

<https://doi.org/10.52676/1729-7885-2024-3-21-28>

УДК 621.039.003

ЭКСПРЕСС-МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЕКТОВ В АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ, НА ПРИМЕРЕ НАМЕРЕНИЙ ПО СТРОИТЕЛЬСТВУ АЭС В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН

С. А. Мукенева*, Д. Б. Зарва, А. В. Гулькин

Национальный ядерный центр Республики Казахстан, Курчатова, Казахстан

* E-mail для контактов: mukeneva@nnc.kz

Энергетика – это основа успешного развития экономики и общества в целом. Однако, уже на сегодняшний день Казахстан испытывает нехватку электроэнергии и в соответствии с прогнозами к 2029 году ожидается дефицит электрической мощности свыше 3 ГВт. Поэтому строительство атомной электростанции сегодня является одной из актуальных тем повестки дня нашей страны. В связи с этим необходимо всесторонне изучить и профессионально проработать все сферы связанные со строительством АЭС.

Финансово-экономическое моделирование является известным инструментом прогнозирования, планирования и управления в бизнесе. Как правило, именно с ФЭМ (финансово-экономической модели) начинаются анализы бизнес-идей, и если оценки, представленные в модели, показывают эффективность бизнес-проекта, то инвесторы готовы рассматривать проект более подробно и, в конечном итоге, вкладывать в него свои средства.

Обычно достаточно полная ФЭМ строится на стадии технико-экономического обоснования (ТЭО) инвестиционного проекта, когда уже определены основные проектно-конструкторские решения и организационно-административные мероприятия (включая финансовые схемы). Анализ модели и оценка финансово-экономических показателей с ее помощью позволяют принимать решение о дальнейшей реализации проекта. В случае проекта строительства АЭС, где удельные капитальные затраты на строительство станции в двухблочном исполнении суммарной мощностью до 2,4–2,7 ГВт составляют порядка 10–12 млрд. долларов США, финансовые затраты на разработку ТЭО могут достигать величины более 100 млн долларов США, а время, требующееся на подготовку ТЭО в полном объеме – около 3 лет.

Предлагаемая к рассмотрению методика представляет собой экспресс-метод построения ФЭМ проектов строительства АЭС, в достаточной степени устойчивый по отношению к статистической неточности некоторых исходных данных, для определения финансовой эффективности и устойчивости проектов АЭС. Данная методика по совокупности используемых данных и подходов к экономической оценке крупных инвестиционных проектов атомной энергетической отрасли обладает определенной новизной и может использоваться при сравнении большого количества проектов строительства АЭС с разными исходными данными в целях экспресс-выбора нескольких оптимальных для их более детального исследования. Учитывая принятый курс Республики Казахстан, как и множества интенсивно развивающихся стран мира, на декарбонизацию энергетического сектора и промышленности, данная работа представляется весьма актуальной.

В настоящей работе представлены список и способы нахождения компонентов финансово-экономической модели АЭС в Казахстане, критерии эффективности инвестиционных проектов, оценка рисков проектов, а также проведена валидация методики.

Ключевые слова: атомная энергетика, финансово-экономическая модель, NPV, IRR, LCOE.

ВВЕДЕНИЕ

В простых с точки зрения технологической сложности отраслях и/или в отраслях с относительно небольшими уровнями капиталовложений структура, содержание и построение ФЭМ хорошо изучены и стандартизованы. Ядерная энергетика в этом смысле специфична, поскольку имеет ряд особенностей, и хотя постоянно проводятся исследования, и по их результатам вырабатываются решения и рекомендации, до сих пор не сложилось единого мнения о том, как следует учитывать эти особенности в экономических расчетах. А неоднозначность решений по упомянутым ключевым вопросам экономики АЭС может привести к существенным неопределенностям в построении ФЭМ и реализации проекта АЭС в Республике Казахстан в целом.

Цель настоящей работы состояла в разработке экспресс-метода построения ФЭМ проектов строительства АЭС, определения финансовой эффективности и устойчивости проектов. Также проведение валидации данной методики на основе ретроспективного анализа проектов строительства АЭС с разными типами реакторов, которые ранее рассматривались для реализации в Казахстане. Данная методика может использоваться при сравнении большого количества проектов строительства АЭС и выбора нескольких для их более детального исследования. В данной методике затраты на выработку электрической энергии рассчитываются исходя из некоторых обобщений и допущений, которые хорошо согласовываются с реальными данными.

Методика оценки экономической эффективности проектов строительства АЭС основана на принципах, примененных в работе [1]:

- проект рассматривается на протяжении всего жизненного цикла (расчетного периода) — от прединвестиционных исследований до вывода из эксплуатации атомной электростанции, включая демонтаж АЭС;
- моделирование потоков, включенных в модель (деньги, ресурсы, продукция);
- доходы и расходы на протяжении всего жизненного цикла проекта приводятся к экономической соизмеримости в начальном периоде;
- экономическая эффективность проекта определяется посредством сравнения затрат и ожидаемых результатов;
- использование текущих (базисных), прогнозных и дефлированных (расчетных) цен.

Первым шагом при построении ФЭМ АЭС является рассмотрение следующих вопросов:

- технологическая схема реализации проекта: мощность АЭС, тип реактора, оснащённость и т.д.;
- определение стоимостных параметров проекта;
- определение источников финансирования проекта АЭС [2, 3];
- выбор стратегии обращения с РАО и ОЯТ.

Исходные данные, формирование перечня и способов нахождения компонентов финансово-экономической модели АЭС

Методика построения ФЭМ состоит из нескольких этапов, на первом этапе определяются исходные данные и далее с помощью исходных данных определяются компоненты ФЭМ.

Капитальная составляющая

В соответствии с принятой в документах МАГАТЭ [4] классификацией, структура мгновенных капитальных затрат на строительство АЭС выглядит следующим образом:

- прямые затраты;
- косвенные затраты.

Затраты на топливо

Метод определения затрат на топливо с помощью которого был рассчитан данный компонент приведен в работе [5]. Затраты на топливо зависят от выбранного топливного цикла, и они начинают расходоваться до начала эксплуатации АЭС и продолжают после останова реактора. Масса топлива для первой и последующих загрузок определяется из нейтронно-физических характеристик реакторов и их количества.

Амортизационные затраты

Амортизационные затраты наряду с затратами на топливо составляют наиболее значительную часть стоимости выработки электроэнергии, а сама эта величина может значительно колебаться в зависимости от метода расчета.

Чаще всего амортизацию начисляют линейным способом. В этом случае, начисление амортизации

осуществляется равными долями, при этом размер амортизации для каждого года определяется умножением нормы амортизации на балансовую стоимость. После достижения определенной остаточной стоимости объекта дальнейшее начисление амортизации не производится.

Затраты на текущий ремонт

Эти статьи расходов существенным образом зависят от мощности и типа станции, от организационной структуры. Диапазоны величин этих расходов могут быть значительными, и достаточно точно их определить можно лишь при детальном расчете с учетом достаточно большого количества исходных данных. В случае укрупненных оценок затраты на текущий ремонт рассчитываются как доля от амортизационных отчислений $I_{т.р} = 0,18I_{ам}$, при этом долевого коэффициента установлен на основе опыта эксплуатации АЭС в России.

Фонд заработной платы и другие отчисления (ФОТ)

Расходы на заработную плату и социальные отчисления зависят от количества персонала, занятого на АЭС, и его средней заработной платы.

$$I_{з.п} = m_{з.п} \cdot N_e^{бр} \cdot S_{з.п}^{сод} + (соц.налог + CO + ОСМС),$$

где: $m_{з.п}$ – штатный коэффициент эксплуатационного персонала, чел/МВт (эл.); $N_e^{бр}$ – электрическая мощность (брутто), МВт; $S_{з.п}^{сод}$ – среднегодовая заработная плата персонала; ОСМС – отчисления на медицинскую страховку, принятые в Казахстане. Социальный налог рассчитывается в соответствии с [6]:

$$соц.налог = (ЗП - ПВ - ВС) \cdot 9,5 - CO,$$

где: ЗП – заработная плата; ПВ – пенсионные взносы; ВС – взносы на страхование; CO – социальные отчисления.

Социальные отчисления рассчитываются в соответствии с [7]: $CO = (ЗП - ПВ) \cdot 3,5\%$.

Обязательное социальное медицинское страхование в соответствии с [8]: $ОСМС = ЗП \cdot 3\%$.

Страхование

Ввиду наличия радиационной и ядерной опасности при эксплуатации атомной станции ее функционирование должно сопровождаться обязательным страхованием ответственности «перед третьими лицами», затраты на которое существенно разнятся в разных странах в зависимости от действующего законодательства.

Прочие расходы

Данная статья включает в себя различные расходы, связанные с обслуживанием станции: оплата услуг связи; оплатой услуг сторонних организаций по проведению ежегодных профилактических осмотров персонала, работающего во вредных и особо вредных условиях труда; оплатой услуг по техническому обслуживанию и освидетельствованию основного и вспомогательного оборудования; командировочные

расходы; затраты на приобретение расходных материалов и запчастей, специальной одежды, специальной обуви, других средств индивидуальной защиты и медицинской помощи и т.д. Величина таких расходов может существенно варьироваться в зависимости от типа и мощности реакторной установки и может быть принята в размере 2,5–5 кратного размера годового фонда оплаты труда.

Затраты на обслуживание кредита

Затраты по данной статье в значительной степени зависят от той схемы финансирования сооружения АЭС, которая принята. Привлечение частных иностранных инвестиций в качестве доли в уставный капитал АЭС на сегодняшний день возможно только в виде кредитов при наличии надежного обеспечения возвратности кредита.

Налог на землю и на имущество

Согласно Налоговому Кодексу Республики Казахстан необходимо ежегодно отчислять в бюджет налог на имущество и земельный налог, которые рассчитываются по налоговым ставкам:

земельный налог = S_z · базовая ставка налога на землю

где S_z – площадь земельного участка.

Затраты на вывод АЭС из эксплуатации

В Казахстане законодательно не утверждены внебюджетные фонды, обязательные для финансирования из средств АЭС (например, такие, как отчисления во внебюджетный фонд НИОКР и др.), однако «ликвидационный резерв» – затраты на снятие АЭС с эксплуатации – обязательно должны быть учтены.

Затраты на вывод АЭС из эксплуатации составляли 416 и 595 млн долларов США соответственно при удельных капитальных затратах 1365\$ за кВт эл. для AP1000 и 1600\$ за кВт эл. для ABWR в ценах 2004 г [9]. Эти данные позволяют оценить затраты на вывод АЭС из эксплуатации и определить их стоимостной диапазон в 27–33 % от общей суммы мгновенных капитальных затрат [10].

КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЕКТОВ СТРОИТЕЛЬСТВА АЭС

Вторым этапом в методике идет определение критериев эффективности проекта. При расчете критериев эффективности проекта, проводится расчет для базовых значений. На этом этапе происходит создание модели, способной прогнозировать эффективность проекта.

Полная приведённая стоимость электроэнергии (LCOE)

Величина $LCOE$, представляющая собой минимальную стоимость поставляемой электроэнергии [11], и является одним из основных критериев конкурентоспособности различных проектов электростанций [12].

$LCOE$ рассчитывается по следующей формуле:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t + Carbon_t + D_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}},$$

где I_t – инвестиционные затраты в год t , M_t – операционные затраты и затраты на содержание в год t , F_t – затраты на топливо в год t , $Carbon_t$ – затраты на выбросы парниковых газов в год t , D_t – затраты на вывод из эксплуатации и обращение с отходами в год t , E_t – производство электроэнергии в год t , r – ставка дисконтирования, n – жизненный цикл системы.

Чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности и период окупаемости

Для сравнения экономической эффективности инвестиционных проектов используются три критерия: чистая приведенная стоимость (NPV), внутренняя норма доходности (IRR) и период окупаемости.

Чистая приведенная стоимость рассчитывается по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=T}^{T_i} \frac{R_t - C_t}{(1+r)^t} = -\sum_{t=1}^{T_i} \frac{K_t}{(1+r)^t} + \sum_{t=T_i+1}^T \frac{R_t + Y_t}{(1+r)^t},$$

где: $R_t - C_t$ – чистая прибыль в году t , определяемая как разность между потоком ожидаемой ежегодной выручки и потоком ожидаемых расходов.

Отрицательное или положительное значение критерия NPV показывает, является ли проект прибыльным и в какой степени.

Чтобы найти период окупаемости (срок возврата инвестиций), достаточно верхний предел суммирования T заменить на T_{OK} и приравнять NPV нулю. Данный критерий также определяется последовательным расчетом $NPV(t)$ как функции времени (продолжительности жизненного цикла T).

Внутренняя норма доходности проекта показывает ставку кредита, при которой не будет получен убыток от инвестиций т.е. результатом всех денежных притоков и оттоков в сумме будет ноль, находится IRR из следующего выражения:

$$0 = \sum_{t=1}^{T_i} \frac{R_t - C_t}{(1+IRR)^t}.$$

Важно подчеркнуть, что для безубыточности проекта ставка дисконтирования может варьироваться в пределах от нуля до IRR . Величина IRR важна также для оценки верхнего уровня процентной ставки привлеченных финансовых ресурсов (кредита). Соответственно, чем выше IRR , тем больше возможностей найти необходимое количество инвестиционных ресурсов на рынке. Чем больше величина IRR и разность $(IRR - r)$, тем более положительным оказывается NPV и тем устойчивее проект.

ОЦЕНКА РИСКОВ ПРОЕКТОВ И ДОСТОВЕРНОСТИ ПОЛУЧЕННЫХ ФИНАНСОВЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО

Каждый проект строительства, а проект строительства АЭС в особенности, уникален. Поэтому на этапе проектирования проекта строительства АЭС возникает много неопределённостей, которые необходимо учитывать и анализировать устойчивость и риски проекта [13, 14].

На сегодняшний день, одним из наиболее информативных и приближенных к реальности методом нахождения рисков инвестиционных проектов является имитационное моделирование с применением метода Монте-Карло. Данный метод учитывает специфику проекта, полученные вероятностные распределения позволяют оценить достоверность полученных финансовых результатов и эффективность проекта в целом [15].

Метод Монте-Карло содержит следующие этапы:

1) Выбираются один или несколько критериев эффективности проекта. Ранее определяется базисное значение данных критериев.

2) Выбираются изменяющиеся параметры, к изменению которых наиболее чувствительны критерии эффективности. Это происходит с помощью анализа чувствительности. Общая схема анализа чувствительности критериев эффективности состоит в «последовательно-единичном» изменении каждого параметра ФЭМ (например, на 10–15%), далее пересчитывается новая величина критерия. После этого оценивается процентное изменения критерия по отношению к базисному случаю и рассчитывается показатель чувствительности.

3) Далее определяется сценарный анализ, для определения границы диапазона изменений входящих параметров. Необходимо оценить, как именно выглядит статистическое распределение изменяющихся параметров. Простейший вариант – равномерное распределение и нормальное распределение. К сожалению, такие распределения случайных величин не очень часто соответствует действительности, чаще всего экономические показатели изменяются по более сложному логнормальному распределению.

4) Создается математическая модель, которая вычисляет результат с учетом выбранных изменяемых параметров, наряду с этим модель содержит параметры, которые являются константами. С помощью средств автоматизации расчетов запускается цикл из требуемого числа повторений (больше 1000 реализаций по каждой случайной величине), на каждом шагу которого получают случайные значения параметров в соответствии с их законом распределения. Далее вычисляется результат и накапливается статистика по полученному результату.

5) Анализ результатов. По итогам моделирования получают результаты расчетов выбранного критерия эффективности проекта, по этим результатам строится диаграмма нормального распределения

данного показателя. На основании характеристик распределения инвестиционного показателя определяется устойчивость характеристик проекта [16, 17].

РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ ПРОЕКТОВ, РАНЕЕ ПРЕДЛАГАВШИХСЯ К РЕАЛИЗАЦИИ

Определение технико-экономических показателей, в частности, себестоимости электроэнергии, вырабатываемой на предполагаемых к строительству АЭС, проводилось неоднократно в разные периоды времени в рамках различных предпроектных исследований. Рассматривались проекты строительства АЭС с доступными, известными и проработанными технико-экономическими и эксплуатационными показателями [18, 19, 20], однако на этом этапе был выбран только один проект «Строительство атомной станции с РУ ВВЭР-640 на Балхаше» (БАЭС, 1997 г.), как наиболее близко соответствующий для использования в качестве бенчмарка.

Ниже представлены основные технико-экономические характеристики данного проекта строительства АЭС.

Таблица 1. Основные технико-экономические и эксплуатационные показатели реакторов (в ценах, соответствующих проектам лет)

Параметры		ВВЭР-640
Электрическая мощность АЭС, МВт		645×3
Капитальные вложения (стоимость строительства АЭС), млн \$		3077,185
Объем генерируемой электроэнергии, ГВт·час		13545
Отпуск электроэнергии для продажи, ГВт·час		12713,3
Численность промышленно-производственного персонала, чел		1017
Площадь промплощадки, га		—*
Потребность в воде, м³/сут.		—*
Срок службы АЭС, лет		50
Плата за кредит, %		2,54
Затраты на топливо, млн \$/год		—*
Топливо	ТВС, шт.	163×3
	диаметр/длина твэла, мм	9,1/3530
	обогащение по U-235 (первая загрузка/подпитка), %	4,26/3,18
	загрузка урана (первая/в комплекте подпитки), т	66/10

* – нет данных.

Далее определяются компоненты ФЭМ и критерии эффективности. Результаты расчетов экономических критериев представлены в таблице 2.

На данном этапе расчетов для оценки достоверности и адекватности выбранной методики формирования ФЭМ можно провести валидацию методики. Для этого сравнивается значение $LCOE$, полученное в ходе расчета, с приведенным в проекте.

Как видно из таблицы 3, значение $LCOE$, полученное в ходе расчетов, лежит в диапазоне значений $\pm 15\%$ от проектного, что для экспресс-методики, построенной на общих подходах, является хорошим результатом.

Таблица 2. Результаты расчетов экономических показателей проектов, рассмотренных ранее, для строительства в Республике Казахстан

Показатели	ВВЭР-640
$LCOE$, цент/кВт·ч	2,24
Тариф, цент/кВт·ч	5
IRR (внутренняя норма прибыли), %	11
Ставка дисконтирования 5%	
– NPV, млн \$	3814,38
– срок окупаемости, лет	14
Ставка дисконтирования 7%	
– NPV, млн \$	1934,84
– срок окупаемости, лет	17

Таблица 3. Сравнение значений $LCOE$

Показатель	Расчитанное значения	Значение, приведенное в проекте
$LCOE$, цент/кВт·ч	2,25	2,6

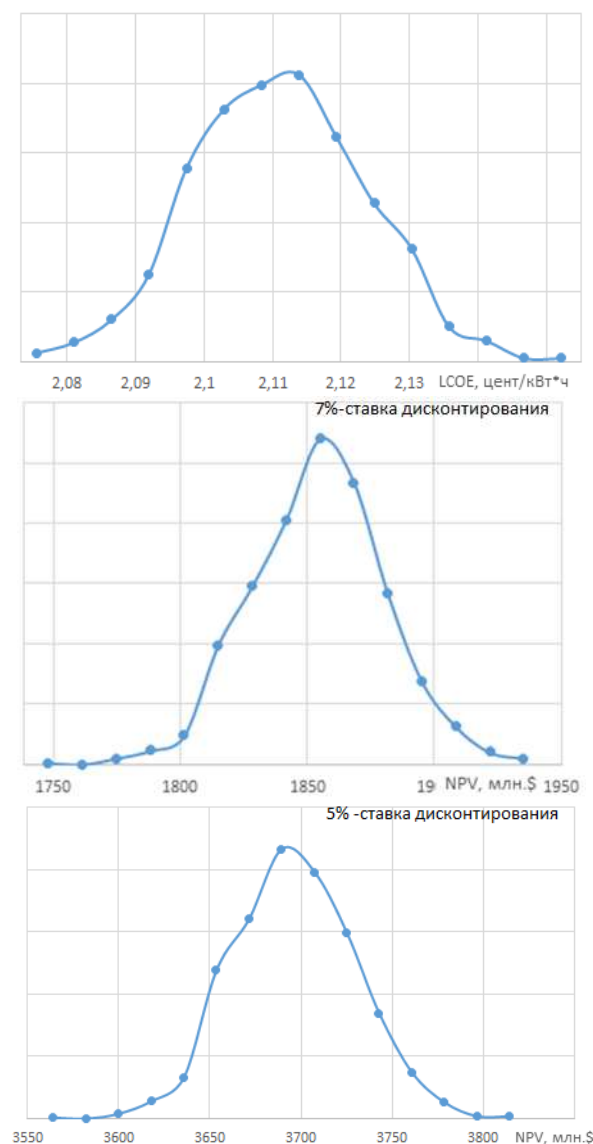


Рисунок. Результаты расчетов рисков проекта строительства АЭС с РВ ВВЭР-640

Далее рассчитывается насколько проект устойчив, для этого рассчитываются риски проектов. Для рассмотрения рисков проектов рассматриваются вероятностные распределения NPV и $LCOE$. Значение чистого дисконтированного дохода NPV является основным критерием при оценке эффективности любого инвестиционного проекта, а приведенная стоимость электроэнергии $LCOE$ – проекта, связанного с производством электроэнергии.

Найденные критерии эффективности проекта, представленные в таблице 2, в дальнейшем расчете, выступают как базовые для определения рисков проектов. Выполняются расчеты выходных параметров для каждого года эксплуатации АЭС, которые позволяют получить результаты с учетом выбранных варьируемых входных параметров. Статистическое распределение входных параметров – нормальное распределение, предполагающее, что вероятность отклонения значений постепенно падает с удалением от среднего.

На рисунке представлены вероятностные распределения $LCOE$ и NPV , полученные в результате расчетов.

Как видно из рисунка, при выбранном тарифе и рассмотренных ставках дисконтирования рассматриваемый проект строительства АЭС является экономически выгодным и устойчивым к меняющимся внешним условиям функционирования проекта. Данные утверждения являются важнейшими составляющими при принятии решения о реализации проекта. Наиболее вероятный диапазон изменения значений для $LCOE$ лежит в пределах 2,11–2,12 цент/кВт·ч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предлагаемая методика позволяет достаточно быстро и точно определять приведенную стоимость электроэнергии, критерии эффективности и устойчивость проекта АЭС, как объекта атомной энергетической отрасли в целом.

Для повышения достоверности результатов экономического моделирования ФЭМ в расчетах следует внимательно оценивать входящие параметры, проводить маркетинговые исследования в отношении диапазонов изменения возможных значений компонентов ФЭМ на текущий момент и в перспективе жизненного цикла АЭС, уделяя особое внимание специфическим для атомной энергетики аспектам, включаемым в ФЭМ. К таким аспектам относятся: экономические параметры различных вариантов реализации технологий обращения с РАО, обращения с ОЯТ, формирования фондов вывода из эксплуатации АЭС и др., формирующие часть эксплуатационных расходов АЭС.

При моделировании значений варьируемых параметров финансовых величин стоит особо обратить внимание на выбранный закон распределения случайных величин, в большинстве случаев для экономических величин используется логнормальное распределение [21].

Предложенная методика может быть рекомендована для экспресс-селекции представительного количества проектов АЭС, с целью выбора оптимальных проектов для дальнейшего детального их исследования.

В дальнейшем на основе предложенной методики планируется разработка детализированной матрицы методики формирования ФЭМ реализации атомно-энергетического проекта в Казахстане в современных макроэкономических условиях. На основе полученной матрицы планируется рассмотреть несколько проектов строительства АЭС с перспективными к строительству типами реакторов. Данная работа будет способствовать расчету базовых значений критериев эффективности рассмотренных проектов, планируемых к реализации при помощи имитационного моделирования с применением метода Монте-Карло. На финальном этапе предполагается оценить непосредственно риски и устойчивость рассмотренных проектов.

Финансирование

Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Проект программно-целевого финансирования BR21882185 «Исследования в поддержку создания и безопасного функционирования атомной электростанции в Республике Казахстан»).

ЛИТЕРАТУРА

1. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов / официальное издание. – М.: Экономика. – 2000.
2. Иванов, Т.В. Методология финансирования как составляющая успешной реализации проектов сооружения АЭС / Т.В. Иванов, Ю.В. Черняховская // Вестник ИГЭУ. – 2010. – Вып. 2.
3. Черняховская, Ю.В. Государственно-частное партнерство в атомной энергетике: опыт США/ Черняховская, Ю.В., Корольков, Д.Л. // Вестник Финансового Университета. – 2017.
4. Economic evaluation of bids for nuclear power plants / Technical reports series No. 396 // International Atomic Energy Agency. – Vienna. – 2000.
5. Экономика ядерного топливного цикла / Агентство по ядерной энергии организация экономического сотрудничества и развития. – Москва. – 1999.
6. Налоговый кодекс РК / Раздел 12. – глава 54. - статья 482–485. – 2022
7. Закон Республики Казахстан «Об обязательном социальном страховании» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 01.01.2022 г.) / от 26 декабря 2019 года. – № 286-VI.
8. Закон Республики Казахстан «Об обязательном социальном медицинском страховании» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 30.12.2021 г.) / от 16 ноября 2015 года. – № 405-V.
9. The economic future of nuclear power / The University of Chicago. – 2004.

10. Cost estimating guidelines for generation IV nuclear energy systems / The Economic Modeling Working Group of the Generation IV. – International Forum. – 2007.
11. Carlo, M. The costs of generating electricity and the competitiveness of nuclear power / Mari Carlo // Progress in Nuclear Energy. – 2014. – Vol. 73.
12. Харитонов, В.В. Критерии окупаемости инвестиций в ядерную энергетику/ В.В. Харитонов, Н.Н. Костерин // Известия ВУЗов. Ядерная энергетика – 2017. – № 2.
13. Кавыршина, О.А. Принципы и проблемы формирования финансово-экономической модели промышленного предприятия / О.А. Кавыршина, О.В. Хорошилова // Вестник воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9, № 6–2. – С. 130–134.
14. Мельников, Ю. Б. Улучшение адекватности экономических моделей / Ю. Б. Мельников, Е. А. Онохина, С. А. Шитиков // Известия Уральского государственного экономического университета. – 2018. – Т.19. – № 1. – С. 94–106.
15. Денисова, Т.В. Методика Анализа Достоверности Вариантов Оптимизации Инвестиционных Проектов», Т.В. Денисова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т.16. – № 6(2).
16. Айвазян, С.А. Оценка экономической эффективности мероприятий банка по рекламированию кредитных продуктов / С.А. Айвазян, М.Ю. Афанасьев, А.М. Афанасьев // Прикладная эконометрика. – 2009. – № 4.
17. Золотов, М.И. Оценка достоверности полученных финансовых результатов инвестиционных проектов посредством применения анализа метода Монте-Карло / М.И. Золотов // Учетно-аналитическое обеспечение-информационная основа экономической безопасности хозяйствующих субъектов. – 2009.
18. АТЭЦ малой мощности с РУ типа КЛТ-40 в Республике Казахстан. Обоснование инвестиций в строительство АТЭЦ для энергоснабжения Лениногорского комбината и города Лениногорска (I этап) / Пояснительная записка. – Инв. В А-62651. – г. Нижний Новгород. – 1997.
19. Техничко-экономическое обоснование инвестиционного проекта «Строительство атомной станции с РУ ВБЭР-300 в Мангистауской области / Книга 1. – АО «КРКАС». – 2008
20. Балхашская АЭС, Техничко-Экономическое Обоснование строительства, часть 12, Сметная стоимость и технико-экономические показатели / Пояснительная записка. – БА-00-01 ТЭО. – Санкт-Петербург. – 1997.
21. Айвоян, С.А. Прикладная статистика и основы эконометрики / С.А. Айвоян, В.С. Мхитарян // учеб. для вузов. – М.: ЮНИТИ. – 1998.

REFERENCES

1. Metodicheskie rekomendatsii po otsenke effektivnosti investitsionnykh projektov / ofitsial'noe izdanie. – Moscow: Ekonomika, 2000.
2. Ivanov, T.V. Metodologiya finansirovaniya kak sostavlyayushchaya uspezhnoy realizatsii projektov sooruzheniya AES / T.V. Ivanov, Yu.V. Chernyakhovskaya // Vestnik IGEU. – 2010. – Issue 2.
3. Chernyakhovskaya, Yu.V. Gosudarstvenno-chastnoe partnerstvo v atomnoy energetike: opyt SSHA/ Chernyakhovskaya, Yu.V., Korol'kov, D.L. // Vestnik Finansovogo Universiteta. – 2017.

4. Economic evaluation of bids for nuclear power plants / Technical reports series No. 396 // International Atomic Energy Agency. – Vienna. – 2000.
5. Ekonomika yadernogo toplivnogo tsikla / Agentstvo po yadernoy energii organizatsiya ekonomicheskogo sotrudnichestva i razvitiya. – Moscow. – 1999.
6. Nalogovyy kodeks RK / Razdel 12. – glava 54. – stat'ya 482–485. – 2022
7. Zakon Respubliki Kazakhstan “Ob obyazatel'nom sotsial'nom strakhovanii” (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 01.01.2022 g.) / ot 26 dekabrya 2019 goda. – No. 286-VI.
8. Zakon Respubliki Kazakhstan “Ob obyazatel'nom sotsial'nom meditsinskom strakhovanii” (s izmeneniyami i dopolneniyami po sostoyaniyu na 30.12.2021 g.) / ot 16 noyabrya 2015 goda. – No. 405-V.
9. The economic future of nuclear power / The University of Chicago. – 2004.
10. Cost estimating guidelines for generation IV nuclear energy systems / The Economic Modeling Working Group of the Generation IV. – International Forum. – 2007.
11. Carlo, M. The costs of generating electricity and the competitiveness of nuclear power / Mari Carlo // Progress in Nuclear Energy. – 2014. – Vol. 73.
12. Kharitonov, V.V. Kriterii okupaemosti investitsiy v yadernuyu energetiku/ V.V. Kharitonov, N.N. Kosterin // Izvestiya VUZov. Yadernaya energetika – 2017. – No. 2.
13. Kavyrshina, O.A. Printsipy i problemy formirovaniya finansovo-ekonomicheskoy modeli promyshlennogo predpriyatiya / O.A. Kavyrshina, O.V. Khoroshilova // Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. – 2013. – Vol. 9. – No. 6–2. – P. 130–134.
14. Mel'nikov, Yu. B. Uluchshenie adekvatnosti ekonomicheskikh modeley / Yu. B. Mel'nikov, E. A. Onokhina, S. A. Shitikov // Izvestiya Ural'skogo gosudarstvennogo ekonomicheskogo universiteta. – 2018. – Vol. 19. – No. 1. – P. 94–106.
15. Denisova, T.V. Metodika Analiza Dostovernosti Variantov Optimizatsii Investitsionnykh Proektov», T.V. Denisova // Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk. – 2014. – Vol. 16. – No. 6(2).
16. Ayvazyanyan, S.A. Otsenka ekonomicheskoy effektivnosti meropriyatiy banka po reklamirovaniyu kreditnykh produktov / S.A. Ayvazyanyan, M.Yu. Afanas'ev, A.M. Afanas'ev // Prikladnaya ekonometrika. – 2009. – No. 4.
17. Zolotov, M.I. Otsenka dostovernosti poluchennykh finansovykh rezul'tatov investitsionnykh proektov posredstvom primeneniya analiza metoda Monte-Karlo / M.I. Zolotov // Uchetno-analiticheskoe obespechenie-informatsionnaya osnova ekonomicheskoy bezopasnosti khozyaystvuyushchikh sub'ektov. – 2009.
18. ATETs maloy moshchnosti s RU tipa KLT-40 v Respublike Kazakhstan. Obosnovanie investitsiy v stroitel'stvo ATETs dlya energosnabzheniya Leninogorskogo kombinata i goroda Leninogorska (I etap) / Poyasnitel'naya zapiska. – Inv. B A-62651. – g. Nizhniy Novgorod. – 1997.
19. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie investitsionnogo proekta “Stroitel'stvo atomnoy stantsii s RU VBER-300 v Mangistauskoy oblasti” / Kniga 1. – AO “KRKAS”. – 2008
20. Balkhashskaya AES, Tekhniko-Ekonomicheskoe Obosnovanie stroitel'stva, chast' 12, Smetnaya stoimost' i tekhniko-ekonomicheskies pokazateli / Poyasnitel'naya zapiska. – BA-00-01 TEO. – Sankt-Peterburg. – 1997.
21. Ayvozyan, S.A. Prikladnaya statistika i osnovy ekonometriki / S.A. Ayvozyan, V.S. Mkhitarian // ucheb. dlya vuzov. – Moscow: YuNITI. – 1998.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА АЭС САЛУ ЖӨНІНДЕГІ ЖОСПАРЛАР ҮЛГІСІНДЕ ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНДА АТОМ ЭНЕРГЕТИКАСЫ САЛАСЫНДАҒЫ ЖОБАЛАРДЫҢ ҚАРЖЫ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ҚҰРУДЫҢ ЭКСПРЕСС-ӘДІСІ

С. А. Мүкенева*, Д. Б. Зарва, А. В. Гулькин

Қазақстан Республикасының Ұлттық ядролық орталығы, Құрчатов, Қазақстан

** Байланыс үшін E-mail: mukeneva@nnc.kz*

Энергетика дегеніміз экономика мен бүкіл қоғамның ойдағыдай дамуының негізі. Алайда бүгінгі күні Қазақстан электр энергиясының тапшылығын сезінуде және болжамдарға сәйкес 2029 жылға қарай 3 ГВт-тан астам электр қуатының тапшылығы болжалып отыр. Сондықтан атом электр станциясының құрылысы бүгінде еліміздің күн тәртібіндегі өзекті тақырыптардың бірі болып табылады. Осыған байланысты атом электр станцияларын салуға байланысты барлық салаларды жан-жақты зерделеу және кәсіби пысықтау қажет.

Қаржы-экономикалық модельдеу бизнестегі болжау, жоспарлау және басқарудың белгілі құралы. Әдетте бизнес-идеяларды талдау ҚЭМ-нен (қаржы-экономикалық моделден) басталады, ал егер моделде ұсынылған баға берулер бизнес-жобаның тиімділігін көрсетсе, онда инвесторлар жобаны толығырақ қарастыруға және сайып келгенде, оған өз қаражаттарын салуға дайын.

Әдетте толыққанды ҚЭМ негізгі конструкторлық жобалау шешімдері мен ұйымдастырушылық-әкімшілік іс-шаралар (қаржылық схемаларды қоса алғанда) анықталған кезде инвестициялық жобаның техникалық-экономикалық негіздемесі (ТЭН) сатысында құрылады. Моделді талдау және оның көмегімен қаржы-экономикалық көрсеткіштерді бағалау жобаны одан әрі іске асыру туралы шешім қабылдауға мүмкіндік береді. Жалпы қуаттылығы 2.4–2.7 ГВт дейінгі екі блок етіп жасалған станция құрылысына үлестік күрделі шығындар шамамен 10–12 млрд. АҚШ долларын құрайды, ТЭН әзірлеуге жұмсалатын қаржы шығындары 100 млн. АҚШ долларынан астам шамаға жетуі мүмкін, ал ТЭН-ді толық көлемде дайындауға қажет болатын уақыт – шамамен 3 жыл.

Қарауға ұсынылып отырған әдістеме АЭС жобаларының қаржылық тиімділігі мен тұрақтылығын айқындауға арналған кейбір бастапқы деректердің статистикалық дәлсіздігіне қатысты жеткілікті дәрежеде АЭС құрылысының тұрақты жобаларының ҚЭМ құрудың экспресс-әдісі болып табылады. Атом энергетикасы саласының ірі инвестициялық жобаларын экономикалық бағалауға қолданылатын мәліметтер мен тәсілдер жиынтығы болғандықтан бұл әдістеме белгілі бір дәрежедегі жаңалық және әртүрлі бастапқы деректерін салыстыра отырып АЭС құрылысының көптеген жобаларын егжей-тегжейлі зерттеу кезінде бірнеше оңтайлы жобаны жедел таңдау мақсатында қолданыла алады. Қазақстан Республикасының, сондай-ақ әлемнің көптеген қарқынды дамып келе жатқан елдерінің энергетикалық сектор мен өнеркәсіпті декарбонизациялауға қабылдаған бағытын ескерсек, бұл жұмыс айтарлықтай өзекті.

Бұл жұмыста Қазақстандағы АЭС қаржы-экономикалық моделінің компоненттерінің тізімі мен тәсілдері, инвестициялық жобалардың тиімділік өлшемшарттары, жобалардың тәуекелдерін бағалау ұсынылған, сондай-ақ әдістеме валидациясы жүргізілген.

Түйін сөздер: атом энергетикасы, қаржы-экономикалық модель, NPV, IRR, LCOE.

AN EXPRESS METHOD FOR CREATION A FINANCIAL AND ECONOMIC MODEL OF PROJECTS IN THE NUCLEAR ENERGY INDUSTRY BASED ON THE EXAMPLE OF INTENTIONS TO CONSTRUCT A NPP IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

S. A. Mukeneva*, D. B. Zarva, A. V. Gulkin

National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Kazakhstan

** E-mail for contacts: Mukeneva@nnc.kz*

Energy is the basis of successful economic growth and society development in general. However, today Kazakhstan is experiencing a shortage of electricity and, according to forecasts, by 2029 it is expected to have more than 3 GW of electric capacity deficit. The introduction of nuclear generation is a perspective solution of electricity shortage issue. Therefore, the construction of a nuclear power plant (NPP) today is one of the key elements on the agenda of our country. In this regard, there is a need for an in-depth analysis and careful consideration of issues related to the NPP construction including financial planning and implementation.

Financial and economic modeling (FEM) is the most famous tool for forecasting, planning and management in business. Commonly, some analysis of business ideas begins namely with the FEM, and if the assessments show effectiveness of a business project, then a decision is made on detailed review and funding.

It is common practice to construct a fairly complete FEM during feasibility study (FS) of an investment project, when the major design and construction concepts and structural and administrative measures (including financial schemes) have already been defined. Analysis of the model and assessment of financial and economic indicators using FEM allows making a decision on future project developments. In the case of a NPP construction project, where the specific capital costs for the construction of a two-unit station with a total capacity of up to 2.4–2.7 GW are about US\$10–15 billion, the financial costs for a feasibility study developing can reach more than US\$100 million, and it will take about 3 years to prepare a full feasibility study.

The proposed methodology is an express method for developing the FEM of NPP construction projects, which is sufficiently stable with respect to the statistical inaccuracy of some initial data, to determine the financial efficiency of NPP projects. The developed methodology can be used when comparing a large number of NPP construction projects with different initial data in order to quickly select several optimal ones for their detailed study. This paper is relevant considering the adopted course of the Republic of Kazakhstan, as well as many world's rapidly developing countries, towards decarbonization of the energy sector and industry.

Keywords: NPP, Technical and economic model, Feasibility study, LCOE, NPV, IRR.