Ilmiy tadqiqotlar va ularning yechimlari jurnali
Aoka guvohnoma № 323759 ISSN: 3060-4818

УДК 620.9:338.4(575.1)

СНИЖЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ АЭС В УЗБЕКИСТАНЕ: РОЛЬ ДИВЕРСИФИКАЦИИ ПОСТАВЩИКОВ

Курбанкличев Тимур Маратович

самостоятельный соискатель

Аннотация: В настоящей статье исследуется фундаментальный системный парадокс энергетического комплекса Республики Узбекистан, возникающий на пересечении задач форсированного энергоперехода и нарастающей глобальной геоэкономической турбулентности. Смещение национального топливно-энергетического баланса в сторону прерывистых возобновляемых источников энергии на фоне истощения запасов природного газа детерминирует острую инженерную потребность в развитии мощностей базовой безуглеродной генерации. Признавая техническую безальтернативность реализации проектов сооружения атомных электростанций (АСММ мощностью 330 МВт и полномасштабных энергоблоков ВВЭР-1000), в работе научно обосновывается, что строительство данных инфраструктурных объектов в формате «под ключ» силами единственной подсанкционной зарубежной корпорации генерирует недопустимый уровень экстерриториальных финансовых угроз. Доказывается, что подобная архитектура генерального подряда формирует эффект необратимого технологического замыкания (lock-in effect) национальной энергосистемы на горизонт 60–80 лет. В качестве научно обоснованного механизма хеджирования макросистемных рисков предложена инженерно-экономическая стратегия «технологического расщепления» (multi-vendor approach). Обоснована технико-экономическая целесообразность сегрегации проектных контрактов и оснащения неядерного контура, включая автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) и турбинное оборудование, с привлечением независимых международных консорциумов, что позволит обеспечить подлинный технологический суверенитет и купировать санкционные риски.

Ключевые слова: энергетическая инверсия, базовая генерация, прерывистость ВИЭ, АСММ, ВВЭР-1000, технологическое замыкание, вторичные санкции, технологическое расщепление, АСУ ТП, макросистемный анализ.

MITIGATING TECHNOLOGICAL RISKS IN THE CONSTRUCTION OF A NUCLEAR POWER PLANT IN UZBEKISTAN: THE ROLE OF SUPPLIER DIVERSIFICATION

Abstract. This article examines the fundamental systemic paradox of the energy complex of the Republic of Uzbekistan, arising at the intersection of accelerated energy transition challenges and increasing global geoeconomic turbulence. The shift of the national fuel and energy balance toward intermittent renewable energy sources amidst the depletion of natural gas reserves determines an acute engineering need to develop basic carbon-free generation capacities. Recognizing the technical inadequacy of implementing nuclear power plant construction projects (ACMM with a capacity of 330 MW and full-scale VVER-1000 power units), the work scientifically substantiates that the construction of these infrastructure facilities in a turnkey format by a single sanctioned foreign corporation generates an unacceptable level of extraterritorial financial threats. It is proven that such a general contract architecture creates an irreversible technological lock-in effect for the national power system over a 60-80 year horizon. As a scientifically grounded mechanism for hedging macrosystem risks, the engineering-economic strategy of "technological splitting" (multi-vendor approach) is proposed. The technical and economic feasibility of segregating project contracts and equipping the non-nuclear circuit, including automated process control systems (ACP) and turbine equipment, with the involvement of

independent international consortia has been substantiated, which will ensure genuine technological sovereignty and mitigate sanctions risks.

Keywords: energy inversion, baseload generation, intermittency of renewable energy sources, SMRs, VVER-1000, technological closure, secondary sanctions, technological decoupling, I&C systems, macrosystem analysis.

Введение

Современная архитектура топливно-энергетического комплекса Республики Узбекистан находится в состоянии глубокой структурной трансформации, первопричиной которой выступает макроэкономический феномен «энергетической инверсии». За исторически короткий промежуток времени национальная экономика, демонстрирующая экспоненциальный индустриальный и демографический рост, осуществила вынужденный переход от статуса регионального нетто-экспортера углеводородов к состоянию их импортозависимости. Эмпирические данные топливно-энергетического баланса фиксируют истощение собственных геологических резервов природного газа, объемы добычи которого продемонстрировали спад до отметки 42,3 млрд кубических метров по итогам 2025 года [1]. Указанный ресурсный дефицит формирует критическую уязвимость для Объединенной энергетической системы (ОЭС) страны, поскольку исторически сложившийся парк тепловых электростанций (ТЭС), обеспечивающий 75,6% совокупной генерации (более 16 ГВт установленной мощности), жестко детерминирован объемами газового топлива и давлением в магистральных трубопроводах. В периоды пиковых осенне-зимних нагрузок сверхнормативный отбор ресурса населением провоцирует резкое падение давления, что многократно снижает коэффициент полезного действия газовых турбин и повышает риски инфраструктурного паралича.

Стратегическим, институционально закрепленным ответом государственного управления на нарастающий углеводородный голод стала реализация масштабной программы декарбонизации. В соответствии с директивными целевыми индикаторами Стратегии «Узбекистан–2030», доля возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в национальном энергобалансе должна достичь 40% [2]. Тем не менее, форсированная интеграция прерывистой (intermittent) генерации на базе крупных солнечных (СЭС) и ветровых (ВЭС) станций порождает сложнейшую электротехническую дилемму. Инверторные технологии ВИЭ физически лишены механической инерции вращающихся масс, присущей классическим синхронным генераторам. При увеличении их доли в сети закономерно происходит деградация частотно-динамической устойчивости энергосистемы. Технико-экономическое обоснование неопровержимо доказывает, что стабилизация Объединенной энергетической системы не может быть обеспечена исключительно внедрением промышленных аккумуляторных систем накопления энергии (BESS), планируемая емкость которых к 2030 году составит лишь 4,2 ГВт. Для предотвращения каскадных системных аварий (блэкаутов) энергосистеме жизненно необходима сверхмощная декарбонизированная базовая генерация, способная функционировать в непрерывном режиме независимо от климатических флуктуаций и конъюнктуры спотового газового рынка.

В заданных физических и экономических координатах безальтернативным инженерным решением выступает развитие мирного атома. Инициирование контрактных обязательств на возведение атомных станций малой мощности (АСММ) на базе реакторных установок РИТМ-200Н совокупной мощностью 330 МВт, а также последующее концептуальное расширение масштабов мегапроекта в сентябре 2025 года за счет включения двух гигаваттных энергоблоков поколения III+ типа ВВЭР-1000, полностью отвечает строгим требованиям физической надежности электросетей. Вместе с тем, реализация данного комплекса обнажает фундаментальный геоэкономический парадокс. Сооружение стратегического объекта

критической инфраструктуры по модели EPC (Engineering, Procurement, Construction) в формате «под ключ» силами единственного зарубежного генерального подрядчика, функционирующего в условиях ужесточающегося режима международных санкций, трансформирует чисто инженерную задачу в экзистенциальную угрозу экономическому суверенитету государства. Передача полного цикла строительства, инжиниринга и оснащения в руки одной подсанкционной корпорации генерирует эффект непреодолимого технологического замыкания (lock-in effect) на десятилетия вперед. Основной целью настоящего исследования является формирование доказательной научной базы, обосновывающей императивность отхода от инерционной монопольной контрактации в пользу стратегии диверсификации технологий для комплексного снижения системных рисков атомной программы Республики Узбекистан.

Методология

Методологическая база настоящего исследования опирается на междисциплинарный синтез принципов системного инжиниринга, неоинституциональной экономической теории и инструментария макросистемного риск-менеджмента. Энергетическая инфраструктура Республики Узбекистан концептуализируется в рамках исследования как сложная, взаимозависимая социотехническая сеть, показатели безотказности которой детерминированы не только термодинамическими циклами генерирующего оборудования, но и устойчивостью транснациональных финансово-логистических цепочек в условиях внешней геополитической турбулентности.

Для комплексного выявления технологических уязвимостей контрактов типа EPC применен метод оценки жизненного цикла (Life Cycle Assessment), экстраполированный на длительный макроэкономический горизонт функционирования ядерного объекта. Оценка угрозы формирования эффекта технологического замыкания базировалась на концепции зависимости от предшествующего развития (path dependence). Данная теоретическая рамка доказывает, что первоначальная привязка к проприетарным, закрытым техническим стандартам единственного разработчика мультиплицирует трансакционные издержки суверенного заказчика на этапах последующей коммерческой эксплуатации, сервисного обслуживания и модернизации [3].

Анализ экзогенной санкционной уязвимости выполнен с использованием инструментария комплаенс-контроля (compliance risk management) и глубокого структурно-функционального анализа правоприменительной практики зарубежных регуляторов. Предметом пристального изучения стали последствия применения расширенных экстерриториальных директив Управления по контролю за иностранными активами Министерства финансов США (OFAC), в частности Исполнительных указов № 14024 и № 14114 [4]. Синтез полученных инженерных и юридических данных позволил смоделировать механизмы превентивного хеджирования рисков посредством адаптации доктрины «технологического расщепления» (technology unbundling). В качестве референсной модели использован компаративный анализ стратегий энергетической независимости государств со схожими структурными ограничениями, прежде всего Республики Казахстан, внедряющей механизмы многовекторной технологической дипломатии при проектировании собственных атомных мощностей [5].

Эмпирические результаты проведенного структурного аудита убедительно подтверждают, что реализация мегапроекта возведения АСММ и энергоблоков ВВЭР-1000 в парадигме унитарного генерального подряда формирует неприемлемую матрицу угроз для национальной экономики. Физическая надежность и безопасность реакторных технологий в профессиональном инженерном сообществе не подвергается сомнению, однако эксклюзивная монопольная архитектура управления мегапроектом в текущих геополитических реалиях генерирует феномен так называемой «двойной ядерной зависимости» (dual nuclear deal). В отличие от

углеводородного сектора, где диверсификация может быть оперативно достигнута внедрением реверсных трубопроводных схем или краткосрочными спотовыми закупками сжиженного газа, атомная отрасль требует глубокого институционального сопряжения на период от 60 до 80 лет, что делает любые стратегические просчеты на этапе контрактации фатальными и неисправимыми.

Фундаментальным фактором инфраструктурной уязвимости выступает эффект абсолютного технологического замыкания. Сооружение атомной электростанции в формате закрытой экосистемы (turnkey project) аппаратно и программно привязывает Объединенную энергетическую систему Узбекистана к монопольным стандартам фабрикации ядерного топлива, проприетарным протоколам сервисного обслуживания машинного зала и алгоритмам функционирования микропроцессорной базы. Отсутствие открытой, модульной архитектуры лишает национального оператора станции переговорной мощи и монопсонической власти, юридически исключая возможность проведения конкурентных закупок высокотехнологичных комплектующих на глобальном рынке. Следовательно, в фазе длительной коммерческой эксплуатации генподрядчик получает безусловные рычаги для диктата цен на техническую поддержку, поставку запчастей и плановую модернизацию агрегатов.

Параллельным и, возможно, наиболее критическим результатом исследования является идентификация экзистенциальной угрозы трансляции вторичных санкций Запада на суверенный финансовый сектор республики. Строительство сложного комплекса реакторов РИТМ-200Н и гигаваттных блоков ВВЭР-1000 неизбежно предполагает осуществление многомиллиардных трансконтинентальных валютных транзакций. В строгом соответствии с положениями Исполнительных указов США, любое иностранное финансовое учреждение (FFI), содействующее значительным финансовым транзакциям в интересах военно-промышленного базиса подсанкционного государства (куда юридически интегрирован и весь энергетический комплекс), подлежит немедленному блокированию в глобальной долларовой расчетной системе. Эмпирическим прецедентом материализации данного катастрофического риска выступает включение АО «Газпромбанк» — исторически ключевого клирингового оператора энергетического экспорта РФ — в санкционный список SDN в ноябре 2024 года. Попытки обслуживания тяжелой финансовой модели узбекистанской АЭС через национальные банки требуют применения многоступенчатых, искусственно усложненных и непрозрачных схем клиринга. Это автоматически переводит весь банковский сектор страны в зону экстремального комплаенс-риска и формирует угрозу принудительного отключения от международной системы SWIFT под давлением правила 50% OFAC.

Дополнительным макросистемным триггером риска становится нарастающая угроза срыва графиков строительства вследствие прогрессирующей технологической блокады самого генподрядчика [6]. Управление современной атомной станцией критически зависит от отказоустойчивости автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП). Исторически разработчики реакторных установок комплектовали системы верхнего уровня передовой западной микроэлектроникой, легальный доступ к которой в настоящий момент жестко заблокирован механизмами международного экспортного контроля. Необходимость экстренного поиска суррогатных программно-аппаратных решений или применения методов реверс-инжиниринга не только существенно снижает заявленные характеристики кибербезопасности, но и напрямую влияет на темпы реализации мегапроекта. Собранные данные подтверждают, что официальные сроки заливки «первого бетона» на площадке АСММ в Узбекистане уже претерпели сдвиг как минимум на декабрь 2026 года из-за накопившихся глубоких финансово-технических противоречий в рамках текущей монопольной модели. Более того, закрепление репутационно токсичного статуса генерального подрядчика

способно спровоцировать кумулятивный эффект оттока западного и ближневосточного капитала из смежных инвестиционных секторов зеленой энергетики.

4. Обсуждение и выводы (discussion) Сформированная в ходе комплексного макросистемного исследования детализированная матрица технологических и экстерриториальных финансовых угроз диктует категорическую необходимость радикального отхода от инерционного управленческого подхода при конструировании национальной ядерной программы. Очевидно, что полная отмена строительства мощностей базовой генерации приведет к неизбежному каскадному коллапсу единой энергосети под тяжестью неконтролируемого ввода стохастичных ВИЭ. Следовательно, разрешение данного системного парадокса лежит исключительно в плоскости изменения инженерно-коммерческой архитектуры контрактации объектов. Безальтернативным инженерно-экономическим механизмом нивелирования выявленных геоэкономических рисков признается имплементация государством-заказчиком макроинженерной стратегии «технологического расщепления» (technology unbundling / multi-vendor approach) [7].

Инженерная и концептуальная суть данной стратегии базируется на осознанной декомпозиции монолитной инфраструктуры атомной электростанции на два независимых, жестко разграниченных домена: «ядерный остров» (nuclear island) и «неядерный остров» (conventional island). Безусловно признавая высочайший международный уровень компетенций и физическую обоснованность разработок в части самих водо-водяных реакторных установок (первый контур циркуляции теплоносителя, парогенераторы, системы пассивной и активной защиты), оснащение контуров выдачи мощности должно быть жестко сегрегировано. Технико-экономическое обоснование диктует непреложную необходимость выведения из-под юрисдикции генподрядчика контрактов на проектирование и поставку высокотехнологичного оборудования машинного зала. В частности, быстроходные и тихоходные паровые турбины сверхвысокой мощности, турбогенераторы, системы насосного охлаждения и высоковольтные распределительные устройства должны закупаться на основе прозрачных открытых международных тендеров у независимых консорциумов из государств, не подверженных глобальному санкционному противостоянию.

Ключевым, критически важным звеном успешной реализации мульти-вендорной стратегии является диверсифицированное оснащение автоматизированных систем управления технологическими процессами высшего уровня. Интеграция программно-аппаратных комплексов, контролирующих реактор и управляющих турбинным оборудованием, от независимых технологических корпораций Южной Кореи, Франции или других передовых юрисдикций представляет собой давно доказанную и легитимную мировую практику, повышающую отказоустойчивость ядерных объектов поколения III+. Внедрение сертифицированной, оригинальной микроэлектроники полностью исключает вероятность внедрения аппаратных или скрытых программных закладок, предотвращает риски несанкционированного внешнего мониторинга телеметрии и гарантирует международному энергетическому сообществу абсолютную транспарентность и надежность алгоритмов управления узбекистанской АЭС.

Экономическая целесообразность имплементации концепции технологического расщепления обеспечивается, прежде всего, радикальным снижением уровня экстерриториальной финансовой токсичности проекта. Разделение цепочек поставок позволяет легитимизировать весьма существенную долю совокупного капитального бюджета (CapEx) станции в глазах международных комплаенс-структур. Привлечение экспортно-кредитных агентств (ECA) из стран-доноров неядерного оборудования (таких как Франция или Южная Корея) не только глубоко диверсифицирует долговую нагрузку на суверенный бюджет

Узбекистана, снижая ставки проектного финансирования. Главным образом, это защищает национальные банки-партнеры от разрушительных рисков вторичных санкций, юридически чисто выводя значительный объем валютных транзакций из-под угрозы пристального мониторинга OFAC. Прагматизм и высочайшая эффективность подобного подхода эмпирически подтверждаются многовекторной дипломатией соседних государств (в частности, продуманной моделью Республики Казахстан), где сложный процесс планирования собственной базовой ядерной генерации изначально базируется на конкурентном столкновении предложений от широкого пула независимых глобальных поставщиков.

Резюмируя вышеизложенную аргументацию, следует с уверенностью констатировать, что строительство АСММ и мощных блоков ВВЭР-1000 выступает фундаментальным, не подлежащим ревизии инженерным императивом, обеспечивающим частотную стабильность энергосети Республики Узбекистан в эпоху масштабной экспансии прерывистых зеленых технологий. Однако в суровых реалиях беспрецедентной вепонизации международных экономических связей и санкционных войн, реализация столь масштабного мегапроекта силами единого подсанкционного генерального подрядчика эквивалентна критической, долгосрочной сдаче инфраструктурного и финансового суверенитета. Внедрение на государственном уровне доктрины «технологического расщепления» с обязательным, юридически закрепленным вовлечением независимых консорциумов для оснащения неядерного контура является строгой макроэкономической необходимостью. Исключительно диверсифицированная архитектура мегапроекта позволит купировать нарастающую угрозу финансовой изоляции, предотвратить разрушительный эффект технологического замыкания на десятилетия вперед и обеспечить подлинно независимое, суверенное функционирование энергетического комплекса Республики Узбекистан в XXI веке.

Список литературы

1. Сводный баланс [Электронный ресурс] // Агентство статистики при Президенте Республики Узбекистан (Stat.uz). – URL: https://stat.uz/img/ochiq_malumotlar/balans-1_1-2024-predvaritelnyj_p26401 .xlsx.
2. Указ Президента Республики Узбекистан «О Стратегии "Узбекистан – 2030"» от 11.09.2023 г. № УП-158 [Электронный ресурс] // Национальная база данных законодательства Республики Узбекистан (Lex.uz). – URL: https://lex.uz/docs/6600404.
3. Каримов, И. И. Институциональные механизмы обеспечения энергетической безопасности Республики Узбекистан : автореф. дис. ... д-ра философии (PhD) по экон. наукам : 08.00.03 / Каримов Илхомжон Иброхимович. – Ташкент : ТГЭУ, 2022. – 48 с.
4. Russian Harmful Foreign Activities Sanctions [Электронный ресурс] // Office of Foreign Assets Control (OFAC). – URL: https://ofac.treasury.gov/faqs/topic/6626.
5. The Nuclear Gamble: Kazakhstan, Russia, and the Shifting Energy Landscape of Central Asia [Электронный ресурс] // Georgetown Journal of International Affairs. – URL: https://gjia.georgetown.edu/2025/04/08/the-nuclear-gamble/.
6. An uncertain future for Rosatom's nuclear technology exports [Электронный ресурс] // OSW. – URL: https://www.osw.waw.pl/en/publikacje/osw-commentary/2026-01-14/uncertain-future-rosatoms-nuclear-technology-exports .
7. Hedging the Nuclear Bet: Multi-Vendor Strategies for Emerging Nuclear Nations [Электронный ресурс] // World Nuclear Association. – URL: https://world-nuclear.org/information-library/economic-aspects/hedging-nuclear-multi-vendor.aspx.