

## ДЕТЕКТОР РЕАКТОРНЫХ АНТИНЕЙТРИНО iDREAM

*М. Б. Громов*<sup>1</sup>, *Г. А. Лукьянченко*<sup>2</sup>, *Г. Я. Новикова*<sup>3</sup>,  
*Б. А. Обиняков*<sup>2</sup>, *А. Ю. Оралбаев*<sup>2,\*</sup>, *М. Д. Скорохватов*<sup>2,4</sup>,  
*С. В. Сухотин*<sup>2</sup>, *А. С. Чепурнов*<sup>5</sup>, *А. В. Этенко*<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова, Москва

<sup>2</sup> Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт», Москва

<sup>3</sup> Институт ядерных исследований Российской академии наук, Москва

<sup>4</sup> Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва

<sup>5</sup> Научно-исследовательский институт ядерной физики им. Д. В. Скобельцина

Московского государственного университета им. М. В. Ломоносова, Москва

Представлен опытный образец промышленного детектора реакторных антинейтрино iDREAM, созданный для демонстрации возможности удаленного мониторинга работы реакторов ВВЭР нейтринным методом в режиме реального времени.

Prototype of industrial reactor antineutrino detector iDREAM is dedicated for an experiment to demonstrate the possibility of remote monitoring of PWR reactor operational modes by neutrino method in real time.

PACS: 28.41.Mu; 29.40.Vj; 13.15.+g

### ВВЕДЕНИЕ

Российская ГК «Росатом» является одним из немногих участников международного рынка строительства АЭС и обеспечения полного ядерного цикла за пределами страны-разработчика АЭС. Ожидается, что к 2050 г. АЭС будут производить 45–50 % от всего объема потребляемого в мире электричества. Нейтринный метод контроля за режимами работы ядерного реактора был предложен в 1980-х гг. в Курчатовском институте и подтвержден экспериментально на Ровенской АЭС [1]. Этот метод основан на регистрации продуктов реакции обратного бета-распада в жидком органическом сцинтилляторе (ЖОС), оптимизированном для эффективного захвата нейтронов.

---

\*E-mail: mr.aldiyev@gmail.com

## 1. ЦЕЛЬ ПРОЕКТА

Цель создания опытного образца детектора iDREAM (industrial Detector for REactor Antineutrino Monitoring) — демонстрация применения нейтринного метода в условиях промышленной АЭС с реакторами типа ВВЭР, направленного на повышение эффективности обеспечения гарантий нераспространения делящихся материалов и на создание нового штатного прибора, дающего дополнительную информацию обслуживающему станцию персоналу о состоянии активной зоны реактора. Детектор спроектирован так, чтобы работать в режиме «черного ящика», связанного по защищенным каналам связи, например, с МАГАТЭ. Таким образом, детектор iDREAM будет источником данных о тепловой мощности реактора и динамике выгорания топлива, полученных путем измерения потока антинейтрино от активной зоны атомного реактора. Компактные размеры, низкая стоимость и ожидаемая высокая эффективность детектирования реакторных антинейтрино делают этот детектор уникальным исследовательским инструментом для изучения перспективных атомных реакторов. Возможным местом размещения детектора на АЭС с реактором типа ВВЭР может стать помещение под ионизационными камерами под реактором, как показано на рис. 1.

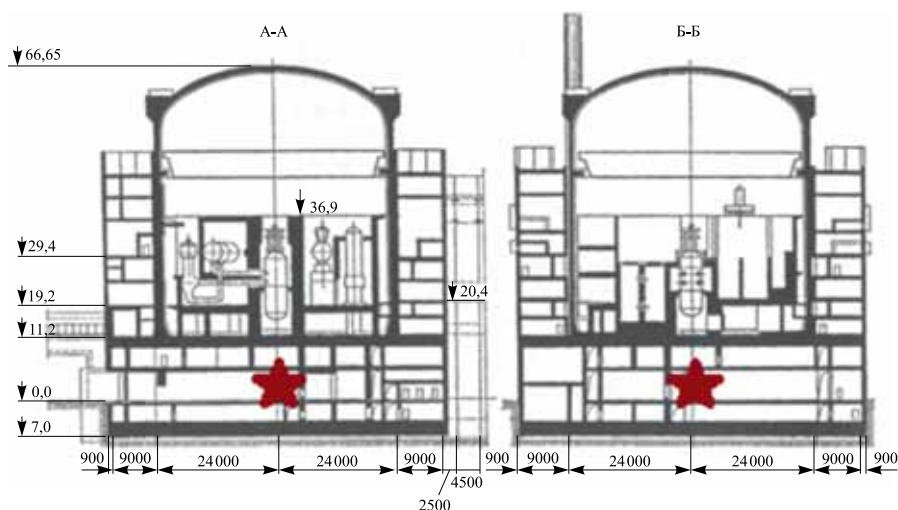


Рис. 1. План и разрез реакторного помещения АЭС с реактором ВВЭР-1000. Звездочкой обозначено возможное размещение детектора iDREAM

## 2. КОНСТРУКЦИЯ ДЕТЕКТОРА

Конструкция детектора (рис. 2) выполнена в виде двух концентрических баков из нержавеющей стали, накрытых общей герметичной крышкой. Внут-

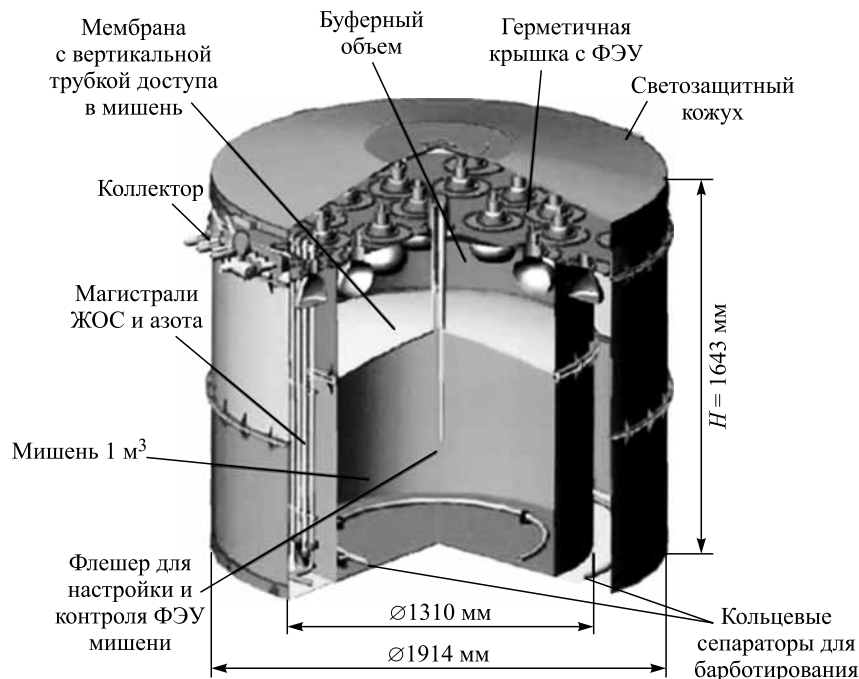


Рис. 2. Конструкция детектора iDREAM

рениый бак разделен выпуклой прозрачной мембраной из полиметилметакрилата (ПММ) и просматривается 16 ФЭУ. Пространство внутреннего бака под мембраной объемом  $1 \text{ м}^3$  заполняется гадолинизированным ЖОС [2] и является мишенью детектора. Для предотвращения контакта гадолинизированного ЖОС с нержавеющей сталью внутренний бак имеет стакан-вставку из ПММ по всей внутренней площади. Доступ к мишени обеспечивается через вертикальную трубку из ПММ, вклеенную в центр мембраны, верхний конец которой выходит за пределы бака. Пространство внутреннего бака над мембраной заполняется линейным алкилбензолом (ЛАБ), оно служит для увеличения светосбора и защищает мишень от гамма-фона от ФЭУ. Наружный кольцевой объем заполняется ЖОС и служит активной защитой мишени детектора, а также повышает общую эффективность регистрации «утекающих» из мишени гамма-квантов. Кольцевой объем просматривают 12 ФЭУ. Заполнение/откачка ЖОС и барботирование азотом объемов детектора осуществляется через коллектор с помощью системы трубок и кольцевых сепараторов. Для контроля уровня жидкостей, температуры и давления в детекторе предусмотрена система медленного контроля на основе промышленной шины CANopen. Для повышения светосбора внутренние стенки буферного

и основного чувствительного объемов покрыты светоотражающим материалом «Lumirror E6SRc» с коэффициентом отражения до 90 %. Таким образом, в детекторе используются два типа ЖОС (с гадолинием и без) и буферная жидкость, сделанные на основе ЛАБ российского производства.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

К настоящему времени создана конструкция детектора и изготовлен промышленный образец. В течение первого физического пуска на дистиллированной воде все системы детектора были протестированы и была подтверждена их готовность к эксплуатации. В ближайшем будущем планируется переместить детектор в специально оборудованную заглубленную лабораторию в НИИЯФ МГУ для изучения эффективности работы детектора в условиях естественного фона. Параллельно ведется работа по согласованию технических условий на перемещение детектора iDREAM на АЭС с реактором ВВЭР-1000 для проведения демонстрационного эксперимента в течение кампании реактора.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 14-22-03013 офи\_м и № 14-02-31381 мол\_а).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Borovoi A., Mikaelyan L. // At. Energy. 1978. V. 44. P. 6954;  
Klimov Yu. V. et al. // Yad. Fiz. 1990. V. 52. P. 1579;  
Kopeikin V. I., Mikaelyan L. A., Sinev V. V. // Phys. At. Nucl. 1997. V. 60. P. 172.
2. Novikova G. Ya., Bakulina N. I., Morgalyuk V. P. Preprint No. 1387/2014. Inst. for Nucl. Res., M., 2014.