной системы технической поддержки (АСТП). АСТП предназначена для автоматизации и ускорения доставки конструкторской, проектной, архитектурной, оперативной и технологической информации персоналу ОИАЭ при работе в нормальном режиме и, особенно, в аварийных ситуациях для быстрого принятия технически обоснованных решений.

В главе определены требования к АСТП.

В третьей главе определены функции АСТП: ввод, хранение в электронном виде, обработка и предоставление заинтересованным пользователям документации по ОИАЭ (включая конструкторскую, исполнительную, рабочую, и другую документацию; ведение журнала работы ОИАЭ; предоставление информации о текущем состоянии ОИАЭ руководству НИЦ «Курчатовский институт» и контролирующим органам; автоматизированное предоставление данных для подготовки отчетов, предоставление статистической информации о работе ОИАЭ на основе собранных за время функционирования данных; поддержка принятия решений в случае возникновения аварийных и нештатных ситуаций; обеспечение безопасности информации; управление проектами; работа с геопривязанными данными; динамическое трехмерное моделирование работ; информирование общественности.

На рисунке 3 представлены основные этапы работ по информационному обеспечению ОИАЭ.

Сбор информации для создания базы данных объекта осуществляется из следующих источников: архивы документации, комплексное инженерное и радиационное обследование объектов, картографические и геодезические работы, точечные измерения, визуальное обследование, информационные системы.

База данных имеет следующую структуру: структурированный архив электронных документов, табличные данные, картографические материалы, чертежи и трехмерные модели.

Аналитическая обработка данных включает: изготовление отчетных форм, выполнение проектных работ, проведение расчетов, визуализации, трехмерного динамического моделирования.

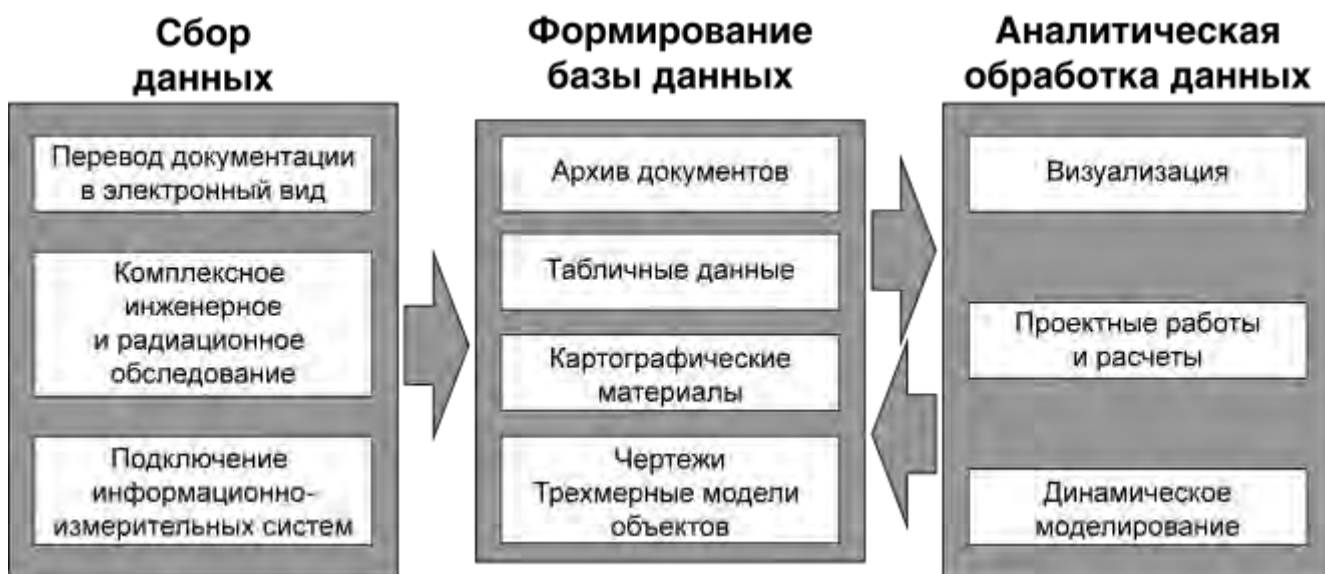


Рисунок 3 – Основные этапы работ по информационному обеспечению ОИАЭ

Разработаны конфигурация аппаратно-программного комплекса (АПК) автоматизированной системы технической поддержки, логическая структура данных и интерфейс доступа к данным.

Аппаратно-программный комплекс АСПП включает (рисунок 4):

1. Центр обработки данных (ЦОД), аккумулирующий в себе весь набор информации. Доступ к данным осуществляется по локальной сети через автоматизированные рабочие места пользователей.
2. Автономные рабочие места (АРМ) для ввода данных и компьютерного моделирования реализованы на базе персональных компьютеров и позволяют работать в автономном режиме без связи с центром обработки данных.
3. Карманные персональные компьютеры (КПК) для ввода результатов обследований в полевых условиях.

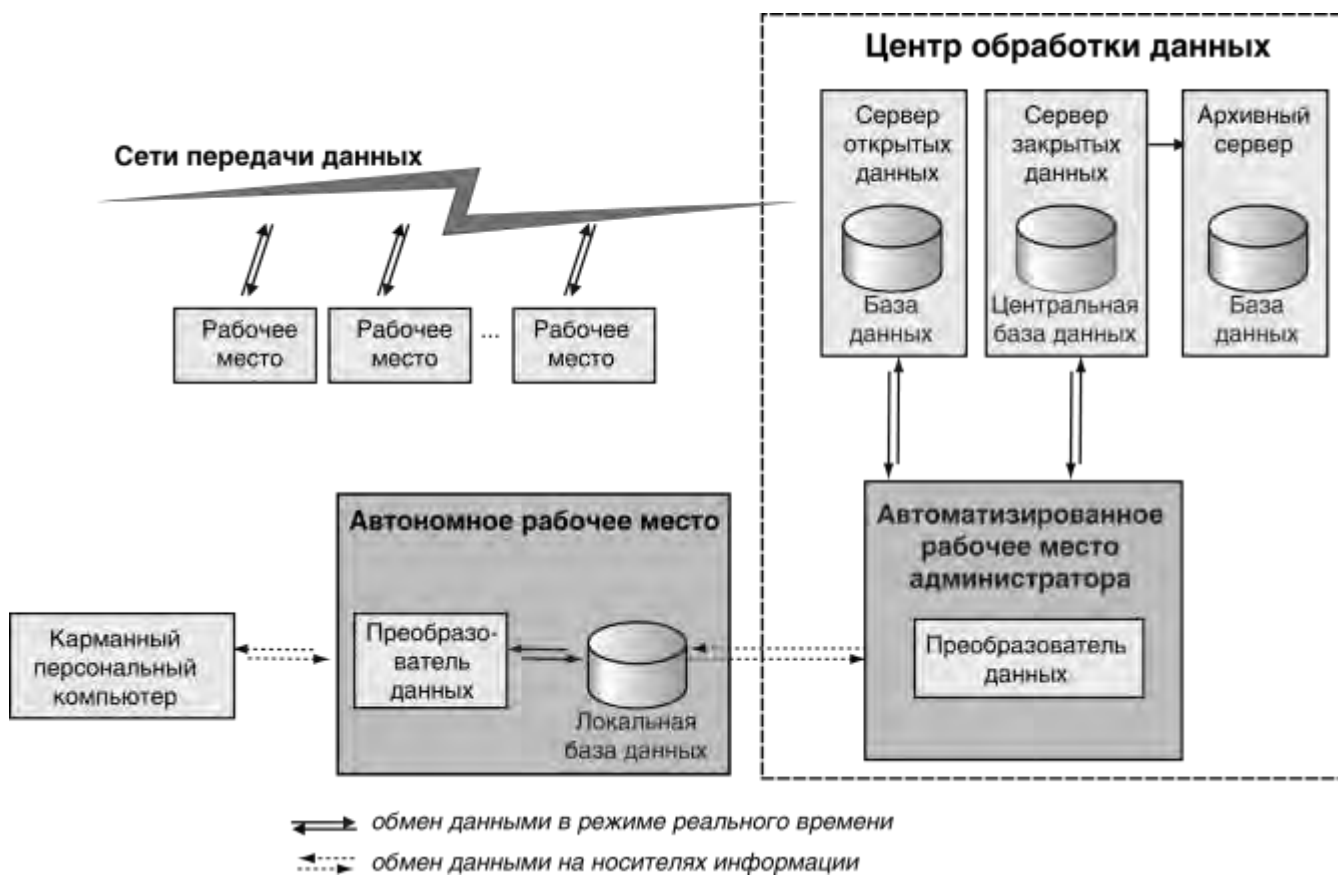


Рисунок 4 – Структура АПК ЦТП НИЦ «Курчатовский институт»

На основании выполненных исследований разработана функциональная схема подключения компьютерного оборудования и конфигурация локальной вычислительной сети, которая применительно к НИЦ «Курчатовский институт» приведена на рисунке 5. Для обеспечения информационной безопасности доступ к конфиденциальным данным осуществляется при помощи закрытой локальной вычислительной сети (ЗЛВС), которая не имеет выхода в Интернет. Доступ к открытым данным и информационный обмен со сторонними организациями осуществляются через открытую локальную вычислительную сеть (ОЛВС), которая имеет выход в Интернет. ОЛВС ЦТП защищена межсетевым экраном. Реализована первая очередь ЗЛВС, которая включает 2 сервера и 4 рабочих места.



Рисунок 5 – Функциональная схема подключения компьютерного оборудования

Для хранения информации используются выделенные серверы данных, образующие единое хранилище данных (ЕХД) (рисунок 6). Исходя из требований безопасности, ЕХД физически разделено на два автономных хранилища: хранилище открытых данных и хранилище закрытых данных. Между ними обеспечена односторонняя связь от «хранилища закрытых данных» к «хранилищу открытых данных» с использованием внешних носителей данных (компакт-диски, магнитные и твердотельные накопители и др.). Все входящие данные поступают в закрытое хранилище. После чего данные, получившие разрешение на информационный обмен, размещаются в открытом хранилище с возможностью доступа к ним через FTP и HTTP серверы. ЕХД обеспечивает хранение информации в соответствии с требованиями обеспечения безопасности.



Рисунок 6 – Структура единого хранилища данных

Хранилище закрытых данных изолировано от открытых сетей передачи данных. Предоставление данных хранилища пользователям осуществляется в соответствии с правами доступа. Хранилища открытых и закрытых данных имеют одинаковую структуру, что упрощает информационный обмен между ними.

Разработан интерфейс доступа к различным типам данных об объектах ОИАЭ. Реализован комплекс мероприятий по обеспечению информационной безопасности и качества разработки автоматизированной системы технической поддержки. Разработан и согласован комплект технических заданий на работы по развитию функциональных возможностей ЦТП.

В четвертой главе представлено описание работ по информационному обеспечению ядерной и радиационной безопасности ОИАЭ НИЦ «Курчатовский институт», которые проводятся в ЦТП: представлены классификация обрабатываемых данных и технологический процесс обработки данных, реализован контроль за актуализацией таких документов как лицензии Ростехнадзора и санитарно-эпидемиологические заключения. При приближении срока окончания действия этих документов ответственные за получение лицензий исполнители получают автоматические уведомления.

Реализован учет событий на ОИАЭ и учет работ по устранению замечаний контролирующих и регулирующих органов.

Проведено моделирование сценариев реагирования при возникновении нештатных ситуаций. Использование цифровой двумерной картографической основы и трехмерной модели объекта позволило решить следующие задачи: отработка действий персонала и специальных служб при возникновении нештатной ситуации; моделирование нештатных ситуаций, таких как взрыв, пожар, задымление в реальном времени; подготовка тренировок персонала; изготовление демонстрационных видеоматериалов. Результаты моделирования использованы при разработке схем эвакуации персонала при возникновении пожара в зонах баланса ядерных материалов.

Проведено моделирование действий персонала центра технической поддержки при возникновении нештатной ситуации на ОИАЭ (рисунок 7):

1. Передача сотрудником ОИАЭ оперативного сообщения об аварии.
2. Получение оперативного сообщения об аварии на ОИАЭ руководством НИЦ «Курчатовский институт». Оповещение рабочих групп.
3. Сбор экспертов в помещении ЦТП.

4. Подготовка технических средств.
5. Передача сообщений согласно списку оповещения.
 - 5.1 Звонки со стационарных и мобильных телефонов.
 - 5.2 Видеоконференцсвязь.
 - 5.3 Передача сообщений по факсу.
 - 5.4 Передача электронных документов на сервер.
 - 5.5 Отправка документов по электронной почте.
 - 5.6 Передача сообщений от автоматизированной системы технической поддержки.

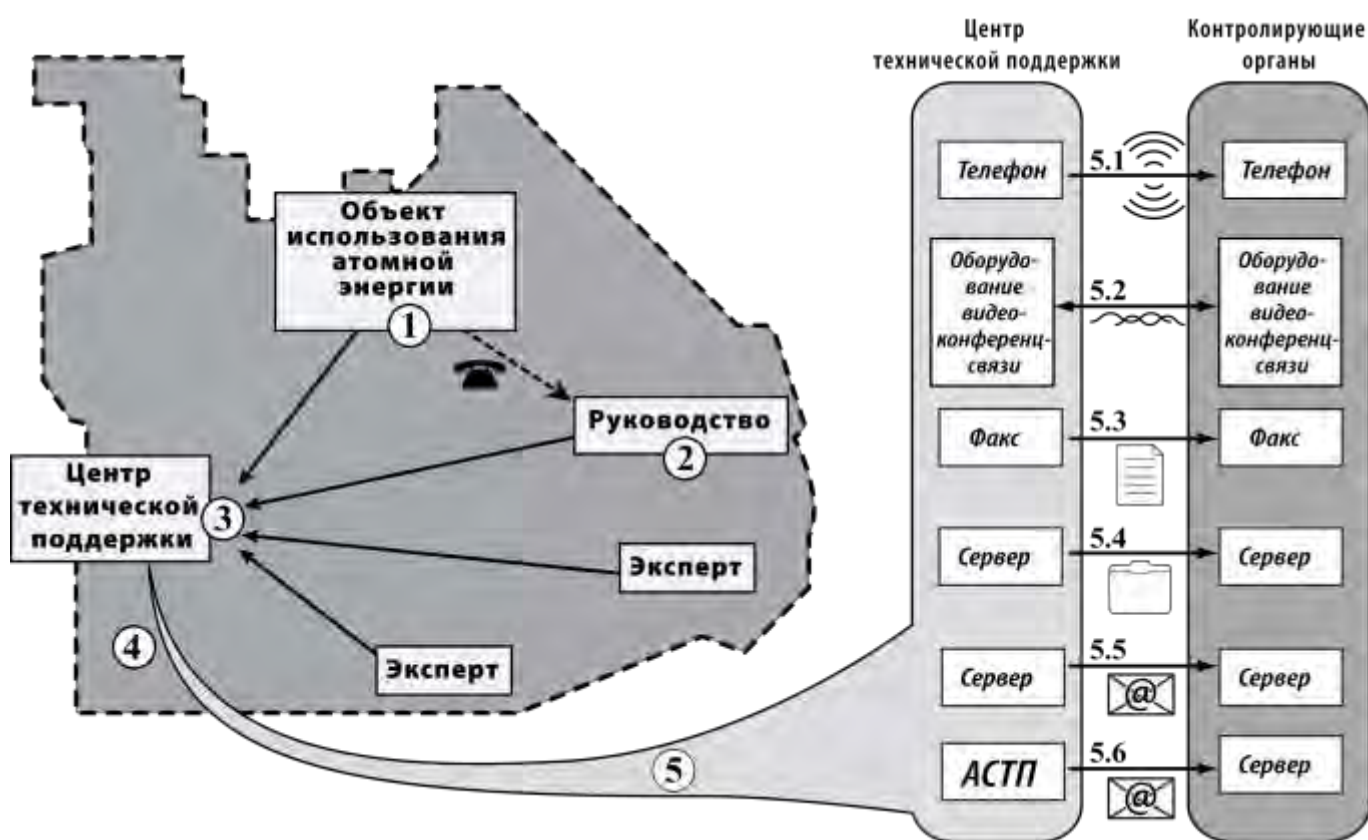


Рисунок 7 – Схема действий сотрудников НИЦ «Курчатовский институт» при возникновении нештатной ситуации на ОИАЭ

Разработан протокол взаимодействия ЦТП с ИАЦ Ростехнадзора с применением автоматизированной системы технической поддержки.

Вывод о готовности ЦТП к работе при возникновении нештатных ситуаций на ОИАЭ был сделан по итогам проведения тренировки по проверке организации и обеспечения функционирования системы контроля Ростехнадзора при

возникновении гипотетической аварии на ИЯУ ИР-8 НИЦ «Курчатовский институт».

В пятой главе представлены результаты применения ЦТП при экологической реабилитации пунктов временного хранения ОЯТ и РАО в губе Андреева и пос. Гремиха (губа Червяная).

1. Сбор данных комплексного инженерного и радиационного обследования

Разработаны и внедрены технологии сбора и занесения в базу данных результатов комплексного инженерного и радиационного обследования (КИРО). Создана база данных, которая включает: двумерную картографическую основу территории ПВХ, акватории Святоносского залива и зоны наблюдений; трехмерную модель территории ПВХ; трехмерные модели зданий, сооружений и оборудования; 17000 точечных измерений; описания и фотографии 400 дефектов зданий и сооружений; 2500 документов.

Произведена привязка результатов точечных измерений к двумерной картографической основе:

- измерения МЭД гамма-излучения на высоте 0,1 и 1 м от земли;
- данные о распределении плотности потока бета-частиц у поверхности грунта;
- измерения удельной активности Cs-137, Sr-90, Co-60 в грунте на территории ПВХ;
- измерение удельной активности Cs-137, Co-60, K-40 в донных отложениях прибрежной акватории ПВХ.

2. Информационный обмен с организациями

Разработаны и внедрены технологии информационного обмена между ЦТП ОИАЭ НИЦ «Курчатовский институт» и организациями – участниками работ. Решены задачи по интеграции данных, которые поступают в НИЦ «Курчатовский институт» от различных исполнителей работ. Информационные материалы по проекту экологической реабилитации переданы для использования и внедрены в работу в следующие организации: ФГУП СевРАО, Димитровградский филиал ФГУП «ФЦЯРБ», ИБРАЭ РАН, КАЭ Франции.

3. Анализ данных метеонаблюдений

Сформирована база данных метеонаблюдений за период с ноября 2001 года по октябрь 2003 года, которая содержит данные о скорости, порывах ветра и дневных температурах. При заданных граничных условиях (скорость ветра до 10 м/с, порывы ветра до 15 м/с) произведен расчет количества рабочих дней в году, в которые возможно проведение монтажных работ с использованием крана. Получено значение 233 дней в 2002 году и 160 дней в 2003 году. Средняя величина составляет 197 рабочих дней в году.

4. Формирование базы данных по номенклатуре и характеристикам ОЯТ и РАО

Задачей формирования БД ОЯТ и РАО являлось обобщение накопленных данных, формализация их характеристик, выявление спорных данных и уточнение характеристик с привлечением авторов отчетных материалов и специалистов-экспертов.

Логическая структура базы данных по номенклатуре и характеристикам ОЯТ и РАО представлена на рис. 8.



Рис. 8 Структура базы данных по номенклатуре и характеристикам ОЯТ и РАО

База данных по ОЯТ и РАО используется Росатомом и ИБРАЭ РАН для разработки планов проведения экологической реабилитации.

5. Визуализация данных комплексного инженерного и радиационного обследования

Хранящиеся в базе данных значения точечных измерений используются специалистами для визуального анализа загрязненности территории, построения карт распределений радионуклидов, определения зон аккумуляции радионуклидов и направлений стоков. Эти работы применялись при разработке методов реабилитации почвы на территории ПВХ.

6. Расчет объема радиоактивного грунта

Разработан способ и выполнена оценка объема радиоактивного грунта на территории пункта временного хранения ОЯТ и РАО (рисунок 9).

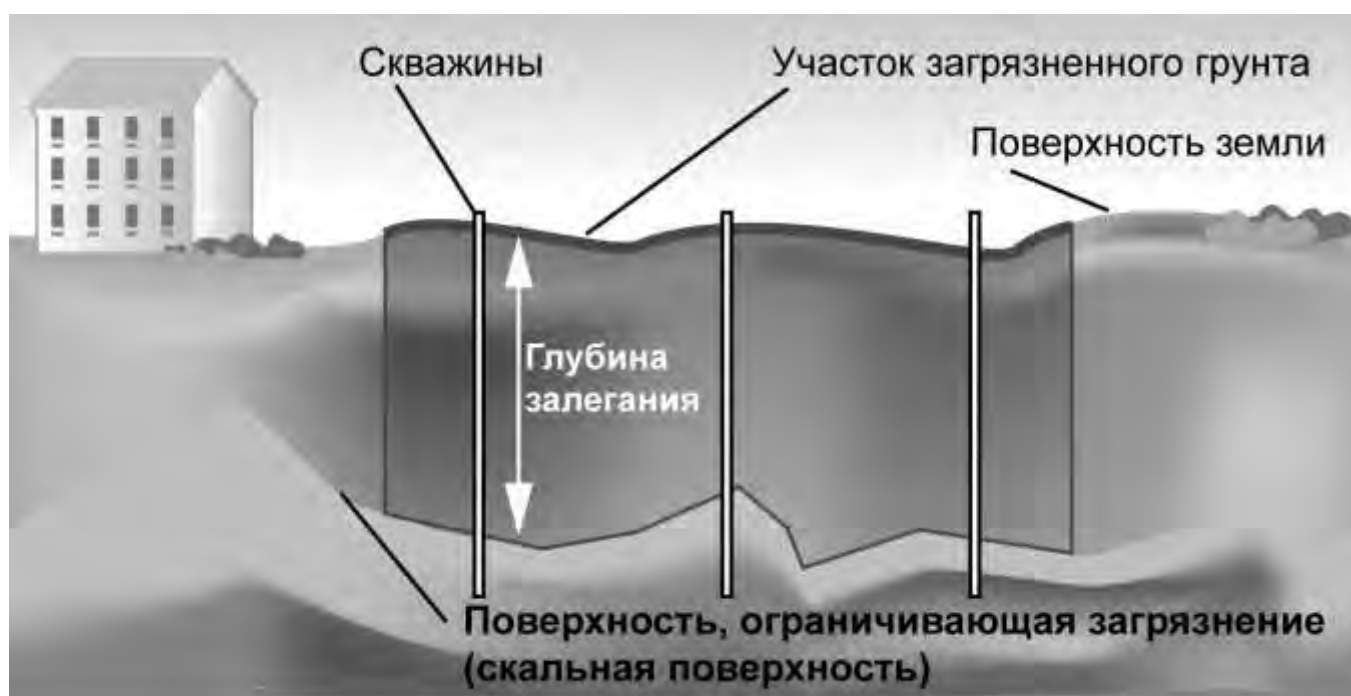


Рисунок 9 – Визуализация модели, по которой произведено вычисление объема

Способ осуществлен следующим образом.

Проведено радиационное обследование поверхности грунта с целью определения границ радиоактивно зараженной территории. Границы участка загрязненного грунта, имеющего активность больше 10^4 Бк/кг, обозначены замкнутыми линиями. Затем проведено геодезическое обследование территории с целью определения рельефа. С помощью компьютерной программы трехмерного

моделирования построена триангуляционная модель верхней ограничивающей объем грунта поверхности.

Нижняя граница радиоактивного грунта определена путем бурения контрольных скважин для определения глубины заражения с помощью дозиметрического контроля. При помощи дозиметрических исследований определена глубина загрязнения грунта для каждой из скважин, после чего на основании полученных данных построена трехмерная модель загрязненной территории для оценки загрязненности на поверхности и в вертикальном профиле грунтов. Схема расположения скважин на территории обусловлена особенностями местности и представляет собой сетку, в узлах которой располагаются скважины. Глубина бурения скважин соответствует максимально возможной глубине проникновения радионуклидов в почву и определяется характером почв данной местности.

По результатам указанных выше измерений построена триангуляционная модель нижней ограничивающей объем грунта поверхности.

Построена трехмерная модель искомого объема и рассчитан его объем. Способ расчета основан на трехмерном объемном моделировании требуемой территории в метрической системе координат с последующим вычислением величины объема. Формирование области, объем которой требовалось рассчитать, осуществлено с помощью ограничивающих верхней и нижней поверхностей.

Для проведения пространственных вычислений верхняя и нижняя триангуляционные поверхности преобразованы в матричную форму (цифровую высотную модель).

Затем из модели высот верхней грани (для каждой ее элементарной ячейки) произведено вычитание модели высот нижней грани.

На последнем этапе просуммированы все значения в полученной разностной матрице, что и является величиной объема зараженного грунта. Определен объем загрязненного грунта, который составляет $18\,000\text{ м}^3$. Точность результатов расчета зависит от профиля грунта, правильности выбора мест для бурения скважин и количества скважин.

7. Трехмерное динамическое моделирование работ по вывозу ОЯТ

Проведено трехмерное динамическое моделирование основных технических решений с целью минимизации дозовых нагрузок на персонал и предотвращения пространственных конфликтов при работе оборудования.

Проведено трехмерное динамическое моделирование транспортно-технологической схемы по вывозу контейнеров с отработавшими тепловыделяющими сборками с ПВХТРО и последующей погрузки на транспортное судно для вывоза с территории ПВХ. Сценарий моделирования включает в себя следующие этапы: установка краном контейнера на транспортное средство; транспортировка контейнера; перегрузка краном с транспортного средства в шахту поста перегрузки; выгрузка ОТВС; загрузка ОТВС в ТК-18 на борт транспортного судна.

Определяется максимальная допустимая скорость движения транспортного средства на различных участках дороги для предотвращения заносов и опрокидывания.

По результатам моделирования изготовлены визуальные материалы для обучения и тренировки персонала.

По итогам выполнения мероприятий по экологической реабилитации ПВХ ОЯТ и РАО в пос. Гремиха сделан вывод о целесообразности и эффективности применения для этих работ ЦТП, разработанного применительно к ОИАЭ НИЦ «Курчатовский институт».

В Приложении представлены результаты работ, выполненных в ЦТП ОИАЭ НИЦ «Курчатовский институт»: картографические материалы, трехмерные модели, акты внедрения.

В Заключение диссертационной работы сформулированы ее основные результаты и выводы:

1. Разработаны требования к ЦТП, его структуре, информационному наполнению и способам представления информации на основе анализа отечественного и зарубежного опыта создания и применения систем информационной поддержки государственного и отраслевого контроля ОИАЭ.

2. Разработан программный интерфейс для работы с данными об объектах использования атомной энергии.

3. Выполнены следующие практические работы:

- создана база данных объектов использования атомной энергии, которая включает документацию и основные характеристики ОИАЭ, двумерную картографическую основу и трехмерную модель территории НИЦ «Курчатовский институт»;
- разработаны алгоритмы и решены задачи по информационному сопровождению работ на ОИАЭ: реализован контроль за актуализацией лицензий и санитарно-эпидемиологических заключений, проведено моделирование действий персонала при возникновении нештатных ситуаций;
- разработан и реализован план работы ЦТП при возникновении нештатной ситуации, проведена совместная аварийная тренировка с Ростехнадзором;
- разработаны алгоритмы и решены задачи по реабилитации пункта временного хранения ОЯТ и РАО в пос. Гремиха: обработаны данные комплексного инженерного и радиационного обследования, сформирована база данных, построены картограммы полей распределения радионуклидов на территории ПВХ, проведено трехмерное динамическое моделирование транспортно-технологической схемы вывоза отработавших тепловыделяющих сборок, произведен расчет объема радиоактивного грунта.

4. Разработан и создан ЦТП НИЦ «Курчатовский институт».

5. По итогам выполненной работы получены 10 свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ, 2 свидетельства о государственной регистрации базы данных и патент на изобретение;

6. Автоматизированная система технической поддержки внедрена на следующих предприятиях: НИЦ «Курчатовский институт», СЗЦ «СевРАО» - филиал ФГУП «РосРАО», ФГУП «ФЦЯРБ», НТЦ ЯРБ.

Основные результаты диссертационной работы изложены в следующих публикациях:

1. Степеннов Д.Б., Стрижакова Е.Р., Васильева Г.К. Проблемы рекультивации земель, загрязненных радионуклидами и другими техногенными загрязнителями в пунктах временного хранения ОЯТ и РАО. – В сб.: XI Международный экологический симпозиум «Урал атомный, Урал промышленный». Екатеринбург, 7-11 февраля, 2005, с. 301-302.
2. Степеннов Д.Б., Беляева Н.М. Максимов С.Б. и др. Применение аппаратно-программного комплекса ИАС для ввода и обработки данных комплексного инженерного и радиационного обследования пункта временного хранения ОЯТ и РАО в п. Гремиха. – В сб.: Отраслевой Семинар «Аппаратурное обеспечение ядерной и радиационной безопасности объектов Росатома». Ядерное приборостроение-2007. Москва, 18 – 19 апреля 2007, с. 93-102.
3. Степеннов Д.Б., Максимов С.Б. Информационно-аналитическая система сопровождения работ по реабилитации ПВХ ОЯТ и РАО в п. Гремиха. – В сб.: Ярмарка инновационных проектов “Атомэко-2007”. Каталог инновационных проектов в области обращения с РАО, вывода из эксплуатации и экологической реабилитации. Москва, 4-5 декабря 2007, с. 156.
4. Степеннов Д.Б., Максимов С.Б., Шелованов Д.В. и др. Применение информационно-аналитической системы (ИАС) для сопровождения работ по реабилитации пункта временного хранения ОЯТ и РАО в пос. Гремиха. – В сб.: «Ядерное наследие–2008», Международная конференция «Международное сотрудничество по ликвидации ядерного наследия атомного флота СССР». Москва, 16-18 апреля 2008, с. 51–52.

5. Пономарев-Степной Н.Н., Степеннов Д.Б., Максимов С.Б. и др. Информационно-аналитическая система по проекту реабилитации ПВХ ОЯТ и РАО в пос. Гремиха: Препринт ИАЭ-6599/3. – М.: РНЦ «Курчатовский институт», 2009, 56 с.
6. Павлов В.А., Степеннов Д.Б., Усатый А.Ф. и др. Комплексная оценка состояния отработавших ТВС ВВР атомных подводных лодок первого поколения. – Атомная энергия, том 108, вып. 6, июнь 2010, с. 368-376.
7. Степеннов Д.Б., Максимов С.Б. Информационно-аналитическая система для сопровождения реабилитации пункта временного хранения отработавшего ядерного топлива и радиоактивных отходов в пос. Гремиха – Атомная энергия, том 109, вып. 2, август 2010, с. 95-100.
8. Степеннов Д.Б., Максимов С.Б. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2011611571 «Автоматизированная система технической поддержки ОИАЭ РНЦ «Курчатовский институт». Автоматизированное рабочее место диспетчера». Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 17 февраля 2011г. Официальный бюллетень «Программы для ЭВМ. База данных. Топология интегральных микросхем» № 2, часть 2, 2011, с. 380.
9. Былкин Б.К., Соболев А.С., Степеннов Д.Б. О реализации проекта «Центр технической поддержки объектов использования атомной энергии». – В сб.: Международная научно-практическая Мультиконференция «Управление большими системами - 2011», Теория активных систем – 2011, том III. Москва, ИПУ РАН, 14-16 ноября 2011, с.138-143. – ISBN 978-5-91450-093-8.
10. Степеннов Д.Б., Максимов С.Б. Патент на изобретение № 2459298 Способ определения объема радиоактивного грунта. Приоритет изобретения 29 апреля 2011 г. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 августа 2012 г. Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности «Изобретения. Полезные модели» №23, 23.08.2012, с. 417.