

–эргономичным средством передачи Заказчику результатов диагностического сопровождения ПНР;
продуктом, ориентированном на выполнение функции информационного обеспечения ИТПЭ для эффективной и безопасной реализации стратегии обслуживания оборудования «по техническому состоянию» с учетом текущего фактического остаточного ресурса.

Automation of Processing of Results of Diagnostic Support During the Commissioning of NPP Power Units

Kavrishvili Z.O., Rachkov V.L.

Rostov branch “Rostovatomtecheno” of JSC “Atomtecheno”, Volgogradsk, Rostov region

Abstract – Modern technical diagnostics allows inspecting an equipment by numerous methods of non-destructive control, which complement each other and increase the veracity of the technical condition grade. The combination of large quantity of diagnostic data and different of diagnostic methods go to the need to integrating of diagnostic information streams in a single information system which automates the collection and processing of diagnostic parameters. The specialists of “Rostovatomtekhenergo” have designed and implemented the information system with the necessary properties.

Keywords: automated system, diagnostic parameters, equipment diagnostics, equipment of power units of NPP.

УДК 621.039.5 : 621.039.544.8 : 621.039.534.63

Пути повышения коэффициента воспроизводства быстрых реакторов с оксидным топливом и натриевым теплоносителем

А.К. Арутюнян, С.Б. Выговский, А.Г. Хачатрян

Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва

В настоящей работе приведены результаты численных исследования, пути повышения коэффициента воспроизводства быстрых реакторов с оксидным топливом и натриевым теплоносителем. Целью данной работы является исследование и обнаружение топлива или топливного сочетания с наилучшими технико-экономическими показателями для реакторной установки БН-800[4], которые позволят улучшить не только экономические показатели, но и эффективность всего предреакторного цикла. В работе рассмотрены влияния нескольких важнейших факторов на экономические показатели и эксплуатационные характеристики реактора. Этими факторами являются использование разных топлив и топливных сочетаний, геометрические размеры реактора, распределение обогащенного топлива в активной зоне, а также изменение удельного объема топлива в разрешенных пределах.

Ключевые слова: коэффициент воспроизводства, коэффициент неравномерности, топливный цикл, активная зона.

Сначала для расчета был выбран реактор с однородной активной зоной окружена боковым экраном толщиной 40 см. Потом были выбраны 8 видов топлива. Расчет приведен для свежего и средноизотопического состава топлива. Результаты расчетов показаны в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Расчет для свежего и средноизотопического состава топлива [Calculation for fresh and medium isotope composition of fuel]

Кэфф=1	U	Pu	U+Th	O+U	O+U(m)	Э+U	Э+U(m)	Э+Th
X %	15,09	11,98	12,7	12,52	12,22	14,99	14,17	17,92
KB _{АЭ}	0,644	0,913	0,867	0,952	0,918	1,046	1,023	0,997
KB _{ЭЭ}	0,133	0,165	0,107	0,162	0,166	0,18	0,177	0,138
KB _Р	0,777	1,078	0,974	1,114	1,084	1,226	1,2	1,135
KB _{АЭСР}	0,701	0,887	0,835	0,925	0,902	1,0022	0,984	0,963
KB _{ЭЭСР}	0,145	0,173	0,115	0,173	0,179	0,119	0,188	0,142
KB _{РСР}	0,846	1,063	0,95	1,098	1,081	1,192	1,172	1,105

Как видно из таблицы 1 энергетический плутоний с чистым ^{238}U имеет самый высокий коэффициент воспроизводства в активной зоне и получается больше единицы. Но с экономической точки зрения отчистка или обеднение урана – затратный процесс, и для поддержания реактора в критичном состоянии необходимо немного увеличить обогащение топлива по сравнению с энергетическим плутонием с природным ураном. Для дальнейшего исследования из всех вышеперечисленных топливных видов выберем оружейный плутоний с природным ураном и энергетический плутоний с природным ураном. Рассмотрим влияние геометрических размеров на основные параметры реактора, в основном на КВ (Коэффициент воспроизводства).

Из рассматриваемых вариантов оптимальным выбором активной зоны является $q_v = 300$ Вт/л. С увеличением диаметра активной зоны увеличивается КВ и чем больше, тем лучше, но это приводит к уменьшению КВ в боковом экране, что уменьшает его эффективность. Уменьшение утечки нейтронов из активной зоны приводит к уменьшению начального обогащения топлива, что с точки зрения экономики очень выгодно, но также приводит к увеличению НПЭР-а (Натриевый пустотный эффект реактивности).

Был проведен расчет для выравнивания радиального тепловыделения. Для этого мы выбрали, как делящийся материал энергетического плутония в первом случае с природным ураном, так и с торием во втором случае, и разделили активную зону на 3 зоны, пытаюсь приблизить значение K_g к единице, но меньше 1,1 не получилось. Выравнивание энерговыделения приводит к уменьшению КВ.

Как знаем КВ можно увеличить с помощью увеличения объемной доли топлива в 1 см^3 . Для увеличения объемной доли топлива необходимо сделать теплогидравлический расчет [2].

Но как показывал эксплуатационный опыт при работе реактора коэффициент теплопроводности (λ) падает из-за накопления продуктов деления и зависимость λ от глубины выгорания (V_u) облученного твердого $(U + Pu)\text{O}_2$ с плотностью 95% от теоретической можно оценить следующем выражением [5]:

$$\lambda_{\text{топ}} = [0,1148 + 0,0035 \cdot V_u + 2,475 \cdot 10^{-4} \cdot (1 - 0,00333 \cdot V) \cdot T]^{-1},$$

где T является локальной температурой топлива в $^{\circ}\text{C}$ и V_u - локальное выгорание топлива в $100 \text{ МВт}\cdot\text{сут}/\text{кг}$ [3].

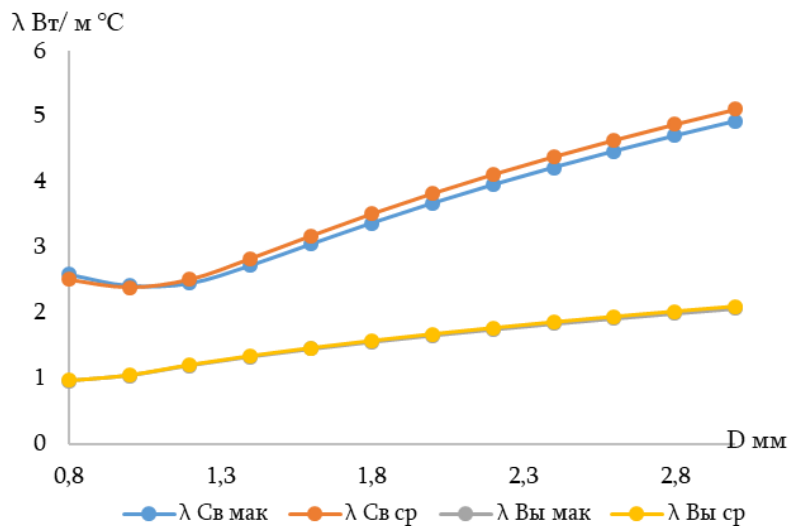


Рисунок 1 – Теплопроводность твердого (U-Pu)O₂, при выгораниях 0 ÷ 100 МВт·сут/кг [The thermal conductivity of solid (U-Pu) O₂, at a burnout of 0 ÷ 100 MW·day/kg.]

Исходя из результатов проведенного расчета, смогли уменьшить диаметр центрального отверстия от 1,8 мм до 0,8 мм, а максимальную температуру, которая получается в поверхности центральной отверстия топливного сердечника для максимально напряженного и выгорающего топлива не больше 2420 °С, что вполне находится в допущенном интервале. Необходимо отметить, что в среднем выгорание не превышает 80 МВт·сут/кг, а расчет был проведен для 100 МВт·сут/кг.

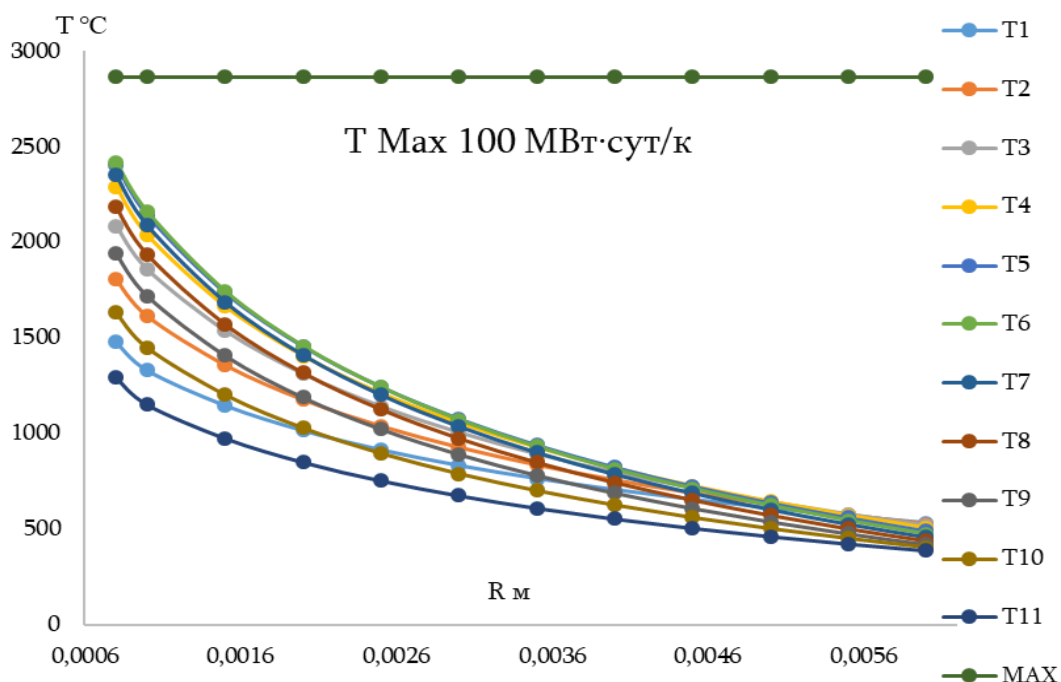


Рисунок 2 – Зависимость температуры твэла из глубины выгорания по радиусу [The dependence of the temperature of the fuel rod from the burnout depth along the radius]

Из теплогидравлического расчета получили, что можно увеличить объемную долю топлива с $\epsilon_T = 0,4588$ до $\epsilon_T = 0,4952$ за счет центрального отверстия без изменения внешнего диаметра таблетки и оболочки соответственно.

Рассмотрим еще один вариант, поскольку торий также обладает высокими

показателями, таких как сравнительно высокий КВ (табл. 2). Его можно добавлять в топливо вместо ^{238}U , как воспроизводящий материал с энергетическим плутонием.

Таблица 2 – Результаты проведенного расчета

Кэфф=1	Th = 0	Th = 12,5	Th = 0,25	Th = 0,5	Th = 0,75	Th = 1
X %	11,79/14,74	12,29/15,41	12,69/15,97	13,51/16,7	14,04/17,69	14,56/18,33
Kr	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
КВ _{Аз}	1,117	1,121	1,123	1,115	1,1	1,076
КВ _{Бз}	0,227	0,231	0,235	0,234	0,233	0,23
КВ _р	1,343	1,352	1,358	1,35	1,333	1,306
В	0,0035	0,0035	0,0034	0,0034	0,0034	0,0032
КВ _{Азср}	1,056	1,064	1,066	1,06	1,045	1,022
КВ _{Бзср}	0,213	0,201	0,199	0,195	0,191	0,188
КВ _{рср}	1,269	1,264	1,264	1,314	1,236	1,21

Из таблицы видно, что увеличение количества торий в топливе сначала приводит к увеличению КВ, а потом к падению. Но с увеличением количества торий увеличивается доля делящегося материалов необходимых для поддержания реактора в критическом состоянии.

Заключение

Расчеты показывали, что применение МОХ топлива в быстрых реакторах приводит к существенному увеличению КВ, примерно 1,4 раз. Так же геометрические размеры играют существенную роль, как на теплогидравлических параметрах, так и на нейтронно-физических характеристиках. Энерговывравнивание приводит к уменьшению КВ. В конце было доказано, что увеличение объемной доли топлива в 1 см³ объеме приводит к росту КВ и был получен КВ больше чем на обычных вариантах в 1,071 раза и применение смесь тория и урана как воспроизводящий материал также приводит к росту КВ приблизительно в 1,01 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Апсэ, В.А. Использование программы TIME26 в курсовом проектировании быстрых реакторов и электроядерных установок [Текст] / В.А. Апсэ, А.Н. Шмелев // – Москва : Изд-во МИФИ 2008. – 63 С.
2. Дементьев, Б.А. Ядерные энергетические реакторы [Текст] / Б.А. Дементьев. – Москва : Энергоатомиздат, 1984. – 280 с.
3. Калинин, Б.А. Ядерные топливные материалы [Текст] / Б.А. Калинин, П.А. Платонов, И.И. Чернов, Я.И. Штромбах // – Москва : Изд-во МИФИ 2008. – Т. 6, ч. 2. – 672 с.
4. Лейпунский, А. И. Реакторы на быстрых нейтронах [Текст] / А. И. Лейпунский // Атомная энергия. – 1974. – Том 36, вып. 5 – С. 341-355.
5. Kannan. I. Power Reactors [Electronic resource]. NPTEL, Mechanical Engineering. – URL <https://nptel.ac.in/courses/112101007/1> (the date of circulation: 04/27/2019).

Ways to Improve the Coefficient Reproduction of Quick Reactors With oxide Fuel and Sodium Heat Carrier

Harutyunyan A.K., Vygovskiy S.B., Khachatryan A.G.

National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow, Russia
aramharutyunyan@bk.ru

Abstract - This article presents the results of a numerical study of ways to increase the reproduction rate of fast reactors with oxide fuel and sodium coolant. The purpose of this work is to study and detect fuel or fuel combination with the best technical and economic indicators for the BN-800 reactor facility, which

will increase not only economic indicators but also the efficiency of the entire pre-reactor cycle. The paper examines the effects of several important factors on the performance of the reactor and on economic performance. These factors are the use of different fuels and fuel combinations, the geometrical dimensions of the reactor, the distribution of enriched fuel in the core, as well as the change in the specific volume of fuel within the permitted limits.

Keywords: reproduction rate, non-uniformity coefficient, fuel cycle, reactor core, thermal conductivity, melting temperature, burnout.

УДК 621.039.53: 620.179.118 (075)

Выявление дефектов в сварных соединениях методом сканирующей контактной потенциометрии

А.И. Алвахеба^{*}, В. Г. Бекетов^{}, О.В. Иванов^{***}, Т.Е. Иванова^{***}, В.И. Сурин^{*}**

^{} Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва*

*^{**} Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета МИФИ, Волгодонск, Ростовская обл.*

*^{***} ООО «Техноскан», Волгодонск, Ростовская обл.*

Метод сканирующей контактной потенциометрии (СКП) использовали для обнаружения дефектов в сварном соединении и определения их координат. Для этого был подготовлен специальный образец, сваренный ручной дуговой сваркой из двух половин аустенитной стали 12Х18Н10Т размером 200×110×13,5 мм с рабочей шириной шва 12 мм. После сварки шов был просвечен на рентгеновской установке и получен снимок радиографического контроля. По результатам измерений построены поверхностные потенциограммы и проведена идентификация изображений дефектов на потенциограммах с их изображениями на снимке радиографического контроля.

Ключевые слова: неразрушающий контроль; выявление дефектов; метод сканирующей контактной потенциометрии, сварное соединение.

ВВЕДЕНИЕ

Все электрические методы диагностики и неразрушающего контроля можно условно разделить на контактные методы и бесконтактные. В настоящей статье представлены результаты применения контактного электрофизического метода – метода СКП для контроля дефектов в сварном соединении [1].

При этом применен новый физический подход, заключающийся в том, что поверхность раздела преобразователь-образец рассматривается как чувствительный элемент преобразователя. Данное представление позволяет рассматривать возникновение диагностического сигнала на выходе преобразователя как результат влияния низкочастотных волн механических напряжений, излучаемых дефектами, находящимися в сварном соединении [2].

Обычно перенос заряда через поверхность контакта различных металлов связывают с образованием разности электрических потенциалов (потенциалов Вольта), которая возникает между контактирующими телами в условиях термодинамического равновесия и принимается равной разности работ выхода металлов, отнесённой к заряду электрона [3].

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

На предприятии ООО «Техноскан» в городе Волгодонске (Россия) подготовлен специальный образец – контрольное сварное соединение (КСС) и проведен радиографический контроль образца. Образец КСС сварен ручной дуговой сваркой из двух половин аустенитной стали 12Х18Н10Т размером 200×110×13,5 мм (рис.1). В соответствии с программой электрофизических измерений в процессе сварки сварщиком были допущены