

УДК 621.039

**АТОМНЫЕ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ МАЛОЙ МОЩНОСТИ  
SMALL-CAPACITY NUCLEAR POWER PLANTS**

И.Д. Васильцов

Научный руководитель – С.В. Константинова, к.т.н, доцент  
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

I. Vasiltsov

Supervisor – S. Konstantinova, Candidat of Technical Science, Docent  
Belarusian national technical university, Minsk

**Аннотация:** Эта статья углубляется в сферу атомных электростанций малой мощности, изучая их определение, преимущества, проблемы и различные типы. Данная статья ориентирована главным образом на их применение в конкретном контексте, предлагает ценную информацию о потенциальных преимуществах и соображениях интеграции малых реакторов в энергетическую систему.

**Annotation:** This article delves into the realm of small-capacity nuclear power plants, exploring their definition, benefits, challenges, and different types. This article focuses primarily on their application in a specific context, offering valuable information on the potential benefits and considerations of integrating small reactors into the energy system.

**Ключевые слова:** ядерная энергетика малой мощности, малые модульные реакторы (ММР), микрореакторы, усовершенствованные конструкции реакторов, ядерная энергетика, энергетическая безопасность, выбросы парниковых газов, энергетическая устойчивость, энергетические проблемы.

**Keywords:** small-capacity nuclear power, small modular reactors (SMRs), microreactors, advanced reactor designs, nuclear energy, energy security, greenhouse gas emissions, energy sustainability, energy challenges.

**Введение**

В мире, который сталкивается с двойной проблемой изменения климата и постоянно растущим спросом на энергию, роль ядерной энергетики высоко оценивается. Устойчивые и низкоуглеродные источники энергии, атомные электростанции малой мощности становятся многообещающим решением, заслуживающим внимания.

Хотя упоминание ядерной энергетики может вызывать ассоциации с массивными реакторами, генерирующими огромное количество электроэнергии, атомные электростанции малой мощности предлагают другой подход. Эти компактные и универсальные ядерные установки предназначены для обеспечения локализованного производства электроэнергии, что делает их важнейшим компонентом в поисках чистой энергии как в региональном, так и в глобальном масштабе.

**Основная часть**

В данной работе рассмотрены атомных электростанций малой мощности, их преимущества и потенциальные проблемы, возможности эксплуатации.

Определение АЭС малой мощности.

Атомная электростанция малой мощности, часто называемая малым модульным реактором (ММР), представляет собой ядерную установку, предназначенную для выработки электроэнергии в относительно небольших масштабах по сравнению с традиционными большими ядерными реакторами (рисунок 1).

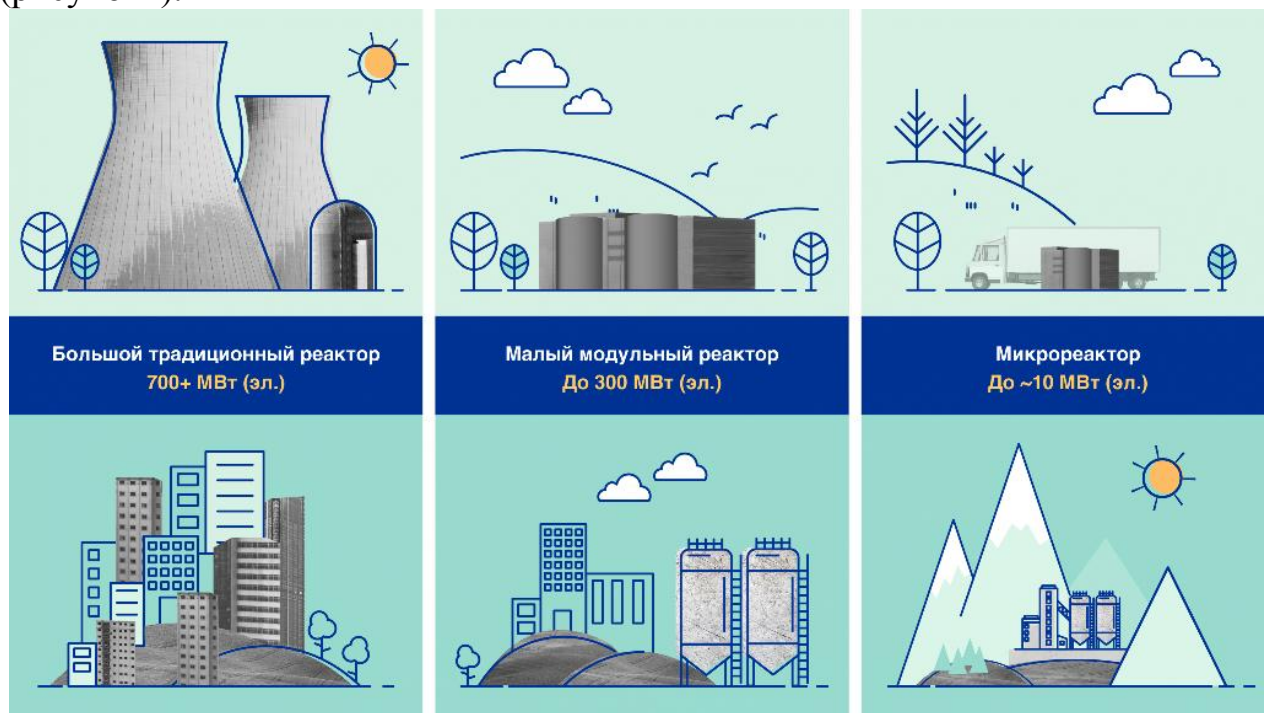


Рисунок 1 – Сравнительные размеры атомных электростанций

Виды АЭС малой мощности.

Малые модульные реакторы (ММР) (Рисунок 2). Это компактный и универсальный ядерный реактор, который вырабатывает электроэнергию в меньших масштабах, чем обычные атомные электростанции. ММР характеризуются модульной конструкцией, которая позволяет изготавливать их на заводе, а затем транспортировать к месту установки. В последние годы ММР вызвали интерес как многообещающий вариант устойчивого и надежного производства энергии, особенно в регионах с различными потребностями в энергии и требованиями к инфраструктуре. Их «модульность» и расширенные функции безопасности делают их потенциальным решением для решения энергетических проблем при одновременном снижении воздействия на окружающую среду.



Рисунок 2 – Малые модульные реакторы (ММР)

Микрореактор (рисунок 3). Это исключительно небольшой ядерный реактор, предназначенный для обеспечения надежного и гибкого источника энергии в компактном корпусе. Эти реакторы характеризуются уменьшенными физическими размерами и упрощенной конструкцией, что делает их пригодными для широкого спектра применений. Их небольшой размер, гибкость и универсальность делают их хорошо подходящими для применений, требующих эффективных и компактных источников ядерной энергии.

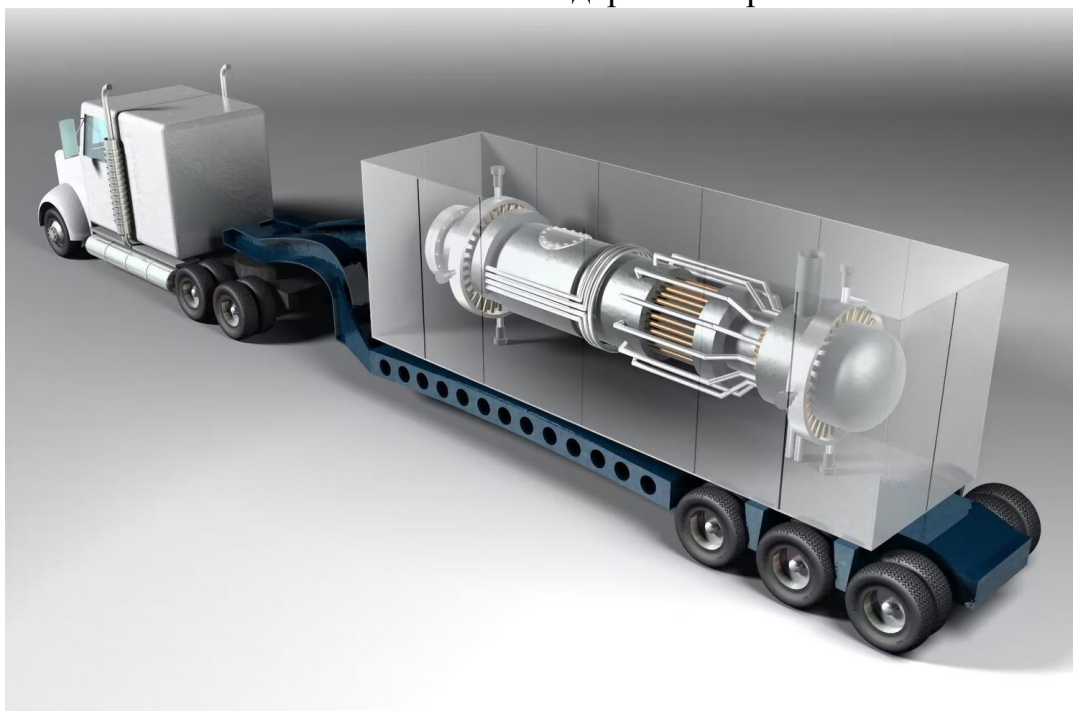


Рисунок 2 – Микрореактор

Усовершенствованный реактор. Это современный и технологически сложный ядерный реактор, который выходит за рамки конструкции и возможностей обычных ядерных реакторов. Эти реакторы характеризуются использованием инновационных функций и материалов для повышения безопасности, эффективности и экологической устойчивости. Усовершенствованные реакторы представляют собой авангард ядерных технологий и обладают потенциалом для решения текущих энергетических проблем, одновременно прокладывая путь к более устойчивому и эффективному будущему ядерной энергетики. Их разработка и внедрение требуют тщательного рассмотрения безопасности, нормативных и технологических аспектов.

Высокотемпературный газовый реактор (ВТГР) (рисунок 4). Это тип усовершенствованного ядерного реактора, предназначенного для работы при высоких температурах с использованием газообразного гелия в качестве теплоносителя. Данный ядерный реактор известен своей способностью работать при чрезвычайно высоких температурах, что делает его пригодным для различных применений. ВТГР считаются многообещающей технологией благодаря своим функциям безопасности, возможностям работы при высоких температурах и потенциалу для различных применений. На данный момент подробно изучается их роль в обеспечении электроэнергией и высокотемпературным теплом более устойчивым и эффективным образом.

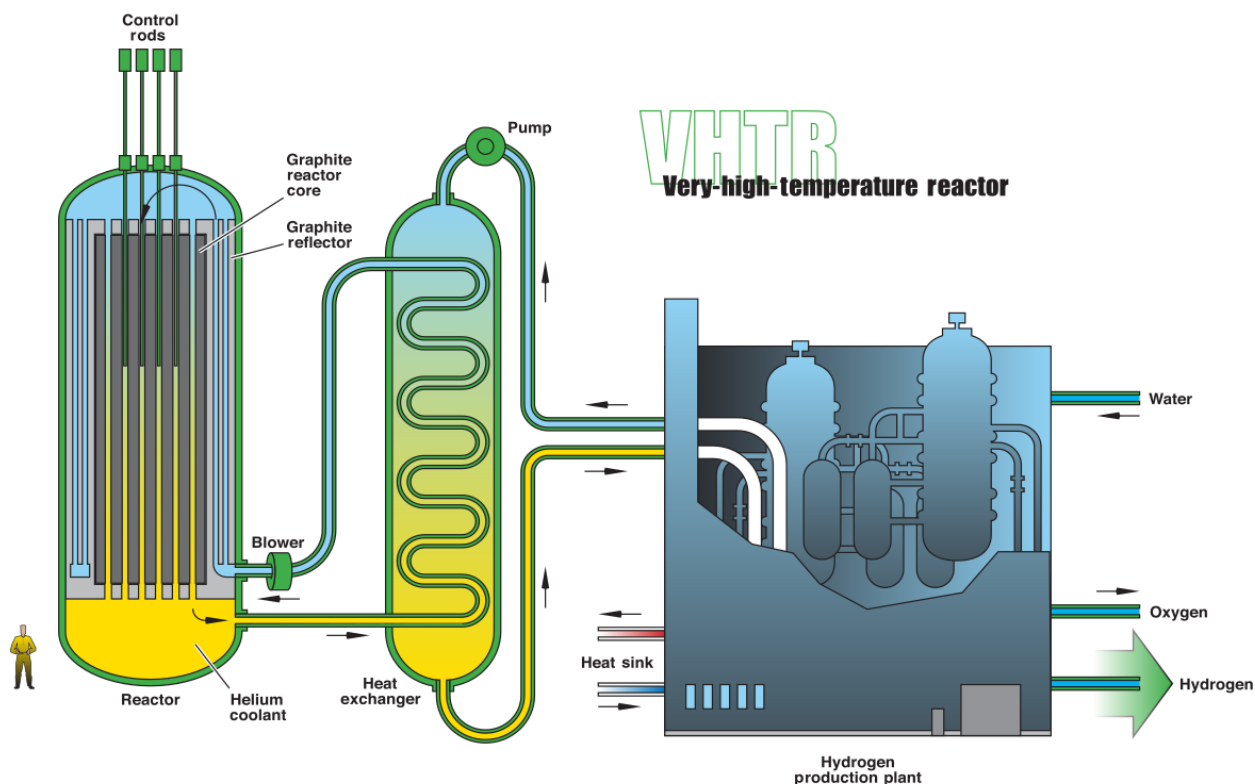


Рисунок 4 – Высокотемпературный газовый реактор (ВТГР)

Реактор на расплавах солей (рисунок 5) (MSR ( *MoltenSaltReactor*)). Это усовершенствованный тип ядерного реактора, в котором в качестве топлива и теплоносителя используется жидкая смесь фторидных солей. В последние годы реакторы на расплавах солей вызвали значительный интерес благодаря их

потенциалу обеспечения безопасного, эффективного и устойчивого производства ядерной энергии. Исследователи и организации по всему миру активно изучают возможность разработки и внедрения технологии MSR для различных энергетических и промышленных применений.

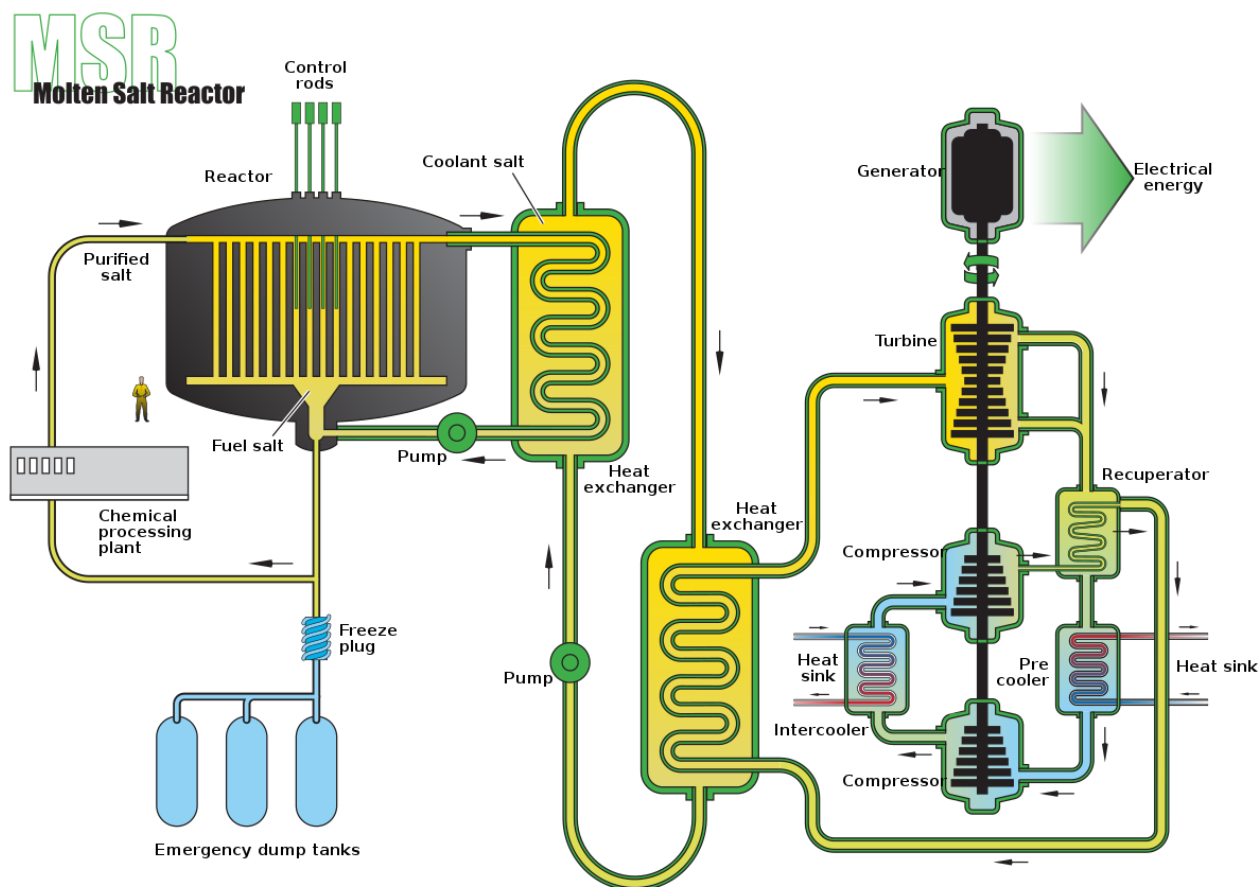


Рисунок 5 – Реактор на расплавах солей

Преимущества использования АЭС малой мощности:

- Масштабируемость. Атомные станции малой мощности предлагают гибкий подход к удовлетворению потребностей в энергии, поскольку их можно добавлять постепенно в соответствии с конкретными требованиями. Это делает их хорошо подходящими для регионов с различными потребностями в энергии.
- Снижение воздействия на окружающую среду. Атомные станции малой мощности производят электроэнергию с меньшими выбросами парниковых газов по сравнению с ископаемым топливом, что способствует усилиям по борьбе с изменением климата. Им также требуется меньше земли и воды по сравнению с некоторыми возобновляемыми источниками энергии, такими как солнечные и ветряные электростанции.
- Надежная мощность базовой нагрузки. Атомные станции малой мощности обеспечивают стабильную и постоянную подачу электроэнергии, что делает их пригодными для обеспечения мощности базовой нагрузки, что имеет решающее значение для стабильности сети.

- Повышенная безопасность. Многие модели атомных станций малой мощности оснащены усовершенствованными функциями безопасности и пассивными системами охлаждения, что снижает риск несчастных случаев и повышает общую безопасность. Их меньший размер делает реагирование на чрезвычайные ситуации более управляемым.
- Увеличенный топливный цикл. В некоторых атомных станциях малой мощности используются передовые топливные технологии, которые могут продлить время между дозаправками, что позволяет сократить эксплуатационные расходы и необходимость частой замены топлива.
- Экономические преимущества. Модульная конструкция и стандартизированная конструкция большинства атомных станций малой мощности могут привести к экономии затрат на производство и строительство, что потенциально сделает ядерную энергетику более экономически конкурентоспособной.

Проблемы и соображения использования АЭС малой мощности:

- Экономические соображения. Несмотря на то, что атомные станции малой мощности обладают потенциалом экономии средств, благодаря модульности и стандартизированной конструкции, первоначальные капитальные затраты все равно могут быть высокими. Для достижения эффекта масштаба и повышения экономической конкурентоспособности ММР по сравнению с другими источниками энергии может потребоваться время.
- Общественное восприятие. Общественное восприятие ядерной энергетики, даже в меньших масштабах, остается проблемой. Обеспокоенность по поводу безопасности, утилизации радиоактивных отходов и риска аварий может привести к противодействию со стороны населения.
- Управление ядерными отходами. Атомные станции малой мощности по-прежнему производят ядерные отходы, и поиск подходящих мест захоронения радиоактивных материалов остается долгосрочной проблемой. Должны быть внедрены эффективные решения по управлению отходами.
- Риски безопасности. Компактность атомных станций малой мощности может сделать их потенциально уязвимыми для угроз безопасности, включая кражу, саботаж и кибератаки. Необходимы строгие меры безопасности.
- Затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание. Атомные станции малой мощности требуют специализированного обслуживания и опыта эксплуатации. Обеспечение наличия квалифицированной рабочей силы, а содержание этих объектов может оказаться дорогостоящим.
- Сложность производства. Производство ММР в заводских условиях требует точности и соблюдения строгих стандартов контроля качества.
- Вывод из эксплуатации. Планирование вывода из эксплуатации малых

реакторов в конце их эксплуатационного срока имеет важное значение. Правительству будет необходимо разработать стратегию демонтажа и безопасного обращения с выбывшими из эксплуатации реакторными установками.

### Заключение

В поисках устойчивых и надежных источников энергии многообещающим маяком становятся атомные электростанции малой мощности. Эти компактные и универсальные реакторы способны изменить энергетический ландшафт, предлагая множество преимуществ и одновременно создавая серьезные проблемы.

Атомные электростанции малой мощности имеют огромный потенциал. При наличии правильных стратегий ММР могут внести существенный вклад в наше будущее экологически чистой энергетики, обеспечивая стабильный и низкоуглеродный источник электроэнергии для сообществ по всему миру.

### Литература

1. Атомная энергетика: выгоды и перспективы [Электронный ресурс] / - Режим доступа: <https://www.belta.by/onlineconference/view/atomnaja-energetika-vugody-i-perspektivy-1412/>; – Дата доступа: 27.09.2023.
2. Атомная станция малой мощности [Электронный ресурс]/Режим доступа: / [https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/703368-atomnaya-stantsiya-maloyoshchnostiasmm/#:~:text=Единственная%20АЭС%20малой%20мощности%20\(70,в%20Усть-Янском%20районе%20Якутии](https://neftegaz.ru/tech-library/energoresursy-toplivo/703368-atomnaya-stantsiya-maloyoshchnostiasmm/#:~:text=Единственная%20АЭС%20малой%20мощности%20(70,в%20Усть-Янском%20районе%20Якутии;); – Дата доступа: 27.09.2023.
3. Что такое ММР? МАГАТЭ [Электронный ресурс]/- Режим доступа: / <https://www.iaea.org/ru/newscenter/news/chto-takoe-malye-modulnye-reaktory-mmr>; – Дата доступа: 27.09.2023.
4. De-mystifying small modular reactors [Электронный ресурс]/ - Режим доступа: / <https://www.sustainability-times.com/low-carbon-energy/de-mystifying-small-modular-reactors/>; – Дата доступа: 27.09.2023.
5. Small Modular Reactors: Safety, Security and Cost Concerns [Электронный ресурс]/ - Режим доступа: <https://www.ucsusa.org/resources/small-modular-reactors>; – Дата доступа: 27.09.2023
6. Высокотемпературный ядерный реактор [Электронный ресурс]/ - Режим доступа:–[https://ru.wikipedia.org/wiki/Высокотемпературный\\_ядерный\\_реактор#:~:text=Высокотемпературный%20ядерный%20реактор%20\(ВТР%2C%20НТР,на%20выходе%201000%20°C](https://ru.wikipedia.org/wiki/Высокотемпературный_ядерный_реактор#:~:text=Высокотемпературный%20ядерный%20реактор%20(ВТР%2C%20НТР,на%20выходе%201000%20°C); – Дата доступа: 28.09.2023.