

ГЕНЕРАТОР ^{16}N НА БАЗЕ УСКОРИТЕЛЬНОГО ИСТОЧНИКА НЕЙТРОНОВ С ЭНЕРГИЕЙ 14 МЭВ

**А.В. Хрячков, П.А. Дворников, Б.В. Журавлев, С.Н. Ковтун,
Т.А. Хромылева, Н.Г. Роцин***

ГНЦ РФ-ФЭИ им. А.И. Лейпунского, г. Обнинск

** ООО «Инженерно-сервисный центр диагностики оборудования АЭС НИКИЭТ»,
г. Москва*

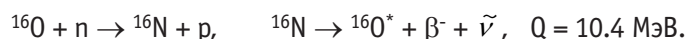


Предложен генератор ^{16}N на базе ускорительного источника 14 МэВ нейтронов для калибровки радиационных каналов контроля течи и расхода теплоносителя в трубопроводах первого контура реакторов типа ВВЭР на основе измерения активности ^{16}N .

Ключевые слова: генератор ^{16}N , радиационный метод контроля течи и расхода теплоносителя, калибровка канала контроля.

Key words: ^{16}N generator, radioactivity method of leak detection and velocity of heat-transfer, calibration of control channel

Одним из методов контроля течи и расхода теплоносителя в трубопроводах первого контура реакторов типа ВВЭР является радиационный контроль активности ^{16}N в остром паре. При прохождении теплоносителя (H_2O) через активную зону реактора происходит взаимодействие быстрых нейтронов с кислородом, приводящее к образованию ^{16}N , который распадается обратно в кислород с испусканием жестких γ - и β -излучений:



При распаде ^{16}N испускаются β -частицы с максимальной энергией 10,4 МэВ и γ -кванты распада возбужденного $^{16}\text{O}^*$ с $E_\gamma = 6,134$ МэВ (0,69 γ /распад) и $E_\gamma = 7,112$ МэВ (0,05 γ /распад)[1].

Экспозиционная доза вблизи поверхности трубы первого контура практически полностью определяется активностью ^{16}N и составляет порядка 15 Р/ч при номинальной мощности реакторной установки. При аварийной утечке воды из первого контура вся просочившаяся наружу вода практически мгновенно превращается в пар, так как температура воды составляет приблизительно 350°C. При этом атомы изотопа ^{16}N также окажутся в атмосфере помещения вблизи трубопровода, и регистрация их активности будет индикатором протечки. Регистрацию активности ^{16}N в случае течи лучше проводить по β -частицам, чтобы отсеять радиоактивность ^{16}N , связанную с теплоносителем внутри первого контура реактора.

Определение расхода теплоносителя в первом контуре реактора предполагается проводить регистрацией жесткого γ -излучения ^{16}N корреляционным методом [2].

Для того, чтобы такие системы использовались в качестве расходомеров, требуется калибровка системы детектирования ^{16}N , который является достаточно короткоживущим ($T_{1/2} = 7.11$ с) [1] и не может быть приготовлен в качестве стан-

дартного источника.

Для нейтронов со спектром, типичным для реакторов типа ВВЭР, эффективное сечение реакции $^{16}\text{O} + n \rightarrow ^{16}\text{N} + p$ составляет $\sim 0,02$ мбарн. Замена же нейтронов делительного спектра на быстрые нейтроны из реакции $T(d,n)^4\text{He}$ приводит к увеличению выхода ядер ^{16}N в несколько тысяч раз, так как при энергии нейтронов около 14 МэВ значения сечения имеют диапазон 0.04 – 0.05 барн (рис. 1). В этих условиях использование каскадного нейтронного генератора 14 МэВ нейтронов из реакции $T(d,n)^4\text{He}$ может обеспечить генерацию достаточного для калибровки количества ядер ^{16}N , так как компактные современные источники такого типа обеспечивают интенсивность $\sim 10^{10}$ н/с.

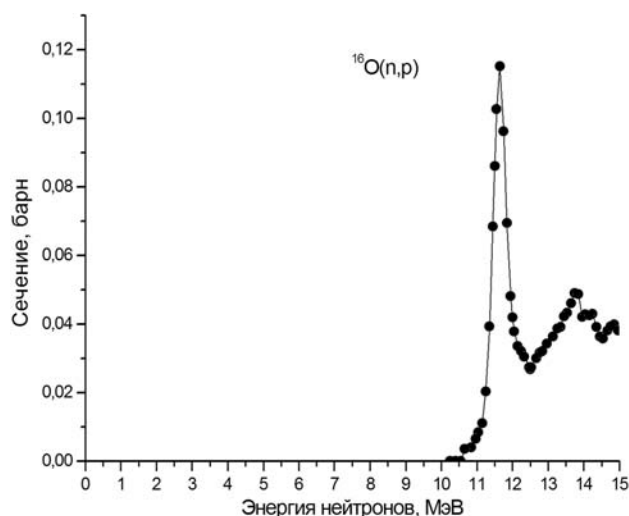


Рис.1. Сечение реакции $^{16}\text{O}(n,p)^{16}\text{N}$ в зависимости от энергии нейтронов

Блок-схема устройства для калибровки радиационного корреляционного расходомера теплоносителя представлена на рис.2.

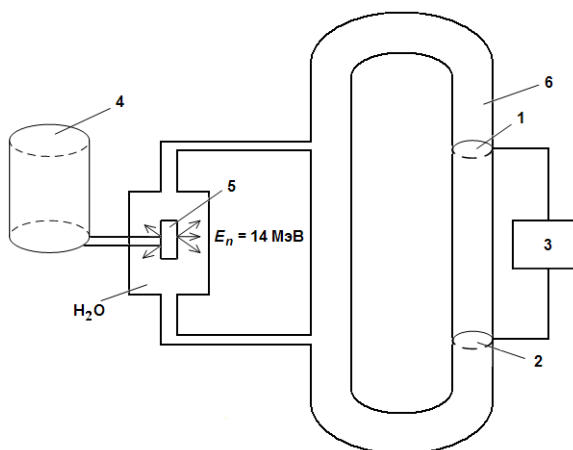


Рис. 2. Блок-схема устройства для калибровки радиационного корреляционного расходомера теплоносителя: 1,2 – детекторы γ -излучения ^{16}N ; 3 – корреляционный расходомер теплоносителя; 4 – каскадный ускоритель дейтронов с энергией 0,3 МэВ; 5 – T-Ti-мишень для производства 14 МэВ нейтронов, охлаждаемая водой; 6 – контур для прокачки облученной воды, имитирующий первый контур реактора

Использование ускорителя для калибровки систем контроля течи и измерения расхода теплоносителя по флуктуациям активности ^{16}N в первом контуре ВВЭР-1000 от-

крывает ряд преимуществ:

- при помощи нейтронного генератора 14 МэВ нейтронов можно получать достаточные для калибровки количества короткоживущего изотопа ^{16}N ;
- особенности поведения сечения образования ^{16}N приводят к тому, что ускорительный метод его генерации намного более эффективен, нежели при использовании реакторных спектров нейтронов;
- ускорительный метод позволяет создавать в потоке воды контрастные радиоактивные метки с интенсивностью, изменяющейся во времени по заданному закону, что крайне важно для испытания корреляционной системы измерения расхода по флуктуациям активности ^{16}N в первом контуре ВВЭР-1000;
- ускорительный метод позволяет проводить наладку оборудования в отсутствие реактора; с его помощью можно осуществить относительную калибровку различных устройств, основанных на регистрации излучения ^{16}N .

Статья подготовлена при выполнении Государственного контракта от 05.08.2011 №16.526.11.6006 в рамках федеральной целевой программы

Литература

1. Голашвили Т.В., Чечев В.П., Лбов А.А. Справочник нуклидов. -М.: ЦНИИАТОМИНФОРМ, 1995, 440с.
2. Ефанов А.Д., Кебадзе Б.В., Лагутин А.А. и др. Обоснование, разработка и испытания корреляционной системы измерения расхода по флуктуациям активности ^{16}N в первом контуре ВВЭР-1000. / Труды IV Международной конференции «Безопасность, эффективность и экономика атомной энергетики». Москва, ВНИИАЭС, 16–17 июня 2004 г.

Поступила в редакцию 18.05.2013

fuel assemblies (EFAs) containing low neutron poisoning fuel rods evaluated both experimentally and by calculated simulation of their operation in the SM reactor loop facility. The EFAs thermo-physical parameters are considered. The key controlled test parameters are presented. All EFAs with low neutron poisoning fuel rods have been successfully tested; they preserved their performance under heat rate, thermal load and burnup typical for the operating conditions in the modernized SM core.

УДК 621.039

Optimization of plutonium stores for closed fuel cycle with thermal and fast nuclear reactors \ Moseev P.A., Korobeinikov V.V., Moseev A.L.; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) Obnibsk, 2013. 10 pages, 8 illustrations. References, 9 titles.

In this work the algorithm for supplies plutonium minimization is described. That algorithm is needed for nuclear power scenarios modeling. As an example the test calculations for scenario of development Russia nuclear power on the basis of thermal and fast reactors are given. This algorithm can be used for nuclear power scenarios modeling in case when the nuclide composition of loaded uranium-plutonium fuel in fast reactors are unknown in advance.

УДК 621.039.531

Ensuring of the design value of fuel burnup in high-temperature gas-cooled reactor with operability graphite \ Nesterov V.N.; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) Obnibsk, 2013. 10 pages, 2 tables, 4 illustrations. References, 13 titles.

This paper describes a method of determining compliance of exhausted graphite's resource of fuel blocks in high temperature gas-cooled reactor with fuel burnup. Obtained axial distribution of local values of exhausted resource of graphite of fuel blocks. It is shown that for ensuring of the design value for burnup fuel with operability graphite fuel blocks is need to reduce the average mixed temperature of helium coolant leaving the reactor core and reduce the time between congestion nuclear fuel.

УДК 503.2:504.064

Environmental risk management with the use of multi-criteria GIS for decision-making support \ Didenko V.I., Yatsalo B.I., Gritsyuk S.V., Mirzeabasov O.A., Pichugina I.A.; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) Obnibsk, 2013. 10 pages, 3 illustrations. References, 40 titles.

Environmental risk-based land management requires implementation of tools for spatial information analysis, problem-oriented models for assessment of risk values, and computer systems for decision-making support. A new Decision Support System (DSS) DECERNS (Decision Evaluation in Complex Risk Network Systems) has been developed to address this class of problems. DECERNS is a web-based Spatial DSS (WebSDSS) for multi-criteria analysis of a wide range of spatially-distributed alternatives within the problems on risk management and land-use planning. This paper provides a brief overview of methods and tools used in DECERNS; application of DECERNS for a case study on multi-criteria risk management for contaminated land resulting from Chernobyl is presented.

УДК 621.039.56

The ^{16}N generator on the base of 14 MeV neutrons accelerator source \ Khryachkov A.V., Dvornikov P.A., Zhuravlev B.V., Kovtun S.N., Khromyleva T.A., Roschin N.G.; Editorial board of journal «Izvestia visshikh uchebnikh zavedeniy. Yadernaya energetica» (Communications of Hier Schools. Nuclear Power Engineering) Obnibsk, 2013. 3 pages, 2 illustrations. References, 2 titles.

The ^{16}N generator on the base of 14 MeV neutron accelerator source for calibration of leak detection and velocity of heat-transfer radiation channels in first contour of WWR nuclear reactor on base of ^{16}N activity measurement is suggested.