

## ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТРУКТУРНЫХ КОМПОНЕНТОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МАЛЫХ АТОМНЫХ СТАНЦИЙ\*

Тамара Николаевна РЫЖИКОВА<sup>а\*</sup>, Татьяна Дмитриевна ЩЕПЕТИНА<sup>б</sup>,  
Дмитрий Юрьевич ЧУМАК<sup>с</sup>

<sup>а</sup> доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и организации производства, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация  
tnr411@gmail.com  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: 2731-0990

<sup>б</sup> кандидат технических наук, начальник лаборатории перспективных концепций и прогнозирования, НИЦ «Курчатовский институт», Москва, Российская Федерация  
tds\_kiae@mail.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: отсутствует

<sup>с</sup> кандидат экономических наук, экономист, АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС», Москва, Российская Федерация  
dcu1@mail.ru  
ORCID: отсутствует  
SPIN-код: отсутствует

\* Ответственный автор

### История статьи:

Получена 22.01.2019  
Получена в доработанном виде 01.02.2019  
Одобрена 22.02.2019  
Доступна онлайн 29.03.2019

УДК 338.001.36  
JEL: L23, L25, L53, L94,  
Q47

### Ключевые слова:

энергоэффективность,  
энергообеспеченность,  
малые атомные станции,  
единичная мощность блока,  
атомные станции малой  
мощности

### Аннотация

**Предмет.** Экономическая целесообразность, возможности и перспективы развития малых атомных станций (МАС) в различных аспектах деятельности через энергетическую составляющую для укрепления системы хозяйствования в районах Крайнего Севера и удаленных районов, для повышения внутреннего экономического потенциала страны, противодействия многочисленным и разнонаправленным угрозам, вызовам и рискам.

**Цели.** Исследовать различные оценки перспектив развития МАС по всему жизненному циклу атомных станций для выявления ключевых факторов, способных повлиять на экономическую целесообразность строительства МАС. Исследовать возможности использования различных управленческих механизмов для привлечения инвестиций в целях реализации проектов создания МАС. Оценить влияние структурных компонент при реализации МАС.

**Методология.** Исследование базируется на теории менеджмента, маркетинга, экономики предприятия и методологии системного анализа. Использовались также методы анализа и синтеза, группировки и сравнения, абстрагирования, обобщения, аналогии, сравнительного экономического и инвестиционного анализа.

**Результаты.** Проведен анализ компонентов стоимости на разных этапах жизненного цикла, выделены факторы, влияющие на стоимость получаемой электроэнергии, рассмотрены управленческие подходы к решению проблем привлечения инвестиций для проектов развития МАС. Сформулированы направления влияния факторов на продолжительность этапов жизненного цикла и конечную стоимость электроэнергии.

**Выводы.** На стоимость МАС влияют факторы, позволяющие оптимизировать затраты. Кроме того, полученные результаты позволят поднять интерес частных инвесторов к распространению МАС. Выявлено, что решаемые станцией задачи могут охватывать различные типы систем, требующих соразмерности и пропорциональности.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2019

**Для цитирования:** Рыжикова Т.Н., Щепетина Т.Д., Чумак Д.Ю. Оценка влияния структурных компонентов при реализации малых атомных станций // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2019. – Т. 18, № 3. – С. 400 – 412.

<https://doi.org/10.24891/ea.18.3.400>

## Введение

Как считают аналитики, разрабатываемые в настоящее время атомные электростанции третьего поколения будут строиться в условиях рынка, для которого характерен риск в большей степени, чем для рынка, регулируемого с помощью государственных структур, в условиях которого функционировала атомная отрасль ранее. В течение 1990-х гг. заинтересованные отрасли, пользователи, инвесторы приобрели больше уверенности в надежности современных реакторов, в частности, водородных энергетических реакторов, в их способности предотвращать аварии и создавать условия для сокращения времени простоев, а операторы АЭС существенно повысили коэффициент использования мощности работающих реакторов с менее чем 70% в конце 1980-х гг. до более 90% к началу 2000-х гг. [1]. Кроме того, атомная энергетика достаточно перспективна, так как строительство АЭС способно обеспечить экономический рост и создать новые рабочие места. Роль малых атомных станций (МАС) может состоять в укреплении экономики депрессивных районов, в оживлении хозяйственной деятельности. В этом случае таким станциям в удаленных регионах нет альтернативы. Тем не менее продвижение малой атомной энергетике, затруднено и несет много проблем, главная из которых – это стоимость МАС.

Теперь обратимся к экономическим вопросам. Исследователи считают, что структурной основой стабильности и сбалансированности экономики на всех уровнях выступает тетрада (схема-образ) устойчивого взаимодействия систем, которые разделяются на проектный, объектный, средовой, процессный типы. Сбалансированность экономической системы характеризуется соразмерностью, пропорциональностью структурных компонентов, которые представлены в виде аналитических показателей [2, 3]. Если мы

\* Исследование проведено в рамках планов научных исследований кафедры экономики и организации производства МГТУ им. Н.Э. Баумана и при поддержке лаборатории перспективных концепций и прогнозирования НИЦ «Курчатовский институт» (приказ от 05.07.2018 № 1597).

переносим данное условие на нашу задачу – развитие малых атомных станций в различных аспектах деятельности, то видим, что прежде всего необходимо сбалансировать размеры МАС, продолжительность жизненного цикла, стоимость получаемой электроэнергии и те задачи, которые могут быть решены в данном регионе. При этом затрагиваются интересы топ-менеджмента, акционеров, работников, представителей технотехнологических структур, жителей данного региона.

Основной проблемой создания МАС, препятствующей их широкому внедрению, является стоимость этих проектов. Дадим оценку МАС и оценим перспективы их использования.

## Экономическая оценка МАС

Для выявления факторов, оказывающих влияние на продолжительность этапов жизненного цикла и конечную стоимость электроэнергии, получаемой МАС, проведем анализ расходов по всему жизненному циклу.

Структура проектов по применяемым технологиям в малой энергетике, по данным МАГАТЭ за 2018 г., представлена в виде круговой диаграммы (рис. 1). Как видно, отрасль развивается, но какое-то лидирующее, наиболее экономически приемлемое направление пока еще не выбрано, хотя доля проектов водоохлаждаемых малых модульных реакторов превышает другие. Однако это стационарные реакторы, применение которых может быть затруднено в условиях труднодоступных районов, где планируется внедрение МАС.

Кроме того, статус этих проектов разный – от находящихся на стадии разработки (Under Development) до проектной документации (Basic Design) и рабочего проекта (Detailed Design).

Исследуя проектируемые МАС, можно выделить ряд наиболее известных задач, для которых они должны применяться:

- снабжение электроэнергией малых и средних электросетей, островов и удаленных районов, в том числе горных;

- теплоснабжение удаленных поселений;
- поставка пара и электроэнергии промышленным предприятиям, технопаркам и нефтехимическим производствам;
- опреснение морской воды.

Каждая из решаемых задач требует определенного расхода электроэнергии, поэтому можно предположить оптимальный размер МАС, прогнозировать стоимость получаемой электроэнергии и коэффициент использования мощности исходя из поставленных задач. В то же время для обеспечения непрерывной работы МАС необходима дополнительная, резервная мощность на случай сбоев и неисправностей. Кроме того, первоначально при проектировании трудно спрогнозировать будущие потребности, так как может потребоваться наращивание мощности, что может быть затруднено из-за удаленности района постройки.

В атомной энергетике обычно учитываются следующие расходы на жизненный цикл АЭС: капитальные затраты, эксплуатационные затраты, затраты на топливо и вывод из эксплуатации. Для их расчета обычно используются два подхода к оценке затрат: «сверху вниз» и «снизу вверх». Первый подход объединяет различные индексы и коэффициенты, корректирующие изменение затрат, касающихся непосредственно станции.

Эти индексы и коэффициенты зависят от размера, технологии, местоположения, внешних факторов и т.д. При анализе затрат «снизу вверх» (то есть при расчете затрат методом инженерного проектирования) определяются количество ресурсов и затраты. Конечная их стоимость – это сумма расходов по проекту (например, при стоимости сооружения в 47 млрд руб., стоимость оборудования составляет ~ 50%, а строительно-монтажные работы ~ 25%).

Проведем анализ компонентов стоимости рассматриваемых источников генерации.

Удельные эксплуатационные затраты, на первый взгляд, наиболее привлекательная позиция. Также значительное влияние на

стоимость и продолжительность этапа по подготовке и строительству оказывают конструктивные особенности (табл. 1).

Усредненная структура текущих затрат на малую атомную станцию представлена на рис. 2.

Наибольшие затраты – это затраты на ядерное топливо (при средних эксплуатационных затратах в 1,5 млрд руб. в год это можно оценить в 40–45%), которые можно отнести к постоянным затратам, зависящим от поставленных задач. Количество топлива определяется структурой задач, которые решаются МАС, требуемыми объемами и мощностью. Важнейшим показателем для будущих потребителей является расчетная стоимость производимой энергии. Этот показатель, обычно называемый средней стоимостью нормированного производства электроэнергии (Levelized Energy Cost, LEC) или средней расчетной себестоимостью производства электроэнергии на протяжении всего жизненного цикла электростанции, включая все возможные инвестиции, затраты и доходы (Levelised Cost of Energy, LCOE), учитывает все затраты на жизненный цикл и выражается в виде EUR/kWh или руб./МВт·ч.

В представленной формуле все переменные выражаются в реальной оценке<sup>1</sup>:

$$LCOE = \frac{\sum (Capital_t + O \& M_t + Fuel_t + Carbon_t + D_t)(1+r)^{-t}}{\sum WWh_t (1+r)^{-t}},$$

где  $Capital_t$  – общая стоимость капитального строительства в году  $t$ ;

$O \& M_t$  – операционные затраты в году  $t$ ;

$Fuel_t$  – затраты на топливо в году  $t$ ;

$Carbon_t$  – затраты на оплату выбросов парниковых газов в году  $t$ ;

$D_t$  – затраты на обращение с отходами и вывод из эксплуатации в году  $t$ ;

$(1 + r)^{-t}$  – коэффициент дисконтирования для года  $t$  (отражает оплату стоимости капитала);

<sup>1</sup> Projected Costs of Generating Electricity – 2015 Edition.  
URL: <http://www.oecd-nea.org/ndd/egc/2015/>

$WWh_t$  – общий объем генерации в году  $t$ , МВт·ч.

Что касается инвестиций в МАС, то стоимость подготовки и строительства (расходы по ЕРС-контракту<sup>2</sup>, расходы на подключение к сети) будет зависеть от того в том числе, где будут собираться энергоблоки. Если станция стационарная, то стоимость доставки в отдаленные районы и монтажа может вырасти в разы, вырастет в разы и стоимость ликвидации. В России МАС, по мнению специалистов, должны использоваться именно в удаленных районах. Значит ли это, что использование стационарных станций в таких районах априори нерентабельно?

В целях исследования рентабельности инвестиций в МАС для коммунальных и промышленных предприятий во всем мире используется несколько индикаторов, при этом двумя наиболее популярными являются общепринятые: чистая приведенная стоимость (NPV) и внутренняя норма доходности (IRR).

Индикатор NPV измеряет абсолютную доходность, и на нее значительно влияют корректировка, факторы, используемые для оценки текущей стоимости против будущих доходов. Эти показатели обычно зависят от текущей ситуации и можно прогнозировать средневзвешенную стоимость капитала (WACC). Низкий WACC, взвешивая текущую стоимость и будущие доходы, дает возможность продвигать капиталоемкие проекты, такие как атомные электростанции. Высокий WACC, в большей степени примененный к нынешнему стоимостному отношению и будущим доходам, содействует низкому капиталу, примером могут служить газовые электростанции.

Индикатор IRR представляет собой возврат инвестиций. Чем больше значение, тем выше прибыль. Однако правильность расчетов зависит от точности исходных данных и правильности оценки текущей или будущей ситуации. Именно это и вызывает основные затруднения.

<sup>2</sup> ЕРС-контракт (Engineering, Procurement, Construction) представляет собой договор, заключаемый между заказчиком и подрядчиком. Согласно этому договору подрядчик выполняет полный цикл работ и ответственен за риски, связанные со строительством.

Следует упомянуть о диверсификации инвестиционного портфеля за счет создания станций на основе различных технологий и генераций, поэтому если речь идет, например, об обогреве, то эффективность атомного источника может быть ниже, чем от других источников. То есть разные задачи могут решаться с разной эффективностью (рис. 3).

Следовательно, зона прибыли от МАС находится в сфере решаемых задач и зависит от их эффективности. В то же время решаемые станцией задачи охватывают различные типы систем: проектную, объектную, средовую, процессную, которые требуют соразмерности и пропорциональности<sup>3</sup> [4, 5]. Таким образом, сама МАС требует гибкости и безопасности.

### **Оценка экономии от масштаба атомной станции**

Экономия от масштаба широко используется на Западе [6] для управления структурой затрат на производство водо-водяных энергетических реакторов. Традиционный техноэкономический анализ<sup>4</sup> [6–9] показывает, что средние инвестиционные и эксплуатационные расходы на единицу электроэнергии снижаются при увеличении размера/мощности блока станции. Однако данный результат непропорционален и не может быть перенесен в инвестиционный анализ МАС, поскольку он опирается на положение «при прочих равных условиях» [6, 10–12].

Это результат того, что МАС являются почти такими же, как большие атомные станции (БАС), за исключением размера. И если конструкции станций лишь незначительно различаются, то удельная стоимость более крупной станции гораздо ниже, чем для меньшего варианта исполнения. Например, габаритные размеры при увеличении до трех раз приводят к увеличению материальных и стоимостных затрат до двух раз, при этом некоторые затраты остаются

<sup>3</sup> Рызжикова Т.Н., Васильев С.В. Каждой продукции свой маркетинг // *Экономика и жизнь*. 2006. № 27. С. 31.

<sup>4</sup> Cost Estimating Guidelines for Generation IV Nuclear Energy Systems. Revision 4.2. Prepared by the Economic Modeling Working Group of the Generation IV International Forum. URL: [https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2013-09/emwg\\_guidelines.pdf](https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2013-09/emwg_guidelines.pdf)

полуфиксированными, то есть значительно не меняются.

В связи с этим МАС демонстрируют несколько преимуществ уменьшения объемов, которые уникальны, но доступны только для небольших инновационных реакторов и могут только реплицироваться БАС в очень ограниченной степени [2, 13]. Одним из таких преимуществ является модуляция (модульность).

Модуляцией по типу преобразования сигналов можно назвать процесс преобразования конструкции крупного, «монолитного» блока в более компактные модули для облегчения их изготовления, отгрузки и установки в полевых условиях в виде законченных элементов сборки. Изготовление модульных МАС может быть дешевле, чем изготовление монолитной станции, поскольку наилучшим вариантом будет возможность доставки дешевых «заводских» модулей, построенных за пределами площадки для дальнейшего монтажа.

Малые станции могут использовать дифференциальное преимущество, именно так можно именовать свойство, связанное с дробностью мощностей и соответствующих инвестиций, позволяющее инвесторам вводить добавочные мощности в уже существующей станции. Это может привести к синергетическим эффектам. Некоторые фиксированные неделимые затраты могут сохраняться при установке второго и последующих блоков. Чем больше количество совместно используемых единиц (блоков) МАС, тем меньше общие инвестиционные затраты для каждой единицы.

Новая стратегия для создания МАС может использовать конструктивные интегральный и модульный подходы одновременно к проектированию ядерных реакторов, что дает возможность получать упрощенные установки. Такая стратегия может привести к сокращению видов и количества компонентов, что положительно повлияет на безопасность установки за счет сокращения количества систем безопасности и упрощения конструкции.

Еще одно не прямое в экономическом отношении, но чрезвычайно важное в системном отношении свойство МАС по сравнению с БАС – это сокращение необходимого резерва в энергосетях и более легкая восприимчивость сетей к малым возмущениям, вносимым МАС. Это позволяет избежать единовременного капитального переоснащения электросетей, необходимого для ввода БАС, то есть проводить адаптацию сетей к новым вводимым МАС дифференцированно, то есть поэтапно.

### **Оценка влияния продолжительности строительства**

Помимо приведенных конструктивных эффектов при строительстве МАС могут возникнуть еще несколько эффектов, которые позволяют усилить эффект преимущества дифференциальности<sup>5</sup> [7, 10].

При проектировании и реализации МАС проектировщики полагаются на техническую концепцию, которая включает поставку стандартизованных серийных компонентов и их сборку и техническое обслуживание на реакторе, с уменьшением инвестиционных и эксплуатационных расходов. Стандартизация компонентов может оказаться необходимым условием, наряду с сокращением размеров, чтобы поставщик воспроизводил массово компоненты или отдельные блоки МАС.

Применяя монтаж станции из отдельных блоков для достижения определенной установленной мощности требуется большее количество МАС, чем БАС, поскольку мощность, обеспечиваемая отдельным блоком, представляет собой долю мощности,

<sup>5</sup> Cost Estimating Guidelines for Generation IV Nuclear Energy Systems. Revision 4.2. Prepared by the Economic Modeling Working Group of the Generation IV International Forum. URL: [https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2013-09/emwg\\_guidelines.pdf](https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2013-09/emwg_guidelines.pdf); Субботин С.А., Алексеев П.Н., Гагаринский Ю.А., Семченков Ю.М. Стратегия развития двухкомпонентной ядерной энергетики // Материалы Всемирного конгресса инженеров и ученых «Энергия будущего: инновационные сценарии и методы их реализации» WSEC-2017. Алматы: Luxe Media Group, 2017; Алексеев П.Н., Субботин С.А., Удянский Ю.Н., Щепетина Т.Д. Состояние и перспективы развития проектов атомных станций малой и средней мощности // Сборник тезисов докладов 13-й Международной научно-практической конференции по атомной энергетике «Безопасность, эффективность, ресурс», 2017. URL: <http://icnpe.ru/sbornik-2017.pdf>

обеспечиваемой БАС. Кроме того, можно получить экономию от более унифицированного процесса закупок.

Одним из важнейших условий является стабильная нормативная база, позволяющая предприятиям стандартизировать проектные работы. Стоимостные составляющие МАС (проектирование, оборудование, строительство, испытания, оснастка, управление и другие затраты) повторяются и будут сокращаться.

Такие технические и организационные преимущества, мы надеемся, позволят МАС получить наименьшие средние издержки генерации для данного размера реактора.

График строительства – это еще один очень важный экономический аспект на атомной электростанции по двум причинам:

- *постоянные суточные затраты* – на площадке ядерного реактора работают сотни людей, дорогостоящее оборудование. Следовательно, каждый рабочий день имеет высокие постоянные издержки (примерно 30–35 млн руб. в день);
- *отсрочка денежного потока* – каждый год отсрочки окончания строительства задерживает поступление денежного потока, увеличивает проценты, подлежащие выплате по долгу. С одной стороны, специалисты утверждают<sup>6</sup> [7], что, поскольку срок службы реактора  $T$  фиксирован, отсрочка денежного потока не имеет значения. Однако это не так, поскольку текущая стоимость денежного потока, отличающаяся на  $\Delta T$  лет от планируемой, ничтожна. Следовательно, за каждый год задержки доход будет считаться потерянным [6].

По удельным показателям МАС может стоить как БАС или на 50% дороже, в зависимости

от количества требуемых единиц и конструктивно-организационных предположений, основанных на эффектах масштаба.

## Выводы

Таким образом, можно выделить факторы, оказывающие влияние как на стоимость этапа, так и на конечную стоимость получаемой электроэнергии:

- степень разработанности реактора (зрелость технологии), дающая возможность серийного производства компонентов энергоблоков;
- возможность постепенного наращивания мощности в зависимости от требуемых объемов позволяет сэкономить до 25% от стоимости МАС;
- возможность монтажа станции из отдельных блоков, сокращающая объем строительных работ (если речь идет о стационарном объекте). Сокращение сроков даже на 1–2 недели способно дать экономию 200–300 млн руб.

Краткий обзор выводов исследования представлен в *табл. 2*.

Что касается стабильности и сбалансированности субъекта (территории, региона) в дальнейшем, а также соразмерности и пропорциональности компонентов создаваемой на данной территории системы, то проектирование и строительство станции – это лишь первый шаг. Остальные компоненты могут создаваться не параллельно, а большей частью последовательно, по мере освоения территории. Это заставляет заранее обосновывать компоненты создаваемой системы.

<sup>6</sup> Cost Estimating Guidelines for Generation IV Nuclear Energy Systems. Revision 4.2. Prepared by the Economic Modeling Working Group of the Generation IV International Forum. URL: [https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2013-09/emwg\\_guidelines.pdf](https://www.gen-4.org/gif/upload/docs/application/pdf/2013-09/emwg_guidelines.pdf)

**Анализ компонентов стоимости на разных этапах жизненного цикла****Table 1**  
**Analysis of cost components at different stages of the life cycle**

Показатель	НИОКР (расходы на НИОКР и другие расходы)	Подготовка и строительство (расходы по ЕРС-контракту, расходы на подключение к сети)	Эксплуатация (эксплуатационные расходы, расходы на топливо, обслуживание и ремонт)	Ликвидация (расходы на демонтаж и захоронение отходов)
Продолжительность этапа	Затруднена (от 5 до 20 лет)	До 10 лет	От 20 до 60 лет	До 50 лет
Затраты этапа	Средние	Высокие	Сравнительно низкие, особенно удельные	Высокие

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Таблица 2**  
**Краткий обзор выводов исследования****Table 2**  
**Summary of findings**

Показатель	НИОКР	Подготовка и строительство	Эксплуатация	Ликвидация
<b>Продолжительность этапа</b>				
Степень разработанности реактора	-	-	=	=
Возможность наращивания мощности	-	-	=	-
Мобильность энергоблоков	=	-	=	-
Возможность монтажа станции из отдельных блоков	=	-	=	-
<b>Затраты этапа</b>				
Степень разработанности реактора	-	-	-	=
Возможность наращивания мощности	=	-	+	=
Мобильность энергоблоков	=	-	+	-
Возможность монтажа станции из отдельных блоков	=	-	=	-

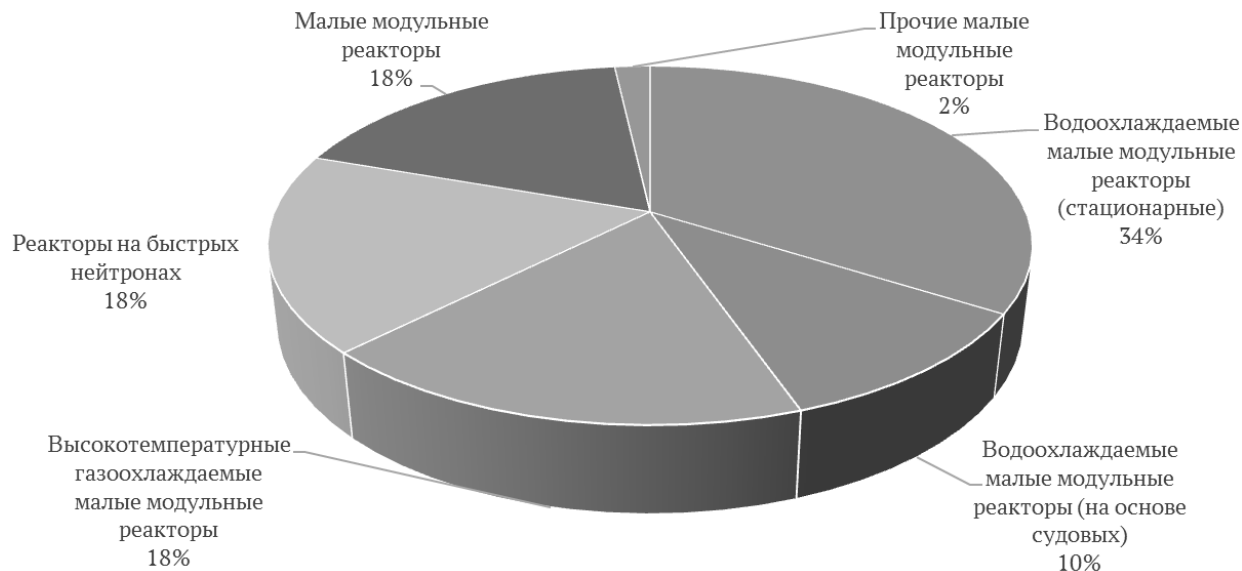
Примечание. «+» – увеличивает затраты; «-» – уменьшает затраты; «=» – не влияет на затраты.

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Рисунок 1**  
**Структура проектов МАС по данным МАГАТЭ (2018 г.)**

**Figure 1**  
**Structure of Small Nuclear Power Plant projects according to the IAEA (2018)**



Источник: МАГАТЭ  
 Source: The IAEA data

**Рисунок 2**  
**Структура текущих затрат на малую атомную станцию**

**Figure 2**  
**Structure of current cost of a small nuclear power plant**



Источник: авторская разработка  
 Source: Authoring

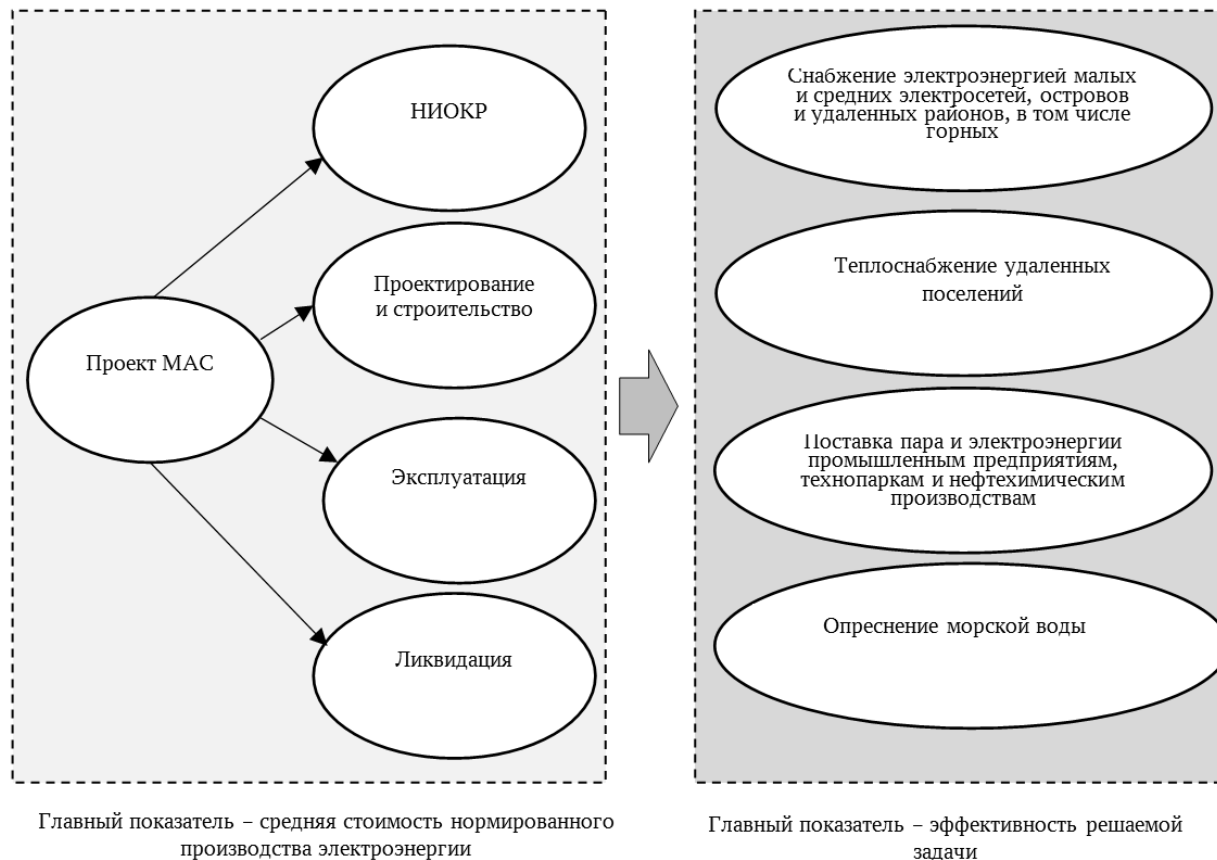


**Рисунок 3**

**Разработка проекта и реализация задач**

**Figure 3**

**Project development and task implementation**



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

**Список литературы**

1. Варшавский Л.Е. Исследование динамики показателей эксплуатации АЭС (на примере атомной энергетики США) // Прикладная эконометрика. 2013. № 30(2). С. 115–137.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-dinamiki-pokazateley-ekspluatatsii-aes-na-primere-atomnoy-energetiki-ssha-1>
2. Ендовицкий Д.А., Бабичева Н.Э., Любушин Н.П. Использование ресурсоориентированного подхода в оценке системной сбалансированности экономики // Экономический анализ: теория и практика. 2018. Т. 17. Вып. 12. С. 1298–1309.  
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.12.1298>
3. Клейнер Г.Б. Системная организация экономики и концепция российской модернизации // Экономика образования. 2011. № 3. С. 34–41.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/sistemnaya-organizatsiya-ekonomiki-i-kontseptsiya-rossiyskoy-modernizatsii>

4. Клейнер Г.Б. Государство – регион – отрасль – предприятие: каркас системной устойчивости экономики России. Часть 1 // Экономика региона. 2015. № 2. С. 50–57. URL: <http://www.uiiec.ru/content/files/04iKleiner.pdf>
5. Клейнер Г.Б. Какая экономика нужна России и для чего? (Опыт системного исследования) // Вопросы экономики. 2013. № 10. С. 4–27. URL: <https://voprecotest.elpub.ru/jour/article/view/578>
6. Locatelli G., Bingham C., Mancini M. Small Modular Reactors: A Comprehensive Overview of Their Economics and Strategic Aspects. *Progress in Nuclear Energy*, 2014, vol. 73, pp. 75–85. URL: <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2014.01.010>
7. Carelli M.D., Garrone P., Locatelli G., Mancini M. et al. Economic Features of Integral, Modular, Small-to-Medium Size Reactors. *Progress in Nuclear Energy*, 2010, vol. 52, pp. 403–414. URL: <https://international.anl.gov/training/materials/BL/Literature/Giorgio%20Locatelli%20Papers/Economic%20features%20of%20SMR.pdf>
8. Щепетина Т.Д. К проблеме повышения КПД ВВР: «стоит ли стричь поросенка?» URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=1968>
9. Рыжикова Т.Н. Угрозы для бизнеса: теории, методы, предположения // Стратегии бизнеса. 2013. № 1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ugrozy-dlya-biznesa-teorii-metody-predpolozheniya>
10. Hauns M.R., Shepherd J. SIR-Reducing Size Can Reduce Cost. *Nuclear Energy*, 1991, vol. 30(2), pp. 85–93.
11. Чумак Д.Ю., Щепетина Т.Д. Классификация риска как необходимый элемент управления в проектах ядерной энергетики // Атомная энергия. 2014. Т. 116. Вып. 2. С. 108–113.
12. Рыжикова Т.Н. Маркетинг инноваций: проблемы инновационного развития // Экономика. Налоги. Право. 2015. № 4. С. 11–17. URL: <https://economy.fa.ru/jour/article/view/70>
13. Алексеев П.Н., Субботин С.А., Стукалов В.А., Щепетина Т.Д. Система атомных станций малой мощности как фактор национальной безопасности // Академия энергетики. 2015. № 2. С. 74–79.

#### **Информация о конфликте интересов**

Мы, авторы данной статьи, со всей ответственностью заявляем о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

## EVALUATING THE IMPACT OF STRUCTURAL COMPONENTS FOR SMALL NUCLEAR POWER PLANT PROJECT IMPLEMENTATION

Tamara N. RYZHIKOVA<sup>a,\*</sup>, Tat'yana D. SHCHEPETINA<sup>b</sup>, Dmitrii Yu. CHUMAK<sup>c</sup>

<sup>a</sup> Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation  
tnr411@gmail.com  
ORCID: not available

<sup>b</sup> National Research Center Kurchatov Institute, Moscow, Russian Federation  
tds\_kiae@mail.ru  
ORCID: not available

<sup>c</sup> OKB GIDROPRESS, Moscow, Russian Federation  
dcu1@mail.ru  
ORCID: not available

\* Corresponding author

### Article history:

Received 22 January 2019  
Received in revised form  
1 February 2019  
Accepted 22 February 2019  
Available online  
29 March 2019

**JEL classification:** L23, L25,  
L53, L94, Q47

**Keywords:** energy efficiency,  
energy security, small nuclear  
power plant, unit output,  
low-power nuclear plants

### Abstract

**Subject** The article addresses economic viability, opportunities and prospects for small nuclear power plant (SNPP) development in various aspects of activity through the energy component for strengthening the management system in the Far North and remote areas and for improving the country's economic potential, countering the multiple and diverse threats, challenges and risks.

**Objectives** We aim to explore different assessments of SNPP development prospects throughout the life cycle of nuclear power plants to identify key factors that can affect the economic viability of SNPP construction.

**Methods** The study rests on the theory of management, marketing, business economics, and methodology for systems analysis. We also apply methods of analysis and synthesis, grouping and comparison, abstraction, generalization, analogy, comparative economic and investment analysis.

**Results** We analyzed cost components at different stages of life cycle, highlighted factors affecting the cost of generated electric power, considered managerial approaches to attracting investments for SNPP development projects. The paper describes how these factors affect the duration of life cycle stages and the final value of electricity.

**Conclusions** The cost of SNPP is affected by factors enabling to optimize costs. The findings may help increase the interest of private investors in SNPP construction.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2019

**Please cite this article as:** Ryzhikova T.N., Shchepetina T.D., Chumak D.Yu. Evaluating the Impact of Structural Components for Small Nuclear Power Plant Project Implementation. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2019, vol. 18, iss. 3, pp. 400–412.  
<https://doi.org/10.24891/ea.18.3.400>

### Acknowledgments

The study was supported by the Advanced Concept and Forecasting Laboratory of the National Research Center Kurchatov Institute as part of R&D plans of the Industrial Management Department of the Bauman Moscow State Technical University (Order № 1597 dated July 5, 2018).

### References

1. Varshavskii L.E. [Studying dynamics of indicators of nuclear power stations exploitation (the case of US nuclear power stations)]. *Prikladnaya ekonometrika = Applied Econometrics*,

- 2013, no. 30(2), pp. 115–137. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-dinamiki-pokazateley-ekspluatatsii-aes-na-primere-atomnoy-energetiki-ssha-1> (In Russ.)
2. Endovitskii D.A., Babicheva N.E., Lyubushin N.P. [Using a resource-oriented approach to assess the economy's system-wide balance]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 12, pp. 1298–1309. (In Russ.)  
URL: <https://doi.org/10.24891/ea.17.12.1298>
  3. Kleiner G.B. [System organization of the economy and the concept of Russia's modernization]. *Ekonomika obrazovaniya = Economics of Education*, 2011, no. 3, pp. 34–41.  
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/sistemnaya-organizatsiya-ekonomiki-i-kontseptsiya-rossiyskoy-modernizatsii> (In Russ.)
  4. Kleiner G.B. [State – Region – Field – Enterprise: Framework of Economics System Stability of Russia. Part 1]. *Ekonomika regiona = Economy of Region*, 2015, no. 2, pp. 50–57.  
URL: <http://www.uiec.ru/content/files/04iKleiner.pdf> (In Russ.)
  5. Kleiner G.B. [What Kind of Economy does Russia Need and for What Purpose? (An Attempt of System Analysis)]. *Voprosy Ekonomiki*, 2013, no. 10, pp. 4–27. (In Russ.)  
URL: <https://doi.org/10.32609/0042-8736-2013-10-4-27>
  6. Locatelli G., Bingham C., Mancini M. Small Modular Reactors: A Comprehensive Overview of Their Economics and Strategic Aspects. *Progress in Nuclear Energy*, 2014, vol. 73, pp. 75–85.  
URL: <https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2014.01.010>
  7. Carelli M.D., Garrone P., Locatelli G., Mancini M. et al. Economic Features of Integral, Modular, Small-to-Medium Size Reactors. *Progress in Nuclear Energy*, 2010, vol. 52, pp. 403–414.  
URL: <https://international.anl.gov/training/materials/BL/Literature/Giorgio%20Locatelli%20Papers/Economic%20features%20of%20SMR.pdf>
  8. Shchepetina T.D. *K probleme povysheniya KPD VVR: 'Stoit li strich' porosenka?'* [On the problem of improving the efficiency of boiling water reactor: 'Is it worth trimming a piglet?']. URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=1968> (In Russ.)
  9. Ryzhikova T.N. [Threats to business: Theories, methods, assumptions]. *Strategii biznesa*, 2013, no. 1, pp. 73–78. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ugrozy-dlya-biznesa-teorii-metody-predpolozheniya>
  10. Hayns M.R., Shepherd J. SIR: Reducing Size Can Reduce Cost. *Nuclear Energy*, 1991, vol. 30(2), pp. 85–93.
  11. Chumak D.Yu., Shchepetina T.D. [Risk classification as a necessary element of control in nuclear power projects]. *Atomnaya energiya*, 2014, vol. 116, iss. 2, pp. 108–113. (In Russ.)
  12. Ryzhikova T.N. [Innovation marketing: Problems of innovative development]. *Ekonomika. Nalogi. Pravo = Economics, Taxes and Law*, 2015, no. 4, pp. 11–17.  
URL: <https://economy.fa.ru/jour/article/view/70/71> (In Russ.)
  13. Alekseev P.N., Subbotin S.A., Stukalov V.A., Shchepetina T.D. [The system of small nuclear power plants as a factor of national security]. *Akademiya energetiki*, 2015, no. 2, pp. 74–79. (In Russ.)

### **Conflict-of-interest notification**

We, the authors of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.