

III российская молодежная научная школа-конференция  
 «Энергетика, электромеханика и энергоэффективные технологии глазами молодежи»  
 Секция 2. Эффективная энергетика

Проведем сравнение газовой турбины ГТУ-4П отечественного производства с газовой турбиной TCG 2032 иностранного производства компании MWM в таблице 4.

**Таблица 4.** Сравнение характеристик газовых турбин ГТУ-4П и TCG 2032

| Основные характеристики                                  | ГТУ-4П | TCG 2032 |
|--|--------|----------|
| Выходная мощность на клеммах синхронного генератора, МВт | 4,13   | 4,3      |
| Суммарный КПД, %   | 80,2   | 87,2     |
| Частота вращения силовой турбины, об/мин                 | 5500   | 1000     |
| Ресурс часов до капитального ремонта, ч                  | 25000  | -        |
| Общий ресурс, ч.   | 100000 | -        |

Анализируя данное сравнение, можно сделать вывод о том, что наши отечественные установки близки по уровню основных показателей и способны заменить зарубежные установки.

С учетом вышеприведенного анализа объектов малой энергетики в России и с учетом жесткой экономической ситуации требуется масштабный переход к импортозамещению путем использования электрооборудования отечественного производства. Такой подход выведет предприятия на новый уровень изготовления промышленных установок и позволит существенно сократить расходы на электроэнергетику.

Становление мощной самостоятельной подотрасли малой энергетики является основой перехода энергетического сектора России на пути модернизации, инновационного развития. Внедрение систем распределённой генерации позволяет, и извлекать экономическую выгоду, и сберечь окружающую среду.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Owens B. The rise of distributed power // General Electric, 2014, p. 47.
2. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.np-ace.ru>
3. Распределенная энергетика 2012-2016 годов. Рынок газотурбинных установок для электростанций малой и средней мощности и ГПА. // INFOLine, Санкт-Петербург, 2014, С. 172.
4. [Электронный ресурс] // Режим доступа: <http://www.avid.ru/energy>

#### ОЦЕНКА НАКОПЛЕНИЯ ИЗОТОПОВ ПЛУТОНИЯ В ОЯТ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА МИКРОТОПЛИВО В РЕАКТОРЕ ВВЭР

Масенко С. А.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

В настоящее время повышение безопасности эксплуатации ядерных реакторов является актуальной задачей ядерной энергетики. Для обеспечения безопасной эксплуатации необходимо улучшать механическую прочность материалов, герметичность, устойчивость к перепадам температур и способность удерживать продукты деления. Одной из разработок, которая способна удерживать продукты деления в жестких условиях работы реактора, стало создание керамического микротоплива. В данном топливе горючее вещество находится в центре капсулы и окружено 3-4 слоями защиты [1]. Защитное покрытие первых двух слоев

изготавливаются из пироуглерода, а третий слой из карбида кремния. Покрытие обеспечивает задержку газообразных продуктов деления в пористой графитовой оболочке, сдерживает увеличение размеров ядерного топлива. Данное строение микро топлива позволяет сохранять продукты деления в тепловыделяющем элементе при аварийных случаях, таких как потеря теплоносителя, резкий рост температуры.

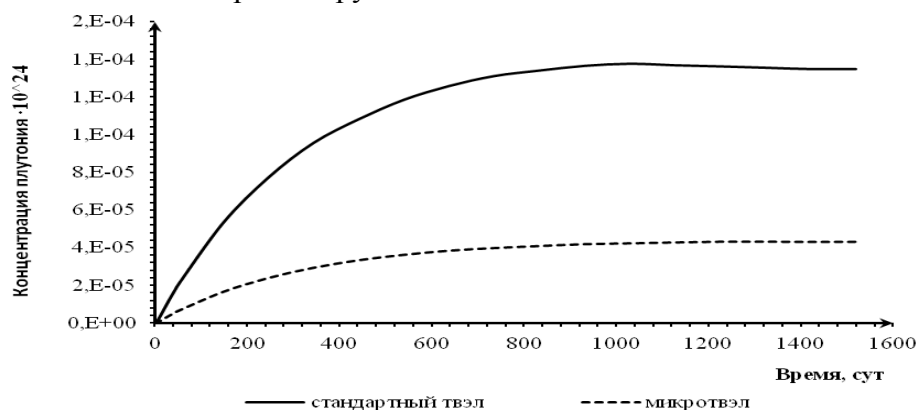
С учетом преимуществ микро топлива в работе [2] предлагается использование его на атомных станциях типа ВВЭР. Использование микротвэлов в ВВЭР возможно без существенных изменений активной зоны реактора. Для этого расстояние между сборками сохраняется тем же, а микротвэлы размещаются в ТВС в виде свободной засыпки, образуя при этом цилиндрический слой с поперечным обтеканием теплоносителя. Основные параметры ТВС с свободной засыпкой и стандартной загрузкой представлены в таблице 1.

**Таблица 1.** Основные параметры ТВС ВВЭР-1000

| Наименование характеристики       | ВВЭР-1000 | ВВЭР-МТ |
|-----------------------------------|-----------|---------|
| Число ТВС, шт.                    | 163       | 163     |
| Расстояние между центрами ТВС, мм | 236       | 236     |
| Диаметр твэл (МТ), мм             | 9,1       | 1,8     |
| Число твэл (МТ) в ТВС, шт.        | 312       | 26 млн. |
| Высота активной зоны, м           | 3,5       | 3,5     |

Для анализа возможности использования микро частиц топлива в водо-водяных реакторах были проведены нейтронно-физические расчеты и описана модель тепловыделяющей сборки реактора ВВЭР-1000 в программном комплексе MSU. Программный комплекс позволяет MSU максимально моделировать перенос частиц в трехмерной геометрии с погрешностью менее 4 %. В работе анализировалось два вида загрузок топливных элементов. Первая загрузка стандартная на основе диоксида урана с обогащением 4,4 %, вторая в виде свободной засыпки микро частиц в ТВС тем же обогащением. Модель свободной засыпки была сведена к гомогенной модели с сохранением водно-топливного отношения. Моделировалась наработка нуклидов в зависимости от времени облучения топливного материала.

Анализ применения микро топлива в ВВЭР показал, что наработка нуклидов плутония ведется гораздо медленнее, чем в стандартном тепловыделяющем элементе. Это показано на рисунке 1 и 2. Максимальное значение концентрации плутония  $^{239}\text{Pu}$  составило  $4,31 \cdot 10^{-4}$ , а плутония  $^{241}\text{Pu}$  —  $1,46 \cdot 10^{-4}$ . При таком содержании нуклидов плутония в микро топливе практически исключается возможность использования материала для создания ядерного оружия.



**Рис.1.** Зависимость концентрации  $^{239}\text{Pu}$  от времени облучения

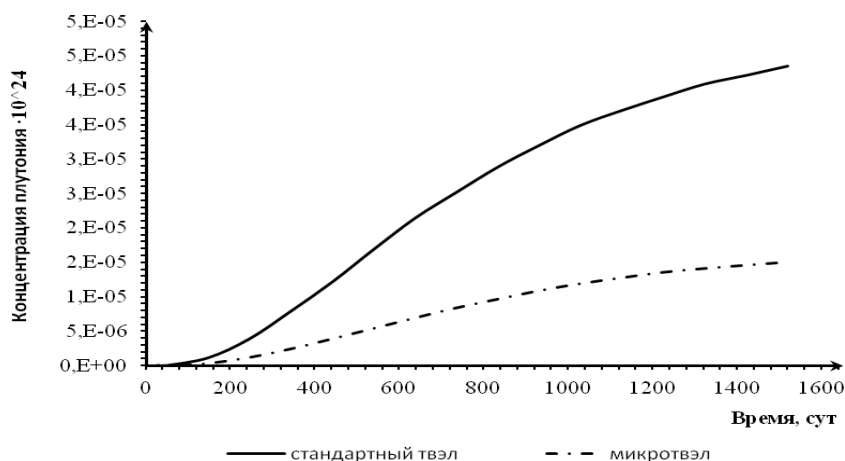


Рис.2. Зависимость концентрации  $Pu^{241}$  от времени облучения

Совместно с наработкой плутония рассматривалось накопление ксенона и цезия в тепловыделяющей сборке. Результаты расчета показали, что при использовании микротоплива отравители накапливаются с меньшей скоростью и в меньшем количестве, что положительно сказывается на экономических показателях. Сокращается запас реактивности на компенсацию отравления.

Использование микротоплива в водо-водяном реакторе имеет ряд преимуществ: микротопливо нельзя использовать для создания ядерного оружия, что существенно позволяет сократить оборудование систем безопасности, а так же сокращаются затраты на компенсацию отравления.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Физическое материаловедение: Учебник для вузов. В 6 т. Том 6. Часть 2. Ядерные топливные материалы. / Б.А. Калинин, Ю.А. Годин, Ф.В. Тенишев, В.В. Новиков./ Под общей ред. Б.А. Калина. – М.: МИФИ, 2008. с. 505-523.
2. Федик И.И., Денискин В.П., Пономарев Степной Н.Н. и др. Новое поколение ТВЭЛов на основе микротоплива для ВВЭР // Атомная энергия. – 2004. – № 4. – С. 276–285.

#### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СИСТЕМУ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ.

Пугин В. А.

Национальный исследовательский университет «Московский Энергетический Университет», г.Москва

Современные предприятия стремятся к снижению электропотребления. Снижение энергозатрат в сетях потребителя приводит к двукратному снижению потерь при генерации и передаче электроэнергии, что стимулируется законодательством Российской Федерации.

Система электроснабжения предприятия сталкивается с новыми задачами, при использовании современных энергосберегающих систем, Рассмотрите оказывающих влияние на систему электроснабжения предприятия (СЭС).

Технология управления двигательной нагрузкой, основанная на применении частотно-регулируемых электроприводов получила широкое распространение в