

УДК 621.039

**ДЕЦЕНТРАЛИЗАЦИЯ. МАЛОМОЩНЫЕ РЕАКТОРЫ**  
**DECENTRALIZATION. LOW POWER REACTORS**

П.С. Лепешинский, В.Г. Арашкевич

Научных руководитель – В.Н. Нагорнов, к.э.н., доцент  
Белорусский национальный технический университет,  
г. Минск, Республика Беларусь

Supervisor – V. Nagornov, Candidate of Economic Sciences, Docent  
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

**Аннотация:** Рассмотрение децентрализации энергии, как альтернативу централизованной схеме энергоснабжения. Перспективные способы перехода к новой системе.

**Abstract:** Consideration of energy decentralization as an alternative to a centralized energy supply scheme. Promising ways of transition to a new system.

**Ключевые слова:** Децентрализация, модульный реактор.

**Keywords:** Decentralization, modular reactor.

**Введение**

В наши дни обеспечение потребителей электроэнергией производится по централизованной схеме (электроэнергия поступает к потребителям от общей энергосистемы). У такого подхода есть свои преимущества и недостатки. Среди основных достоинств выделяются низкая стоимость электроэнергии и высокая надежность работы электроснабжения. К недостаткам относятся: крупные потери электроэнергии при транспортировке из-за большой длины передающих линий и возможность возникновения катастрофических системных аварий, при которых источники питания могут прийти в негодность.

Альтернативой централизованной схеме электроснабжения является децентрализация. Главные преимущества децентрализации энергоснабжения - максимальная надежность и полная энергетическая независимость от внешних источников энергоснабжения, которая достигается внутренним и внешним резервированием.

Переход к децентрализованной энергетике — это мировой энергетический тренд. В данной работе мы рассмотрим маломощные атомные реакторы, как один из наиболее популярных способов перехода к новой системе электроснабжения.

Реакторы небольшой мощности — одно из самых перспективных направлений мировой энергетики и технологий разработки реакторов на данный момент.

За долгое время своего существования ядерные реакторы стали занимать важное место в сфере энергетического производства разных стран. С каждым годом мощность новых реакторов увеличивается.

На крупных АЭС, действующих в наше время, есть недостатки. Один из главных - это крайне большие затраты на сооружение объектов такого типа. Например, себестоимость строительных работ энергетического блока №3 АЭС Олкилуото изменялась с 3 до 8 миллиардов долларов.

Для поддержания стабильной работы установок таких размеров, помимо организации ответственной за эксплуатацию станции, необходимы также органы надзора и большое количество организаций и по поддержанию работоспособности и безопасности.

Странам, которые используют относительно небольшое количество электроэнергии, строительство современных АЭС будет экономически убыточно.

В свою очередь малые модульные реакторы – это реакторы, которые разрабатывались при помощи интегральных технологий. Примечательно что, в таких установках реактор, насос и парогенератор будут находиться в одном корпусе. Изготавливались бы такие реакторы на заводах серийным производством.

Большое количество ММР, по сравнению с реакторами большой мощности, будут являться малообслуживаемыми. Проектные ММР будут предполагать более длительный промежуток времени между заменой отработавшего топлива на новое, либо загрузку топлива на весь период эксплуатации установки – для этого требуется заменять реакторный модуль раз в десять лет и более.

Основные достоинства ММР:

1. Удельная мощность малых реакторов относительно небольшая -это делает установку более безопасной с точки зрения энергонапряженности, так как малая мощность создает меньше остаточного тепловыделения после останова.

2. Энергоблоки с ММР менее требовательны к наличию больших объемов охлаждающей воды рядом со своим расположением. Благодаря этому их можно располагать там, где строительство крупных энергостанций не представляется возможным.

3. При строительстве и установке не требуют сложных монтажных работ. Имеют небольшой объем обслуживания. Также не требуется большое количество персонала.

4. Вывод из эксплуатации таких установок значительно проще.

5. Вырабатывают крайне низкое количество радиоактивных отходов относительно крупных станций.

Типы ММР, которые будут внедрены через 10-15 лет: PWR (водо-водяные под давлением), реакторы на быстрых нейтронах или высокотемпературные (преимущественно с газовым теплоносителем).

На сегодняшний день значительное количество проектов находятся на стадии разработки и требуют проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ. Рассмотрим два актуальных и уже полностью готовых проекта, ожидающих реализации (Рисунок 1).

**Основная часть**  
**NuScale (США)**



Рисунок 1 – Вид реактора

Проект «NuScale Plant», представляет собой блок с водо-водяным реактором под давлением малой мощности – 45 МВт. Идея этого проекта принадлежит университету штата Орегон и национальной инженерной лаборатории. Компания «NuScale Power Inc.» была основана в 2007 году для коммерциализации проекта.

Реактор такого типа является модульным, следовательно, вся площадка будет состоять из 12 модулей.

Компенсатор давления, парогенераторы и активная зона, располагаются в одном сосуде, циркуляционные насосы в такой установке не предусмотрены. Корпус имеет размеры: диаметр 2,9 м и высота 17,4 м. Теплоноситель, нагреваясь в активной зоне, движется вверх, отдает тепло в парогенераторе, и по опускным каналам возвращается назад. Раз в два года будет производиться перегрузка топлива. [1]

Важной отличительной чертой от других проектов является корпус реактора, который находится в толстостенном металлическом сосуде из нержавеющей стали. Вся конструкция располагается в воде, в так называемом бассейне.

В 2016 году компания смогла получить лицензию для этого проекта. В свою очередь, это говорит о том, что реализация этого проекта вполне возможна. [2]

### **CAREM-25 (Аргентина)**

CAREM-25 представляет собой интегральный тип PWR, строительство которого началось в 2014 году рядом с АЭС Атуча. Приятно удивляет то, что это аргентинская технология, и 70% оборудования и материалов планируется получать от местных производителей. Примечательно, что 70% материалов и оборудования будет поставляться от местных компаний. Разработка данного проекта нацелена, в основном, на обеспечение регионов малым потреблением электрической энергии (Рисунок 2).

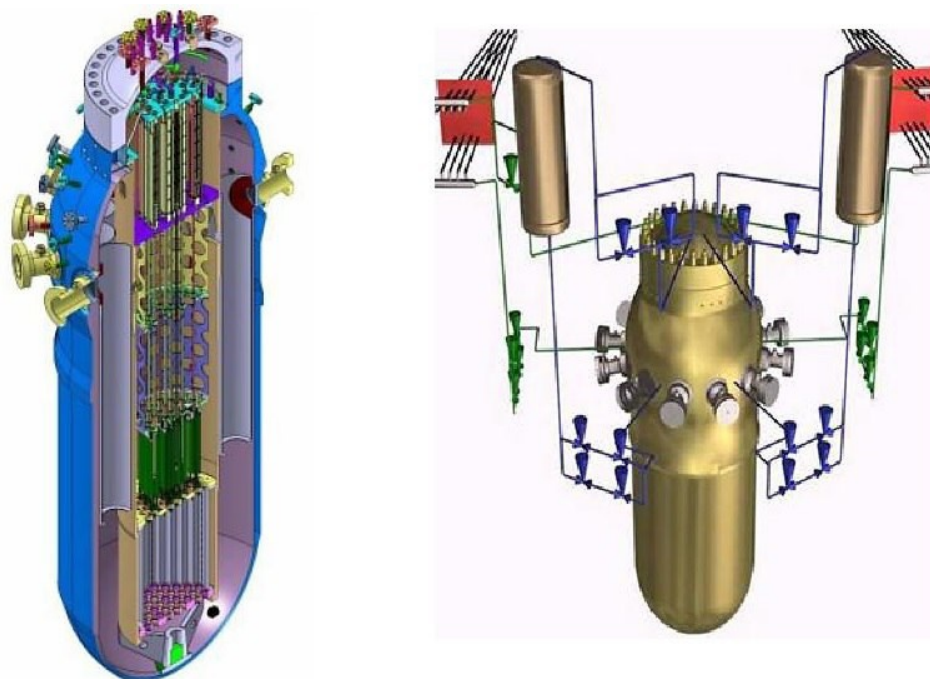


Рисунок 2 – Реактор в разрезе и системы безопасности

*Виды корпуса реактора и основных систем безопасности.* Активная зона, 12 прямотрубных парогенераторов вертикального типа, органы регулирования находятся в одном корпусе – по всем нормам модульной конструкции. Циркуляция первого контура осуществляется естественным путем. Корпус реактора имеет размеры: диаметр 3,2 м и высоту 11 м. Активная зона состоит из шестидесяти одной шестигранной топливной кассеты.[1]

Реактор располагает системами безопасности активного и пассивного видов. В случае катастрофической аварии АЗ будет оставаться целой на протяжении 36 ч.

Регулирование цепной реакции деления происходит посредством двух, несвязанных друг с другом, систем: стержнями системы управления и защиты и системой впрыска бора в воду. В штатном режиме работы впрыск бора не целесообразен. Пассивная система PRHRS выполняет функцию отвода остаточного энерговыделения. Такая система будет обеспечивать отвод тепла из АЗ. При падении давления ниже установленного уровня в 1,5 МПа в установке обеспечена пассивная аварийная система впрыска воды в АЗ. При достижении критического уровня давления разрывается предохранительная диафрагма, и в корпус вливается вода с высокой концентрацией бора. Осуществление рассматриваемого проекта под вопросом, так как неизвестно насколько будет безопасна система, состоящая из двенадцати парогенераторов.[2]

### **Заключение**

В данной работе можем сделать следующие выводы: малые модульные реакторы позволят подняться на новую ступень в развитии мировой атомной энергетики. Идеи таких проектов на данный момент сложно реализовать в промышленном масштабе, но работа в данном направлении, в перспективе,

позволит сократить сроки строительства, достичь большей автономности, понизить стоимость электроэнергии, понизить количество РАО и т. д.

### **Литература**

1. Малые модульные реакторы как альтернатива современным установкам [Электронный ресурс]/ - Режим доступа: [https://elektrovesti.net/52041\\_malye-reaktory-kak-alternativa-sovremennym-energeticheskim-reaktornym-ustanovkam](https://elektrovesti.net/52041_malye-reaktory-kak-alternativa-sovremennym-energeticheskim-reaktornym-ustanovkam).
2. Журнал “Популярная механика”. Статья из раздела “Атомная энергетика”. Выпуск февраль-март 2021 г.