

УТВЕРЖДАЮ:
Директор ИБРАЭ РАН
член-корреспондент РАН

Бодышов Л.А.

«15 декабря» 2014 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем безопасного развития атомной энергии Российской академии наук

Диссертация «Программный комплекс для расчетного обоснования радиационной безопасности населения при запроектных авариях на объектах ядерной энергетики» выполнена в лаборатории разработки программных комплексов поддержки принятия решений ИБРАЭ РАН.

В период подготовки диссертации соискатель Киселев Алексей Аркадьевич работал в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте проблем безопасного развития атомной энергии Российской академии наук в отделе разработки программно-технических средств поддержки аварийной готовности и реагирования в должности инженера, младшего научного сотрудника.

В 2010 г. А.А. Киселев окончил Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» по специальности «Физика конденсированного состояния вещества».

Удостоверение о сдаче кандидатских экзаменов выдано в 2014 г. Федеральным государственным бюджетным учреждением науки Институтом проблем безопасного развития атомной энергии Российской академии наук.

Научный руководитель – Арутюнян Рафаэль Варназович доктор физико-математических наук, профессор, заместитель директора по научной работе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института проблем безопасного развития атомной энергии Российской академии наук.

По итогам обсуждения на научном семинаре Отделения развития систем аварийной готовности и реагирования ИБРАЭ РАН принято следующее заключение:

Представленная диссертационная работа содержит описание общей модели (состав, принципы взаимосвязи отдельных моделей) прогнозирования радиационной обстановки, доз облучения населения и выработки рекомендаций по применению защитных мероприятий, и комплексной методики восстановления и уточнения параметров исходного атмосферного выброса радиоактивных веществ с использованием средств радиационного контроля и мониторинга объектов окружающей среды. Разработанные в диссертационной работе общая модель и комплексная методика реализованы в виде программных модулей (программных средств). Результаты разработки и верификации этих модулей также представлены

в диссертационной работе. В работе описан интегральный программный комплекс для расчетного обоснования радиационной безопасности населения при запроектных радиационных авариях на объектах ядерной энергетики, созданный на базе разработанных модулей и модуля, реализующего расширяемую технологическую цепочку, связывающую тяжелоаварийные коды и разработанные автором программные средства. Представлены результаты верификации интегрального программного комплекса на основе натуральных измерений при аварии на АЭС Фукусима-1 при реконструкции северо-западного радиационного следа. Разработанный программный комплекс позволяет проводить расчетное обоснование радиационной безопасности населения при запроектных радиационных авариях на основе сквозного моделирования процессов на ЯРОО, атмосферного переноса радиоактивности, расчета доз облучения населения и снижения ошибок прогноза за счет использования данных мониторинга для выработки рекомендаций по защите населения. Он имеет углубленную ориентацию на моделирование последствий тяжелых аварии, однако в силу своей модульности дает возможность прогнозировать последствия любого радиационного инцидента.

Актуальность.

Объекты ядерной энергетики относятся к классу потенциально опасных и представляют угрозу возникновения аварий с радиационным фактором, поэтому для обеспечения безопасности должна быть реализована концепция глубоко эшелонированной защиты, основанная на использовании физических барьеров и системы технических и организационных мер для их защиты, сохранения их эффективности, защиты персонала, населения и окружающей среды. В основном, имеющиеся внутренние системы безопасности обеспечивают надежную защиту, однако, несмотря на это, не исключается возможность возникновения аварийной ситуации, приводящей к выбросам радиоактивных веществ за пределы промплощадки. В связи с этим, возникает необходимость проведения расчетов параметров радиационной обстановки и дозовых нагрузок на персонал и население при возникновении реальной аварийной ситуации, когда необходимо минимизировать ее последствия, проведения расчетов параметров радиационной обстановки и дозовых нагрузок на персонал и население при предварительном обосновании безопасности и выработки рекомендаций по применению защитных мероприятий. Особенно это важно и актуально для запроектных аварий. Такие оценки должны проводиться с помощью современных комплексных программных средств, включающих в себя модели распространения радионуклидов в атмосфере, дозиметрические модели и модели учета влияния защитных мероприятий на прогностические значения доз на население. На данный момент существует широкий спектр отдельных программных средств, позволяющих проводить такие расчеты. Однако на ранней фазе развития аварии, когда формируются основные дозы, их использование затруднено из-за неопределенностей многих исходных данных, существенно снижающих точность прогнозирования и не позволяющих в полной мере использовать возможности этих программных средств. Существует несколько путей решения проблемы.

Для запроектных аварий (как наиболее потенциально опасных для персонала и населения) необходимо иметь предварительную информацию (данные о наиболее

вероятном сценарии развития аварии, основанные на использовании программных комплексов типа СОКРАТ). Информация об источнике во входных данных, в данном случае, один из решающих факторов адекватности прогноза и точности оценки опасности ситуации.

По мере поступления дополнительной информации (данных натуральных измерений) необходимо создавать методики, позволяющие откорректировать данные об источнике.

Следующим вариантом решения части проблем, связанных с неопределенностью входных данных, является подбор комплекса моделей, отвечающих за разные физические процессы, влияющие на конечный результат, и интеграция этих моделей в единый программный комплекс под общей интегрирующей оболочкой. В силу того, что при реальных авариях ослабление радиологических последствий для персонала и населения напрямую зависит от времени применения защитных мероприятий, комплекс должен иметь развитый интерфейс, минимизирующий ошибки на этапах подготовки данных и анализа результатов расчета, и включать необходимые для моделирования базы данных.

В связи с этим возникает необходимость разработки программного комплекса для расчетного обоснования радиационной безопасности населения. Такой программный комплекс должен обеспечивать, помимо расчетов параметров радиационной обстановки при различных исходных событиях и условиях распространения, сквозное моделирование аварийных ситуаций на объектах ядерной энергетики с реакторными установками и коррекцию параметров атмосферного выброса по данным мониторинга радиационной обстановки, предоставляя первичные оценки доз на население и эффективности применения защитных мероприятий. Т.о. актуальность темы диссертации обеспечивается необходимостью научно-технического обоснования радиационной безопасности населения при запроектных авариях на объектах ядерной энергетики.

Научная новизна.

1. На основе анализа специфики поставленной задачи, разработана, как единое целое, общая модель различных физических процессов, влияющих на конечный результат. Круг учитываемых факторов в единой модели является новым. Модель реализована в программном средстве прогнозирования радиационной обстановки и доз облучения населения.

2. Разработана комплексная методика корректировки параметров исходного атмосферного выброса радиоактивных веществ и корректировки других входных параметров, использующая средства радиационного контроля и мониторинга объектов окружающей среды и создано программное средство на ее основе.

3. Разработанные программные средства включены в интегральный программный комплекс сквозного счета, предназначенный для выработки рекомендаций по применению защитных мероприятий при обосновании радиационной безопасности населения при запроектных радиационных авариях.

Практическая значимость.

1. Созданный интегральный программный комплекс позволяет существенно сократить время на сбор исходной информации путем автоматизации наиболее

затратных по времени процедур, начиная с подготовки картографической подложки и данных о высотном профиле рельефа, заканчивая обработкой результатов расчета и подготовкой отчетных форм, что существенно повышает эффективность выработки рекомендаций о необходимости проведения защитных мероприятий для снижения последствий радиационных аварий для населения.

2. Интегральный программный комплекс позволяет повысить достоверность расчета за счет обобщенной модели распространения радиоактивности, позволяющей учитывать топографию местности, оценивать эффективную высоту подъема горячего выброса (характерного для поставленной задачи), учитывать объемный источник (взрыв), учитывать полидисперсность продуктов взрыва в рамках единого программного комплекса.

3. Дружественный интерфейс позволяет отчуждение программного комплекса от разработчика и использование специалистами без специальных знаний о картографии, форматах выходных данных, предоставляемых тяжелоаварийными кодами.

4. Используемые технологические решения позволяют обеспечить работоспособность программного комплекса на большинстве современных операционных систем, в частности обеспечена полноценная функциональность на семействе операционных систем Windows, Linux и Mac OS. При этом, в зависимости от оснащения персонального компьютера, возможно использование современных технологий параллельного вычисления, позволяющих проводить пакетные расчеты, используя все ресурсы вычислительной машины с несколькими ядрами.

5. Созданный интегральный программный комплекс позволяет существенно повысить достоверность проводимых расчетов за счет использования программного средства корректировки параметров атмосферного выброса, корректировки метеорологических параметров по мере поступления информации о параметрах радиационной обстановки.

6. Созданный автором интегральный программный комплекс может быть эффективно использован в системе поддержки принятия решений по проведению защитных мероприятий для населения, при проведении противоаварийных тренировок и для проведения детерминистических расчетов при проектировании объектов ядерной техники, в том числе при проведении ВАБ-3.

7. Для самых опасных по возможным последствиям - тяжелым авариям - имеется расширяемая технологическая цепочка, связывающая тяжелоаварийные коды и разработанные автором программные средства (проверена на практике Фукусима 2011г. на примере использования тяжелоаварийного кода СОКРАТ).

Личный вклад.

1. Разработан состав, принципы взаимодействия модулей и непосредственно создано программное средство прогнозирования радиационной обстановки и доз облучения населения для выработки рекомендаций по применению защитных мероприятий при обосновании радиационной безопасности населения при запроектных радиационных авариях.

2. Разработана методика восстановления параметров атмосферного выброса на основе данных радиационного мониторинга и комплексного анализа

радиационной аварии и программное средство для восстановления параметров атмосферного выброса на ее основе.

3. Создан интегральный программный комплекс, вынесенный на защиту.

Диссертация Киселева А.А. является полностью завершенной научно-квалификационной работой, соответствует специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации». Все положения и результаты работы, выносимые на защиту, получены лично автором и в полной мере отражены в 4 работах, опубликованных соискателем в рецензируемых изданиях из перечня ВАК (всего по теме диссертационной работы опубликовано 16 работ). Все основные результаты диссертационной работы были представлены А.А. Киселевым на 11 научных семинарах, совещаниях и конференциях.

Диссертация «Программный комплекс для расчетного обоснования радиационной безопасности населения при запроектных авариях на объектах ядерной энергетики» Киселева Алексея Аркадьевича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации».

Заключение принято на заседании Отдела разработки программно-технических средств поддержки аварийной готовности и реагирования ИБРАЭ РАН.

Присутствовало на заседании 21 чел. Результаты голосования: «за» - 21 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел., протокол № 12 от «17» декабря 2014 г.



(Сегаль Михаил Давыдович, доктор технических наук, Отдел разработки программно-технических средств поддержки аварийной готовности и реагирования ИБРАЭ РАН, ведущий научный сотрудник)