
СЕКЦИЯ 1
ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС

УДК 621.039.54

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕЙТРОННО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЯЧЕЕК
ВВЭР С ОРГАНАМИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРИ УЧЕТЕ МАНЕВРЕННЫХ
РЕЖИМОВ**

С.К. Анисур Рахман, М.А. Увакин

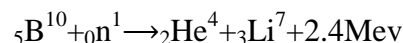
Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

Карбид бора, диспрозий, серебро и т.д. обладают множеством уникальных свойств, высоким поглощением нейтронов, химической стабильностью, высокой температурой плавления, низкой плотностью и низкой ценой. Эти элементы широко используются в энергетических реакторах ВВЭР. В этой статье было исследовано сечение поглотителя, поведение выгорания и эффективность захвата этих элементов. Если управляющий стержень (CR) изготовлен только из карбида бора и используется в режиме маневрирования, тогда потеря поглощающей эффективности управляющего стержня. Но в этой работе главная цель состоит в том, чтобы, какой элемент потребуется в управляющем стержне, в результате реактор в режиме маневрирования работает с различной мощностью без резкого падения мощности. Результат рассчитывался тремя программами GETERA, WIMS и SERPENT.

Ключевые слова: карбид бора, нейтрон, сечение поглотителя, эффективность, ВВЭР-1000, стержень управления, маневрирование, реактор, GETERA, WIMS и SERPENT.

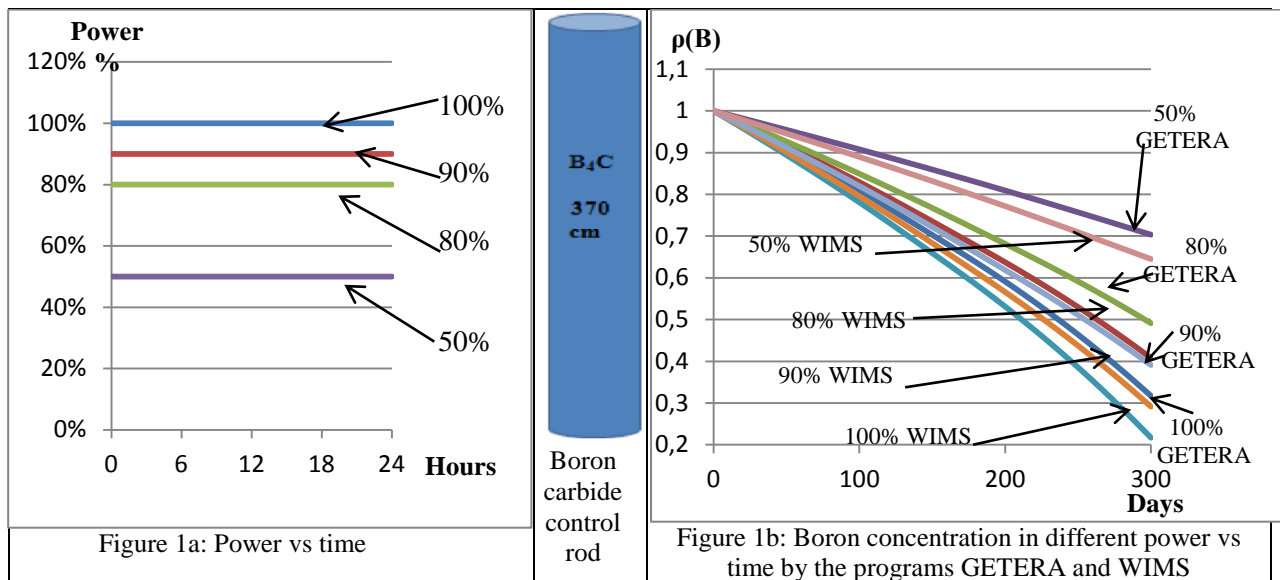
Introduction

The main requirement associated with the development and operation of nuclear reactors is the control and containment of neutrons that sustain, and are also produced during fission reaction. Boron is one of the few elements to possess nuclear properties, which proves its consideration as neutron absorber material. Boron and its compounds boric acid, boron carbide, rare-earth etc. Boron has two principal isotopes, ^{10}B and ^{11}B the effectiveness of boron as neutron absorber is due to the high absorption cross-sections. The thermal neutron absorption cross-section for ^{10}B and ^{11}B are 3837 barns and 0.005 barns respectively. The neutron absorption of natural boron-containing 20% ^{10}B is sufficiently high \sim (4000 barns) in the low neutron energy range to make it an excellent candidate for use in VVER reactors. In addition to a high absorption cross-section, boron has another advantage over other potential neutron absorber materials. The reaction products, helium and lithium are formed as stable, non-radioactive isotopes. As they do not emit nuclear radiation, decay heating problems during reactor shutdowns and transfer of depleted control rods are minimal. The (n α) reaction:



Calculation of the problems

Boron carbide has high neutron absorption. If the control rod is made only of carbide boron and is used in maneuvering mode, then the concentration of boron carbide as a function of time is shown in the figure 1b. Result was calculated by the programs GETERA and WIMS.



On the other hand, if the control rod is made of Dy_2O_3 or Ag_2O_3 and is used in maneuvering mode, then the dysprosium concentration and silver concentration as a function of time are shown in the figure 2. But this figure 2 shows that the concentration of dysprosium or silver changes less than boron. Result was calculated by the programs SERPENT and WIMS.

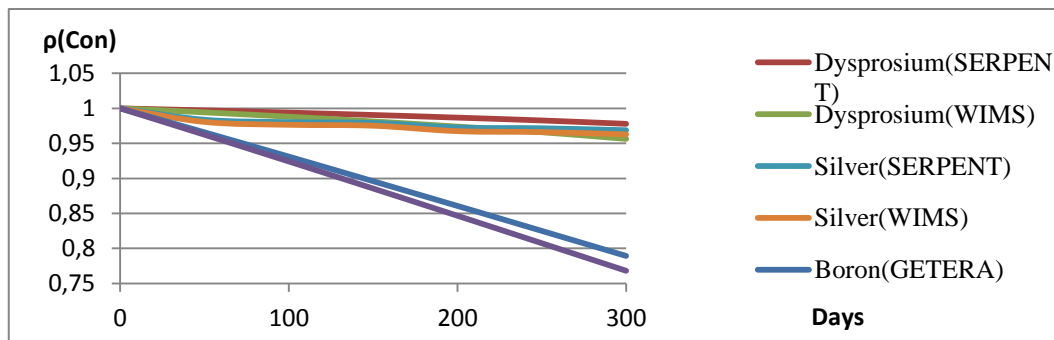


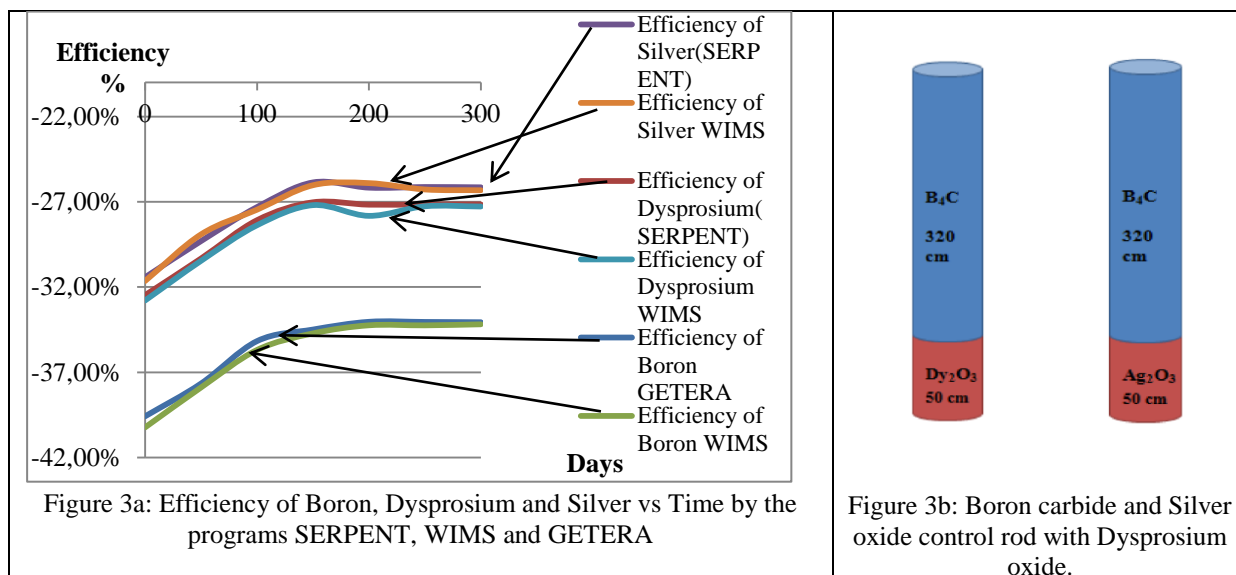
Figure 2: Absorber concentration (B, Dy and Ag) versus time using SERPENT, WIMS and GETERA

Comparison of the effectiveness of emergency protection

Boron carbide has a high absorption cross section. Thus, the effectiveness of emergency protection is also high. This is used for security reasons. On the other hand, dysprosium or silver has a low absorption cross section, and emergency protection effectiveness is also low. For this reason, the control rod, which is used in the maneuvering mode, is made of dysprosium or silver. The effectiveness of the emergency protection of these elements is calculated using this formula:

$$\Delta K = (K_{\infty}^{\text{С поглотителем}} - K_{\infty}^{\text{Без поглотителя}}) / K_{\infty}^{\text{С поглотителем}} \%$$

Emergency Protection Efficiency of Boron Carbide, Dysprosium oxide and Silver oxide are presented in one graph. Here shown that the efficiency of boron change strongly. On the other hand efficiency of Dysprosium and Silver change slowly. In this paragraph, it is clear that dysprosium or silver is used in the lower part of the control rod, taking into account the maneuvering mode of the reactor. Result was calculated by the programs GETERA, SERPENT and WIMS.



Results

- Using the B_4C for maneuvering is not profitable, because the B_4C is a very strong absorber and even its slight movement in the core. It is very sensitive to breeding rate. Therefore, even small displacements of the boron rods in the reactor core can cause strong changes in the neutron flux and power.

- Therefore it is necessary to modify the control rods with a chemical element: dysprosium oxide (Dy_2O_3) or silver oxide (Ag_2O_3) or other chemical elements.

REFERENCES

1. Anisur, R.S.K., Uvakin, M.A. Analiz neopredelennosti v fizicheskom raschete yacheyek VVER v yezhednevnom grafike manevrirovaniya [Uncertainty analysis in the physical calculation of VVER cells in the daily maneuvering schedule] (2018) Journal of Physics: Conference Series, 1133(1) статья № 012048.
2. Rahman S.K. Anisur, M.A. Uvakin, Sravnite rezul'tat analiza neopredelennosti v fizicheskikh raschetakh yacheyek VVER v raspisanii yezhednvnogo manevrirovaniya programmami GETERA i WIMS. [Compare the Result of Uncertainty Analysis in the Physical Calculations of WWER Cells in the Daily Maneuvering Schedule by GETERA and WIMS Programs] №1(30)-2019 Global Nuclear Safety, Page 90-100.
3. Shotikov A.V., Savchenko V.E., Vigranenko Yu.M., Khrustalev V.A. Puti sovershenstvovaniya vodno-khimicheskogo rezhima vtorogo kontura AES s VVER-1000 [Ways to Improve Water-Chemical Mode of the NPP Second Circuit with WWER-1000] [News of Tomsk Polytechnic University]. 2008. V. 312. № 2. P. 39-43 (in Russian).
4. Averyanova S.P., Dubov A.A., Kosourov K.B., Filimonov P.E. Temperaturnoye Regulirovaniye i manevrentnost VVER-1000 [Temperature Regulation and Maneuverability of WWER-1000] [Atomic Energy]. 2002. V.109, № 4. P. 246-251(in Russian).
5. Yerak D.Yu., Kochkin V.N., Zhurko D.A., Panfyorov P.P. Modernizatsiya program obraztsovvideteley VVER-1000 [Modernization of Samples Witnesses Programs WWER– 1000] [History of Science and Technology]. 2013. № 8. P. 142-152 (in Russian).
6. Shkarovsky A.N., Aksenov V.I., Serdun N.P. Analizfizicheskikh sostoyaniy reaktora VVER-1000 i upravleniyeavariynymisituatsiyami [Analysis of Physical States of WWER-1000 Reactor and Control of Emergency Situation] [Proceedings of Higher Educational Institutions]. [Nuclear power]. 2005. № 3. P. 60-68 (in Russian).
7. Getya S.I., Krapivtsev V.G., Markov P.V., Solonin V.I. [and others] Modelirovaniye temperaturnykh neunifikatorov v elemente toplivno-elementnogo topliva topliva-VVER 1000 [Modeling Temperature Nonuniformities in a Fuel-Element Bundle of WWER-1000 Fuel Assembly] [Atomic Energy]. 2013. V.114.№ 1. P. 69-72 (in Russian).
8. Melikhov V.I., Melikhov O.I., Yakush S.E. [and others] Issledovaniye razresheniya borona v reaktore VVER-1000 [A Study of Boron Dilution in WWER-1000 Reactor] [Thermal Engineering]. 2002. V 49. № 5. p. 372-376.

Investigation of the Neutron-Physical Properties of VVER Cells with Control Rods During Maneuvering Modes

Rahman S.K Anisur¹, M.A. Uvakin²

National Research Nuclear University «MEPhI», Kashirskoye shosse, 31, Moscow, Russia 115409

¹e-mail: ranisur01@gmail.com

²e-mail: uvakin_ma@grpress.podolsk.ru

Abstract – Boron carbide, Dysprosium, Silver, etc have a lot of unique properties, high neutron absorption, chemical stability, high melting temperature, low density, and low price. These elements are widely using in the VVER power reactors. In this article was investigated the absorber cross-section, burring behavior and scram efficiency of these elements. If the control rod (CR) is made of only boron carbide and it is used in the maneuvering mode then lose the absorbing effectiveness of the control rod. But in this work main goal is that, which element will be required in the control rod, as a result, the reactor in the maneuvering mode work with different power without fall down power drastically. The result was calculated by the three programs GETERA, WIMS and SERPENT.

Keywords: Boron carbide, neutron, absorber cross-section, effectiveness, VVER-1000, control rod, maneuvering, reactor. GETERA, WIMS, SERPENT.

УДК 621.039.5:621.311.25

СИНТЕЗ СИСТЕМ ДИАГНОСТИКИ ОБОРУДОВАНИЯ АЭС

Е.А. Абидова, В.В. Кривин, В.Я. Шпицер, А.Е. Дембицкий

НИИ АЭМ, Волгодонский инженерно-технический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», Волгодонск, Ростовская обл., Россия

Предложен подход к синтезу системы диагностики, исходя из изначально заданных желательных свойств. Показано, что функциональность системы определяется идентифицируемостью и изолируемостью неисправностей, которая достигается с использованием одного или нескольких методов. На примере синтеза системы контроля дизельного двигателя обосновывается несколько вариантов диагностических комплексов. Продемонстрирована целесообразность синтеза системы, в которой соотношение показателей качества и затрат принимает максимальное значение.

Ключевые слова: валидация систем, диагностика дизельных двигателей, метод пространства состояний, оценка рациональности системы.

На АЭС в качестве штатных средств диагностики используются различные средства и комплексы, каждый из которых использует метод или группу методов, которые позволяют идентифицировать неисправности оборудования. В арсенале отделов технической диагностики широко представлены средства на базе вибрационного и ультразвукового методов. В практику диагностирования внедрены также многоканальные регистраторы, позволяющие производить синхронные измерения сигналов тока, вибрации, ультразвука [1]. Проблемой использования этих средств является отсутствие обоснования их эффективности с точки зрения обеспечения качества диагностирования. Настоящая работа посвящена решению этой проблемы путем формализации требований к средствам диагностики и их валидации.

Синтез системы диагностики, усовершенствование, выбор той или иной реализации может основываться на анализе желательных свойств, характеризующих способность к оценке технического состояния [2]. В числе основных требований к системам диагностики выдвигаются: