

ДИНАМИКА ИНФОРМАЦИОННЫХ ПОТОКОВ ПО ПРОБЛЕМЕ ПРОДЛЕНИЯ СРОКА СЛУЖБЫ АЭС

*И.М. Неклюдов, А.Г. Шепелев, Т.А. Пономаренко, Л.Д. Юрченко
ННЦ «Харьковский физико-технический институт»,
г. Харьков, Украина*

Приведены данные наукометрического анализа динамики информационных потоков по проблеме продления срока эксплуатации АЭС различных типов. Информационные поиски проведены в Международной базе данных МАГАТЭ «International Nuclear Information System» (INIS) за 1970-2003 гг. Построены графики и диаграммы распределение публикаций во времени, выяснен вклад специалистов основных стран в публикации, установлено распределение по основным языкам и типам публикаций.

По состоянию на 2002 год из 441 АЭС, эксплуатируемых в мире, около 300 отработали 15 и более лет [1]. Поэтому продление срока службы АЭС, наряду с созданием новых типов АЭС с внутренне присущей безопасностью, – генеральная стратегия развития энергетики большинства стран. Для Украины, где ~50% электроэнергии вырабатывается на АЭС, вопрос об обоснованном продлении их срока службы стоит очень остро: в противном случае почти все АЭС необходимо закрывать, начиная с 2011 года [2].

Продление срока службы АЭС до 50...60 лет – сложная и ответственная задача. Достаточно указать, что в ряде стран (например, в США [3], Японии [4], России [5]) этой проблемой на государственном уровне занимаются, начиная с 1985 года.

В первую очередь, естественно, речь идет о целостности систем, конструкций и компонентов АЭС. Корпуса реакторов и многие структурные составляющие подвержены интенсивному нейтронному облучению, что приводит к радиационным повреждениям и деградации свойств материалов.

Для физических процессов, происходящих при радиационных повреждениях, характерен огромный диапазон изменений – 15 порядков по размерам и 24 порядка по времени [6]. Поэтому выяснению процессов, действующих в этих условиях, с учётом влияния таких примесей в сталях как медь, фосфор, никель, марганец и др., посвящено значительное число работ. Только полностью изучив особенности таких процессов, как охрупчивание, распухание, коррозия, эрозия, усталость и износ, можно научно обоснованно применять, например, отжиг корпусов реакторов (особенно в области сварных соединений), ремонт или замену внутрикорпусных устройств и активной зоны, парогенераторов и т.п. Важно также вести разработки по уменьшению потока нейтронов, модификации его спектра, усовершенствованию топливного цикла, контролю химии воды.

Применение традиционных способов изучения на темплатах изменения температуры хрупко-вязкого перехода (см., например, [7]), твердости, электронной микроскопии, а также он-лайнных методов неразрушающего контроля и диагностики, включая новые методики (ультразвуковые исследования [8], дефектоскопия с использованием токов Фуко [9], аннигиляция позитронов [10], рентгеновская томография, измерение магнитных свойств [11], лазерная голография [12], применение тепловизионных датчиков [13], исследования шумов реакторов [14] и др.) дают возможность контролировать состояние материалов и осуществлять мониторинг, а также прогноз безопасной работы конкретных элементов АЭС.

Учитывая актуальность проблемы, представляло интерес проанализировать динамику соответствующих информационных потоков, используя сведения об информационных документах (далее – публикациях), введенных государствами-членами МАГАТЭ в 1970-2003 гг. в автоматизированную Базу данных INIS. Компьютерный анализ проводился по 18 ключевым словам и понятиям.

На рис. 1 приведена динамика роста количества публикаций по проблеме продления срока эксплуатации АЭС с реакторами ВВЭР/PWR, относительный вклад специалистов основных стран в публикации, их распределение по языкам и типам публикаций.

В первую очередь, естественно, речь идет о целостности систем, конструкций и компонентов АЭС. Корпуса реакторов и многие структурные составляющие подвержены интенсивному нейтронному облучению, что приводит к радиационным повреждениям и деградации свойств материалов.

Для физических процессов, происходящих при радиационных повреждениях, характерен огромный диапазон изменений – 15 порядков по размерам и 24 порядка по времени [6]. Поэтому выяснению процессов, действующих в этих условиях, с учётом влияния таких примесей в сталях как медь, фосфор.

Видно, что наблюдается постоянный рост количества публикаций и основной вклад в них (около 70%) вносят специалисты России, США, Чехии и Германии. За ними следуют публикации из Франции, Ю.Кореи, Венгрии, Японии и Украины. Из остальных стран отметим публикации из Швейцарии, СССР, Англии и Кубы.

На рис. 2 приведены данные о динамике роста публикаций по продлению срока эксплуатации АЭС с реакторами ВВР и об относительном вкладе в публикации основных стран. Более 80% публикаций осуществлено специалистами США, Японии и Германии.

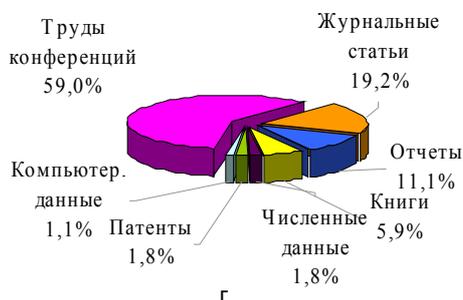
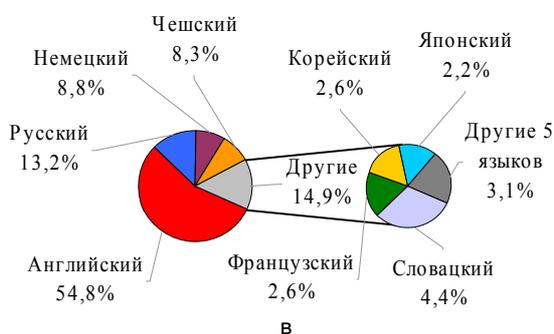
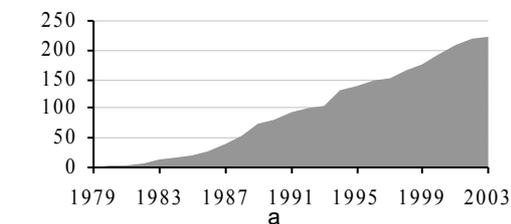


Рис. 1. Кумулятивный рост числа публикаций по продлению срока службы АЭС с реакторами ВВЭР/PWR (а). Распределение публикаций по странам (б), языкам (в) и видам публикаций (г)

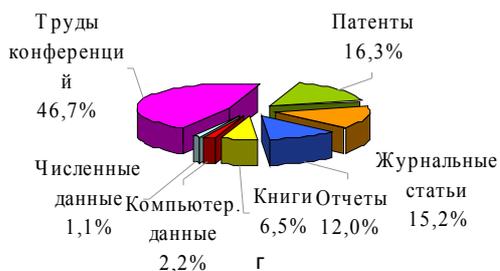
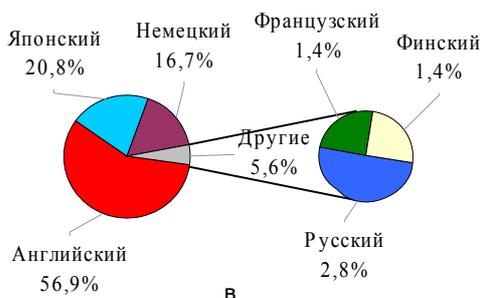
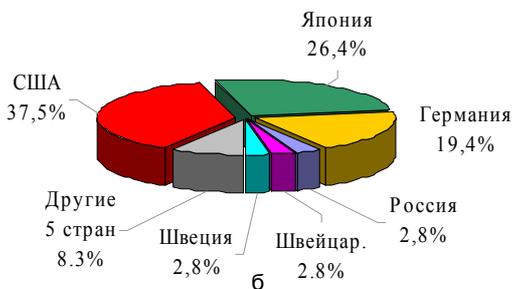
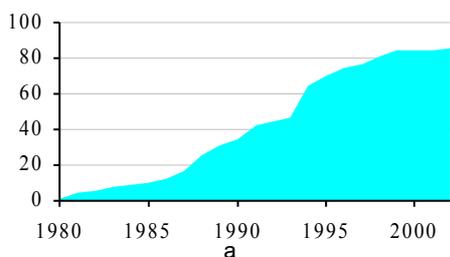


Рис. 2. Кумулятивный рост числа публикаций по продлению срока службы АЭС с реакторами ВВР (а). Распределение публикаций по странам (б), языкам (в) и видам публикаций (г)

Данные о динамике роста публикаций по продлению срока эксплуатации АЭС с тяжеловодными реакторами отображены на рис. 3. Специалисты Канады и Ю. Кореи сделали более 70% публикаций. Поскольку реакторы такого типа работают также в Индии, Румынии, Аргентине,

специалисты этих стран тоже публикуют материалы на эту тему.

На рис. 4 приведены данные о динамике роста публикаций по продлению срока эксплуатации АЭС с реакторами РБМК. Естественно, что подавляющее количество публикаций сделано специалистами России.

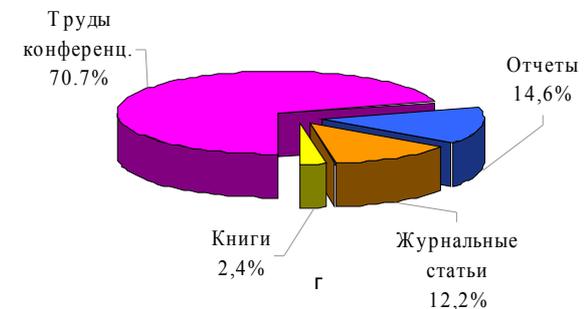
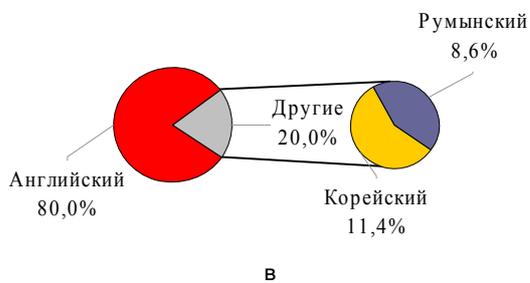
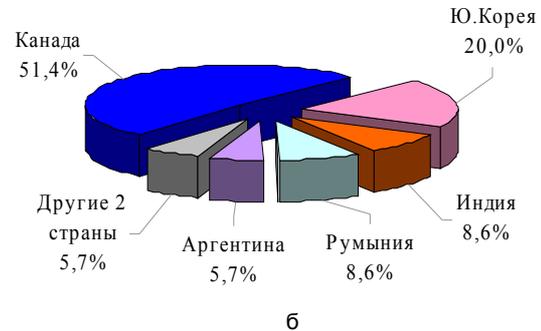
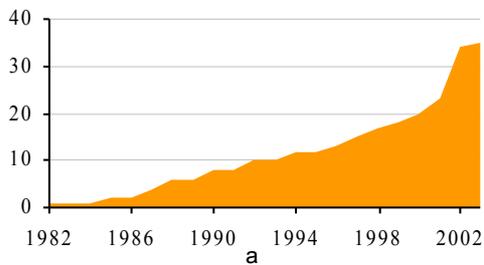


Рис. 3. Кумулятивный рост числа публикаций по продлению срока службы АЭС с реакторами CANDU (а). Распределение публикаций по странам (б), языкам (в) и видам публикаций (г)

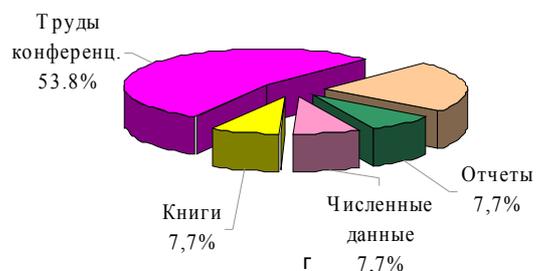
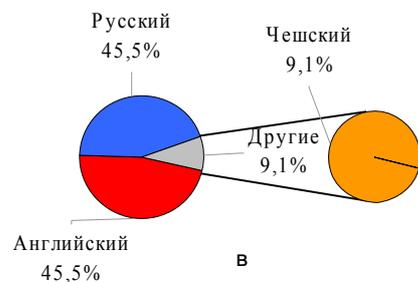
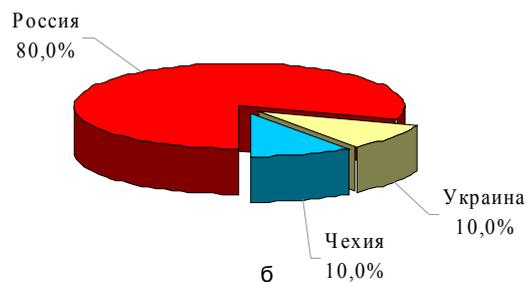
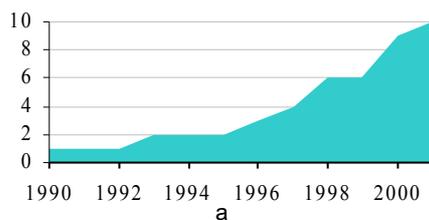


Рис. 4. Кумулятивный рост числа публикаций по продлению срока службы АЭС с реакторами РБМК (а). Распределение публикаций по странам (б), языкам (в) и видам публикаций (г)

На рис. 5 приведены данные о динамике роста публикаций по продлению срока эксплуатации АЭС с быстрыми реакторами. Около 50% публикаций выполнено специалистами России. Япония, США и Франция осуществили от 17 до 15% публикаций по теме.

Таким образом, проведенный анализ показал, что во многих странах с приближением проектных сроков окончания эксплуатации АЭС все больше внимания уделяется проблеме продления их срока службы и поддержанию соответствующего уровня безопасности. Это решение требует значительно меньше средств, чем строительство новых АЭС.

Среди ряда явлений, влияющих на работоспособность главных узлов АЭС, необходимо отметить наиболее опасные и обусловленные дейст-

вием радиации: распухание, образование дефектов, ползучесть и хрупкость, связанную с повышением температуры хрупко-вязкого перехода и уменьшение сопротивления усталостной коррозии.

Одним из наиболее критических узлов среди компонент, систем и структур АЭС является корпус реактора, чья целостность при всех режимах работы очень важна. Продлению срока эксплуатации корпуса способствует его отжиг, уменьшение потока быстрых нейтронов в результате применения экранов или реорганизации активной зоны, применения перспективного топлива и выгорающих поглотителей, а также повышение температуры в системе охлаждения и оптимизации химического состава охлаждающей жидкости.

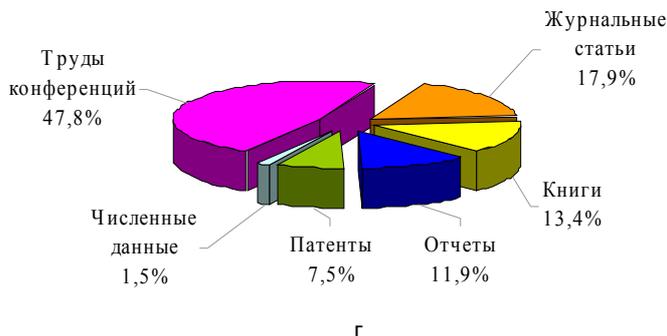
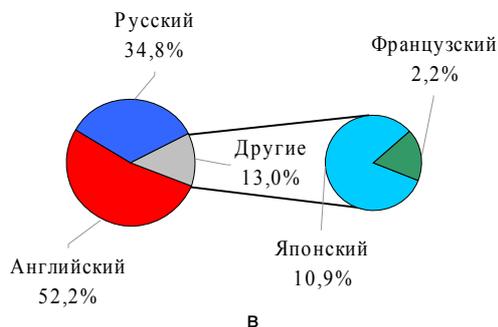
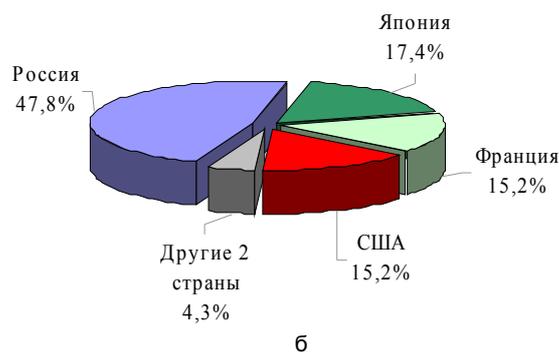
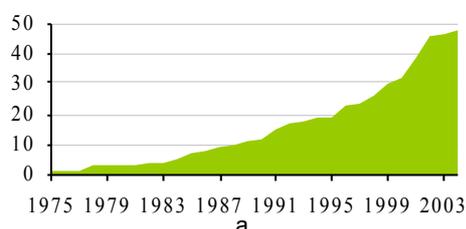


Рис. 5. Кумулятивный рост числа публикаций по продлению срока службы АЭС с реакторами FBR (а). Распределение публикаций по странам (б), языкам (в) и видам публикаций (г)

Особое значение приобретают он-лайнные методы диагностики, контроля и мониторинга узлов АЭС с применением неразрушающих физических методов исследования объемных и поверхностных свойств материалов. Интересно отметить специальную программу ЕЭС по применению новых неразрушающих методов исследования состояния реакторных материалов [15].

Работа выполнялась в рамках бюджетного финансирования на компьютерах, полученных по Гранту МАГАТЭ UKR/0/002 и Проекту INTAS 96-09.

ЛИТЕРАТУРА

1. Proc. of Symposium on Nuclear Power Plant Life Managament. Budapest, 4 - 8 Nov. 2002, IAEA, 2003, 976 p.
2. И.М. Неклюдов. Состояние и проблемы материалов атомных реакторов Украины //ВАНТ. Серия: Физика радиационных повреждений и радиационное материаловедение (81). 2002, №3, с.3.
3. A.R. Ducharme, D.D. Carlson, D.L. Harrison. United States Department of Energy nuclear plant life extension program. Intern //Symp. on Safety Aspects of the Ageing and Maintenance of Nuclear Power Plants, Vienna, 29 Jun – 3 Jul, 1987. IAEA, 1988, p. 303.
4. Й. Мишима. Японская программа совершенствования водоохлаждаемых реакторов /Доклад на конф. Европ. ядерн. общества «Будущее ядерных технологий», Санкт-Петербург, 14-18 сент. 1992 //Ат. техн. за рубежом. 1993. №3, с. 18.

- 5.А.Д. Амаев, А.М. Крюков, И.М. Неклюдов и др. Радиационная повреждаемость и работоспособность конструкционных материалов /Под ред. А.М. Паршина и П.А. Платонова, Санкт-Петербург: «Политехника», 1997, 312 с.
- 6.B.D. Wirth, G.R. Odette, R.E. Stoller. Recent progress toward on integrated multiscale-multiphysics model of reactor pressure vessel embrittlement //Proc. Mater. Res. Soc. Symp.: Advances in Materials Theory and Modeling Bridging Over Multiple – Lengths and Time Scales. (ed. V. Bulatov, L. Colombo, F.Cleri et al.), San Francisco, 16 – 20 Apr. 2001, v. 677, AA 5.2.1, 2001.
- 7.А.Д. Амаев, Ю.Н. Королев, Е.А. Красиков и др. 50 лет применению метода ударных испытаний для определения влияния реакторного облучения на сдвиг критической температуры хрупкости //Завод. лаборат. 2001, т. 67, №8, с. 47–51.
- 8.H.I. McHenry, G.A. Alers. Nondestructive characterization of embrittlement in reactor pressure vessel steels //Proc. Twenty-fifth Water Reactor Safety Information Meeting (ed. S.Montealeone), v.1, Bethesda, USA, 20-22 Oct. 1997, p. 53–58.
- 9.В.В. Горский. Роль неразрушающего контроля в решении проблемы повышения выгорания ядерного топлива в реакторах ПВР и БВР //Ат. техн. за рубежом. 1983, №1, с. 11–19.
- 10.V. Slugen, J. Hascik, R. Groene et all. Investigation of reactor steels //Materials Science Forum. 2001, v. 363-365, p. 47–51.
- 11.F. de-Backer, V. Schoss, G. Maussner. Investigations on the residual fatigue life-time in austenitic stainless steels //Nucl. Eng. Design. 2001, v. 206, N2-3, p. 201–219.
- 12.T. Matsui, A. Baba, Y. Yamashita. Newly undertaken inspections for aged nuclear power plants //Proc. of the SPIE. 2003, v. 4831, p. 171–174.
- 13.M. Giraud, P. Major, J. Gros et all. Advanced and innovative approaches to inspect the Phenix Fast Breeder Reactor //IAEA-TWGFR Technical Meeting on "Operational and Decommissioning Experience with Fast Reactors", Cadarache, France, 11-15 Mar. 2002, IAEA, Vienna, p. 258–263.
- 14.G. Por, P.A. Kantor, L.A. Sokolov. Experiences with reactor noise diagnostics system for WWER-1000 type Russian reactors //Proc. Symp. Nucl. React. Surveill. Diagnost. 1995, v.1, Avignon, France, 19-23 Jun. NEA, p. 69–77.
- 15.G. Dogman, L. Debarberis, J.-F.Coste. Aging material evaluation and studies by non-destructive techniques (AMES-NDT) – a European network project //Nucl. Eng. Design. 2001, v. 206, N2-3, p. 363–374.

ДИНАМИКА ІНФОРМАЦІЙНИХ ПОТОКІВ З ПРОБЛЕМИ ПОДОВЖЕННЯ СТРОКУ СЛУЖБИ АЕС

І.М. Неклюдов, А.Г. Шепелев, Т.О. Пономаренко, Л.Д. Юрченко

Наведено дані наукометричного аналізу динаміки інформаційних потоків по проблемі подовження терміну експлуатації АЕС різних типів. Інформаційні пошуки проведено в Міжнародній базі даних "International Nuclear Information System" (INIS) за 1970-2003рр. Побудовані графіки та діаграми розподілення публікацій в часі, вияснено вклад спеціалістів основних країн в публікації, встановлено розподіл по основним мовам та типам публікацій.

DYNAMICS OF DATA FLOWS ON THE PROBLEM OF EXTENDING THE NPP SERVICE LIFE

I.M. Neklyudov, A.G. Shepelev, T.A. Ponomarenko, L.D. Yurchenko

Data from the scientific-metric analysis of the dynamics of data flows on the problem of extending the service life of various NPP are reported. The search for information was made in the IAEA DataBase "International Nuclear Information System" within the period 1970-2003. Graphs and time distribution diagrams of publications are constructed, the contribution of main countries involved to the data array is determined, the distributions of publications in the basic languages and types are found out.