

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Increased** Accident Tolerance of Fuels for Light Water Reactors. Workshop Proc. OECD/NEA, France, 2013. 34 p.
2. **State-of-the-Art** Report on Light Water Reactor Accident-Tolerant Fuels. OECD/NEA, 2018. 372 p.
3. **Bin Zhang, Pengcheng Gao, Tao Xu et al.** Performance evaluation of accident tolerant fuel under station blackout accident in PWR nuclear power plant by improved ISAA code. — Nucl. Engng Technol., 2022, v. 54, № 7, p. 2475—2490.
4. **Курындин А.В., Киркин А.М., Каримов А.З., Маковский С.В.** О подходах к регулированию безопасности применения толерантного ядерного топлива. — Ядерная и радиационная безопасность, 2021, № 4(102), с. 14—23.
5. **Development** of Light Water Reactor Fuels with Enhanced Accident Tolerance. Rep. to Congress. United States Department of Energy, June 2015 [Электронный ресурс].
6. **Прогноз** развития энергетики мира и России 2019. Под ред. А.А. Макарова, Т.А. Митровой, В.А. Кулагина. М., ИНЭИ РАН, Центр энергетики Московской школы управления Сколково, 2019. 210 с.
7. **Projected** Costs of Generating Electricity. 2020 Ed. Paris, IEA, OECD-NEA, 2020. 220 p.
8. **Харитонов В.В., Косолапова Н.В., Ульянин Ю.А.** Прогнозирование эффективности инвестиций в многоблочные электростанции. — Вестник НИЯУ МИФИ, 2018, т. 7, № 6, с. 545—562.
9. **Семенов Е.В., Харитонов В.В.** Микроэкономика повышения безопасности АЭС на основе толерантного топлива. — Микроэкономика, 2021, № 5(100), с. 49—62.
10. **Синев Н.М.** Экономика ядерной энергетики. Основы технологии и экономики производства ядерного топлива. Экономика АЭС. Учебн. пособие. М.: Энергоатомиздат, 1987. 480 с.
11. **Харитонов В.В.** Динамика развития ядерной энергетики. Экономико-аналитические модели. М., НИЯУ МИФИ, 2014. 328 с.
12. **Годовые** отчеты Госкорпорации «Росатом» за 2018—2021 гг. [Электронный ресурс] // URL: <https://report.rosatom.ru/53> (дата обращения: 20.02.2023).
13. **Ядерное** топливо: от руды до утилизации. Научно-деловой портал «Атомная энергия 2.0» [Электронный ресурс] // URL: <http://www.atomic-energy.ru/SMI/2017/03/15/73650> (дата обращения: 20.02.2023).
14. **Сбалансированный** ЯТЦ. Электронное периодическое издание ATOMINFO [Электронный ресурс] // URL: <http://www.atominfo.ru/newsz05/a0501.htm> (дата обращения: 20.02.2023).
15. **Ульянин Ю.А., Харитонов В.В.** Экономика сбалансированного ядерного топливного цикла с инновационным РЕМИКС-топливом. — Микроэкономика, 2021, № 2, с. 55—63.
16. **Горохов А.К., Драгунов Ю.Г., Лунин Г.Л. и др.** Обоснование нейтронно-физической и радиационной частей проектов ВВЭР. Монография. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. 496 с.
17. **High Burnup Fuel: Implications and Operational Experience.** Proc. Techn. Meeting Held in Buenos Aires. 26—29 November 2013. Vienna: IAEA, 2016. 230 p.
18. **Very High Burn-ups in Light Water Reactors.** Nucl. Sci. Publ. OECD-NEA, 2006. 138 p.

Поступила в Редакцию 27.12.22

УДК 62.003.12

ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СТОИМОСТИ СООРУЖЕНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ НА РАННИХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

*Атнюкова П.В., Пресняков И.В., Толстоухов Д.А. (АО «Прорыв», г. Москва),
e-mail: piv@proryv2020.ru*

В мировой электроэнергетике ядерная энергетика продолжает играть значительную роль, в том числе с точки зрения декарбонизации. Для сохранения и расширения вклада ядерной энергетики требуется развитие перспективных технологий, которые носят инновационный характер и направлены на создание ядерной энергосистемы нового поколения с принципиально новыми промышленно внедренными подходами к безопасности и обращению с топливом, что может кардинально изменить облик ядерной энергетики. Ядерная энергосистема, как и другие системы энергетики, представляет собой

большую организационно-техническую систему, которая имеет сложную неоднородную структуру, характеризуется многомерностью, развивается и функционирует при неопределенности внешних условий и многокритериальности при выборе решений [1].

Развитие ядерной энергетики на базе инновационных технологий требует их конкурентных преимуществ по отношению как к существующим ядерным технологиям, так и к альтернативным видам производства электроэнергии. Анализ конкурентоспособности должен учитывать всю структуру жизненного цикла АЭС и

необходимые затраты на организацию и функционирование ядерного топливного цикла и системы обращения с радиоактивными отходами.

Ключевым фактором, влияющим на конкурентоспособность, являются капитальные вложения в сооружение. Их размер определяет потребность в финансовых ресурсах для построения ядерной энергетической системы. Достоверная оценка капитальных вложений позволяет осуществлять приоритезацию и выбор объектов для инвестирования. Следует отметить, что объем инвестиций является одним из критериев доступности ядерной энергетической системы по методологии INPRO [2]. Наибольшую сложность имеет формирование достоверных оценок на предпроектной стадии, когда высок уровень технической неопределенности, отсутствуют детальные проектные решения, не проведены закупки ключевого оборудования. На предпроектной стадии невозможно полноценное определение стоимости сооружения методом снизу вверх, которая требует детализированной структуры декомпозиции работ по проекту [3]. Однако применение этого подхода сталкивается для инновационных объектов с указанными далее в статье ограничениями.

Целями настоящей статьи являются описание и характеристика подходов к оценке стоимости сооружения инновационных объектов ядерной энергетики проектного направления «Прорыв» для обеспечения наибольшей достоверности в условиях ограниченности исходных данных и высокой неопределенности на ранних стадиях проектирования. К новизне предполагаемых результатов относится описание практической реализации подходов к оценке стоимости сооружения инновационных объектов с учетом внедренных стадий предпроектных работ, таких, как обливочный проект и технико-экономическое обоснование.

Особенности инновационных объектов ядерной энергетики с точки зрения оценки стоимости сооружения. Объекты ядерной энергетики характеризуются конструктивной и технологической сложностью, особыми требованиями к проектным и конструкторским решениям для обеспечения высокого уровня безопасности и надежности технологических процессов. Объекты ядерной энергетики (АЭС, производства топливного цикла и др.) включают в себя часть зданий и сооружений как основного, так и

вспомогательного назначения, в комплексе реализующих функционал сооружаемого объекта. Эти здания и сооружения различаются уровнем технологической новизны, возможностью применения типовых решений и объектов-аналогов.

Протекание на объектах процессов ядерных преобразований, наличие источников значительного радиоактивного излучения ставят в приоритет требования безопасности. В связи с этим, помимо основных технологических и конструктивных решений, разрабатываются дополнительные решения, обеспечивающие ядерную и радиационную безопасность объекта. К ним относятся системы безопасности и противоаварийной защиты, железобетонные конструкции, обеспечивающие защиту от внешних воздействий, например, падения самолета. Значительные установленные действующими нормативами барьеры безопасности, существенно увеличивающие капитальные вложения, снижают конкурентоспособность объектов использования атомной энергии. Именно поэтому в качестве технологии будущего четвертого поколения, рассматриваются ядерные реакторы, обеспечивающие безопасность за счет внутренних физических принципов [4].

Для инновационных объектов одним из ключевых затруднений при оценке стоимости на предпроектных стадиях является отсутствие объектов-аналогов. Относительно технологически близкие объекты-аналоги при их наличии носят единичный характер, характеризуются нехваткой достоверных стоимостных данных и зачастую реализованы в несопоставимых экономических условиях. Среди аналогов инновационных объектов отдельно выделяются прототипы, которые в том или ином виде создаются для обоснования работоспособности технологий и изделий. При этом такие прототипы зачастую существенно отличаются мощностью или производительностью, кроме того, они могут быть предназначены исключительно для работы в рамках технологической инфраструктуры имеющих опытно-конструкторских предприятий.

Следует отметить, что даже для стандартизированного оборудования, которое не составляет инновационное ядро проектируемого объекта, установлено требование лицензирования деятельности по изготовлению оборудования для ядерных установок, что ограничивает число поставщиков и не позволяет применять при

определении стоимости данные поставщиков, не имеющих лицензии.

Таким образом, инновационные объекты ядерной энергетики обладают особенностями, такими, как дополнительные требования безопасности, ограниченность или полное отсутствие объектов-аналогов, специальные требования к поставщикам. Указанные особенности требуют комплексного и профессионального подхода к оценке стоимости сооружения инновационных объектов, особенно на предпроектной стадии, для принятия инвестиционных решений о реализации.

Стадии предпроектной проработки объектов ядерной энергетики. Именно на стадии предпроектных работ обычно определяются размер и источники финансирования инновационного объекта, поэтому достоверное определение стоимости сооружения требуется для формирования качественных управленческих решений, касающихся объема и направлений инвестирования. Отмечается, что ошибки при оценке необходимых для проекта средств возникают часто и ведут к появлению риска выбора неэффективного инвестиционного решения [5].

Основными типовыми стадиями предпроектных работ являются разработка декларации о намерениях и обоснование инвестиций. Для инновационных объектов возможными предшественниками данных работ могут являться от-

дельные НИОКР, в рамках которых выполняются стоимостные оценки как ключевого оборудования, так и инновационного объекта в целом. Однако такие оценки не являются систематизированными, учитывающими все особенности подходов к проектированию.

Декларация о намерениях в сжатом виде отражает достигнутые результаты и технико-экономические оценки по инновационному проекту и основывается на результатах ранее выполненных работ или на укрупненной привязке аналогов. Обоснование инвестиций отражает и обосновывает уже принятые технические решения в привязке к конкретным площадкам размещения. Таким образом, возникает необходимость в комплексном анализе возможных путей внедрения инновационной технологии для ее максимальной эффективности и конкурентоспособности.

В рамках проектного направления «Прорыв» внедрены две дополнительные стадии предпроектной проработки: обливочный проект и технико-экономическое обоснование (рис. 1). Их выполнение осуществлялось на основании технических заданий, утвержденных Госкорпорацией «Росатом». На этих стадиях проведена детальная проработка ключевых параметров объекта в объеме, необходимом для оценки технико-экономических показателей. В рамках обливочного проекта выполнены вариантная кон-



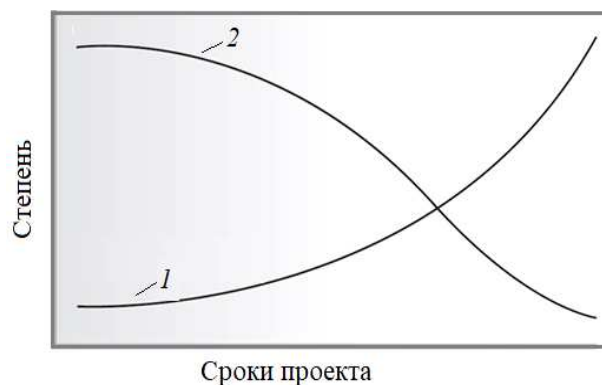
Р и с. 1. Обливочное проектирование и технико-экономическое обоснование, преимущества применения для инновационных и уникальных объектов

структурная проработка и проектная реализация ключевых технологических решений до их окончательной фиксации в технических проектах. На стадии обличового проекта по технологиям, системам и конструкциям, которые не являются ключевыми аспектами инновационной технологии, максимально использованы объекты-аналоги с соответствующей обоснованной технической привязкой, что не исключает в отдельных случаях формирование локальных сметных расчетов на основании спецификаций оборудования и материалов. Также на стадии обличового проекта сформированы направления оптимизации для дальнейшей детальной проработки технической приемлемости и экономической эффективности и имплементации в проектные решения.

На стадии технико-экономического обоснования выбираются оптимальные и перспективные способы реализации инновационной технологии, проводится детальная и углубленная проработка вспомогательных и обеспечивающих систем. Результаты технико-экономического обоснования послужили базой для выбора пункта размещения инновационных объектов (непосредственная площадка размещения выбирается и обосновывается впоследствии на стадии обоснования инвестиций).

Принципиальной особенностью обличового проекта и технико-экономического обоснования является их выполнение в составе, соответствующем требованиям к разделам проектной документации [6]. Это позволяет создать структурную основу и научно-технический задел в части ключевых проектных решений для дальнейшего проектирования при формировании как обоснований инвестиций, так и непосредственно проектной документации. Анализ и оптимизация проектных решений на стадии обличового проекта и технико-экономического обоснования осуществляются с применением технологий информационного моделирования.

Выбор оптимальных и обоснованных решений на стадиях предпроектной проработки особенно важен вследствие низких затрат при внесении изменений. По мере детальной проработки и реализации проекта затраты на изменения существенно возрастают, возможность влияния заинтересованных сторон на проект заметно усложняется (рис. 2).



Р и с. 2. Стоимость изменений в проекте (1) и возможности влияния на проект, риск и неопределенность (2)

Подходы к оценке стоимости сооружения на ранних стадиях проектирования. При определении стоимости сооружения на предпроектной стадии необходим комплексный подход, обеспечивающий наибольшую достоверность в условиях ограниченности исходных данных и высокой неопределенности. Следует отметить, что экономические оценки зачастую рассматриваются как ключевой результат предпроектной проработки. Однако формирование достоверных и обоснованных стоимостных оценок невозможно без соответствующей проработки принципиальных проектных и конструкторских решений.

Инновационные объекты ядерной энергетики состоят из совокупности зданий и сооружений, которые, в свою очередь, также состоят из комплекса технологических и инженерных систем и конструктивных элементов. При оценке стоимости инновационных объектов важно выделить не имеющие аналогов нестандартизованные компоненты и те компоненты, которые имеют функциональные или конструктивные аналоги [7].

Основой инновационного объекта являются технологические системы, которые состоят из основного технологического и вспомогательного оборудования, реализующего основной производственный процесс. Стоимость технологического оборудования на предпроектной стадии должна определяться конструкторской организацией в привязке к решениям технического предложения или эскизного проекта. Принципиально важно, чтобы такая оценка была обоснована, сформирована с учетом актуальных данных и калькуляций поставщиков оборудования или согласована с ними.

Принимаемые на стадии конструирования технические решения должны соответствовать цели минимизации стоимости изготовления и достижения оптимальных эксплуатационных характеристик оборудования. Максимально возможная на предпроектной стадии достоверность оценки стоимости оборудования должна достигаться формированием детализированных и документированных расчетов. С учетом разной конструктивной специфики и предназначения узлов и агрегатов технологического оборудования оценку стоимости ключевого инновационного оборудования необходимо осуществлять попозиционно. По каждой позиции необходимо формировать калькуляции, фиксирующие подходы к оценке стоимости. Калькуляции по наиболее дорогостоящим позициям целесообразно формировать по элементам затрат (фонд оплаты труда, материалы, комплектующие и др.), исходя из анализа фактических или плановых затрат на изготовление подобного оборудования. Особое внимание следует обращать на материальные затраты, которые могут существенно отличаться от аналогов используемых материалов. Фонд оплаты труда зависит от трудоемкости изготовления, определяемой конструкцией оборудования, что также следует учитывать при подборе аналогов.

В стоимость оборудования должны включаться все затраты, необходимые непосредственно для изготовления оборудования и включаемые в стоимость строительства. В стоимости оборудования должны быть выделены затраты на разработку рабочей конструкторской документации, транспортные расходы, затраты на шеф-монтаж, дополнительные затраты, такие, как оснастка (при наличии) и др.

Для подтверждения полученных оценок стоимости оборудования целесообразно дополнительно применять параметрический метод с учетом функционально или конструктивно аналогичного оборудования для сравнения и анализа причин расхождения стоимостных оценок. На ранних стадиях анализ стоимостных оценок расхождений с аналогами может, помимо прочего, выявить возможные направления минимизации стоимости оборудования.

По результатам позиционных расчетов должен быть выполнен сводный расчет стоимости оборудования с указанием состава, массы и стоимости оборудования. На его основе стоимость

оборудования должна включаться в сметную документацию.

Особое внимание следует обратить на технологическое оборудование основных зданий, не входящее в объем разработки конструкторской организации. К такому оборудованию относятся, например, системы безопасности и обеспечивающие системы, системы, связывающие технологические процессы разных зданий, транспортно-технологическое оборудование. Ответственность за проработку этого оборудования обычно возложена на проектировщика. Конфигурация данного оборудования также требует новых технических решений, что может вызвать у проектировщика трудности на предпроектной стадии. Тем не менее недостаточная проработка технологической обвязки может привести к значительной погрешности в оценке стоимости.

Стоимость оборудования, которое не является инновационным и ранее изготавливалось, следует определять по соответствующим аналогам. По наиболее дорогостоящему оборудованию, как, например, паровая турбина целесообразно запрашивать стоимостные оценки изготовителей.

При определении стоимости строительно-монтажных работ также следует выделять здания и сооружения основной технологии и остальные, имеющие аналоги. Конструктив ключевых зданий и сооружений основной технологии определяется особенностями пространственной конфигурации соответствующего оборудования. Кроме того, существенное влияние на конструктив оказывают требования ядерной и радиационной безопасности, определяемые с учетом возможных аварий и их последствий. Поэтому здания и сооружения, реализующие основную технологию, подлежат первоочередной проработке на стадии предпроектных работ с формированием конструктивных и компоновочных решений, на основании которых должны разрабатываться ведомости объема работ. Соответственно стоимость указанных зданий и сооружений следует определять с формированием локальных сметных расчетов, исходя из объема работ и ресурсов и их стоимости.

Предпроектная стадия характеризуется широким применением объектов-аналогов. Допустимость такого подхода не вызывает сомнений. Однако при использовании объектов-аналогов

зачастую применяются коэффициенты привязки, определяемые экспертным путем, что вносит существенную неопределенность. Необходимо стремиться к обоснованию привязки аналогов путем анализа проектных и технических характеристик аналогов и их сопоставления с планируемыми, например, потребностью в технологических средах, мощностью, производительностью и другими характеристиками проектируемых объектов. Другим фактором, который следует учитывать при использовании аналогов, является актуальность их стоимостных оценок. Изменение стоимости отдельного оборудования или ресурса может значительно отличаться от индексов-дефляторов по отраслям, в связи с этим следует избегать аналогов с устаревшими данными.

Затраты на временные здания и сооружения, зимнее удорожание строительно-монтажных работ, строительный контроль следует определять по соответствующим нормативам [8—10]. Стоимость проектных работ следует определять с использованием действующих справочников базовых цен. Сметную документацию целесообразно формировать в структуре, позволяющей проводить сопоставление с другими объектами такого же функционала. В нашей стране ее структурную основу составляют сметные расчеты: локальные, объектные и сводные. Сопоставление с другими функционально близкими объектами, например, АЭС с быстрыми и тепловыми реакторами необходимо для анализа различий: они должны подтверждаться различиями проектных и технических решений. Кроме того, имеющиеся форматы разработки сметной документации, например, предусмотренные методикой [11], отражают устоявшуюся структуру, которая позволяет обеспечить полноту учета затрат на сооружение.

По результатам оценки стоимости сооружения целесообразно провести сравнение с другими объектами, обеспечивающими производство схожей продукции, например, инновационные АЭС с быстрыми реакторами сравнить с АЭС с тепловыми реакторами. Различия в стоимости должны подтверждаться анализом технических решений и основываться на различиях в расходе строительных ресурсов, таких, как металлоемкость и трудоемкость изготовления в части оборудования, строительные объемы, расход бетона, арматуры, металлоконструкций, кабели и др.

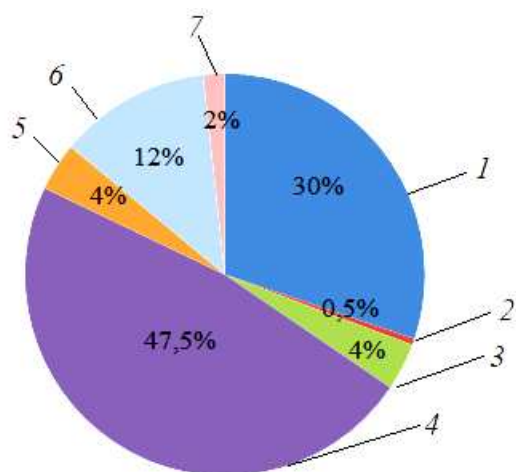
в части строительных работ. Также для дополнительного анализа полноты учета затрат целесообразно использовать классификаторы затрат на жизненном цикле сооружения АЭС, разработанные в рамках международных проектов, таких, как Международный форум «Поколение IV» [12].

Анализ конкурентоспособности с учетом жизненного цикла проекта. Стоимость сооружения, на основании которой определяется потребность в инвестиционном ресурсе, является ключевым фактором, детально прорабатываемым на предпроектной стадии. Однако сравнительный анализ конкурентоспособности энерготехнологий требует учета затрат по созданию и эксплуатации инновационного объекта на всем жизненном цикле.

Эксплуатационные затраты рассчитываются постатейным калькулированием, исходя из проектной информации с учетом данных проективных аналогов. В проектом направлении «Прорыв» уже на ранних стадиях проектирования проводится моделирование производственных процессов, которое позволяет определить потребность в персонале и соответственно затраты на оплату труда с отчислениями. Аналогично устанавливаются затраты на ресурсы и материалы, потребляемые в процессе эксплуатации. Затраты на техническое обслуживание и ремонт традиционно на стадии проектирования оцениваются ежегодным нормативом от капиталовложений, общепроизводственные и общехозяйственные расходы — нормативом от фонда оплаты труда (рис. 3 как пример структуры калькуляции эксплуатационных затрат).

В случае атомной электростанции особой значительной статьей эксплуатационных затрат являются топливные затраты. В рамках проектного направления «Прорыв» создаются объекты замкнутого ядерного топливного цикла, предназначенные для изготовления свежего топлива и обращения с отработавшим ядерным топливом быстрых реакторов, в связи с чем топливные затраты определяются на основании детальных калькуляций, исходя из производственных процессов.

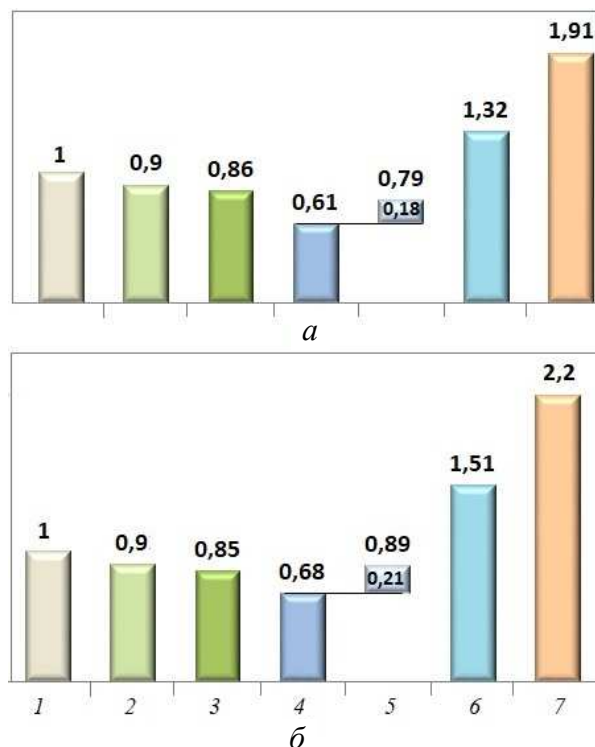
Результатом комплексного экономического анализа является оценка затрат всего жизненного цикла. В случае объектов производства электроэнергии, включая атомные электростанции, наиболее важным показателем, используемым



Р и с. 3. Пример статей в калькуляции эксплуатационных затрат: 1 — топливные затраты; 2 — энергоресурсы и химреагенты; 3 — фонд оплаты труда с начислениями; 4 — амортизация; 5, 6 — общехозяйственные и общепроизводственные расходы соответственно; 7 — отраслевые резервы

для этих целей, является удельная приведенная стоимость электроэнергии (LCOE). При ее расчете учитываются капитальные и эксплуатационные затраты, ключевые технико-экономические показатели инновационного объекта (мощность/производительность), срок службы, ремонтный цикл, коэффициент использования установленной мощности и др.). Именно по показателю LCOE проводится сравнение с лучшими аналогами, причем как с ядерной, так и с иными видами энергетики (рис. 4). При этом необходимо учитывать перспективы развития объектов производства электроэнергии, с которыми проводится сравнение.

Выводы. На ранних стадиях проектирования возможна наибольшая гибкость в выборе оптимальных проектных и технологических решений. Для проработки эффективных путей реализации проектов строительства инновационных объектов использования атомной энергии в проектом направлении «Прорыв» внедрены стадии обlikового проектирования и технико-экономического обоснования. Предложенные подходы к оценке стоимости сооружения, реализованные на указанных стадиях, позволяют обеспечить максимальную достоверность стоимостных оценок. Ключевым аспектом для корректного формирования стоимости является детальная проработка основных конструкторских и соответствующих проектных решений, формирующих основной технологический процесс инновационного объекта. Кроме того, важен



Р и с. 4. Пример сравнения конкурентоспособности различных энерготехнологий по показателю LCOE при ставке дисконтирования 8 (а) и 5% (б), отн. ед.: 1, 2, 3 — АЭС с ВВЭР-ТОИ, БН-1200М, БР-1200 соответственно; 4, 5 — энергоблок с парогазовой и парогазовой с учетом платы за выбросы установкой соответственно; 6, 7 — ветряная и солнечная электростанция соответственно

сопоставительный анализ с уже реализованными или реализуемыми функциональными аналогами для анализа и обоснования расхождений, а также привязки наиболее экономичных решений.

Выполненная качественно, с надлежащей достоверностью оценка стоимости и последующий анализ конкурентоспособности позволят сделать уже на предпроектной стадии обоснованные выводы об экономической эффективности инновационного объекта, зрелости проработки заложенной в него технологии и готовности перехода к архитектурно-строительному проектированию или необходимости поиска дополнительных путей оптимизации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вороняй Н.И., Стенников В.А. Иерархическое моделирование систем энергетики. Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2020.
2. INPRO Methodology for Sustainability Assessment of Nuclear Energy Systems: Economics. Vienna: IAEA, 2014.
3. Maronati G., Petrovic B., Wyk J. e.a. EVAL: a methodological approach to identify NPP total capital investment

- cost drivers and sensitivities. — *Progress Nucl. Energy*, 2018, v. 104, p. 190—202.
4. **Basis** for the Safety Approach for Design & Assessment of Generation in Nuclear Systems. GEN IV International Forum, 2021.
 5. **Тетерин В.** Оценка затрат на ранних этапах крупного проекта. Пример ПАО «Газпром Нефть». — *Вестник ПМСОФТ*, 2017, № 13, с. 13—16.
 6. **Постановление** Правительства РФ от 16.02.2008 № 87 (ред. от 15.07.2021) «О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию».
 7. **Maronati G., Petrovic B., Ferroni P.** Assessing I²S-LWR economic competitiveness using systematic differential capital cost evaluation methodology. — *Ann. Nucl. Energy*, 2020, v. 145, p. 106202.
 8. **Методика** определения затрат на строительство временных зданий и сооружений, включаемых в сводный сметный расчет стоимости строительства объектов капитального строительства. Утверждена приказом Минстроя России от 19.06.2020 № 332/пр.
 9. **Методика** определения затрат при производстве работ в зимнее время. Утверждена приказом Минстроя России от 19.06.2020 № 332/пр.
 10. **Положение** о проведении строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства. Утверждено постановлением Правительства РФ от 21.06.2010 № 468.
 11. **Методика** определения сметной стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, сноса объектов капитального строительства, работ по сохранению объектов культурного наследия (памятников истории и культуры) народов Российской Федерации на территории Российской Федерации. Утверждена приказом Минстроя России от 04.08.2020 № 421/пр.
 12. **Cost Estimating Guidelines for Generation IV Nuclear Energy Systems.** The Economic Modeling Working Group of the Generation IV International Forum, 2007.

Поступила в Редакцию 11.08.22

Р е ф е р а т ы

УДК 621.039.534.57

Фатеев С.А., Петрунин В.В., Кодочиков Г.Н., Маров И.В., Алексеев С.В., Ипатов П.Л., Петров А.Ю., Пономарев-Степной Н.Н., Шутиков А.В. **Развитие технологий атомно-водородной энергетики в Госкорпорации «Росатом».** — *Атомная энергия*, 2022, т. 133, вып. 5—6, с. 243—250.

Глобальное потепление климата возможно сдерживать путем сокращения потребления углеводородов для производства тепловой и электрической энергии. Использование ископаемых энергетических ресурсов в промышленности, на транспорте, в коммунальном секторе составляет около 70% общего потребления. Для существенного сокращения выбросов углерода необходимо заменить энергию сжигаемого ископаемого топлива атомной энергией и энергией возобновляемых источников. При этом ядерная энергетика может выступить в качестве крупного и стабильного источника энергии для производства водорода, используемого в промышленности, на транспорте и в распределенной энергетике, а также при производстве тепла с высокой температурой для энергоемких технологических процессов.

С точки зрения финансовой отдачи производство энергоносителей (водорода, метанола и др.) с помощью атомной энергии не уступает их получению в электроэнергетике.

Госкорпорация «Росатом» разработала программу развития атомно-водородной энергетики и приступила к ее реализации. Рис. 6, список лит. 8 назв.

UDC 621.039.534.57

Fateev S.A., Petrunin V.B., Kodochikov G.N., Marov I.V. (JSC «OKBM Afrikantov», Nizhny Novgorod), Alekseev S.V., Ipatov P.L., Petrov A.Yu., Ponomarev-Stepnoy N.N., Shutikov A.V. (Rosenergoatom JSC, Moscow). **Development of the Nuclear-Hydrogen Energy in the Rosatom State Corporation.** — *Atomic Energy*, 2022, v. 133, № 5—6, p. 243—250.

Global warming can be contained by reducing the use of carbohydrates in heat and electricity generation. Industry, transportation, and utilities account for about 70% of total consumption of fossil sources of energy. To significantly reduce carbon emissions, the fossil fuel energy has to be replaced with nuclear energy and renewable energy. Nuclear power industry can also serve as a major and stable source of energy for producing hydrogen used in industry, transportation and decentralized energy systems, as well as for generating high-temperature heat utilized in energy-intensive processes.

Apart from that, nuclear energy is as financially beneficial in production of energy carriers (e.g. hydrogen, methanol, etc.) as it is in electricity generation. This kind of production is known as nuclear-hydrogen energy.

The State Corporation Rosatom has prepared a nuclear-hydrogen energy development programme and started its implementation. Fig. 6, ref. 9.

УДК 621.039.54

Шимкевич А.Л. **Естественное подавление коррозионной активности LiF—NaF—KF в жидкосолевым реакторе.** — *Атомная энергия*, 2022, т. 133, вып. 5—6, с. 250—253.

Физико-химические свойства валентных электронов компонентов LiF—NaF—KF рассматриваются в рамках зонной теории. Перемещение уровня Ферми в его запрещенной зоне эквивалентно изменению окислительно-восстановительного потенциала соли. Идентифицированное в запрещенной зоне электрохимическое окно позволило определить предельный уровень раскисления тройной эвтектики, который может оказаться достаточным для подавления ее коррозионной активности в жидкосолевым реакторе. Это предположение требует экспериментальной проверки, как и естественное поддержание этого уровня в смеси трех эвтектик (LiF)_{0,99}Li_{0,01}, (NaF)_{0,97}Na_{0,03}, (KF)_{0,95}K_{0,05}, взятых в соотношении компонентов (LiF)_{0,465}(NaF)_{0,115}(KF)_{0,42}. Рис. 2, табл. 1, список лит. 20 назв.