УДК 621.039.58

В.Г.КОНДРАТЬЕВ, *канд. техн. наук, ведущий специалист, 8(813) 362 27 390*
Ленинградская атомная электростанция

V.G.KONDRATJEV, *PhD in eng. sc., leading research assistant, 8(813) 362 27 390*
Leningrad nuclear power plant

ВОЗМОЖНОСТИ ДИНАМИЧЕСКИХ ДОЗОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ГАММА-ПОЛЕЙ ПО ДИАГНОСТИКЕ И УПРАВЛЕНИЮ РАДИАЦИОННЫМИ И ЯДЕРНЫМИ АВАРИЯМИ НА ПОДЗЕМНЫХ ОБЪЕКТАХ ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ЦИКЛА

Предлагается приборное определение динамических дозовых параметров аварийных гамма-полей, что позволит осуществлять мониторинг аварийно-восстановительных процессов в соответствии с эксплуатационным режимом работы ядерной энергоустановки, базирующейся в подземных условиях.

Ключевые слова: безопасность, мониторинг, подземные ядерные установки, определение доз, гамма-поля.

GAMMA FIELDS DYNAMIC DOSAGE PERFOMANCES POSSIBILITIES FOR DIAGNOSTICS AND CONTROL OF RADIATION AND NUCLEAR ACCIDENTS ON NUCLEAR POWER UNDERGROUND FACILITIES GROUP

Instrument determination of dynamic dosage performances of accident gamma fields is offered to permit exercising of reduction processes monitoring in accordance with underground nuclear power plant operation condition.

Key words: emergency, monitoring, underground nuclear power, dosage estimation, gamma-fields.

Современные требования МАГАТЭ и федеральных руководящих документов по безопасности, как для случаев хранения радиоактивных отходов и ядерных материалов, так и для использования атомных энергоустановок для производства электрической и тепловой энергии (в том числе и для «малой энергетики»), постоянно меняются в сторону ужесточения требований по безопасности [1-3, 7, 8, 10, 11].

Для обеспечения общих требований при хранении радиоактивных и делящихся материалов или использовании ядерных энергоблоков необходимо выполнение требований по радиационной и ядерной безопасности, в том числе в случае внешнего воздействия природного или техногенного характера и внутреннего воздействия при авариях на объектах хранения или эксплуатации ЯЭУ [1, 7-11]. При этом техническими средствами должны быть обеспечены физическая защита «в глубину», диагностика радиационных и ядерных аварий, действенный мониторинг поставарийных событий с целью выдачи в реальном масштабе времени аргументированных качественно и количественно показателей, рекомендаций по управлению авариями с целью минимизации ущерба и экологического воздействия на персонал, население и окружающую среду [7-11]. С этой целью наиболее приемлемо применение методологии динамического радиационного контроля гамма-полей, включающей в себя методы, методики и

технические средства динамического радиационного контроля.

Существующие системы радиационного контроля, связанные по решаемым задачам с комплексами обеспечения радиационной безопасности непосредственно на энергоблоках АЭС (модернизированными АКРБ-8, АКРБ-6, АСКРО) и для случая обеспечения радиационной безопасности на транспортных ЯЭУ(атомные корабли ВМФ, атомные подводные лодки, атомные ледоколы и создаваемые плавучие АЭС), осуществляют:

• измерение мощности дозы гамма-излучения;

• сравнение с контрольными и предельными значениями для решения задач оценки радиационной обстановки и принятия управленческих решений.

Подобные средства рассматриваются в качестве основных для контроля радиационной обстановки, в том числе при радиационных и ядерных авариях, при подземном размещении источников ионизирующих излучений [1, 4, 5].

Предлагается приборное определение динамических дозовых параметров аварийных гамма-полей [4, 5]. Предлагаемые разработки базируются на следующих предпосылках:

• гамма-поля, в том числе и аварийные, являются не столько причиной губительного радиационного воздействия на персонал, население и окружающую среду, но и несут в своей структуре огромный массив информации о причинах аварии и характере распространении радиоактивных веществ в пространстве и во времени;

• полученная информация об аварийном гамма-поле, начиная с величин в тысячи раз меньших, чем сейчас скрывается за фоном, позволяет осуществить представительный мониторинг аварийно-восстановительных процессов;

• доза и мощность дозы (эквивалентная, поглощенная, экспозиционная или любая другая) не в состоянии полностью охарактеризовать аварийное гамма-поле, даже при любом точном измерении;

• необходима разработка и внедрение нового уровня динамических дозовых характеристик для оценки меняющихся в пространстве и во времени аварийных гамма-полей.

В соответствии с требованиями Международной комиссии по радиологической защите (МКРЗ) новые дозовые характеристики связаны с основными дозовыми пределами (эквивалентной, поглощенной и экспозиционной по определенному математическому закону) и поэтому являются производными от них, существенно расширяя информационную отдачу аварийных гамма-полей, появляющихся в пространстве в связи с радиационной аварией транспортной ЯЭУ или ядерным энергоблоком [1, 4-6, 9]. Этот блок одиночных динамических дозовых характеристик изменения параметров гамма-поля во времени и в пространстве имеет свои обозначения, свои внесистемные величины и величины в СИ.

Важнейшей особенностью данных одиночных динамических дозовых показателей является возможность создания на их основе комплексных динамических характеристик аварийных гамма-полей за весь завершенный цикл изменений гамма-поля от значений, соответствующих эксплуатационным режимам работы ядерной энергоустановки, через любые аварийные значения, до величин, характеризующих завершение аварийно-восстановительных процессов [4, 5].

Комплексные динамические дозовые характеристики в состоянии характеризовать изменения как во времени (КП СИМЭД, КП УИМЭД), так и в пространстве (КП ЛИМЭД, КП ПИМЭД) [4, 5].

Аналогично определяются пространственные и линейно-изменяющиеся значения одиночных и комплексных параметров пространственного (ПИМЭД и КП ПИМЭД) и линейного изменения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения (ЛИМЭД, КП ЛИМЭД) [4, 5].

В отличие от существующих систем классификации аварий по видам радиационной обстановки (по существу, по величинам контрольных или максимальных значений мощности эквивалентной дозы в контролируемых точках) или по радиационному ущербу (например, по шкале INES), данная

система классификации по контрольным или максимальным значениям СИМЭД позволяет на ранней стадии аварии уверенно классифицировать аварии по приборно-определяемым значениям СИМЭД классификационным, которые в реальном масштабе времени (десятки секунд) фиксируют факт аварии (в том числе и ядерной, СЦР-аварии), устанавливают уровни структуризации аварии, что позволяет прогнозировать ход аварийно-восстановительного процесса, степень необходимого вмешательства (управление аварией) и прогнозировать радиационные последствия [1, 4, 5]. Практически это возможно в рамках первого этапа аварийно-восстановительного процесса. Деление аварийно-восстановительного процесса на указанные пять этапов возможно только на основе исследования КП СИМЭД.

Самый общий анализ КП МЭД и КП СИМЭД во времени показывает принципиально важное значение целенаправленного управленческого воздействия с целью минимизации радиационных последствий.

Реальная радиационная авария вследствие просчетов в ранней стадии аварии имела тяжелые последствия. Трудно говорить о просчетах, если, по существу, радиационные аварии не имеют приборных критериев однозначного определения как самого факта аварии, так и численных критериев по мониторингу процесса аварии.

В итоге реальная авария через 5-6 ч после ее начала характеризовалась максимальными значениями мощности экспозиционной дозы в 2,5-4,5 тыс. рентген/час, а весь процесс восстановления затянулся на годы и не был завершен до момента временного захоронения аварийной подлодки.

Возможен иной исход этой же аварии в случае определения факта аварии в течение 1-3 мин принятие мер по герметизации помещений и локализации аварии. При этом максимальное время восстановительного процесса не превысит 10-15 сут. [3].

Возможности одиночных и комплексных динамических дозовых параметров не ограничиваются диагностикой радиационных аварий. Их можно применять для диагностики и управления восстановительными процессами СЦР-аварий, которые нанесли существенный ущерб в течение всего периода применения ядерной энергетики [4, 10, 11].

За период практического использования транспортной и стационарной ядерной энергетики произошло около 60 ядерных аварий (СЦР) на транспортных и стационарных ЯЭУ, а также на радиохимических комплексах [9]. Японские исследователи применяют для приборной диагностики ядерных аварий различные дозиметры, определяющие дозы излучений в момент подобных аварий [8, 10]. По нашему мнению, подобный путь диагностики аварий является шагом вперед, но все же не решающим проблему оперативного определения факта аварии. Более перспективным является диагностика и последующий мониторинг аварийно-восстановительного процесса при СЦР-авариях транспортных и стационарных ЯЭУ на основе исследования динамики скорости изменения мощности эквивалентной дозы гамма-излучения с помощью предлагаемых приборов-интенсиметров аварийных гамма-полей («Дозинф-Т», «Дозинф-RT») [4, 5].

Определение одиночных и комплексных динамических дозовых параметров аварийных гамма-полей, практическая реализация этого метода в виде приборов-интенсиметров стало возможным:

- с внедрением в практику измерений ионизирующих излучений цифровой техники, позволившей уменьшить время акта измерения мощности дозы до 0,1-1-10 с;
- в результате измерения самого изменения мощности дозы излучения приборным способом, что ранее считалось ошибкой измерения мощности эквивалентной дозы, в течение 1-5-40 с и меньше;
- путем выделения полезного сигнала из аддитивной смеси комплекса (сигнал + фон) актами численного и аналитического дифференцирования во времени и в пространстве;
- с помощью «управляемого» процесса квантования времени измерения динамических дозовых характеристик: *одиночных* – мощность дозы (МЭД), скорость изменения мощности дозы (СИМЭД), ускорение изменения мощности дозы гамма-излучения

(УИМЭД); *комплексных* – комплексный показатель скорости изменения мощности дозы (КП СИМЭД), комплексный показатель ускорения изменения мощности дозы гамма-излучения (КП УИМЭД).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Алексахин Р.М.* Допустимые уровни радиационного воздействия и эффективность защитных мероприятий при радиационных авариях / Р.М.Алексахин, Г.М.Аветисов // Атомная энергия. 1992. Т.72. Вып.3.

2. *Демин А.В.* Концепция создания регионального могильника кондиционированных РАО низкого и среднего уровня активности в Северо-Западном регионе: Сб. докладов 3-го Международного ядерного форума / А.В.Демин, В.Т.Сорокин, Т.В.Шидловская, С.А.Великина. СПб, 2008.

3. *Игнатов А.А.* Перспективы создания регионального ПЗРО на Северо-Западе России / А.А.Игнатов, Б.А.Каратаев, В.М.Липканский // Экология и атомная энергетика. 2007. № 2.

4. *Кондратьев В.Г.* Гамма-поля в процессе управления радиационными авариями судовых ЯЭУ // Экология и атомная энергетика. 2008. Вып.1.

5. *Кондратьев В.Г* Роль вводимого уровня динамических дозовых характеристик для оценки меняющихся в пространстве и во времени аварийных гамма-полей ЯЭУ: Сб. докладов 5-го Научно-технического совещания «Проблемы и перспективы развития химического и радиохимического контроля в атомной энергетике». Сосновый Бор: Изд-во ФГУП «НИТИ», 2009.

6. Крышев И.И. Нормативы радиационной безопасности при использовании атомной энергии / И.И.Крышев, Е.П.Рязанцев // Атомная энергия. 2004. Т.97. Вып.4.

7. Нормы радиационной безопасности НРБ-99. М.: Энергоатомиздат, 2000.

8. *Петров Э.Л.* Научно-технические основы экономической и экологической конкурентоспособности подземных атомных электростанций на базе технологий судового машиностроения: Материалы 16-й Ежегодной конференции Ядерного общества России / ВНИИАЭС. М., 2006.

9. Основные принципы безопасности атомных электростанций: Доклад МАГАТЭ / INSAG-3. № 75.

10. *Сивинцев Ю.В.* Оценка радиационной обстановки при реактивностных авариях // Атомная техника за рубежом. 2008. № 1.

11. *Sono H. et al.* Retrospective estimation of the spatial dose distribution and the number of fissions in criticality accident using area dosimeters // Journal of nuclear science and technology. 2007. V.44. N 1.

REFERENCES

1. *Aleksahin R.M., Avetisov G.M.* Admissible levels of radiation exposure and radiation accidents protective measures effectiveness // Nuclear power. 1992. Vol.72. Iss.3.

2. *Demin F.V., Sorokin V.T., Shidlovskaja T.V., Velikina S.A.* Theory of burial facility for low and medium level radioactive wastes setting-up in the North-Western region: Coll. vol. The third international nuclear forum reports. Saint Petersburg, 2008.

3. *Ignatov A.A., Karatajev B.A., Lipkansky V.M.* Perspectives of burial facility for radioactive wastes building in the north-west of Russia // Ecology and nuclear power. 2007. N 2.

4. *Kondratjev V.G.* Gamma-ray fields role in the process of atomic marine plants nuclear accidents' control // Ecology and atomics. 2008. Iss.1.

5. *Kondratjev V.G.* The role of dynamic dose level characteristics for nuclear power plant's non-permanent emergency gamma fields assessment: Coll. vol. «Problems and perspectives of chemical and nuclear-chemical control in atomics». The fifth scientific meeting's reports. Sosnovy Bor: FSUE «NITI» Press. 2009.

6. *Krishev I.I., Rjazantsev E.G.* Radiation safety regulations for nuclear energy use // Atomic. 2004. Vol.97. Iss.4.

7. Standards of radiation safety SRS-99. Moscow: Energoatomizdat, 2000.

8. *Petrov E.L.* Scientific and technical basis of the ship's machinery based underground nuclear power plants' economic and environmental competitiveness: Russian Nuclear Society 16-th annual conference / VNIIAEC. Moscow, 2006.

9. Basic principles of atomic power stations safety: IAEA report / INSAG-3. N 75.

10. *Sivintsev U.V.* Reactivity accidents' radiation environment control. // Foreign nuclear engineering. 2008. N 1.

11. *Sono H. et al.* Retrospective estimation of the spatial dose distribution and the number of fissions in criticality accident using area dosimeters // Journal of nuclear science and technology. 2007. V.44. N 1.