

ОТЗЫВ

официального оппонента д.т.н. А.В. Чеснокова на диссертационную работу Киселева Алексея Аркадьевича «Программный комплекс для расчетного обоснования радиационной безопасности населения при запроектных авариях на объектах ядерной энергетики», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.03 «Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации» в диссертационный совет Д 002.070.01.

Темой диссертационной работы А.А.Киселева «Программный комплекс для расчетного обоснования радиационной безопасности населения при запроектных авариях на объектах ядерной энергетики», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук, является важная и актуальная проблема обеспечения радиационной безопасности населения при возникновении аварийной ситуации на ядерно- и радиационно-опасном объекте, приводящей к выбросам радиоактивных веществ за пределы промплощадки. Для решения этой задачи разработан интегральный программный комплекс для расчетного обоснования 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. Имея углубленную ориентацию на моделирование последствий тяжелых аварий, комплекс должен иметь возможность прогнозировать последствия любого радиационного инцидента. Актуальность и практическая значимость темы диссертации особенно возрастает в свете событий четырехлетней давности на японской АЭС Фукусима Даичи и связана с тенденциями текущего момента в части потребностей общества в значительном повышении радиационной безопасности и защиты населения, а также объектов окружающей среды от радиационного воздействия при аварийных ситуациях.

Предлагаемые автором методические и программные решения и разработки базируется на систематизации результатов прикладных научных исследований, выполненных как в России, так и за рубежом. Цели и задачи, решаемые в диссертации Киселева А.А., связаны с решением научной проблемы, заключающейся в

прогнозировании значений доз облучения населения в условиях атмосферных выбросов радиоактивных веществ с целью принятия решений по защите населения и минимизации радиационного воздействия при предварительном обосновании безопасности.

В данный момент в Российской Федерации поставлена задача создания новой технологической платформы развития атомной энергетики, которая не выполнима без решения поставленных выше задач, а также решения проблем защиты населения при радиационных авариях. Поэтому научная работа автора является актуальной, своевременной и практически значимой.

Диссертация Киселева А.А. включает введение, четыре главы и заключение, изложенные на 169 страницах машинописного текста, содержит 43 рисунка, 24 таблицы, а также список литературы из 160 наименований.

Во введении автором формулируются цели и задачи диссертационной работы, обосновывается научная новизна полученных результатов, их практическая значимость и определены положения, выносимые на защиту.

В первой главе представлен анализ существующей отечественной и международной нормативно-правовой базы, регулирующей порядок проведения технических и организационных мер, направленных на обеспечение радиационной безопасности населения при запроектных радиационных авариях на объектах ядерной энергетики. Рассмотрены современные методы и способы контроля и мониторинга последствий радиационных аварий и методы и способы прогнозирования последствий радиационных аварий. Проведен отбор моделей с учетом различных условий возникновения аварий и переноса радиоактивных веществ в атмосфере для прогнозирования и выработки рекомендаций по применению защитных мероприятий с учетом российских и международных требований и рекомендаций по обеспечению радиационной безопасности населения. Рассмотрены возможные неопределенности при определении исходных параметров для моделей атмосферной дисперсии, а также методы и способы их минимизации с использованием средств радиационного контроля и мониторинга объектов окружающей среды.

Показана актуальность разработки программного комплекса для расчетного обоснования радиационной безопасности при запроектных авариях на объектах ядерной энергетики. Определено, что программный комплекс для эффективной работы должен

состоять из следующих модулей: прогнозирования радиационной обстановки и доз облучения населения для выработки рекомендаций по применению защитных мероприятий при запроектных радиационных авариях; восстановления и уточнения параметров исходного атмосферного выброса радиоактивных веществ с использованием средств радиационного контроля и мониторинга объектов окружающей среды для минимизации ошибок прогностических оценок параметров радиационной обстановки; оценки радионуклидного состава в атмосферном выбросе при запроектных радиационных авариях реакторных установок.

Вторая глава диссертации посвящена выбору моделей атмосферного переноса радиоактивных веществ, моделей для учета орографии местности, учета конечного размера радиоактивного облака в начальный момент времени, доз облучения и моделей учета защитных мероприятий и других вспомогательных моделей.

Все эти модели в работе интегрированы в единую подсистему моделей и связаны общими требованиями по их взаимодействию в рамках единого логически связанного программного средства и соответствующим образом доработаны.

За основу была взята локальная гауссова модель распространения в атмосфере загрязняющих веществ в виде монодисперсной фракции, причем в данном программном средстве для учета полидисперсности выпадений использовались разные скорости сухого и гравитационного осаждения. Дозиметрические расчеты основаны на результатах расчета плотности поверхностных выпадений и проинтегрированной по времени приземной концентрации радиоактивности. Учет орографии является уточняющим. В рамках диссертационной работы включены модели простого рельефа, когда эффективная высота выброса превышает высоту рельефа, и модель сложного рельефа, когда высота рельефа превышает эффективную высоту выброса, причем в последнем случае используется секторная модель распространения. Существенным изменением моделей переноса стало введение цепочек радиоактивного распада, позволяющих учесть накопление дочерних радионуклидов. Оценки дозовых воздействий в случае, когда дочерние радионуклиды находятся в равновесии с материнскими, рассчитываются по эффективным дозовым коэффициентам, а неравновесные дочерние радионуклиды в автоматическом режиме включаются в расчет, для исключения случайных ошибок при расчете на этапе определения радионуклидного состава выброса.

Здесь же представлена архитектура и схема взаимодействия модулей программного средства прогнозирования радиационной обстановки и доз облучения населения для выработки рекомендаций по применению защитных мероприятий при обосновании радиационной безопасности населения. Дано его описание с использованием упомянутых выше групп моделей и разработанной логической схемы их совместной работы в его составе. Для удобства пользователя и облегчения работы с программным средством реализован графический интерфейс пользователя, включающий в себя формы ввода данных и обработку результатов расчета с использованием ГИС-технологий.

Результаты расчетов верифицировались при противоаварийных тренировках путем сравнения с данными аттестованного программного комплекса «Нострадамус», а в экспериментах – сравнением с данными реальных измерений. Полученные результаты расчетов с учетом введенных изменений в модель атмосферной дисперсии позволили описать результаты измерений с отклонением 40 %. Также была проведена верификация на данных натурных измерений при аварии в бухте Чажма, сопровождавшейся взрывом и распространением радионуклидов над сильно неоднородным рельефом. Результаты расчетов согласуются с данными измерений в пределах ошибки 30 %.

Основной задачей **третьей главы** является восстановление параметров радиационной обстановки с использованием средств радиационного контроля и мониторинга объектов окружающей среды. В данном случае используется метод нелинейного регрессионного анализа, являющегося одним из основных инструментов для восстановления неизвестных параметров при моделировании и прогнозировании поведения сложных многофакторных процессов. В качестве исходных параметров для корректировки и восстановления выступают метеорологические параметры (скорость и направление ветра, стратификация), радионуклидный состав, включая активности компонентов, параметры полидисперсного распределения, геометрические параметры источника. Задача восстановления и корректировки параметров атмосферного выброса на основе измерений мощности дозы и спектрометрических измерений плотности поверхностных выпадений решается методом последовательного байесовского оценивания.

Верификация и апробация созданного программного модуля была выполнена для моделирования последствий радиационной аварии (ПО «Маяк» в 1957 г). С

использованием программного средства для восстановления параметров атмосферного выброса были получены параметры полидисперсного распределения, которые наилучшим образом описывают результаты измерений в контрольных точках. На основе полученных результатов были проведены прогнозные оценки выпадений ^{90}Sr с использованием концепции фиктивного источника, использовавшейся для учета исходных геометрических размеров облака. Полученные результаты описывают с ошибкой 40 % как распределение выпадений по оси следа, так и характерные геометрические характеристики зоны в 4 Ки/км^2 выпадений ^{90}Sr .

Четвертая глава посвящена описанию интегрального программного комплекса для расчетного обоснования радиационной безопасности населения при запроектных авариях на объектах ядерной энергетики.

Он состоит из программного модуля прогнозирования радиационной обстановки и доз облучения населения для выработки рекомендаций по применению защитных мероприятий при обосновании радиационной безопасности населения при запроектных радиационных авариях; программного модуля для коррекции параметров атмосферного выброса радиоактивных веществ с использованием средств радиационного контроля и мониторинга объектов окружающей среды для минимизации ошибок прогностических оценок параметров радиационной обстановки; модуля интеграции расчетного кода СОКРАТ для оценки радионуклидного состава в атмосферном выбросе в случае запроектных радиационных аварий на АЭС с водо-водяными реакторными установками.

Верификация работы программного комплекса проводилась на данных натуральных измерений мощности дозы от поверхностных выпадений на северо-западном радиоактивном следе, образовавшемся в ходе аварии на АЭС «Фукусима-1» (Япония).

С использованием программного средства по оценке радиационных последствий для населения была оценена мощность дозы от поверхностных выпадений. Расчетные значения мощности дозы и измеренные отличаются на несколько порядков величины (относительная среднеквадратическая ошибка составляет 300 %) с приоритетной консервативностью оценок, что при оценках в режиме анализа реальной аварийной ситуации с использованием упрощенного подхода для проведения оценок является удовлетворительным прогностическим результатом.

В заключении работы сформулированы результаты работы с программным комплексом, сделаны выводы о его применимости для расчетного обоснования

радиационной безопасности населения при запроектных авариях на объектах ядерной энергетики.

Замечания и пожелания.

1. Автор уделил достаточно много внимания вопросам разработки и применения созданных программных средств, верификации прогнозов, получаемых в результате расчетов, их достоверности, вопросам же внедрения посвящено только несколько фраз в заключении диссертации и совершенно ничего нет по поводу аттестации данного комплекса для широкого применения.

2. В диссертационной работе собран большой практический материал, полученный в ходе работ, и мало внимания уделено вопросам устойчивости моделей к изменению тех или иных параметров и выбору наиболее критичных из них.

3. К недостаткам работы следует, видимо, отнести и достаточно большой объем диссертационной работы, что затрудняет оценку ее наиболее значимых результатов.

Тем не менее, представленная работа создает общее положительное впечатление, а указанные замечания не умаляют ее научную ценность.

По диссертационной работе в целом, следует отметить:

научная новизна диссертации, с моей точки зрения, состоит том, что разработано программное средство, которое интегрирует результаты расчетов, как по моделям переноса радиоактивных загрязнений в атмосфере, так и дает оценку радиационной обстановки с учетом излучения диспергированных веществ в атмосфере и выпадений на местности. Включение в него модуля расчета нуклидного состава выброса в случае запроектной аварии позволило объединить большинство факторов, определяющих дозовые нагрузки на население при радиационных авариях;

полученные диссертантом результаты имеют несомненную **практическую ценность** для процесса принятия решений по защите персонала и населения в случае запроектной аварии на объектах ядерной энергетики;

достоверность результатов диссертации Киселева А.А. не вызывает сомнений, поскольку, прежде всего, результаты измерений неоднократно сравнивались с данными других исследователей, в том числе и с результатами экспериментов по измерению радиоактивных трассеров в работах специалистов из европейских стран, по теме диссертации опубликовано 16 научных трудов, 4 из которых являются статьями в научных рецензируемых журналах из перечня ВАК;

автореферат в полной мере соответствует основным идеям, положениям, содержанию и выводам диссертации, а результаты диссертации достаточно полно представлены в научных публикациях автора.

Оценивая работу в целом, считаю, что представленная Алексеем Аркадьевичем Киселевым диссертация является законченным научным трудом и выполнена на высоком научном уровне. Содержание диссертации полностью соответствует специальности 05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации и отрасли науки «технические науки». Диссертация соответствует п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842. Сам автор, Киселев А.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Официальный оппонент,
доктор технических наук,
«04» марта 2015 г.

 Чесноков А.В.

Федеральное государственное бюджетное учреждение Национальный
исследовательский центр «Курчатовский институт»
123182, г. Москва, пл. Курчатова, д.1
Тел. (499) 196-7100#6282
Email:avc@kiae.ru

Подпись Чеснокова А.В. заверяю.

Заместитель директора по научной работе - главный ученый секретарь НИЦ
«Курчатовский институт»
профессор, д.ф.-м.н.





Ильгисонис В.И.