

ОСОБЕННОСТИ ВЫЧИСЛЕНИЙ В МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕСУРСОМ ТРУБНОГО ПУЧКА ПАРОГЕНЕРАТОРА

О.М. Гулина, Н.Л. Сальников, В.П. Политюков, В.С. Арефьев

Обнинский институт атомной энергетики НИЯУ МИФИ, г. Обнинск



Разработан алгоритм, реализующий математическую модель линейного стохастического фильтра для сборки теплообменных трубок парогенератора. В силу большой размерности задачи сформулированы критерии и выбран Excel как среда реализации алгоритма фильтра. Проведено исследование модели на основе специально поставленных экспериментов: выполнен анализ чувствительности модели к параметрам, а также к различной эффективности проводимых профилактических мероприятий на рассматриваемом объекте.

Ключевые слова: стохастический фильтр, матрицы большой размерности, алгоритм, прогнозирование ресурса.

Key words: stochastic filter, large dimension matrix, algorithm, lifetime prediction.

ВВЕДЕНИЕ

Для высоконадежных объектов, отказы которых недопустимы ввиду дороговизны и трудностей, связанных с досрочной заменой, оценка возможности дальнейшей эксплуатации выполняется на основании информации о процессах старения в металле объекта, условиях эксплуатации и данных эксплуатационного контроля [1, 2].

Для прогнозирования ресурсных характеристик оборудования необходимо объединение большого количества разнородной информации о его материале и свойствах, об условиях эксплуатации, величине нагрузок и параметрах среды, методах контроля и его достоверности и т.д., поэтому требуется разработка сложных математических моделей процессов старения и трендов наблюдаемых или расчетных параметров, учет не только вышеперечисленных факторов, но и проводимых мероприятий по обеспечению надежности и работоспособности оборудования. Такие модели достаточно сложны в математическом плане, т.к. необходимы большие вычислительные ресурсы.

В работах [1–3] для решения такого рода задач оценки технического состояния и индивидуального прогнозирования остаточного ресурса предлагается использовать линейный стохастический фильтр [4, 5], способный учитывать не только изменение условий эксплуатации, но и проводимые мероприятия на объекте, направленные на снижение интенсивности процесса деградации.

Целью работы является оптимизация расчетов по реализации линейного стохастического фильтра и исследование построенной модели для оценки ресурса теплообменных трубок парогенератора.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Задача, поставленная в работе [3] для сборки теплообменных трубок парогенератора (ТОТ ПГ), формализована в виде линейного процесса деградации каждой из m рассматриваемых трубок трубного пучка:

$$v_n = \xi_n + G_n N_n, \quad (1)$$

$$\xi_n = C_n \cdot \eta_n, \quad (2)$$

$$\eta_{n+1} = \eta_n + B_n + F_n \cdot N_n, \quad (3)$$

где основным процессом деградации является рост коррозионной трещины в стенке трубки; (v_n, \dots, v_1) – данные контроля «нехватки металла» вихретоковым методом. Все остальные элементы подробно описаны в работе [3].

Задача фильтрации – выделить истинное значение процесса старения («нехватки металла») из имеющейся информации. Прогнозирование на один шаг вперед по данным всех предыдущих измерений (v_n, \dots, v_1) получим как оценку состояния

$$\hat{x}_{n+1} = M[\eta_{n+1} / v_n, \dots, v_1], \quad n \geq 1,$$

где $M[*/*]$ – условное математическое ожидание; \hat{x}_0 – гауссовская величина; $M[*]$ – математическое ожидание. Для одношагового предиктора [5, 6] формулы расчета будут следующими:

$$\bar{x}_n = (E - K_{n-1} \cdot C_{n-1}) \bar{x}_{n-1} + B_{n-1} + K_{n-1} v_{n-1}, \quad (4)$$

$$\hat{x}_n = \bar{x}_n + K_n (v_n - C_n \bar{x}_n), \quad \bar{x}_0 = M[\eta_0], \quad (5)$$

где матрицы $K_n = P_n C_n^* (G_n G_n^*)^{-1}$; $P_n = [E + H_{n-1} C_n^* (G_n G_n^*)^{-1} C_n]^{-1} H_{n-1}$;

$$H_{n-1} = P_{n-1} + F_{n-1} F_{n-1}^*; \quad P_0 = M[(x_0 - \hat{x}_0)(x_0 - \hat{x}_0)^*].$$

В построенной модели размерность матриц в общем случае соответствует количеству трубок m в сборке: для ВВЭР-1000 это, например, 11000 штук. В этом случае размерность матрицы 11000x11000. Очевидно, что для расчетов по модели требуются огромные вычислительные ресурсы. Для упрощения задачи реализации теоретической модели можно внести ряд допущений.

1. Поскольку замеры проводятся по всей длине трубки, заменяем множество результатов замеров одним с максимальным значением «нехватки металла». Это позволит уменьшить размерность задачи (нет координаты x).

2. Проводимые мероприятия приводят к уменьшению скорости процессов деградации. Следовательно, необходимо учесть эффективность мероприятий при реализации задачи.

3. Большой объем контроля (~ 2000 ТОТ в год для ВВЭР-1000 в настоящее время и более 3000 по новому регламенту контроля) требует разработки процедур внесения данных в программный комплекс. Значит, необходимо разработать стандарт хранения и требования к исходным данным.

4. Алгоритм фильтра содержит большое количество действий с матрицами, в общем случае большой размерности. Оптимизация вычислений в данном случае включает в себя не только процедуру действий (умножение матриц и нахождение обратной), но и выбор соответствующей среды, позволяющей работать с большим объемом данных.

Поэтому задачами данной работы являются следующие:

- выбор программного обеспечения для оптимизации расчетов;
- алгоритмическая реализация модели фильтра;
- исследование модели.

ВЫБОР СРЕДЫ РЕАЛИЗАЦИИ

Для реализации алгоритма фильтра (1)–(5) были рассмотрены три приложения: *MathCad* 12.0, *MatLab* 6.5 и *MS Excel* 2007. Выбор альтернатив [7] обусловлен тем, что работа в *MathCad* ведется на специализированном листе в графическом виде – это существенно упрощает написание алгоритмов и понимание записей третьими лицами.

MatLab поддерживает n -мерные массивы, позволяет писать собственные функции и программы. Кроме того, *MatLab* свои программы расчета позволяет привязать к графическому интерфейсу пользователя.

MS Excel 2007 содержит встроенные функции по работе с матрицами и векторами. Интерфейс этого приложения знаком большинству пользователей ПК, что скажется на скорости освоения написанной программы.

Для решения задачи выбора были выделены следующие факторы:

- возможность работы с матрицами высокого порядка;
- скорость выполнения операций с матрицами;
- точность полученных расчетов;
- удобство и простота использования.

Для проведения исследования использована квадратная тестовая матрица порядка 3000. Из нее выделены матрицы с порядком, кратным 100, начиная со 100. Для получения обратной матрицы необходимым условием является ее невырожденность, поэтому был предложен и использован следующий алгоритм для получения тестовой матрицы с детерминантом, равным двум:

$$a_{ij} = j + \min(i, j),$$

где a_{ij} – элемент матрицы i -ой строки j -го столбца; \min – функция выбора минимального значения из списка значений.

Часть матрицы представлена на рис. 1.

Таким образом, любая квадратная матрица, выделенная из исходной, начиная с элемента a_{11} , всегда будет иметь детерминант, равный двум.

К сожалению, оба математических пакета не удовлетворяют первому критерию. *MatLab* не может выводить результат расчета, если количество колонок превышает

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
3	4	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
4	5	6	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
5	6	7	8	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
6	7	8	9	10	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
7	8	9	10	11	12	13	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
8	9	10	11	12	13	14	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	24	24	24	24	24	24	24	24
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	26	26	26	26	26	26	26
14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	28	28	28	28	28	28
15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	30	30	30	30	30
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	32	32	32	32
17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	34	34	34
18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	36	36
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	38
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40

Рис. 1. Фрагмент тестовой матрицы

254. У *MathCada* допустимый размер 600. Возможно, более современные пакеты смогут увеличить размерность обрабатываемых матриц. Размер матрицы для *Excel* ограничен оперативной памятью компьютера. Так, на 1 Гб оперативной памяти компьютера максимальный размер обратной матрицы составляет 2800×2800 , а для умножения – 2100×2100 . Но при этом необходимо очистить оперативную память от всех процессов кроме системных.

Для работы с матрицами порядка 3000 использовался компьютер с 2 Гб оперативной памяти и 2-ядерным процессором с частотой 2,13 ГГц. Обработка матриц с порядком ниже 1000 происходит за несколько секунд. Субъективно, *Excel* работает медленнее, но не намного. Так, получение обратной матрицы или умножение матриц порядка 1000×1000 происходит за 40 секунд. Те же действия для размерности 3000×3000 занимают около 18,5 мин. Зависимость времени расчета прогнозного значения «нехватки металла» на один шаг (одна реализация предиктора фильтра) от количества ТОТ приведена на рис. 2 для разных компьютеров (отличаются частотой и объемом оперативной памяти).

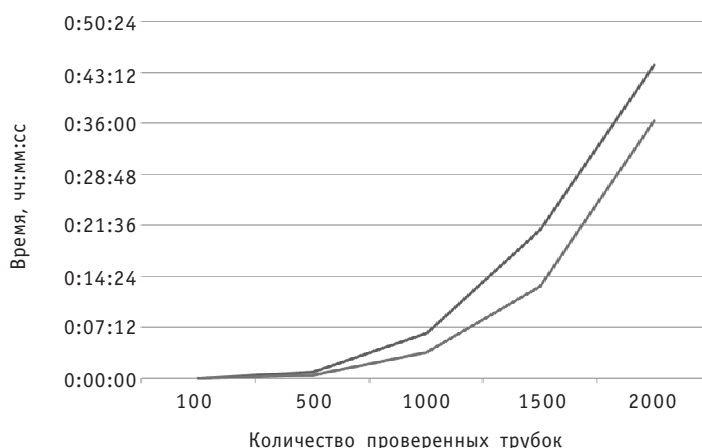


Рис. 2. Зависимость времени расчета на один шаг от количества ТОТ (верхний график – 2,13 ГГц, Intel Core 2CPU с 2 Гб ОЗУ, нижний – 3,1 ГГц, i5, 4CPU с 3,16 Гб ОЗУ (физически 4 Гб, но 32-разрядная система видит только 3))

Точность расчетов для всех пакетов оказалась одинаковой. На данном этапе исследования самым удобным и простым инструментом оказался *Excel*, т.к. занесение данных и вывод результатов происходит в одной книге. Математические пакеты для ввода массивов размерностью больше 100 используют CSV-файлы, которые удобнее делать в том же *Excel*. Результат расчетов также выводится в CSV-файл и открывается тем же *Excel*.

РЕАЛИЗАЦИЯ АЛГОРИТМА ФИЛЬТРА В СРЕДЕ MS EXCEL 2007

Построение машинной модели

Для реализации алгоритма фильтра с помощью *MS Excel 2007* достаточно прописать последовательность функций, каждая из которых занимает свою страницу и рассчитывает одну из операций. Например, для умножения матрицы на обратную сначала нужно создать страницу с формулой получения обратной матрицы, затем на следующей странице выполнить операцию умножения матриц. Таким образом, можно считать матрицы, даже не обладая навыками программирования. Достаточно выучить три операции над матрицами (получение обратной матрицы, транспонирование матрицы и умножение матриц), добавить к этому арифметические опе-

рации сложения и вычитания и можно реализовать практически любой алгоритм, основанный на работе с матрицами. Этот способ имеет и свои недостатки.

- Нельзя варьировать размерность матрицы. Формула, написанная для работы с матрицами размерностью 100×100 , применима только к матрицам с этой размерностью. Если необходимо изменить размерность хотя бы на единицу, придется переписывать все расчетные формулы заново – теряется универсальность расчетов.

- В зависимости от настроек формулы могут рассчитываться автоматически или вручную. В первом случае при открытии файла с матрицами размерностью 1000×1000 , например, все формулы будут пересчитываться, и файл откроется с ощутимой задержкой. В эксперименте файл с квадратной матрицей размерностью 3000×3000 ячеек, содержащий только формулу получения обратной матрицы, открывался около 15-ти минут. При отключении автоматического расчета, т.е. вероятности «человеческого фактора», пользователь забывает пересчитать одну из формул и получает неверные значения – теряется привлекательность для пользователя.

- Каждая формула занимает больше места в памяти компьютера и на жестком диске при хранении, чем значения. Высвободить память при открытом файле с формулами невозможно. Возникает риск переполнения памяти, что приведет к отказу выполнения расчетов.

Для того чтобы избежать всех перечисленных ограничений, можно воспользоваться встроенным языком программирования *Visual Basic for Application (VBA)*. Так как *VBA* позволяет объявлять переменные, то мы сразу решаем проблему ограничения статического размера матрицы и переходим к динамическому расчету. Кроме того, все операции над матрицами, кроме сложения и вычитания, проводятся в оперативной памяти, после чего память очищается. Тем самым экономится ресурс компьютера и можно реализовать алгоритмы с большим числом действий, чем используя просто формулы. Чтобы сократить время расчетов, суммирование и вычитание матриц проводят, заменяя формулы на значения, экономя ресурсы компьютера. Время сокращается за счет того, что не проводятся поэлементные операции с матрицами, а считается вся матрица целиком.

Более того, т.к. формулы хранятся в виде текста кода, то при закрытии файла можно удалить все промежуточные расчеты и сохранить только результат, что опять же скажется на размере хранимого файла. Так, тестовый файл с исходной квадратной матрицей размера 3000×3000 и формулой получения обратной матрицы занимает более 50 Мб, а файл с программой и полученными результатами – не более 10 Мб. Для одношагового прогноза понадобится минимум 20 вспомогательных закладок. Для каждого последующего шага еще столько же. При реализации в *VBA* запускается цикл, и используются одни и те же вспомогательные страницы, а данные на них просто перезаписываются.

На современном компьютере пользователя объем оперативной памяти позволяет хранить и обрабатывать большое количество переменных, что очень важно для расчетов матриц высокого порядка. Для работы с матрицами больших порядков (>2500) желательно иметь компьютер с объемом оперативной памяти от 2 Гб (лучше 3 Гб). Поскольку *Excel 2007* поддерживает параллельные вычисления на нескольких ядрах одновременно, это позволяет сократить время расчетов в несколько раз.

Для обработки матрицы большего размера рассматривается алгоритм, при котором будет очищаться полностью ОЗУ и закрываться расчетная программа. Для этого используется подпрограмма, которая вызывает расчетную и передает в нее

только некоторые индексы, а не матрицы и векторы. Ожидаются потери по времени исполнения расчетов, но обеспечивается выигрыш в количестве проводимых операций.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАШИННОЙ МОДЕЛИ

Задачами исследования машинной модели являются

- определение влияния погрешности метода измерения на срок эксплуатации;
- получение оценки зависимости срока эксплуатации TOT от коэффициента взаимовлияния соседних трубок;
- оценивание зависимости срока эксплуатации TOT от эффективности ППР.

Оценка влияния погрешности метода измерения на прогнозируемый срок эксплуатации

Погрешность метода вихретокового контроля (ВТК) может варьироваться от 10 до 30%. Для оценки влияния погрешности на остаточный ресурс необходимо выполнить прогноз остаточного ресурса TOT в циклах между ППР (рис. 3). Здесь погрешность проведения ВТК принималась равной 10, 15, 20, 25, 30%. На графике также нанесен критический уровень глушения TOT, равный 60%.

Следует учесть, что первыми достигали критического уровня трубки, износ которых на начальном этапе составлял более 30%. Поэтому на графике минимальное значение исходной «нехватки металла» по оси Y стоит 30%. В приведенном масштабе влияние погрешности ВТК оказалось неразличимым для вышеупомянутых значений погрешности.

При этом наблюдается нелинейное увеличение скорости роста трещин. Если при начальной глубине дефекта 35% через 17 точек контроля (ППР), скорее всего, трубка будет заглушена, то при начальных 15% через 17 ППР мы получим глубину дефекта менее 20% (рис. 4). Этот факт позволяет оценить допустимую входную толщину дефекта (глубину трещины), при которой трубка не достигнет кри-

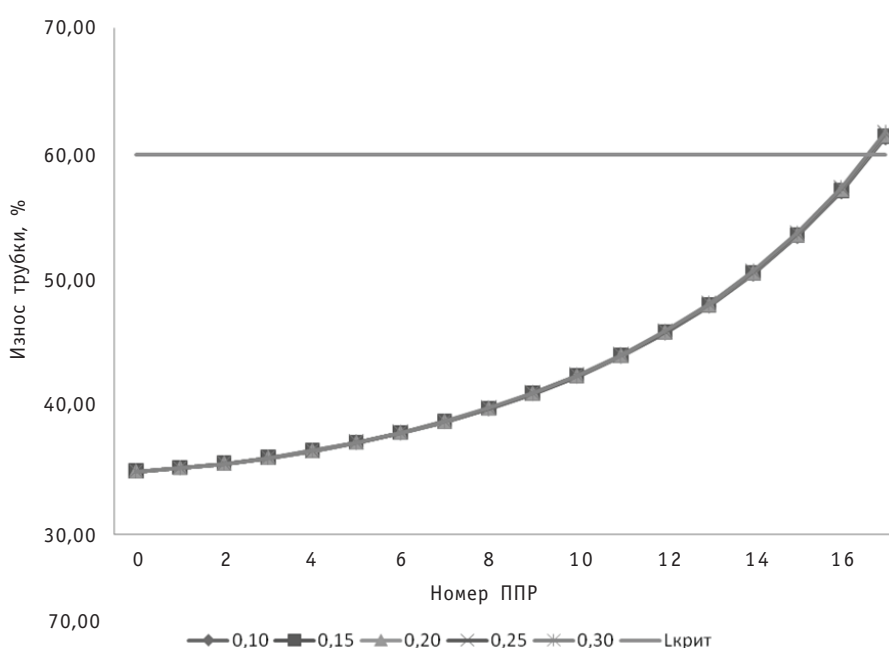


Рис. 3. Анализ влияния погрешности ВТК на срок эксплуатации TOT

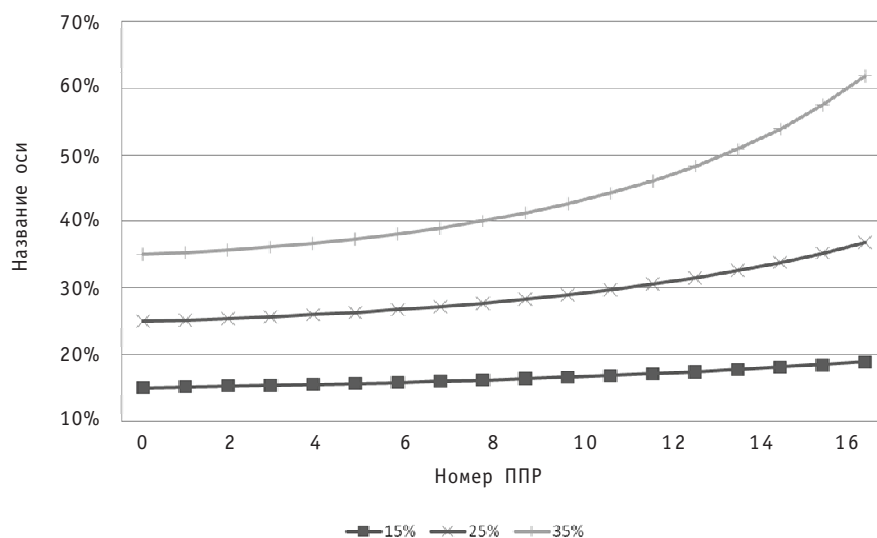


Рис. 4. Зависимость скорости роста трещины в трубке от состояния трубки

тического уровня за назначенный срок эксплуатации. Подтверждается качественная сторона правильной реализации алгоритма – чем меньше глубина исходного дефекта, тем медленнее растет трещина.

Оценка взаимовлияния соседних трубок

Фильтр разработан для общего случая, поэтому предусмотрено влияние ТОТ друг на друга. Для ТОТ ПГ ВВЭР, как показано в [1], трубки, расположенные на разной высоте в трубной решетке, оказываются в разных условиях эксплуатации, связанных с различной загрязненностью теплообменной поверхности, поэтому следует ожидать одинаковой интенсивности повреждений у трубок, расположенных на одной высоте. Взаимовлияние соседних трубок в модели учитывается параметром δ в корреляционной матрице R [3]. Для БН проблема взаимовлияния соседних трубок существует в другом виде и связана, например, с наличием сквозного дефекта на ТОТ (может произойти так называемое факельное распространение повреждений).

Оценка срока службы ТОТ ПГ в зависимости от эффективности проведения ППР

В период ППР возможно проведение профилактических мероприятий, в результате чего уменьшается повреждающее воздействие среды (замедляется рост трещин) в трубках парогенератора. В результате остаточный срок эксплуатации трубок возрастет. На основании лабораторных исследований и натурных экспериментов определены мероприятия, которые могут существенно снизить скорости повреждающих процессов. Однако достаточно сложной в теоретическом плане является проблема отражения эффективности проводимых мер на остаточный ресурс. Кроме того, степень влияния этого воздействия необходимо подтверждать специальными экспериментами. Однако можно приблизительно оценить чувствительность модели к эффективности проводимых мер. Поэтому логика рассуждений в данном случае может быть следующей: поскольку проводимые мероприятия изменяют интенсивность повреждения, т.е. (в нашем случае) скорость роста трещины, то введем соответствующий коэффициент в уравнение для скорости роста коррозионной трещины пропорционально скорости роста:

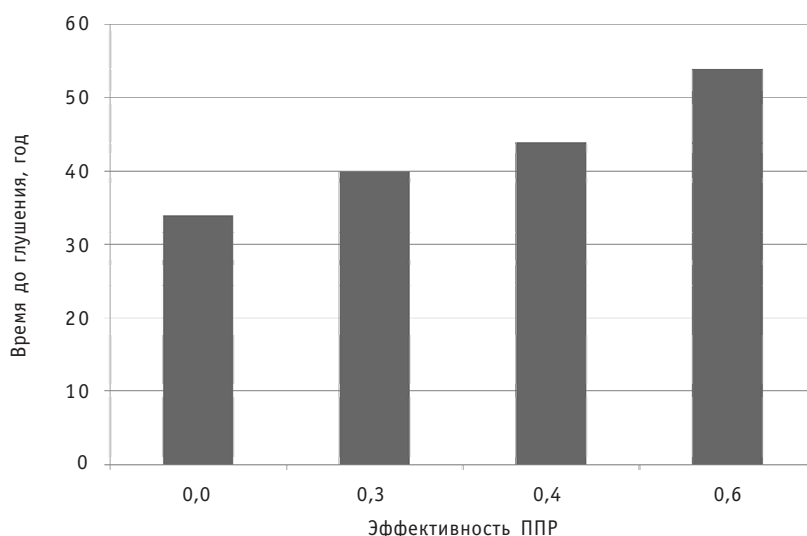


Рис. 5. Зависимость срока службы TOT от эффективности ППР

$$\frac{dl}{dt} = C(1-\chi) \cdot K_I^m,$$

где χ – эффективность меры в %. Так, эффективность $\chi = 30\%$ соответствует снижению скорости трещины на 30% и т.д. Зависимость срока эксплуатации трубок от эффективности проведенного мероприятия в очередной ППР представлена на рис. 5.

Как видно из гистограммы, существует нелинейная зависимость срока службы трубок от эффективности проведения ППР. И если 30%-ная эффективность дает продление всего на 18%, 40%-ная эффективность – на 29%, то при 60%-ной эффективности получаем увеличение ресурса на 59%.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При применении стохастического фильтра для прогнозирования состояния трубного пучка парогенератора возникает ряд проблем, связанных с проведением вычислительных процедур с матрицами большой размерности, элементы которых содержат данные по состоянию трубного пучка. Однако избежать это можно, если ввести ряд допущений, основанных на априорном анализе задачи и имеющейся информации, оптимизации программного кода и использовании оперативной памяти компьютера.

Программная реализация алгоритма стохастической фильтрации позволила провести ряд вычислительных экспериментов, которые показали возможность работы с матрицами высокого порядка с приемлемой скоростью, достижением необходимой точности расчетов, а также простотой и удобством использования.

Эффективно проведенный ППР позволяет существенно продлить срок эксплуатации TOT. Выбор мероприятий при этом должен быть выполнен как с учетом их эффективности, так и стоимости.

Литература

1. Гулина О.М., Корниенко К.А., Политюков В.П., Фролов С.А. Применение метода стохастической фильтрации Калмана для прогнозирования ресурсных характеристик парогенератора АЭС // Атомная энергия. – 2006. – Т. 101 (4). – С. 313-316.
2. Гулина О.М., Павлова М.Н., Политюков В.П., Сальников Н.Л. Оптимальное управление ресурсом парогенератора АЭС // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2008. – № 4. – С. 25-30.
3. Гулина О.М., Сальников Н.Л., Политюков В.П. Управление ресурсом тепломеханического оборудования в условиях старения методами системного анализа данных // Известия вузов. Ядерная энергетика. – 2012. – № 1. – С. 51-56.
4. Острейковский В.А., Сальников Н.Л. Вероятностное прогнозирование работоспособности элементов ЯЭУ. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 416 с.
5. Балакришнан А.В. Теория фильтрации Калмана. – М.: Мир, 1988. – 168 с.
6. Ширяев А.Н. Вероятность. – М.: Наука, 1982. – 581 с.
7. <http://hacker.3dn.ru/publ/6-1-0-71>

Поступила в редакцию 2.04.2012

ABSTRACTS OF THE PAPERS

УДК 621.039.586

Assessment of Consequences Hypothetical Nuclear Accident of the Reactor MARS Installation \Yu.A. Kazanskiy, E.S. Matusevich; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2012. – 6 pages, 3 tables 3 illustrations. – References, 3 titles.

The assessment of radiating consequences of hypothetical nuclear accident of the medical reactor MARS is given. It is shown that there is no significant radioactive irradiation of the population and environmental pollution, and the personnel is by own efforts capable to eliminate its consequences.

УДК 621.039.586

The mathematical Model of Prompt-Critical Disassembly Excursion of an LMFBR \M.V. Kascheev, I.A. Kuznetsov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2012. – 11 pages, 4 illustrations. – References, 12 titles.

The mathematical model of processes of prompt-critical disassembly excursion of an LMFBR is developed. The model is realized in two-dimensional program ANPEX which allows to calculate accident development at occurrence of secondary criticality in the fused core. The description of results of testing of the program and results of calculation of stage of instant criticality by means of code ANPEX for BN-600 is given.

УДК 621.039.51

The Beryllium Reflector Effects on Neutron-Physical Characteristics of the VVR-c Reactor Core \O.Yu. Kochnov, V.V. Kolesov; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2012. – 4 pages, 7 tables. – References, 1 title.

The paper presents the results of neutron-physical calculations of the modified reactor core of the VVR-c. As a result of computational research we showed a significant increasing of the reactivity margin when beryllium reflector blocks are introduced into the reactor core of the VVR-c.

УДК 621.039.534

Possibility of the Usage of the Lead Enriched with the Isotope Lead-208 from Thorium Ores and Minerals for Nuclear Energy Needs \G.L. Khorasanov, A.I. Blokhin, A.A. Valter; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2012. – 13 pages, 3 tables, 8 illustrations. – References, 26 titles.

In the paper the usage of radiogenic lead recovered from thorium ores and minerals is investigated as a possible liquid heavy metal coolant for Fast Reactors (FRs) and Accelerator Driven Systems (ADSs). This radiogenic lead is strongly enriched with Pb-208 isotope, which is characterized with very low neutron capture cross sections at low and intermediate energies (5 eV-50 keV). The FR or ADS coolant based on Pb-208 is very attractive material from the view point of neutronics that brings the possibility of minimization of fuel loading, enhancing fuel breeding and transmutation of long-lived fission products, geological and economical aspects of acquisition of large quantities of radiogenic lead are discussed. Nowadays in the Russian Federation and the Ukraine loparit ores and monazite minerals are reprocessed for production of rare metal raw. Thorium and lead are not required now and they are deposited in sludge. The conclusion is made that to obtain the minimum amount of required in future radiogenic lead (65 t/year) for small sized FRs and ADSs the very large quantities of ores or minerals must be reprocessed and acquisition of radiogenic Pb-208 can be economically acceptable as a co-product of rear metal raw.

УДК 621.039.58

Optimal Management by NPP Equipment Lifetime. Calculation Procedures \O.M. Gulina, N.L. Salnikov, V.P. Politukov, V.S. Arefiev; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetika» (Communications of Higher Schools. Nuclear Power Engineering) – Obninsk, 2012. – 9 pages, 5 illustrations. – References, 7 titles.

Linear stochastic filter algorithm is developed for steam generator heat-exchanged tubes assembly. Due to large dimension of mathematical model there are some criteria are formulated and Excel is choose as media for filter algorithm realization. The model researching is performed: analysis of model to different parameters, including efficiency of preventive measures performed.