



НАУКА
И ИННОВАЦИИ
РОСАТОМ

КАТАЛОГ

**ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ, АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ СИСТЕМ
ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

Москва
2021



Государственная корпорация
по атомной энергии «Росатом»
Частное учреждение «Наука и инновации»
Центр аналитических исследований
и разработок

Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом»
Частное учреждение «Наука и инновации»
Центр аналитических исследований и разработок

**ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ,
АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ СИСТЕМ
ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ И ОБЪЕКТОВ
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ:
КАТАЛОГ**

Москва
2021

УДК 621.039

ББК 31.4

П 78

П 78 Программные комплексы технико-экономического моделирования, анализа и оценки систем ядерной энергетики и объектов использования атомной энергии: каталог / Андрианов А.А., Валуев О.Н., Гурин А.В., Квятковский С.А., Косоуров Е.К., Крянев А.В., Купцов И.С., Макеева И.Р., Молоканов Н.А., Мосеев А.Л., Муравьев Е.В., Павлов А.С., Плотников А.С., Птицын П.Б., Родионова Е.В., Теплов П.С., Федоров М.И., Фесенко Г.А.; М.: ЦАИР, частное учреждение «Наука и инновации», 2021. – 86 с.

ISBN 978-5-498-00810-3

© ЦАИР, частное учреждение «Наука и инновации», 2021

Подписано в печать 20.08.2021. Формат 60x84 1/8. Бумага мелованная.
Гарнитура «Rosatom». Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,00.
Тираж 60 экз. Заказ № 6304.

Отпечатано в ООО «Элефант»:
610040, г. Киров, ул. Мостовая, д. 32/7,
www.hibox.pro

НАЗВАНИЕ РАБОТЫ:

Программные комплексы технико-экономического моделирования, анализа и оценки систем ядерной энергетики и объектов использования атомной энергии: каталог.

АВТОРЫ:

Андрианов А.А., Государственная корпорация «Росатом», частное учреждение «Наука и инновации», отраслевой Центр аналитических исследований и разработок, г. Москва, Российская Федерация

Валуев О.Н., Акционерное Общество «Федеральный центр науки и высоких технологий «Специальное научно-производственное объединение «Элерон» Госкорпорация «Росатом», г. Москва, Российская Федерация

Гурин А.В., Национальный Исследовательский Центр «Курчатовский Институт», г. Москва, Российская Федерация

Квятковский С.А., Государственная корпорация «Росатом», частное учреждение «Наука и инновации», отраслевой Центр аналитических исследований и разработок, г. Москва, Российская Федерация

Косоуров Е.К., Акционерное общество «ТВЭЛ», г. Москва, Российская Федерация

Крянев А.В., Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва, Российская Федерация

Купцов И.С., Государственная корпорация «Росатом», частное учреждение «Наука и инновации», отраслевой Центр аналитических исследований и разработок, г. Москва, Российская Федерация

Макеева И.Р., Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина, г. Снежинск, Российская Федерация

Молоканов Н.А., Акционерное общество «Ордена Ленина Научно-исследовательский и конструкторский институт энерготехники имени Н.А. Доллежалы» г. Москва, Российская Федерация, г. Москва, Российская Федерация

Мосеев А.Л., Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт имени А. И. Лейпунского», г. Обнинск, Российская Федерация

Муравьев Е.В., Акционерное общество «Прорыв», г. Москва, Российская Федерация

Павлов А.С., Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций», г. Москва, Российская Федерация

Плотников А.С., Частное учреждение Государственной корпорации по атомной энергии «Росатом» «Отраслевой центр капитального строительства», г. Москва, Российская Федерация

Птицын П.Б., Государственная корпорация «Росатом», частное учреждение «Наука и инновации», отраслевой Центр аналитических исследований и разработок, г. Москва, Российская Федерация

Родионова Е.В., Национальный Исследовательский Центр «Курчатовский Институт», г. Москва, Российская Федерация

Теплов П.С., Акционерное общество «Концерн Росэнергоатом», г. Москва, Российская Федерация

Федоров М.И., Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Техническая академия Росатома», г. Обнинск, Российская Федерация

Фесенко Г.А., Автономная некоммерческая организация дополнительного профессионального образования «Техническая академия Росатома», г. Обнинск, Российская Федерация

РЕФЕРАТ:

В настоящем документе приводятся краткие описания используемых в Российской Федерации программных средств для технико-экономического моделирования, анализа и комплексной оценки систем ядерной энергетики и объектов использования атомной энергии с описанием их основных характеристик и областей возможного применения. В каталог включены как национальные, так и международные расчетные инструменты, используемые для сценарного анализа и поддержки принятия решений в приложении к задачам ядерно-энергетического планирования и оценки технологий. Все программы систематизированы по следующим характеристикам: входные и выходные данные, функциональные и пользовательские возможности, используемые математические

методы, особенности реализованных расчетных моделей, язык программирования, взаимосвязи с другими расчетными средствами. В документе представлены описания десяти программных комплексов для сценарно-динамического анализа и технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем и десять описаний программных комплексов технико-экономической оценки объектов использования атомной энергии. Также приводится краткая сравнительная характеристика рассмотренных программных средств технико-экономического моделирования. Каталог подготовлен в рамках реализации меморандума отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем» (Госкорпорация «Росатом», г. Москва, 13 февраля 2020 г., п.2.2).

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

технико-экономическое моделирование, сценарный анализ, атомная энергетика, ядерно-энергетическая система, ядерные реакторы, ядерный топливный цикл, программное обеспечение.

ЦИТИРОВАНИЕ:

Программные комплексы технико-экономического моделирования, анализа и оценки систем ядерной энергетики и объектов использования атомной энергии: каталог. / Андрианов А.А., Валуев О.Н., Гурин А.В., Квятковский С.А., Косоуров Е.К., Крянев А.В., Купцов И.С., Макеева И.Р., Молоканов Н.А., Мосеев А.Л., Муравьев Е.В., Павлов А.С., Плотников А.С., Птицын П.Б., Родионова Е.В., Теплов П.С., Федоров М.И., Фесенко Г.А.; М.: ЦАИР, частное учреждение «Наука и инновации», 2021. – 112 с. – Рус. – Деп. 21.05.21, № 36-В2021.

TITLE:

Software tools for techno-economic modelling, analysis and assessment of nuclear energy systems and their components: Catalogue

AUTHORS:

Andrianov A.A., Fedorov M.I., Fesenko G.A., Gurin A.V., Kosourov E.K., Kryanev A.V., Kuptsov I.S., Kvyatkovsky S.A., Makeeva I.R., Molokanov N.A., Moseev A.L., Murayev E.V., Pavlov A.S., Plotnikov A.S., Ptitsyn P.B., Rodionova E.V., Teplov P.S., Valuev O.N.

Rosatom Center for Analytical Research and Developments (CARD), Science and Innovations – Nuclear Industry Scientific Development, Private Enterprise, State Atomic Energy Corporation Rosatom.

ABSTRACT:

This document provides brief descriptions of software tools most often used in the Russian Federation for technical and economic modelling, scenario analysis and comprehensive assessment of nuclear energy systems and their specific components with a description of their main characteristics and applications areas. The catalogue includes both national and international calculation tools used for performing scenario analyses and providing decision support as applied to nuclear energy planning and technology assessment. All the software tools are systematized according to the following characteristics: input and output data, functional and user capabilities, mathematical methods involved, features of the implemented models, programming language, and relationships with other calculation tools. The catalogue includes descriptions of ten software tools for performing a dynamic scenario analysis and technical and economic modelling of nuclear energy systems as well as ten descriptions of software tools for making technical and economic assessments of specific nuclear energy system components. A brief comparative characteristic of the considered software tools for technical and economic modelling of nuclear energy systems is also given. The catalogue was prepared as part of the memorandum of the Rosatom seminar “Technical and economic modelling of multicomponent nuclear energy systems” (SC “Rosatom”, Moscow, February 13, 2020, item 2.2).

KEY WORDS:

technical and economic modelling, scenario analysis, nuclear energy, nuclear energy system, nuclear technologies, nuclear fuel cycle, software tool

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1. ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ СЦЕНАРНО-ДИНАМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	11
АТЭК-ЯТЦ (ФГУП «РФЯЦ ВНИИТФ»).....	13
ППМ ЯЭС (ИАТЭ/НИЯУ МИФИ)	17
СМАК (АО «НИКИЭТ»).....	23
Стратегия-2018 (НИЦ «Курчатовский институт»).....	28
ТЭМ ЯТЦ (АО «ТВЭЛ», НИЦ «Курчатовский институт»)	30
ТЭМ ЯЭС (АО «Концерн Росэнергоатом», НИЦ КИ, ВНИИАЭС).....	33
УСМ-1 (ЧУ «ИТЦП «Прорыв»)	36
CYCLE (АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»).....	39
DESAE (НИЦ «Курчатовский институт»).....	43
MESSAGE (МАГАТЭ).....	46
2. ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ	55
ИС TCM NC (ЧУ «ОЦКС»)	51
САПР ПОЛИНОМ (АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»)	56
СППОР (НИЯУ МИФИ, НТЦ ЯРБ).....	58
СУИД «НЕОСИНТЕЗ» (АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»).....	60
COST (АО «ВНИИАЭС»)	65
InterBridge (АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»)	67
FINPLAN (МАГАТЭ)	69
KIND-ET (МАГАТЭ)	71
NEST (МАГАТЭ)	75
ROADMAPS-ET (МАГАТЭ)	79
3. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	61
Классификация программных средств технико-экономического моделирования, анализа и комплексной оценки ЯЭС	84
IT-особенности программного обеспечения в области технико-экономического моделирования, анализа и комплексной оценки ЯЭС.....	87
Направления совершенствования программных средств технико-экономического моделирования ЯЭС	89
Актуальные задачи в области технико-экономического моделирования ЯЭС	92
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	103
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	99
ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ	102
ПРИЛОЖЕНИЕ I	104
ПРИЛОЖЕНИЕ II	108
ПРИЛОЖЕНИЕ III	111



ВВЕДЕНИЕ

Расчетно-аналитический инструментарий технико-экономического моделирования, анализа и оценки систем ядерной энергетики и объектов использования атомной энергии предназначен для решения широкого круга задач, включая обоснование направлений стратегического развития отрасли, проведение комплексной оценки, сопоставления и отбора перспективных ядерных энерготехнологий и технологий топливного цикла для их развертывания в будущем, информационно-аналитическую поддержку экспертизы и подбор новых продуктов и услуг для внутренних и внешних рынков. Подобного рода инструментарий основан на методах математического моделирования и системного анализа, учитывает отраслевые технико-экономические особенности. На международных площадках аналогичные программные средства применяются для решения задач по оценке возможной роли атомной энергетики в обеспечении устойчивого развития, планированию ядерно-энергетических программ и развития ядерной инфраструктуры.

Изменение экономических и внешнеполитических условий, в которых предстоит развиваться атомной отрасли в будущем, сопровождается расширением спектра требований, факторов, целевых ориентиров и показателей эффективности, которые необходимо количественно оценивать и принимать во внимание при проведении соответствующих аналитических исследований, в том числе в рамках усилий по стратегическому и бизнес-планирова-

нию. Параллельно с этим расширяются возможности, предоставляемые современными информационными технологиями и цифровыми платформами, инструментальными средствами работы с большими данными (Big Data), технологиями обработки, анализа и визуализации предметной информации и данных, что необходимо использовать при создании современных программных средств сценарно-динамического анализа и поддержки принятия решений в атомной отрасли. Отмеченные обстоятельства указывают на необходимость своевременного совершенствования существующих и создания новых расчетно-аналитических и программных средств технико-экономического моделирования и комплексной оценки ядерно-энергетических систем в условиях современных вызовов и угроз с целью их последующего целенаправленного практического использования для аналитической поддержки реализации ключевых отраслевых программ.

За более чем полувековую историю развития данной предметной области было создано большое количество программных средств, предназначенных для решения задач, возникавших по мере становления и развития атомной науки и промышленности. Так в 1970–1980-х гг. было разработано значительное количество оптимизационных моделей развивающейся атомной энергетики. Задачи, которые ставились в то время перед разработчиками системных моделей, и ограниченные возможности вычислительной техники обусловили упрощенное описание в соответствующих моделях технологических особенностей переделов ядерного топливного цикла. Основной исследуемой проблемой было обеспечение топливом будущей национальной атомной энергетики: акцент делался на поиск таких структур атомной энергетики на основе тех или иных технологических опций, которые бы обеспечивали либо максимальную экономию природного урана, либо минимум денежных затрат в условиях ограниченности запасов природного урана. В то же время ядерный топливный цикл в деталях не моделировался, а также рассмотрение таких проблем как обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами, экологическое воздействие ядерных технологий на окружающую среду, экономические риски, риски несанкционированного распространения ядерных материалов и технологий и ряд других, актуальных на текущий момент, не носило систематического характера в работах того временного периода и обсуждалось лишь в отдельных публикациях.

В 2000-х годах произошел всплеск активности как на международном¹, так и на национальном уровнях в области разработки новых программных

¹ Прежде всего соответствующие инициативы реализовывались по линии Международного агентства по атомной энергии (МАГАТЭ) и Агентства по ядерной энергии Организация экономического сотрудничества и развития (АЯЭ/ОЭСР).

средств для технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем. Популярным становится имитационный подход к моделированию. В общей идеологии того этапа развития мировой атомной энергетики, получившего название «ренессанс атомной энергетики», конечная цель исследований такого рода виделась в предоставлении всесторонней, прозрачной, воспроизводимой и поддающейся проверке информации и данных, характеризующих эффективность атомной генерации по ключевым аспектам устойчивого развития: для экспертов, стейкхолдеров и представителей общественности. На этом этапе программные средства технико-экономического моделирования и сценарно-динамического анализа развивались и совершенствовались в рамках разнообразных национальных и международных инициатив и проектов в следующих направлениях: повышение точности расчетов процессов в объектах и на переделах ядерного топливного цикла, повышение степени детализации описания структуры и организации топливного цикла (включая стадию окончательного захоронения), увеличение интервала прогнозирования до 100 и более лет, расчет экономических, экологических и социально-политических показателей эффективности, учет региональных факторов организации ядерного топливного цикла (включая экспортно-импортные операции с продуктами и услугами топливного цикла), многофакторная оценка вариантов развития ядерно-энергетических систем². Тем не менее соответствующие программные разработки и выполняемые на их основе исследования в большей степени носили «академический» характер и не составляли основу реальных управленческих решений.

Для текущего момента развития данной предметной области характерен тренд на сближение в прошлом чисто научного программно-методического обеспечения технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем с аналитическими подходами, которые используются в стратегическом менеджменте и бизнес-планировании. В рамках данной парадигмы сценарно-динамическому анализу отводится ключевая роль генерации данных по эволюции структуры реакторного парка, материальных потоков в топливном цикле, ключевых показателей эффективности, и эти данные представляются в виде инфопанелей (дашборды), которые удобны для бизнес-планирования и восприятия ответственными лицами и, тем самым, становятся основой реальных управленческих решений.

В соответствии с этим трендом рабочие группы на национальном и международном уровнях ведут разработку новых программных комплексов, обеспечивающих расчетное обоснование облика атомной

2 Под ядерно-энергетической системой понимается система атомных электростанций и связанных с этой системой предприятия ядерного топливного цикла.

энергетики будущего, усовершенствование методов расчета технологических процессов на переделах топливного цикла с целью оптимизации их характеристик, а также методов обоснования конкурентоспособности, безопасности и экологической приемлемости атомной энергетики. Практически во всех современных сценарно-динамических моделях развития атомной энергетики предполагается детальное описание основных переделов открытых и замкнутых ядерных топливных циклов, рассматривается широкий спектр перспективных ядерно-энергетических установок и технологий топливного цикла, реализуются возможности детального описания внешнего окружения национальной ядерно-энергетической системы и взаимосвязи между ними. Популярными становятся «гибридные» имитационно-оптимизационные и прочие альтернативные подходы к моделированию. Осознание вызовов и угроз, стоящих перед ядерными технологиями в новых условиях развития, ставит перед разработчиками программных средств задачу создания инструментария, который мог бы быть использован для поиска таких решений, которые представлялись бы наиболее приемлемыми не только с точки зрения традиционного экономического критерия, но и с учетом более широкого спектра показателей эффективности, характеризующих в том числе экологические и социально-политические факторы.

Тем не менее несмотря на видимые успехи, необходимо признать наличие «белых пятен» и проблемных мест в области технико-экономического моделирования, анализа и комплексной оценки ядерно-энергетических систем. К их числу следует отнести отсутствие единообразного описания многих разнородных объектов и технологий, что не позволяет объединять и интегрировать частные технологические модели в одну систему. Обычно, группы экспертов, специализирующиеся в области технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем, разрознены и не взаимодействуют между собой, а сами группы создаются при руководителях, как правило преследующих различные стратегические цели. Также следует отметить тот факт, что имеет место отсутствие общедоступных математических описаний и инструкций для пользователей, непрозрачность используемых расчетных алгоритмов и исходных данных, а также и то обстоятельство, что для программ данного класса типична неотчуждаемость от своих разработчиков, при этом сам разработчик и является основным пользователем программы. Надо отметить, что указанные проблемы не являются характерными и специфическими исключительно для современных программных средств в данной предметной области, напротив, эти проблемы были унаследова-

ны от прошлых этапов, на которых они не только имели место, но и были выражены в значительно большей степени³.

С целью частично восполнить указанные пробелы была выполнена каталогизация и систематизация актуальных на текущий момент программных средств технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем, разрабатываемых и используемых разными группами отраслевых специалистов. В настоящем каталоге приводятся краткие описания программных средств для технико-экономического моделирования, анализа и комплексной оценки систем ядерной энергетики и объектов использования атомной энергии. В описания включены основные характеристики (разработчик, специализация, расчетные параметры и пр.) и области возможного использования программных средств для целей технико-экономического моделирования и комплексной оценки ядерных энерготехнологий и технологий топливного цикла. В каталог включены как национальные, так и международные расчетные инструменты, которые можно использовать для сценарного анализа и поддержки принятия решений в приложении к задачам ядерно-энергетического планирования в Российской Федерации. Описания программ приводятся в алфавитном порядке в соответствии со следующей логикой: сначала указываются программы, имеющие названия на русском языке, затем – на английском. Текст описаний приведен в редакции экспертов, предоставивших описания программных средств.

В каталог включены описания десяти программных комплексов для сценарно-динамического анализа и технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем и десять описаний программных комплексов технико-экономической оценки объектов использования атомной энергии. Все программы систематизированы по следующим характеристикам: входные и выходные данные, функциональные и пользовательские возможности, используемые математические методы, достоинства и недостатки, язык программирования, возможность взаимосвязи с другими расчетными средствами. Также приводится краткая сравнительная характеристика рассмотренных программных средств технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем.

В приложении I приводится меморандум отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем» (Госкорпорация «Росатом», г. Москва, 13 февраля 2020 г., п.2.2), в соответствии с которым был подготовлен настоящий каталог (п.2.2).

3 Следует отметить, что аналогичная ситуация в принципе имеет место в отношении и зарубежных программных средств технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем, однако за рубежом тренд на преодоление изоляции разработчиков и пользователей различного программного обеспечения в рассматриваемой предметной области уже наметился.

Список экспертов, предоставивших описания программных средств указан в приложении II. Краткое описание отраслевого ресурса по программным средствам технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем приводится в приложении III.

Каталог может быть полезен лицам, вовлеченным в процесс проведения системно-аналитических и прогнозных исследований в обоснование приоритетов развития ядерных технологий. Предполагается дальнейшая актуализация, пополнение и расширение каталога посредством дополнения описаний уже включенных в каталог расчетных средств, а также внесением в него информации о новых программных средствах.



1.

**ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ
СЦЕНАРНО-ДИНАМИЧЕСКОГО
АНАЛИЗА И ТЕХНИКО-
ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

■ АТЭК-ЯТЦ (ФГУП «РФЯЦ ВНИИТФ»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	ПК АТЭК-ЯТЦ
2	Полное название программы	Программный комплекс для моделирования сценариев развития ядерной энергетики АТЭК-ЯТЦ
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Замкнутый топливный цикл, объекты использования атомной энергии, математическое моделирование
4	Версия программы на дату заполнения	1
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Макеева И.Р., Соколов В.П., Баева Ю.Н., Вербицкая О.В., Дарина Л.Н, Дубосарский В.Г., Пчелинцева С.В., Романова Н.Ю., Сырцова Ю.Г. Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина» (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина»)
6	Владелец программы	Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина» (ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина»)
7	Условия распространения	Лицензионное соглашение
8	Поддержка/актуализация	Поддержка по электронной почте/ актуализации по мере необходимости
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Программа отчуждаема, потребность в авторском сопровождении зависит от квалификации пользователя
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	C# 4.0, под целевую платформу Microsoft .NET Framework 4.5.
2	Требования к персональному компьютеру	IBM PC совместимый компьютер с тактовой частотой не ниже 1,7 ГГц и объемом оперативной памяти не менее 2 Гбайт
3	Требования к ОС	Windows Vista SP1 / Windows 7 / Windows 8 / Windows 8.1 / Windows Server 2012 / Windows 10
4	Требования к ПО	Для функционирования программы необходима среда Microsoft .NET Framework 4.5. Для просмотра отчетных документов – приложения Microsoft Word 97 и Excel 97 или последующих версий.
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Программный модуль для расчета эволюции нуклидных составов во времени «Нуклидный калькулятор» (ПМ «Нуклидный калькулятор»), № 2019615230 от 22 апреля 2019 г.
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/ проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Среда моделирования
2	Назначение/область применения	ПК АТЭК-ЯТЦ относится к области атомной энергетики и предназначен для моделирования сценарных вариантов развития ядерного энергетического комплекса.
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Универсальные алгоритмы расчета технологических схем, несколько методик расчета экономических характеристик, объектно-ориентированный подход.
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Временной шаг моделирования – 1 год
5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	Балансовый и экономический расчет сценарных вариантов развития ядерной энергетики. Учет эволюции ядер (~ 1200 изотопов) во вне реакторной части топливного цикла, при вводе новых блоков учет перехода состава топливной композиции в стационарное равновесное состояние.
6	Источники данных/ используемые базы данных	Базы данных интегрированы в состав программного комплекса, могут пополняться при необходимости

7	Перечень ключевых исходных данных	<ul style="list-style-type: none"> — Темп ввода энергоблоков — Изотопные составы стартовой, переходной и равновесной топливных композиций для каждого типа блока — Запасы природного урана — Коэффициент воспроизводства
8	Ключевые рассчитываемые параметры	см. раздел Дополнение 1 к таблице
9	Интерфейс	Графический оконный интерфейс на основе технологии WPF
10	Типичное время счета	15–20 минут
11	Требования к компетенциям пользователя	Компетенции в области ядерной энергетики: варианты развития отрасли, общие знания я ядерных топливных циклах, типах реакторных установок
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Наличие встроенной пользовательской Help-системы
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Кросс-верификация расчетов в обоснование Стратегии-2050
3	Опыт применения	Расчеты сценарных вариантов развития ЯЭ. Оценка ввода реакторов на быстрых нейтронах. Кросс-верификация расчетов в обоснование Стратегии-2050.

Дополнение 1. Ключевые рассчитываемые параметры ПС АТЭК-ЯТЦ

1. Источники сырья (для каждого реактора и для всей ЯЭС)

- Потребность в природном уране
- Нарастающая потребность в природном уране
- Стоимость природного урана
- Потребность в плутонии
- Нарастающая потребность в плутонии

2. Добыча сырья

- Изотопный состав источника
- Запас сырья
- Поступление/потребление
- Интегральное поступление/потребление

3. Плутоний

- Изотопный состав источника
- Запас
- Поступление/потребление
- Интегральное поступление/потребление
- Баланс плутония в системе

4. Отвальный уран

- Изотопный состав источника
- Запас сырья
- Поступление/потребление
- Интегральное поступление/потребление

5. Производство обогащенного урана

- Потребность реакторов в обогащенном уране
- Величина отвала
- Количество гексафторида урана
- Количество ЕРР
- Интегральное количество ЕРР
- Стоимость обогащения

6. Производство топлива

- Годовое потребление топлива реакторами
- Топливо на начальную загрузку реактора
- Годовое производство топлива

7. Производство электроэнергии

- Электрическая мощность
- Производство электричества
- Производство электричества нарастающим итогом
- Производство высокотемпературного тепла
- Производство низкотемпературного тепла

8. Количество ОЯТ

- Годовая наработка ОЯТ
- Нарастающая наработка ОЯТ
- Количество ОЯТ на хранении
- Годовое количество ОЯТ на хранении
- Количество ТМ в ОЯТ
- Количество ТМ на хранении
- Заполняемость хранилищ

9. Переработка ОЯТ

- Продукты переработки
- Мощность заводов переработки
- Стоимость переработки
- Количество переработанного ОЯТ
- Количество продуктов переработки на складе
- Стоимость хранения продуктов переработки
- Активность продуктов переработки

10. РАО

- Количество РАО
- Активность РАО
- Тепловыделение

11. Экономические показатели

- Топливная составляющая (природный уран, конверсия, обогащение, изготовление, транспортировка ОЯТ, хранение ОЯТ, хранение Pu, переработка ОЯТ)
- Операционные расходы
- Себестоимость электроэнергии
- Нормированная стоимость электроэнергии
- Капитальные затраты (горнодобывающее производство, разделительное производство, ЯТЦ, включая объемы обращения с ОЯТ).

Список рассчитываемых характеристик может дополняться и уточняться.

■ ППМ ЯЭС (ИАТЭ/НИЯУ МИФИ)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/обозначение программы	ППМ ЯЭС NESAPP
2	Полное название программы	Пакет прикладных программ моделирования ядерно-энергетических систем Nuclear Energy System Modelling Application Package
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Ядерно-энергетическая система, ядерный топливный цикл, ядерные реакторы, ядерное топливо, нуклидный состав, динамическое моделирование, сценарный анализ, анализ материальных потоков, экономический анализ
4	Версия программы на дату заполнения	1.0
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Андрианов А.А., Андрианова О.Н., Купцов И.С., Светличный Л.И., Утянская Т.В. ИАТЭ/НИЯУ МИФИ
6	Владелец программы	Все программные модули разработаны в инициативном порядке.
7	Условия распространения	Лицензионное соглашение
8	Поддержка/актуализация	Авторское сопровождение и развитие
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Все программные модули отчуждаемы, потребность в авторском сопровождении определяется квалификацией пользователя.
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	Встроенный язык электронных таблиц MS Excel Visual Basic for Applications (VBA) (базовый вариант). Разработаны также версии программных модулей в системе компьютерной алгебры MathCAD и среде имитационно-динамического моделирования Stella Architect с использованием встроенных языков программирования.
2	Требования к персональному компьютеру	Минимальные системные требования: Процессор: 500МГц RAM: 256Мб Свободное место на диске: не менее 512Мб
3	Требования к ОС	Windows Vista SP1, 7, 8, Server 2012, 10
4	Требования к ПО	Наличие пакета приложений Microsoft Office. В случае использования версий программных модулей для MathCAD и Stella Architect необходимо наличие соответствующих сред моделирования.
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Не требуются
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Среда моделирования

2	Назначение/область применения	<p>Программные модули ППМ ЯЭС предназначены для расчетной поддержки исследований в области ядерно-энергетического планирования, системного моделирования развития ядерной энергетики, оценки ядерных энерготехнологий и технологий ЯТЦ как в качестве самостоятельных расчетных средств, так и в составе пакетов прикладных программ технико-экономического моделирования ЯЭС. На основе программных модулей возможно конструировать комплексные расчетные модели для оценки материальных потоков и показателей экономической эффективности сценариев развития ЯЭС.</p> <p>Основные программные модули:</p> <ul style="list-style-type: none"> — NUDAPS (NUclear DAta Processing Spreadsheets) – подготовка одногрупповых нейтронных сечений, усредненных по стандартизированным и/или задаваемым пользователем спектрам нейтронов; — NUCLEX (Nuclide Evolution eXplorer) – инструмент расчета эволюции нуклидного состава и характеристик ядерного топлива в реакторах и во внешней части ЯТЦ; — NUCAB (Nuclide Composition Adjustment and Blending Tool) – корректировка изотопного состава топлива и нейтронного потока в случае необходимости расчетного описания работы реактора на новом изотопном составе ядерного топлива; — FANES (Material Flow Analysis Data Integrator for Nuclear Energy System) – оценка материальных потоков и потребностей в услугах ЯТЦ в сценариях развития ядерной энергетики; — ECNES (Economic Assessment Tool for Nuclear Energy System) – оценка показателей экономической эффективности сценария развития ядерной энергетики.
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Имитационно-динамическое моделирование (системная динамика)
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Допущения расчетных моделей, реализованные в программных модулях ППМ ЯЭС, прописаны в описаниях модулей и пользовательских инструкциях. Реализованные модельные предположения типичны для программных средств технико-экономического моделирования ЯЭС.
5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	Модульный принцип организации программного обеспечения, автономность модулей, множественность реализованных расчетных моделей в каждом модуле, оценка неопределенностей расчетных функционалов в соответствии с неопределенностью исходных данных.
6	Источники данных/ используемые базы данных	Наличие базы данных типовых реакторных характеристик, атласа одногрупповых нейтронных сечений для различных спектров нейтронов (для решения задачи нуклидной кинетики). Возможно формирование наборов исходных данных пользователем в соответствии с рассматриваемой задачей.
7	Перечень ключевых исходных данных	<ul style="list-style-type: none"> — Исходными данными для NUDAPS являются оцененные нейтронные данные из библиотек оцененных нейтронных данных и их ковариационные матрицы погрешностей, набор стандартизированных спектров нейтронов. — Исходными данными для NUCLEX являются начальный изотопный состав топлива, одногрупповые потоки нейтронов и нейтронные сечения как определенные на различных этапах облучения топлива в реакторе, так и одногрупповые поток и сечения, усредненные по всему циклу облучения и постоянные во времени, энергонапряженность активной зоны, выгорание ядерного топлива. — Исходными данными для NUCAB являются изотопный состав топливной композиции (проектный и фактический), одногрупповые нейтронные сечения, ковариационные матрицы погрешностей, суммарный нейтронный поток. — Исходными данными для FANES являются динамика ввода и вывода из эксплуатации энергоблоков, показатели топливоиспользования и наработки ОЯТ/РАО, изотопный состав свежего и облученного ядерного топлива, характеристики стратегии обращения с ОЯТ/РАО, делящимися материалами для рассматриваемых в сценариях реакторных установок. — Исходными данными для ECNES являются динамика ввода и вывода из эксплуатации энергоблоков, технико-экономические показатели энергоблоков, материальные потоки в топливном цикле, а также стоимостные данные по сооружению, эксплуатации и выводу из эксплуатации энергоблоков, товарам и услугам топливного цикла, ставка дисконтирования, тариф на электроэнергию.

8	Ключевые рассчитываемые параметры	<ul style="list-style-type: none"> — NUDAPS позволяет вычислить однокрупные нейтронные сечения, различные функционалы и их погрешности на основе усредненных нейтронных сечений, представляющих собой линейные комбинации, произведения и отношения усредненных нейтронных сечений. — NUCLEX позволяет рассчитать изменение во времени изотопного состава (массы и концентрации), активности, радиотоксичности, тепловыделения, нейтронного и гамма источников ядерного топлива. — NUCAB позволяет оценить как значения, так и погрешности поправок обогащения ядерного топлива и суммарного нейтронного потока из учета сохранения доли тяжелых ядер в топливе, реактивности, мощности. — FANES позволяет рассчитать материальные потоки и потребности в услугах ЯТЦ для основных переделов до- и за-реакторных частей ЯТЦ (возможна оценка неопределенностей). — ECNES позволяет рассчитать для сценария развития ЯЭС полные и удельные дисконтированные затраты, чистый дисконтированный доход, внутреннюю норму прибыли, индекс прибыльности, срок окупаемости (возможна оценка неопределенностей).
9	Интерфейс	Стандартный интерфейс MS Excel. В случае использования версий программных модулей для MathCAD и Stella Architect имеются инженерные графические интерфейсы.
10	Типичное время счета	Время счета определяется сложностью модели и может составлять от нескольких секунд до нескольких часов.
11	Требования к компетенциям пользователя	Знание основ ядерной инженерии, принципов ядерно-энергетического планирования, экономики атомной энергетики
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Разработаны проекты инструкций пользователя по эксплуатации пакета программ, описание математического аппарата, расчетных моделей, входных и выходных данных.
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Программные модули верифицировались с использованием схожих по функционалу верифицированных/аттестованных программных средств. Для аналогичных модельных предположений получены идентичные результаты.
3	Опыт применения	Программные модули ППМ ЯЭС использовались с 2008 г. для расчетной поддержки исследований в области ядерно-энергетического планирования, системного моделирования развития ядерной энергетики, оценки ядерных энерготехнологий и технологий ЯТЦ в ИАТЭ, НИЯУ МИФИ, в рамках программы МНТЦ «Ответственная наука», в рамках проектов сотрудничества ИНПРО/МАГАТЭ.

СМАК (АО «НИКИЭТ»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	СМАК
2	Полное название программы	Системная Модель Атомного Комплекса
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Атомная энергетика, замкнутый ядерный топливный цикл, делящиеся материалы, тепловой и быстрый реактор, предприятия ЯТЦ, система, устойчивое развитие, ресурсы, экономика, финансы, тариф, себестоимость, материальный баланс, ограничения.
4	Версия программы на дату заполнения	Официального релиза не было, программа разрабатывается в течение 15 лет.
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Молоканов Николай Анатольевич – начальник отдела технико-экономического анализа, АО «НИКИЭТ»
6	Владелец программы	Программа разработана в инициативном порядке
7	Условия распространения	Официально не определены
8	Поддержка/актуализация	Авторское сопровождение и развитие
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Программный комплекс предназначен для автономной работы от разработчика. Доработка программы может проходить удаленно, т.к. вся исходная информация хранится в отдельном файле на компьютере пользователя.
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	Язык высокого уровня, объектно-ориентированного программирования Delphi
2	Требования к персональному компьютеру	Процессор с частотой: 2.0 ГГц и выше Оперативная память: 1 Гбайт и выше Жесткий диск: 100 Gb и больше Дополнительное оборудование: монитор (разрешение 1280x1024 или больше), мышь, клавиатура
3	Требования к ОС	Windows XP SP2 и выше
4	Требования к ПО	Microsoft Office
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Не требуются
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/ проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Программный комплекс относится к классу «коробочного» программного обеспечения, т.е. после установки, на персональный компьютер пользователя, полностью готов к работе. Объектно-ориентированный подход на стадии формирования модели и объектов системы. Иерархическая структура представления сложных многокомпонентных систем и набора данных.
2	Назначение/область применения	СМАК предназначен для моделирования сценариев развития атомной энергетике и ядерного топливного цикла по производственным и финансово-экономическим показателям с детализацией по субъектам атомного энергопромышленного комплекса (АЭПК) и возможностью моделирования деятельности как всего АЭПК в целом, так и отдельных его элементов, с необходимым уровнем детализации.
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Имитационно динамическое (сценарное) моделирование системы атомного энергопромышленного комплекса Технико-экономическое прогнозирование Форсайт исследуемой системы Возможно решение оптимизационных задач и выявление ограничений на базе сформированной модели

4	Допущения и ограничения реализованной модели	Имитационное моделирование заключается в воспроизведении поведения исследуемой системы на основе результатов анализа наиболее существенных взаимосвязей между ее элементами с целью изучения и проведение экспериментов на модели.
5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	Уникальность ПК заключается в построении Системы АЭПК с высокой степенью детализации технологического процесса ядерного топливного цикла и генерации электроэнергии на АЭС с учетом наиболее значимых объектов Системы (энергоблок, АЭС, концерн, предприятие, завод, холдинг). ПК наравне с техническими характеристиками системы (материальные ресурсы) моделирует экономические и финансовые показатели (денежные потоки).
6	Источники данных/ используемые базы данных	Встроенная база данных. Возможна загрузка и выгрузка во вне.
7	Перечень ключевых исходных данных	<ul style="list-style-type: none"> — Состав и структура: АЭС, энергоблоков, ядерных реакторов и предприятий ЯТЦ — Техничко-экономические показатели энергоблока и предприятий ЯТЦ — Ядерно-физические и массовые характеристики ядерного топлива — Перечень и запас делящихся материалов — Стоимость делящихся материалов и затраты на передель ЯТЦ — Внешнеэкономические показатели — Схема финансирования строительства АЭС — Временные характеристики, график сооружения АЭС
8	Ключевые рассчитываемые параметры	<ul style="list-style-type: none"> — Материальный баланс по делящимся материалам (уран, РС, РТ, МОКС, РЕМИКС, Рн) — Портфель заказов на ДЦИ для машиностроительных предприятий — Себестоимость и структура тарифа на электроэнергию — Влияние цен на уран и передель ЯТЦ на топливную составляющую в тарифе — Влияние ДПМ и рыночной цены на программу сооружения АЭС — Сальдо свободного денежного потока — Инвестиционная программа развития АЭ — Программа затрат на обращение с ОЯТ, РАО, вывод из эксплуатации АЭС — Анализ чувствительности и устойчивости — Денежный поток от зарубежных строек, сервисного обслуживания и поставок ядерного топлива — Конкурентоспособность атомной энергетики
9	Интерфейс	Эргономичный, интуитивно понятный, полностью русский интерфейс Иерархическое отображение структуры моделируемой системы, исходных и расчетных данных по объектам Многозакладочные и всплывающие окна Функциональные клавиши аналогичны ПО Microsoft
10	Типичное время счета	Мгновенный (доли секунды) пересчет результатов расчета при изменении любого параметра
11	Требования к компетенциям пользователя	Для разработки модели Системы АЭПК требуются широкие и глубокие компетенции в области: структуры, взаимодействия предприятий, технико-экономические показатели, ядерно-физические характеристики, технологические возможности и особенности ЯТЦ и ядерных реакторов. При использовании уже разработанной модели требуются прикладные (специальные) знания в области моделирования (экономика, финансы, технология, ядерные материалы и т.д.) ПК СМАК разработан таким образом, что глубину и точность расчетов выбирает сам пользователь в зависимости от его компетенций и наличия исходных данных.

Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Разработано: <ul style="list-style-type: none"> — Руководство пользователя (с описанием интерфейса) — Инструкция по эксплуатации системы — Описание экономико-математического аппарата и алгоритмов расчета — Состав входных и выходных данных
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	По результатам расчетов на модели выпущены: публикации, отчеты и выступления на конференциях. Анализ ретроспективных данных показал удовлетворительную сходимость результатов с фактическими показателями.
3	Опыт применения	На разных стадиях ПК СМАК проходил апробацию в: <ul style="list-style-type: none"> — ИТЦП ПРОРЫВ — Концерн Росэнергоатом — НИЯУ МИФИ — МГТУ им. Н.Э.Баумана — В АО «НИКИЭТ» используется для аналитических и прогнозных расчетов на постоянной основе.

Стратегия-2018 (НИЦ «Курчатовский институт»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	Стратегия-2018
2	Полное название программы	Программное средство технико-экономического моделирования ядерных энергетических систем
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	ТЭИ, сценарно-динамический анализ
4	Версия программы на дату заполнения	–
5	Разработчик программы (авторы, организация)	НИЦ «Курчатовский институт»
6	Владелец программы	НИЦ «Курчатовский институт»
7	Условия распространения	Ограниченное распространение
8	Поддержка/актуализация	НИЦ «Курчатовский институт»
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Отчуждаема
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	VBA
2	Требования к персональному компьютеру	нет
3	Требования к ОС	Среда Microsoft Windows
4	Требования к ПО	Среда Microsoft Office
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	нет
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/проблемно-ориентированное ПО, прочее)	проблемно-ориентированное ПО
2	Назначение/область применения	Сценарные технико-экономические исследования динамики развития ЯЭ систем
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Использование функциональных возможностей ПС MS Excel.
4	Допущения и ограничения реализованной модели	1. Упрощенное представление показателей для эксплуатирующей АЭС организации и предприятий ЯТЦ. 2. Отсутствие достоверной информации по изменению сценарных условий при долгосрочном планировании 3. Упрощенное представление материальных потоков в ЯТЦ (уран, плутоний, делящиеся изотопы) 4. Отсутствует модель зарубежного рынка
5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	Расчет широко спектра интегральных технико-экономических показателей для ЯЭС.
6	Источники данных/ используемые базы данных	Утвержденное в Госкорпорация «Росатом» Техническое задание с описанием исходных данных и сценарных условий. Согласованные с основными держателями информации модели.
7	Перечень ключевых исходных данных	1. Техничко-экономические характеристики АЭС и предприятий ЯТЦ 2. Исторические данные и дорожные карты размещения энергоблоков АЭС в РФ 3. Исходные данные по ресурсной базе АЭ 4. Макроэкономические прогнозы и другие сценарные условия
8	Ключевые рассчитываемые параметры	1. Выручка, СДП, SLCOE (для внутреннего рынка), и пр. 2. Материальные потоки ядерных материалов в ЯЭС, объемы ОЯТ и РАО, и пр. 3. Объемы производств ЯТЦ необходимые для функционирования ЯЭС
9	Интерфейс	Представление выходных данных в формате MS Excel
10	Типичное время счета	<1 мин.
11	Требования к компетенциям пользователя	Профессиональный пользователь
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Не требуется
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Верификация результатов с моделями АО «Прорыв», РФЯЦ ВНИИТФ, АО «ГНЦ ФЭИ»
3	Опыт применения	Сопровождение работ по обоснованию Стратегии-2018

ТЭМ ЯТЦ (АО «ТВЭЛ», НИЦ «Курчатовский институт»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	ПС ТЭМ ЯТЦ
2	Полное название программы	Программное средство технико-экономического моделирования ядерного топливного цикла
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	ТЭИ, сценарно-динамический анализ
4	Версия программы на дату заполнения	В разработке
5	Разработчик программы (авторы, организация)	НИЦ «Курчатовский институт»
6	Владелец программы	АО «ТВЭЛ»
7	Условия распространения	Будут определены в 2021 г. по окончании разработки
8	Поддержка/актуализация	НИЦ «Курчатовский институт»
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Постадийная реализация отчуждаемости. В настоящее время требуется авторское сопровождение в части внесения изменений в номенклатуру объектов
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	C#, VBA
2	Требования к персональному компьютеру	Нет
3	Требования к ОС	Среда Microsoft Windows
4	Требования к ПО	Среда Microsoft Office
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Нет
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Проблемно-ориентированное ПО
2	Назначение/область применения	Сценарные технико-экономические исследования динамики развития структуры ЯТЦ и его компонентов
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Аппроксимационное представление трансформации изотопного состава топлива на различных этапах ЯТЦ: в процессе выгорания в активных зонах РУ различных типов, хранения, переработки и др. Использование функциональных возможностей MS Excel, MS Access.
4	Допущения и ограничения реализованной модели	<ol style="list-style-type: none"> 1. Использование открытых источников при подготовке исходных данных. 2. Упрощенное представление показателей для эксплуатирующей АЭС организации. 3. Необходимость использования заранее наработанных аппроксимационных зависимостей для оценки изменения изотопного состава. 4. Использование заданных сценарных условий в условиях высокой неопределенности достоверной информации по их изменению при долгосрочном планировании.

5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Визуальное представление территориального размещения объектов ЯЭ и ЯТЦ, реализованное в рамках графического интерфейса 2. Расчет широко спектра интегральных технико-экономических показателей 3. Расчет экономических показателей для топливной компании и предприятий заключительной стадии ЯТЦ. 4. Учет изменения изотопного состава (ключевые топливные изотопы и изотопы, определяющие тепловую и дозовую нагрузки) в процессе жизненного цикла топлива, а также определение характеристик топливных загрузок для широкого набора типов РУ (существующих и перспективных проектов реакторов с тепловым и быстрым спектром нейтронов). 5. Расчет интегральных показателей объемов ВАО в зависимости от характеристик радиационной стойкости используемой матрицы и ограничений по содержанию для отдельных изотопов. 6. Реализация модели зарубежного бизнеса в части оценки объемов услуг ЯТЦ. 7. Оценка доходной части, связанной с продажей услуг ЯТЦ на российском и международном рынке. 8. Реализация модели расчета оценочных обязательств по обращению с ОЯТ и РАО для российских АЭС.
6	Источники данных / используемые базы данных	Открытые российские и зарубежные источники, включая доступные материалы проектных разработок. Базы данных международных организаций.
7	Перечень ключевых исходных данных	<ol style="list-style-type: none"> 1. Техничко-экономические характеристики АЭС и предприятий ЯТЦ 2. Исторические данные и дорожные карты размещения энергоблоков АЭС в РФ и за рубежом 3. Исходные данные по ресурсной базе АЭ 4. Макроэкономические прогнозы и другие сценарные условия
8	Ключевые рассчитываемые параметры	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выручка, СДП, SLCOE (для внутреннего рынка) 2. Материальные потоки ядерных материалов в ЯЭС, объемы ОЯТ и РАО. 3. Расчет тепловых и дозовых нагрузок на различных стадиях ЯТЦ 4. Объемы производств ЯТЦ, необходимые для функционирования ЯЭС
9	Интерфейс	Графический интерфейс, представление выходных данных в формате MS Excel
10	Типичное время счета	Минуты
11	Требования к компетенциям пользователя	Профессиональный пользователь
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	В разработке
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Верификация аппроксимационных зависимостей путем сопоставления с полномасштабными нейтронно-физическими расчетами
3	Опыт применения	Применение отдельных моделей, входящих в структуру ПС, для решения локальных задач

ТЭМ ЯЭС (АО «Концерн Росэнергоатом», НИЦ КИ, ВНИИАЭС)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	ПС ТЭМ ЯЭС
2	Полное название программы	Программное средство технико-экономического моделирования ядерных энергетических систем
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	ТЭИ, сценарно-динамический анализ
4	Версия программы на дату заполнения	в разработке
5	Разработчик программы (авторы, организация)	НИЦ «Курчатовский институт», АО «ВНИИАЭС»
6	Владелец программы	АО «Концерн Росэнергоатом»
7	Условия распространения	Будут определены в 2020 г. по окончанию разработки
8	Поддержка/актуализация	НИЦ «Курчатовский институт»
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Постадийная реализация отчуждаемости. В настоящее время требуется авторское сопровождение в части внесения изменений в номенклатуру объектов.
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	C#, VBA
2	Требования к персональному компьютеру	Нет
3	Требования к ОС	Среда Microsoft Windows
4	Требования к ПО	Среда Microsoft Office
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Нет
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/проблемно-ориентированное ПО, прочее)	проблемно-ориентированное ПО
2	Назначение/область применения	Сценарные технико-экономические исследования динамики развития ЯЭ систем
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Использование функциональных возможностей ПС MS Excel, MS Access. Аппроксимационное представление трансформации изотопного состава топлива в различных типах РУ в процессе выгорания.
4	Допущения и ограничения реализованной модели	1. Использование открытых источников при подготовке исходных данных 2. Упрощенное представление предприятий ЯТЦ 3. Необходимо использование заранее наработанных аппроксимационных зависимостей для оценки изменения изотопного состава в РУ 4. Отсутствие достоверной информации по изменению сценарных условий при долгосрочном планировании

5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	<ol style="list-style-type: none"> 1. Визуальное представление территориального размещения объектов ЯЭ реализованное в рамках графического интерфейса 2. Расчет широко спектра интегральных технико-экономических показателей для ЯЭС. 3. Расчет финансовых показателей для эксплуатирующей АЭС организации. 4. Учет изменения изотопных составов (ключевые топливные изотопы и изотопы определяющие тепловую и дозовую нагрузки) в процессе выгорания для широкого набора типов РУ и (существующие и перспективные проекты реакторов с тепловым и быстрым спектром нейтронов), а также коррекция показателей топливных загрузок в зависимости от исходного изотопного состава. 5. Реализация модели дообогащения регенерированного урана с учетом возможности коррекции изотопного состава в многокаскадной схеме. 6. Расчет интегральных показателей объемов ВАО в зависимости от характеристик радиационной стойкости используемой матрицы и ограничений по содержанию для отдельных изотопов. 7. Реализация модели зарубежного бизнеса в части оценки объемов услуг ЯТЦ. 8. Оценка доходной части, связанной с продажей э/э на ОРЭМ в РФ. 9. Реализация модели расчета оценочных обязательств по обращению с ОЯТ и РАО для российских АЭС.
6	Источники данных/ используемые базы данных	Открытые российские и зарубежные источники, набор расчетных показателей и моделей.
7	Перечень ключевых исходных данных	<ol style="list-style-type: none"> 1. Техничко-экономические характеристики АЭС и предприятий ЯТЦ 2. Исторические данные и дорожные карты размещения энергоблоков АЭС в РФ и за рубежом 3. Исходные данные по ресурсной базе АЭ 4. Макроэкономические прогнозы и другие сценарные условия
8	Ключевые рассчитываемые параметры	<ol style="list-style-type: none"> 1. Выручка, СДП, SLCOE (для внутреннего рынка), и пр. 2. Материальные потоки ядерных материалов в ЯЭС, объемы ОЯТ и РАО, и пр. 3. Объемы производств ЯТЦ необходимые для функционирования ЯЭС
9	Интерфейс	Графический интерфейс, представление выходных данных в формате MS Excel
10	Типичное время счета	Минуты
11	Требования к компетенциям пользователя	Профессиональный пользователь
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	в разработке
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Расчет исторических показателей АО «Концерн Росэнергоатом», верификационные расчеты в обоснование «Стратегии-2018»
3	Опыт применения	Расчетно-аналитические работы выполняемые по заказу АО «Концерн Росэнергоатом» по обоснованию перехода к двухкомпонентной ЯЭ и технико-экономическому обоснованию внедрения реакторной технологии БН-1200/1200М

УСМ-1 (ЧУ «ИТЦП «Прорыв»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	УСМ-1
2	Полное название программы	Генератор системных моделей «Универсальная системная модель 1»
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Сценарные системные исследования, в частности энергетика, ядерная энергетика
4	Версия программы на дату заполнения	081014-110320
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Муравьев Е.В., ОАО «НИКИЭТ»
6	Владелец программы	Муравьев Е.В.
7	Условия распространения	По договору с АО «Прорыв»
8	Поддержка/актуализация	Возможна
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Отчуждаемость обеспечена полным математическим описанием и инструкцией пользователя, авторское сопровождение возможно по желанию заказчика
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	MS Visual Basic
2	Требования к персональному компьютеру	Оперативная память 8-16 GB
3	Требования к ОС	Windows 7
4	Требования к ПО	MS Office 2007-2013
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	БД УСМ-1 (MS Access)
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/ проблемно-ориентированное ПО, прочее)	MS Excel
2	Назначение/область применения	Сценарные системные исследования, в частности энергетика, ядерная энергетика
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Стандартный вычислительный аппарат MS Excel
4	Допущения и ограничения реализованной модели	По усмотрению пользователя
5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	Любые временные интервалы развития с произвольными шагами по времени, включая «предысторию» – промежуток времени в прошлом. Сравнения вариантов развития с различными исходными данными в имитационном режиме «если, то» («прямые» расчеты). Оптимизационные задачи в линейном, нелинейном и целочисленном приближении. Функции цели с использованием различных критериев, переменных оптимизации, временных зависимостей.
6	Источники данных/ используемые базы данных	БД УСМ-1, возможно использование вручную данных из специализированных источников (нейтронно-физические расчеты, технико-экономические показатели переделов ЯТЦ и т.п.)
7	Перечень ключевых исходных данных	Согласно структуре и назначению генерируемой конкретной модели

8	Ключевые рассчитываемые параметры	Согласно структуре и назначению генерируемой конкретной модели, могут включать показатели по направлениям: <ul style="list-style-type: none"> — развитие производственных мощностей, материальные балансы и ресурсы; — инфраструктура создания и вывода из эксплуатации производственных мощностей (подготовка кадров, НИОКР и проектирование, машиностроение, строительно-монтажные услуги и т.д.); — транспортировка используемых и вырабатываемых продуктов; — структура затрат, механизмы финансирования, доходность; — внеэкономические критерии: безопасность, экологическая приемлемость, нераспространение.
9	Интерфейс	Стандартный интерфейс MS Excel
10	Типичное время счета	Времена счета при изменении какого-либо входного параметра в настроенных сценариях, которые представляются в виде развертки во времени всех расчетных параметров сразу, составляет секунды. Настройка сценариев может производиться с использованием инструментария оптимизации с типичными временами счета от минут до десятков минут.
11	Требования к компетенциям пользователя	Желательна высокая квалификация в работе с MS Excel
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Муравьев Е.В. Генератор системных моделей УСМ-1. Препринт ЕТ-08/75, ФГУП НИКИЭТ, Москва 2008
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Е.В. Муравьев. Системные исследования в обоснование стратегии развития ЯЭ. – М.: АО «НИКИЭТ», 2019. – 412 с.
3	Опыт применения	Е.В. Муравьев. Системные исследования в обоснование стратегии развития ЯЭ. – М.: АО «НИКИЭТ», 2019. – 412 с.

CYCLE (АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	Cycle
2	Полное название программы	Код Cycle
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Моделирование, ядерный топливный цикл, системный анализ, двухкомпонентная ядерно-энергетическая система
4	Версия программы на дату заполнения	4.9.0
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Декусар В.М. – АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», Каграманян В.С. – АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», Калашников А.Г., Коробейников В.В. – АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», Коробицын В.Е., Мосеев А.Л. – АО «ГНЦ РФ-ФЭИ», Мосеев П.А., Пузаков А.Ю.
6	Владелец программы	АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»
7	Условия распространения	Нет данных
8	Поддержка/актуализация	Поддерживается
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Для дальнейшего развития кода потребуется авторское сопровождение
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	Fortran, Delphi, C#
2	Требования к персональному компьютеру	PC
3	Требования к ОС	Win7 32
4	Требования к ПО	Excel, Word
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Wimsd-5B, RZA
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/ проблемно-ориентированное ПО, прочее)	ПО
2	Назначение/область применения	Системный анализ ЯЭС
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Имитационное моделирование
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Рассчитываются нуклиды от ^{232}Th до ^{244}Cm ; нейтронно-физические расчёты реактора выполняются в R-Z геометрии; для расчёта материальных потоков используется имитационное моделирование.
5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	Плутониевые эквиваленты, моделирование выгорания топлива с использованием нейтронно-физических кодов, склады делящихся материалов
6	Источники данных/ используемые базы данных	Технико-экономические характеристики реакторных установок входят в шаблоны моделей – могут редактироваться пользователем, используемые системы нейтронно-физических констант прилагаются и могут быть заменены, сценарные условия определяются пользователем
7	Перечень ключевых исходных данных	Данные по перегрузкам, ТВЭЛ, ТВС и др.

8	Ключевые рассчитываемые параметры	<p>Количество реакторов, выработавших свой ресурс и выведенных из эксплуатации;</p> <ul style="list-style-type: none"> — количество работающих реакторов; — суммарная электрическая мощность работающих реакторов; — доля электрической мощности парка реакторов в электроэнергетике; — удельное и интегральное количество выработанной электроэнергии с момента начала ввода реакторов; — доля выработанной реакторами электроэнергии во всей электроэнергетике; — удельный, ежегодный и интегральный расход природного урана; — динамика запасов отвального и регенерированного урана; — работа разделения; — годовые и интегральные потери. — выгрузка ТВС и масса тяжелого металла; — количество тяжелого металла, поступившее в хранилище ОТВС (ОТВС); — количество заполненных хранилищ временного хранения ОТВС; — количество топлива, поступившего на захоронение; — количество заполненных хранилищ для хранения ОТВС до переработки или окончательной геологической изоляции; — нуклидный состав ОЯТ и его интегральные характеристики на различных этапах ЯТЦ; — характеристики заводов по переработке ОЯТ; — потребности в изготовлении топлива; — динамика изотопного состава и складских запасов выделенного плутония различного качества и минорных актинидов (Np, Am и Cm); — динамика и потребность в переочистке складского плутония от америция, накопление америция от переочистки и т.д.; — изменение обогащения загружаемого смешанного топлива по плутонию; — изменение качества Pu и другие функционалы. <p>Рассчитываются следующие характеристики:</p> <ul style="list-style-type: none"> — масса изотопа элемента (кг), — активность топлива (Бк), — радиотоксичность по воздуху (Зв), — радиотоксичность по воде (Зв), — нейтронный источник за счет спонтанного деления актинидов (н./сек), — нейтронный источник за счет реакции на кислороде (н./сек), — полный нейтронный источник (н./сек), — тепловыделение актинидов (кВт), — тепловыделение осколков деления (кВт), — полное остаточное тепловыделение (кВт). <p>Список нуклидов включает все тяжелые нуклиды с периодом полураспада больше 46 дней, включая стабильные изотопы свинца и висмута.</p>
9	Интерфейс	Графический
10	Типичное время счета	Менее минуты – десятки минут
11	Требования к компетенциям пользователя	Знания методов расчёта реакторов, понимания предмета моделирования
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Не опубликовано
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	В отчётах АО «ГНЦ РФ-ФЭИ»
3	Опыт применения	С 2009 г по н\в

DESAE (НИЦ «Курчатовский институт»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	DESAE, дополнительный модуль DESAE-F
2	Полное название программы	Dynamic Energy System – Atomic Energy, Программа DESAE-F для расчета показателей экономической эффективности системы атомной энергетики
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Моделирование развития АЭ, сценарный анализ, ЗЯТЦ, ОЯТЦ, перспективные реакторы, экономический анализ, финансовые показатели
4	Версия программы на дату заполнения	DESAE-2, DESAE-F
5	Разработчик программы (авторы, организация)	DESAE-2: Андрианова Е.А., Давиденко В.Д., Цибульский В.Ф., НИЦ «Курчатовский институт»; DESAE-F: Андрианова Е.А., Родионова Е.В., Субботин С.А., Цибульский В.Ф., НИЦ «Курчатовский институт»
6	Владелец программы	Росатом, НИЦ «Курчатовский институт»
7	Условия распространения	Договорные
8	Поддержка/актуализация	Ведется постоянно
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Отчуждаема, авторского сопровождения не требуется
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	Matlab
2	Требования к персональному компьютеру	Персональный компьютер
3	Требования к ОС	Windows 7 и выше
4	Требования к ПО	отсутствуют
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	отсутствуют
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/ проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Среда моделирования
2	Назначение/область применения	Системный анализ развития ядерной энергетики, включая реакторы деления и реакторы синтеза и предприятия открытого и замкнутого топливного циклов, расчет экономических и финансовых показателей.
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Численное решение интегро-дифференциальных балансных уравнений, оптимизационные алгоритмы автоматического поиска решений
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Допускается рассмотрение многокомпонентной ядерной энергетической системы, с генерирующими мощностями, предприятиями топливного цикла, хранилищами ОЯТ и радиоактивных отходов.
5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	Расчет сценариев с учетом перспективных энергетических установок, оптимизация сценариев, быстрота расчета ~1 мин, интуитивно понятный интерфейс
6	Источники данных/ используемые базы данных	Наличие стандартной базы данных, соответствующей современным ЯЭУ, существующим в мире, и возможность пользователя формировать собственную базу данных в качестве дополнительной библиотеки

7	Перечень ключевых исходных данных	Мощность тепловая, КПД, КИУМ, загрузка, кампания, изотопный состав на входе, равновесный изотопный состав, изотопный состав выгружаемого топлива и т.п.
8	Ключевые рассчитываемые параметры	Результаты расчетов соответствуют полностью сбалансированному по материальным потокам сценарным вариантам. Производство электричества, потребности в уране, плутонии, топливе, ЕРР, наработка ОЯТ, объем ОЯТ на пристанционном хранилище, на долговременном хранении, потребности в перерабатывающих мощностях и т.п.
9	Интерфейс	Дружественный, с возможностью интерактивного обмена информационными таблицами и графиками с Microsoft Excel и Word
10	Типичное время счета	1 мин
11	Требования к компетенциям пользователя	Специальных требований нет, общая квалификация для специалиста, занимающегося системными исследованиями в области энергетики.
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Имеется на русском и английском языках
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Андрианов А.А., Коровин Ю.А., Мурогов В.М., Федорова Е.В., Фесенко Г.А. Сравнительный анализ методов и инструментальных средств моделирования открытого и замкнутого топливных циклов: MESSAGE и DESAE // Известия вузов. Ядерная энергетика. №2, 2006. – С. 82–89. Программа верифицирована и используется в МАГАТЭ и разных странах мира для выполнения системных исследований и отладки новых разработок для системных исследований. https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/TE_1575_web.pdf
3	Опыт применения	Андрианова Е.А., Давиденко В.Д., Цибульский В.Ф. Программа DESAE для системных исследований перспектив развития ядерной энергетики Атомная энергия, т. 105, вып. 6, 2008 г., стр.303–306. Framework for assessing dynamic nuclear energy systems for Sustainability: final report of the INPRO collaborative project GAINS, No. NP-T-1.14, IAEA, 2013. Nuclear energy development in the 21st century: global scenarios and regional trends, No. NP-T-1.8, IAEA, 2010 МАГАТЭ, ОЭСР, в России

MESSAGE (МАГАТЭ)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/обозначение программы	MESSAGE
2	Полное название программы	Model for Energy Supply Strategy Alternatives and their General Environmental impacts
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Оптимизация, энергетическое планирование, энергетическая система, топливно-энергетическая цепочка, минимизация полных приведенных затрат, сценарный анализ
4	Версия программы на дату заполнения	2011 International
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Международный институт прикладного системного анализа (МИПСА), Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) Программа разрабатывается с 1980-х гг. в МИПСА, с 2000-х гг. в МАГАТЭ
6	Владелец программы	МАГАТЭ
7	Условия распространения	Бесплатно, по запросу
8	Поддержка/актуализация	Поддержку и актуализацию программы осуществляет секция планирования и экономических исследований МАГАТЭ Секция ИНПРО МАГАТЭ осуществляет адаптацию программы для поддержки исследований по планированию развития ядерной энергетики, оптимизации структуры ЯЭС, сценарного анализа развития ЯЭС и анализа материальных потоков в ЯТЦ
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Программа является полностью отчуждаемой от разработчика, авторское сопровождение не требуется
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	Python, C
2	Требования к персональному компьютеру	Процессор: Pentium 4 или выше, AMD 64 или выше Оперативная память: 1 Гб ОЗУ (2 Гб ОЗУ для Vista) или выше 1 Гб дискового пространства или выше
3	Требования к ОС	Программа протестирована на Windows XP, Vista, 7, 8, 10
4	Требования к ПО	Потребность в дополнительном ПО отсутствует
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Оптимизатор GLPK или CPLEX (в случае необходимости другие оптимизаторы могут быть использованы: MINOS, MOPS, OSL, HOPDM)
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Оптимизационная среда моделирования
2	Назначение/область применения	Моделирование, сценарный анализ и оптимизация структур энергосистем, анализ материальных потоков в топливном цикле, экономический анализ энергосистем
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Линейное программирование, целочисленное линейное программирование
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Динамическая линейная модель с опцией целочисленного программирования (возможен учет ряда нелинейных эффектов)

5	Функциональные возможности/уникальные возможности программы	<p>Возможность создания детальных моделей энергосистем, в которых отражены ключевые особенности различных энерготехнологий, включая ядерные.</p> <p>Возможен учет колебаний спроса на конечные формы энергии, многопродуктовые энерготехнологии.</p> <p>Возможно изменение критерия оптимизации, используемого по умолчанию, решение многоцелевых оптимизационных задач, проведение анализа чувствительности/неопределенности результатов в отношении ключевых параметров модели.</p> <p>Программа представляет собой платформу для конструирования сложных многокомпонентных ЯЭС с учетом специфики ядерных технологий, разработки сценариев развития ЯЭС, включая анализ материальных потоков в ЯТЦ и многокритериальная оценка эффективности сценариев развертывания ЯЭС.</p>
6	Источники данных/используемые базы данных	Источники исходных данных и используемые базы данных определяются пользователем в соответствии с рассматриваемой задачей.
7	Перечень ключевых исходных данных	<ul style="list-style-type: none"> — горизонт планирования, ставка дисконтирования — прогноз энергетических потребностей (в т.ч. с учетом колебаний спроса) — технические и стоимостные данные энерготехнологий и технологий топливного цикла, рассматриваемых в качестве кандидатов для включения в состав энергосистемы — технические и стоимостные характеристики ресурсных, инфраструктурных, экологических ограничений — характеристики воздействия технологий на окружающую среду — и т.д.
8	Ключевые рассчитываемые параметры	<ul style="list-style-type: none"> — структура энергосистемы (сроки и масштабы ввода различных энерготехнологий и технологий топливного цикла) — динамика ввода в эксплуатацию и вывода из эксплуатации энерготехнологий и технологий топливного цикла — материальные потоки по переделам топливного цикла — потребление ресурсов — характеристики воздействия энергосистемы на окружающую среду — экономические показатели сценариев — и т.д.
9	Интерфейс	Имеется графический пользовательский интерфейс. Возможна работа с файлами программы через текстовые редакторы и запуск модулей программы через командную строку.
10	Типичное время счета	Время счета определяется сложностью модели (размерностью задачи линейного программирования) и может составлять от нескольких секунд до десятков часов.
11	Требования к компетенциям пользователя	Знание основ теории оптимизации, принципов энергетического планирования, экономики топливно-энергетического комплекса, научно-технических основ энерготехнологий
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Имеются детальные инструкции для пользователей по работе с программой, разработке моделей энергосистем, основанных на различных типах энерготехнологий. Реализуются программы обучения для пользователей. Разработано и доступно множество глобальных, региональных и национальных моделей ЯЭС (с учетом особенностей структур открытых, частично-замкнутых, полностью замкнутых ЯТЦ, разнообразные реакторные технологии РТН, РБН, ЖСР, ЭЛЭУ, пр.).
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков опубликованы в открытой печати (отчеты МИПСА, МАГАТЭ, монографии, статьи в журналах, материалы конференций и пр.).
3	Опыт применения	Пользователи инструмента – эксперты из более чем 100 стран. Примеры применения инструмента опубликованы в открытой печати (отчеты МИПСА, МАГАТЭ, монографии, статьи в журналах, материалы конференций и пр.).



2.

**ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ
ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ
ОБЪЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
АТОМНОЙ ЭНЕРГИИ**

ИС ТСМ НС (ЧУ «ОЦКС»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	ИС ТСМ НС
2	Полное название программы	Информационная система комплексного управления стоимостью и сроками ТСМ НС (Total Cost Management Nuclear Construction)
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Атомная электростанция, строительство, оценка стоимости, бюджет
4	Версия программы на дату заполнения	Подсистема «Оценка стоимости» – CostOS Estimating, v.6.2.100.71088 Подсистема «Планирование и контроль стоимости» – EcoSys, v.8.2 Интеграционные решения (ИР): TCMNC.middleware CostOS – EcoSys, v.2.4.0 (PMSOFT) TCMNC.middleware MDM – TCM НС, v.2.2.1 (PMSOFT)
5	Разработчик программы (авторы, организация)	CostOS Estimating – Nomitech (Номитек) EcoSys – Hexagon (Гексагон) Интеграционные решения (ИР): TCMNC.middleware CostOS – EcoSys – АО «ПМСФОТ» TCMNC.middleware MDM – TCM НС – АО «ПМСФОТ»
6	Владелец программы	Частное учреждение Госкорпорации «Росатом» «ОЦКС»
7	Условия распространения	На основе простой неисключительной лицензии (предоставления права использования ПО) на срок, указанный в договоре.
8	Поддержка/актуализация	Техническая поддержка ИС ТСМ НС осуществляется АО «ПМСФОТ», АО «Гринатом»
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Отчуждаема
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	–
2	Требования к персональному компьютеру	Видеокарта с поддержкой OpenGL 4.3 (при необходимости работы с 3D моделями); – 100GB свободного места на жестком диске (HDD); – 8GB доступной памяти (RAM); – пропускная способность канала связи 100 МБит/с
3	Требования к ОС	– CostOS Estimating – ОС Windows (7) 64-bit; – ИР, EcoSys - ОС Windows (7) 32 или 64-bit
4	Требования к ПО	– Internet Explorer v.11, Google Chrome v.56 – при подключении к ТСМ через сеть интернет на компьютере должно быть установлено ПО Cisco AnyConnect – Единая отраслевая система интеграции корпоративных бизнес приложений на базе SAP PI/PO (ЕСИК БП)
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Internet Explorer, Google Chrome

Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/ проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Проблемно-ориентированное ПО
2	Назначение/область применения	Управление стоимостью проектов сооружения АЭС
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Формулы формируются пользователями ИС TCM NC и затем закладываются в систему (Costos и Ecosys) с использованием пользовательского интерфейса для решения задач по управлению стоимостью проектов сооружения АЭС.
4	Допущения и ограничения реализованной модели	–
5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	<p>Подсистема оценки стоимости:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Оценка стоимости проектов по 5-ти классам; – Формирование структуры декомпозиции работ (WBS); – Формирование структуры декомпозиции затрат (CBS уровень I – Структура объектов); – Формирование состава позиций ведомости объемов работ; – Определение объемов работ исходя из данных проектно-сметной документации, включая чтение BIM моделей (в том числе 2D и 3D-моделей, файлы форматов IFC, dwg, tif, jpg, многостраничные PDF). – Оценка стоимости позиций с использованием справочников, Расчет стоимости прямых затрат; – Расчет стоимости косвенных затрат; – Формирование формы представления итоговой оценки стоимости; – Мультивалютность. <p>Подсистема планирования и контроля стоимости:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Формирование структуры бюджета проекта согласно WBS проекта и связь элементов бюджета с различными аналитическими структурами; – Распределение стоимостных показателей и физических объемов позиций бюджета по временным интервалам; – Формирование проектных бюджетов с разной степенью детализации на различных стадиях проектов и сравнение их между собой в рамках единой структуры бюджета проекта; – Формирование и отслеживание выполнения мультивалютных бюджетов с возможностью представления итоговых значений в выбранной валюте; – Учет фактического выполнения физических объемов и бюджетов; – Учет возникающих по ходу реализации изменений в бюджете проекта, отслеживание статуса изменений; – Расчет показателей оценки выполнения проекта по методике освоенного объема; – Формирование прогнозов по реализации проекта, сравнение прогнозов между собой; – Формирование отчетности по проектам в соответствии регламентирующими и нормативными документами из состава методологии TCM NC, применяемых при эксплуатации ИС TCM NC.
	Источники данных/ используемые базы данных	Microsoft SQL Server
7	Перечень ключевых исходных данных	Отраслевые справочники CBSII, KСМР, проектные справочники CBSI, WBS, BOP, Спецификация, результаты мониторинга цен ресурсов, справочники текущих цен, график строительства АЭС, данные по изменениям в проекте сооружения АЭС, фактические данные по заключенным договорам, выпаленным работам.
8	Ключевые рассчитываемые параметры	<p>Подсистема оценки стоимости:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Оценка стоимости проектов сооружения АЭС ресурсным методом. <p>Подсистема планирования и контроля стоимости:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Формирование и контроль исполнения бюджетов проектов сооружения АЭС на всех этапах реализации проекта сооружения АЭС.

9	Интерфейс	Подсистема оценки стоимости (CostOS Estimating) – толстый клиент; Подсистема планирования и контроля стоимости (EcoSys) – тонкий клиент; Интеграционные решения: – TCMNC.middleware CostOS – EcoSys – сервис; – TCMNC.middleware MDM – TCM NC – сервис.
10	Типичное время счета	Оценка осуществляется в зависимости от объема проекта и полноты исходной информации протяженностью от одного рабочего дня до нескольких месяцев. Формирование и контроль исполнения бюджета осуществляется в течение всего времени реализации проекта сооружения ОИАЭ.
11	Требования к компетенциям пользователя	Стоимостные инженеры, компетенции в формировании бюджетов и их исполнения.
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Имеется
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Протоколы испытаний
3	Опыт применения	Применяется на проектах АЭС «Аккую», АЭС «Ханхикиви-1»

САПР ПОЛИНОМ (АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	САПР ПОЛИНОМ
2	Полное название программы	Система автоматизированного проектирования «САПР ПОЛИНОМ» (CAD POLYNOM)
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Проектирование, 3D моделирование
4	Версия программы на дату заполнения	2.0.1
5	Разработчик программы (авторы, организация)	ООО «НЕОЛАНТ Сервис»
6	Владелец программы	ООО «НЕОЛАНТ Сервис»
7	Условия распространения	Продажа лицензий
8	Поддержка/актуализация	Есть
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Отчуждаема
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	Delphi, Object Pascal
2	Требования к персональному компьютеру	Серверная часть: процессор с числом ядер 8 и выше, ОЗУ не менее 32 Гб, 400 Гб SSD. Клиентская часть: Intel Core i3 и выше, дискретная видеокарта NVIDIA или AMD с 2Гб и выше, ОЗУ не менее 4 Гб, 200 Мб HDD.
3	Требования к ОС	Серверная часть: Windows Server 2008 и выше или Linux. Клиентская часть: Windows 10/8/7/Vista/XP.
4	Требования к ПО	–
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	СУБД SQL Firebird 2.5, TeighaX 4.02
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/ проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Система автоматизированного проектирования, среда информационного моделирования.
2	Назначение/область применения	Трехмерное информационное моделирование сложных технологических объектов на всех этапах жизненного цикла: проектирование, строительство, реконструкция, эксплуатация, а также вывод из эксплуатации
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Операции матричной и векторной алгебры
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Точность ввода данных – $1 \cdot 10^{-4}$ мм Точность расчетных единиц – $1 \cdot 10^{-7}$ мм
5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	Коллективная работа в единой цифровой модели, собственный конструктор трехмерных символов, модуль для работы с данными лазерного сканирования, модуль формирования изометрических чертежей для дисциплины «Технология», возможность формирования плоских проекций, модуль формирования произвольных отчетов.
6	Источники данных/ используемые базы данных	Собственная БД SQL Firebird
7	Перечень ключевых исходных данных	Описание проектируемого объекта в проектно-сметной документации (размеры, форма, материалы, ссылка на нормативный документ)
8	Ключевые рассчитываемые параметры	3D-модель проектируемого объекта

9	Интерфейс	Настраиваемые видовые окна, окна управления, панели инструментов
10	Типичное время счета	В зависимости от сложности модели: от 1 сек до 30 сек
11	Требования к компетенциям пользователя	Базовое представление о трехмерных пространственных моделях, знания предметных областей (дисциплины проекта), понимание основных принципов взаимодействия с БД.
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	http://neosphere.neolant.com/display/POLYNOM
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Не применимо для САПР пакетов
3	Опыт применения	Балаковская АЭС, Белоярская АЭС, ФГУП «НИТИ им. А.П. Александрова» (Госкорпорация «Росатом»), ФГУП «ПО «Маяк», АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон», Зарубежэнергопроект, дочерние общества Газпромнефть (добыча, переработка).

СППОР (НИЯУ МИФИ, НТЦ ЯРБ)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	СППОР
2	Полное название программы	Система поддержки принятия оптимальных решений при реализации процесса вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Объекты использования атомной энергии, вывод из эксплуатации
4	Версия программы на дату заполнения	0.01
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Крянев А.В. – научный руководитель, Бочкарев В.В. – ответственный исполнитель, Бриллиантов Б.Д., Климанов С.Г., Смирнов Д.С. и др. – исполнители. Организации: НИЯУ МИФИ, НТЦ ЯРБ
6	Владелец программы	АО «Наука и инновации» Росатома
7	Условия распространения	Условия распространения устанавливаются заказчиком АО «Наука и инновации»
8	Поддержка/актуализация	Присутствует / Планируется
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Система может быть использована как самостоятельно, так и в режиме авторского сопровождения, включая возможность её модификации по просьбе пользователей
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	C#
2	Требования к персональному компьютеру	Процессор i5, i7, ЗГГц, Оперативная память: 16 ГБ, 1 Тб свободного места на жёстком диске
3	Требования к ОС	Windows 7, Windows 10
4	Требования к ПО	MS Office, MongoDB, .Net Framework
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	MongoDB Compass
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/ проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Система поддержки принятия решений (комплекс программ и блоков данных)
2	Назначение/область применения	Поддержка принятия оперативных оптимальных решений/процесс вывода из эксплуатации (ВЭ) объектов использования атомной энергии (ОИАЭ)
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Многофакторный анализ, многокритериальная оптимизация, математические методы обработки неопределенных данных, нечеткие множества, теория вероятностей, нереляционные базы данных
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Необходим учёт особенностей вывода из эксплуатации каждого элемента, входящего в ОИАЭ, и их последующая интеграция.
5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	СППОР позволяет учитывать особенности любого выводимого из эксплуатации ОИАЭ/СППОР обладает свойством универсальности и может быть использована для поддержки принятия оптимальных решений при ВЭ практически любого выводимого из эксплуатации ОИАЭ
6	Источники данных/ используемые базы данных	Комплексное инженерно-радиационное обследование (КИРО), экспертные оценки
7	Перечень ключевых исходных данных	Данные КИРО радиационного состояния помещений, оборудования и территории выводимого из эксплуатации ОИАЭ
8	Ключевые рассчитываемые параметры	Стоимость ВЭ, длительность ВЭ, дозовые нагрузки: на персонал, на окружающую среду, на население

9	Интерфейс	Оконный интерфейс
10	Типичное время счета	От 1 минуты до нескольких часов в зависимости от поставленной задачи (с учетом ввода данных)
11	Требования к компетенциям пользователя	Подготовленный пользователь (система будет снабжена справочником для пользователя)
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Система будет снабжена справочником (руководством) для пользователя
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Тестирование и верификационные расчеты, бенчмаркеры запланировано провести, начиная со второго этапа текущего года (июня текущего года)
3	Опыт применения	Опыт применения будет приобретен на завершающем этапе реализации проекта по созданию СППОР в 2021 году

СУИД «НЕОСИНТЕЗ» (АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	СУИД «НЕОСИНТЕЗ»
2	Полное название программы	Система управления инженерными данными «НЕОСИНТЕЗ» (СУИД «НЕОСИНТЕЗ»)
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Проектирование, управление инженерными данными
4	Версия программы на дату заполнения	1.17
5	Разработчик программы (авторы, организация)	ООО «НЕОЛАНТ Сервис»
6	Владелец программы	ООО «НЕОЛАНТ Сервис»
7	Условия распространения	Продажа лицензий
8	Поддержка/актуализация	Есть
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Отчуждаема
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	C#, T-SQL, JavaScript, TypeScript
2	Требования к персональному компьютеру	<p>Серверная часть (Сервер базы данных): не менее одного многоядерного процессора (не менее 8 ядер); не менее 32 Гб ОЗУ; Необходимы отдельные дисковые массивы для каждого раздела:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Системный раздел – дисковый массив RAID1, (минимум 100 Гб (идеально SSD)) — База данных – дисковый массив RAID1 (идеально RAID10), (минимум 100Гб (идеально SSD)) — Журнал базы данных – дисковый массив RAID1 (идеально RAID10), (минимум 100Гб (идеально SSD)) — Временные данные базы данных – дисковый массив RAID1 (идеально RAID10), (минимум 50Гб (идеально SSD)) <p>Серверная часть (Сервер приложений): не менее одного многоядерного процессора (не менее 6 ядер); не менее 32 Гб ОЗУ; не менее 500 Гб дискового пространства для размещения.</p> <p>Серверная часть (Сервер службы OOS): не менее одного многоядерного процессора (не менее 2 ядер); не менее 8 Гб ОЗУ; не менее 200 Гб дискового пространства для размещения.</p> <p>Клиентская часть: 32-разрядный (x86) или 64-разрядный (x64) процессор с тактовой частотой 1 ГГц или выше; дискретные видеокарты (с поддержкой OpenGL 1.1), интегрированные видеокарты - i4000 серии и выше; 4 Гбайта ОЗУ; 100 Мбайт места для установки</p>
3	Требования к ОС	Серверная часть: Windows Server 2012 R2 и выше. Клиентская часть: Windows 10/8/7.

4	Требования к ПО	Серверная часть: Microsoft Sql Server 2014–2017 Standard и выше. Клиентская часть: Браузер Internet Explorer 11.
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Серверная часть: средство конфигурации НЕОСИНТЕЗ. Серверная часть (Сервер службы OOS): Сервер службы Office Online Server (Office Web Apps 2013). Клиентская часть: плагин просмотра 3d-моделей.
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/ проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Система управления инженерными данными
2	Назначение/область применения	<p>Поддержка задач при проектировании.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Оперативный сбор воедино разделов проекта, исключение пространственных (на 3D модели) и временных (на 4D модели) коллизий. — Контроль работ контрагентов в части учета и хранения проектно-конструкторской документации, полученной от субподрядчиков, с возможностью корректировки статусов ее согласования и утверждения. — Поддержка задач при строительстве. — Формирование в автоматическом режиме недельно-суточных заданий для сотрудников строительной площадки. — Информационная поддержка процессов авторского надзора: ведение электронного журнала авторского надзора с фиксацией допущенных отклонений и возможностью подкрепления любой информации (эскиз, чертеж и т.п.), редактирования и изменения статусов. — Мониторинг процессов капитального строительства за счет синхронизации с графиками календарно-ресурсного планирования и визуализации опережения/отставания выполнения СМР на 4D модели сооружения. <p>Планирование ресурсов, управление закупками и поставками. Обучение персонала безопасному производству работ с помощью интерактивных 3D инструкций по монтажу.</p> <p>Поддержка задач при эксплуатации и выводе из эксплуатации.</p> <ul style="list-style-type: none"> — Ведение общего электронного реестра оборудования. — Ведение электронных оперативных эксплуатационных журналов. — Автоматизация обходов и осмотров оборудования за счет использования мобильных устройств и портативных считывателей штрихкодов. — Управление ресурсными характеристиками оборудования за счет интеграции с системами класса АСУТП, визуализация, мониторинг и аналитика наблюдаемых показателей в режиме реального времени. — Учет и анализ производимых ремонтов, отказов, дефектов, отклонений и других событий, возникающих на оборудовании, зданиях и сооружениях объекта. — Контроль состояния сварных швов с внесением и отображением информации по каждому шву. — Обучение эксплуатационного и ремонтного персонала.
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	–
4	Допущения и ограничения реализованной модели	–

5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	<p>Учет, хранение и управление информацией об объекте</p> <ul style="list-style-type: none"> — Учет и хранение разнородной информации, характеризующейся разными наборами атрибутов, с возможностью установления связей между объектами системы и связанными с ними документами. — Гибкая настройка учета и классификации данных об объекте без привлечения разработчиков и изменения физической структуры данных в соответствии с потребностями различных служб на объекте. — Создание иерархических (древовидных) группировок объектов любой сложности, а также альтернативных деревьев для различных подразделений предприятия (например, архитектурно-строительные, функциональные и т.д.). — Возможность быстрых «бесшовных» переходов между различными представлениями одного объекта. <p>Работа с данными</p> <ul style="list-style-type: none"> — Просмотр атрибутивной информации по каждому отдельному элементу информационной модели объекта. — Поиск элементов информационной модели объекта по атрибутивной информации с возможностью визуального отображения результатов, запросов пользователя, а также формирования отчетов. — Выполнение измерений расстояний, площадей и углов, считывания координат и размеров отдельных элементов информационной модели объекта. — Построение различных сечений информационной модели динамическими ортогональными плоскостями. — Автоматическое получение спецификации по заданному образцу для выделенных элементов информационной модели объекта. — Синхронная работа с различными представлениями данных.
6	Источники данных/ используемые базы данных	Собственная база данных SQL.
7	Перечень ключевых исходных данных	Разнородная информация о проектируемом объекте.
8	Ключевые рассчитываемые параметры	Виртуальный прототип объекта, включающий 3D-модель объекта, проектную, исполнительную, эксплуатационную и другую документацию.
9	Интерфейс	Главное меню, область дерева каталогов, область информационных срезов, область данных.
10	Типичное время счета	Контроль сооружения, эксплуатации и вывода из эксплуатации осуществляется на протяжении всего срока реализации проекта.
11	Требования к компетенциям пользователя	Знания предметных областей (дисциплины проекта), понимание основных принципов взаимодействия с БД.
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	http://neosphere.neolant.com/display/neoSyn
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Не применимо
3	Опыт применения	Объекты использования атомной энергии

COST (АО «ВНИИАЭС»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	COST
2	Полное название программы	Модуль расчета капитальных затрат
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	атомная электростанция, капитальные затраты, стоимость, жизненный цикл
4	Версия программы на дату заполнения	1.0
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Колтун О.В., Павлов А.С., Темишев Р.Р., Орехов М.Н., Тыхшаев В.П., Баукин А.В.
6	Владелец программы	АО «ВНИИАЭС»
7	Условия распространения	в составе технико-экономической модели НИЦ КИ
8	Поддержка/актуализация	по запросу
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	С 2021 года необходима корректировка ценовых параметров
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	C#
2	Требования к персональному компьютеру	2 ГГц, 4 ГБ ОЗУ
3	Требования к ОС	Windows 10
4	Требования к ПО	Microsoft Office Excel 2007 и позднее
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Технико-экономическая модель ядерной энергетической системы разработки НИЦ КИ
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/ проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Исполняемый модуль
2	Назначение/область применения	Расчет капитальных и эксплуатационных затрат ЯЭС
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Статистический анализ, аппроксимация
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Типы АЭС: ВВЭР-ТОИ, АЭС-2006, БН-800, БН-1200 Расчет в ценах 2019 г.
5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	Расчет программы капитальных вложений по срокам ввода энергоблоков ЯЭС
6	Источники данных/ используемые базы данных	Данные встроены в модуль
7	Перечень ключевых исходных данных	График ввода энергоблоков ЯЭС, координаты площадок размещения предприятий
8	Ключевые рассчитываемые параметры	Капитальные и эксплуатационные затраты
9	Интерфейс	межпрограммный
10	Типичное время счета	до 1 мин
11	Требования к компетенциям пользователя	Специалист в области экономики атомной энергетики
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	В разработке
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	В инструменте учтены проектные распределения капитальных вложений, которые не рассматриваются в других инструментах. Поэтому проведение кросс-верификации на данном этапе невозможно.
3	Опыт применения	Используется в составе ПС для моделирования долгосрочного прогноза ЯЭС с ЗЯТЦ

InterBridge (АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/ обозначение программы	InterBridge
2	Полное название программы	Конвертер инженерных моделей InterBridge
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	3D моделирование, 3D визуализация, проектирование, управление инженерными данными
4	Версия программы на дату заполнения	2020.305
5	Разработчик программы (авторы, организация)	ООО «НЕОЛАНТ Сервис»
6	Владелец программы	ООО «НЕОЛАНТ Сервис»
7	Условия распространения	Продажа лицензий
8	Поддержка/актуализация	Есть
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Отчуждаема
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	Delphi
2	Требования к персональному компьютеру	Процессор: <ul style="list-style-type: none"> — Семейства Intel Pentium/Celeron (либо совместимый), 450 МГц — Семейства AMD K6/Athlon/Duron (либо совместимый), 450 МГц Видеоадаптер: с поддержкой OpenGL 1.1 Память (ОЗУ): 128 Мбайт Жесткий диск: 8 Мбайт места для установки
3	Требования к ОС	Windows 10/8/7/Vista/XP/2000/NT
4	Требования к ПО	–
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	САПР ПОЛИНОМ, другие САПР/ВМ/PLM-платформы
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/ проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Конвертер моделей
2	Назначение/область применения	Назначение: <ul style="list-style-type: none"> — Объединение частей проекта, выполненных на базе разных САПР/ВМ/PLM-платформ, в единую (с учетом всех дисциплин) информационную модель объекта, насыщенную всеми необходимыми атрибутивными характеристиками. Область применения: <ul style="list-style-type: none"> — Проектирование / сооружение / управление эксплуатацией / реконструкцией крупных (сотни тысячи элементов) объектов промышленного назначения. — Создание систем управления инженерными данными для сопровождения жизненного цикла объекта.
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Операции матричной и векторной алгебры
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Ограничений нет

5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	Дополнительные конвертеры в формат r3db для распространенных CAD и GIS систем позволяют объединять в едином проекте информацию из разных источников.
6	Источники данных/ используемые базы данных	База данных 3D-моделей, используемых на объекте проектирования
7	Перечень ключевых исходных данных	Описание проектируемого объекта в проектно-сметной документации (составные части, их расположение и связи)
8	Ключевые рассчитываемые параметры	3D-модель объекта промышленного назначения
9	Интерфейс	Панель инструментов, область сцены, панель управления, область информационных сообщений, строка состояния.
10	Типичное время счета	В зависимости от количества составных частей проектируемого объекта: от 3 сек до нескольких минут
11	Требования к компетенциям пользователя	Уверенный пользователь ПК.
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Да
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Не применимо
3	Опыт применения	Объекты использования атомной энергии

FINPLAN (МАГАТЭ)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/обозначение программы	FINPLAN
2	Полное название программы	A Model for Financial Analysis of Electric Sector Expansion Plan
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Финансовый анализ, финансовые показатели, схемы финансирования, инвестиции, денежные поток
4	Версия программы на дату заполнения	FINPLAN 3
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) Программа разрабатывается с 2000 года в МАГАТЭ
6	Владелец программы	МАГАТЭ
7	Условия распространения	Бесплатно, по запросу
8	Поддержка/актуализация	Поддержку и актуализацию программы осуществляет МАГАТЭ
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Авторское сопровождение не требуется
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	Объектно-ориентированный язык программирования
2	Требования к персональному компьютеру	N/A
3	Требования к ОС	Веб-версия. Коробочная версия программы протестирована на ОС Windows 10
4	Требования к ПО	Потребность в дополнительном ПО отсутствует
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Связанные и вспомогательные программы отсутствуют
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Проблемно-ориентированное ПО
2	Назначение/область применения	Инструмент обеспечивает финансовый анализ развития электроэнергетики и финансовой жизнеспособности планов и проектов с учетом различных источников финансирования.
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Программа преобразует основные входные стоимостные данные и сценарные предположения в финансовые показатели в соответствии с реализованными расчетными моделями.
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Модель имеет пять встроенных подмодулей: инвестиции, задолженность, доход и расход, налог и лицензионный платеж, иностранная валюта. Модель не оптимизирует инвестиционный портфель.
5	Функциональные возможности/уникальные возможности программы	Программа вычисляет финансовые коэффициенты, которые могут использоваться как индикаторы для оценки финансового положения и кредитоспособности проекта.
6	Источники данных/используемые базы данных	Источники исходных данных и базы данных определяются пользователем в соответствии с рассматриваемой задачей.
7	Перечень ключевых исходных данных	Инвестиционная программа по вводу мощностей, операционные расходы, экономические и фискальные параметры (инфляция, эскалация, обменные курсы, налоги), финансовые параметры (кредиты, облигации, пр.)

8	Ключевые рассчитываемые параметры	Денежные потоки, бухгалтерский баланс, источники финансирования, финансовые показатели (коэффициент оборотного капитала, коэффициент финансового левериджа, показатель задолженности и пр.)
9	Интерфейс	Имеется табличный пользовательский интерфейс
10	Типичное время счета	до 1 мин.
11	Требования к компетенциям пользователя	Знание основ финансового анализа и технических основ энерготехнологий
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Имеется дистанционный курс
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Программное средство верифицировано
3	Опыт применения	Пользователи инструмента – эксперты из более чем 100 стран.

KIND-ET (МАГАТЭ)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/обозначение программы	KIND-ET
2	Полное название программы	KIND-Evaluation Tool
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Многокритериальный анализ, система поддержки принятия решений, мульти-атрибутивная теория ценности
4	Версия программы на дату заполнения	KIND-ET v 2.0
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) Программа разрабатывается с 2014 года в МАГАТЭ
6	Владелец программы	МАГАТЭ
7	Условия распространения	Бесплатно, по запросу
8	Поддержка/актуализация	Поддержку и актуализацию программы осуществляет секция ИНПРО МАГАТЭ
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Программа является полностью отчуждаемой от разработчика, авторское сопровождение не требуется
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	Инструмент представляет собой шаблон, созданный в программе для работы с электронными таблицами Microsoft Excel
2	Требования к персональному компьютеру	Требования к персональному компьютеру определяются требованиями программы для работы с электронными таблицами Microsoft Excel, например, для Excel 2019: Процессор: 32- или 64-разрядный процессор с тактовой частотой 1 ГГц или выше с набором инструкций SSE2; Операционная система: Windows 7 или более поздняя версия, Windows 10 Server, Windows Server 2012 R2, Windows Server 2008 R2 или Windows Server 2012; Оперативная память: 1 Гб (для 32-разрядных систем); 2 Гб (для 64-разрядных систем); Свободное место на жестком диске: 3 Гб свободного места на диске
3	Требования к ОС	Программа протестирована на ОС Windows, Android, iOS
4	Требования к ПО	Наличие пакета Microsoft Office
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Связанные и вспомогательные программы отсутствуют
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Среда моделирования
2	Назначение/область применения	KIND-ET и его расширения позволяют выполнить многокритериальный сравнительный анализ и ранжирование вариантов и/или сценариев развертывания ЯЭС, выполнить анализ чувствительности/неопределенности в отношении ключевых факторов, важных для принятия решений
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Мульти-атрибутивная теория ценности

4	Допущения и ограничения реализованной модели	<ul style="list-style-type: none"> — Аддитивная форма мультиатрибутивной функции ценности; — Линейные и экспоненциальные оценочные функции; — Глобальные и локальные области определения оценочных функций; — Трехуровневое дерево целей; — Прямой метод назначения весов, иерархическое взвешивание; — Детерминистический/вероятностный, глобальный/ локальный анализ чувствительности/ неопределенности; — Разложение баллов на отдельные составляющие в соответствии со структурой дерева целей.
5	Функциональные возможности/уникальные возможности программы	<p>KIND-ET – эксель-шаблон, предназначенный для проведения сравнительного анализа и ранжирования вариантов/сценариев ЯЭС. Характерные особенности KIND-ET: прозрачность, простой в обращении и удобный интерфейс, возможности автоматизации расчетов и визуализации.</p> <p>Разработаны также расширения KIND-ET, помогающие экспертам в проведении анализа чувствительности/неопределенности и повышении качества представляемых результатов:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Domination Identifier определяет недоминируемые и доминируемые варианты из набора рассмотренных вариантов; — Overall Score Spread Builder оценивает разброс в баллах, вызванного неопределенностью в весовых коэффициентах и структуре дерева целей; — Ranks Mapping Tool выделяет варианты, которые могут занять первое место в рейтинге для различных комбинаций весов высокого уровня; — Uncertainty Propogator оценивает неопределенности в баллах вариантов из-за неопределенностей в формах одно-атрибутивных функций ценности и ключевых индикаторах.
6	Источники данных/используемые базы данных	Источники исходных данных и используемые базы данных определяются пользователем в соответствии с рассматриваемой задачей
7	Перечень ключевых исходных данных	<ul style="list-style-type: none"> — Количественные оценки показателей эффективности для рассматриваемых вариантов/сценариев ЯЭС; — Оценка предпочтений экспертов, лиц, принимающих решения, стейкхолдеров; — Оценка степени склонности к риску.
8	Ключевые рассчитываемые параметры	<ul style="list-style-type: none"> — Итоговые баллы и ранги сравниваемых опций; — Структура итоговых баллов; — Разброс баллов и рангов опций, обусловленный неопределенностью в параметрах модели (веса, показатели эффективности, оценочные функции); — Доминируемые и недоминируемые опции; — Опции, которые могут занять первое место в рейтинге, и условия (веса) при которых определенная опция занимает первое место в рейтинге.
9	Интерфейс	Работа с инструментом осуществляется через программу для работы с электронными таблицами Microsoft Excel
10	Типичное время счета	Несколько секунд
11	Требования к компетенциям пользователя	Знание основ теории поддержки принятия решений при многих критериях
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Имеются детальные инструкции для пользователей по разработке моделей поддержки принятия решений. Реализуются программы обучения для пользователей. Разработаны демо-кейсы.
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков опубликованы в открытой печати (отчеты МАГАТЭ, статьи в журналах, материалы конференций и пр.).
3	Опыт применения	Пользователи инструмента – эксперты из более чем 15-ти стран. Примеры применения инструмента опубликованы в открытой печати (отчеты МАГАТЭ, статьи в журналах, материалы конференций и пр.).

NEST (МАГАТЭ)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/обозначение программы	NEST
2	Полное название программы	NESA Economics Support Tool
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Удельные дисконтированные затраты на производство электроэнергии (LUEC/LCOE), удельные дисконтированные затраты, чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности
4	Версия программы на дату заполнения	NEST v 4.0
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) Программа разрабатывается с 2009 года в МАГАТЭ
6	Владелец программы	МАГАТЭ
7	Условия распространения	Бесплатно, по запросу
8	Поддержка/актуализация	Поддержку и актуализацию программы осуществляет секция ИНПРО МАГАТЭ
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Программа является полностью отчуждаемой от разработчика, авторское сопровождение не требуется
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	JavaScript
2	Требования к персональному компьютеру	Процессор Intel Pentium 4 или более поздней версии с поддержкой SSE2.
3	Требования к ОС	Облачная версия программы протестирована на ОС Windows 10, Android, iOS Коробочная версия программы протестирована на ОС Windows 10
4	Требования к ПО	Потребность в дополнительном ПО отсутствует
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Связанные и вспомогательные программы отсутствуют
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Проблемно-ориентированное ПО
2	Назначение/область применения	Инструмент обеспечивает предварительную оценку (скрининг) экономических показателей различных реакторных технологий и равновесных ЯЭС при отсутствии учета инфраструктурных и ресурсных ограничений, а также анализ чувствительности/неопределенности экономических показателей к техническим и экономическим параметрам реакторных установок.
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Инструмент включает в себя ряд моделей реакторных технологий и ЯЭС и преобразует основные технические параметры и экономические данные в экономические показатели – удельные дисконтированные затраты, чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности и т.д. Удельные дисконтированные затраты определяются как приведенная стоимость единицы произведенной электроэнергии – отношение полных дисконтированных затрат за срок службы объекта к общей «дисконтированной» ожидаемой энерговыработке.
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Возможен расчет только тех объектов, которые описаны в программе (тяжеловодные и легководные реакторы в открытом ЯТЦ, легководные реакторы на МОКС-топливе, быстрые реакторы в ЗЯТЦ, электростанция на ископаемом топливе, ветровая электростанция, солнечные электростанции, гидроэлектростанции). Список объектов электрогенерации расширяется.

5	Функциональные возможности/уникальные возможности программы	<p>Инструмент может быть использован для решения следующих задач:</p> <ul style="list-style-type: none"> — Оценка LUEC и его компонентов для типов реакторов в соответствии с расчетными моделями, реализованными в NEST, техническими и экономическими данными, указанными пользователями. — Сравнение альтернативных вариантов ЯЭС по экономическим показателям (стационарная ЯЭС или оценка на уровне электростанции) – поддержка этапа «экономическая оценка предложений». — Выполнение анализа чувствительности/ неопределенности для LUEC или его компонентов в отношении технических и экономических данных. — Выбор наиболее эффективных (оптимальных) технических параметров для минимизации LUEC или его компонентов на основе методов прямого поиска решения задачи оптимизации. — Оценка методической погрешности расчёта LUEC, обусловленной методикой оценки LUEC.
6	Источники данных/используемые базы данных	Источники исходных данных и используемые базы данных определяются пользователем в соответствии с рассматриваемой задачей.
7	Перечень ключевых исходных данных	<ul style="list-style-type: none"> — ставка дисконтирования — технические и стоимостные данные по энерготехнологиям — распределение затрат на стадии строительства объекта, вывода из эксплуатации, ремонта ключевых компонентов установки
8	Ключевые рассчитываемые параметры	<ul style="list-style-type: none"> — экономические показатели энерготехнологий (удельные дисконтированные затраты, чистая приведенная стоимость, внутренняя норма доходности и т.д.) — результаты анализа чувствительности/ неопределенности экономических показателей к техническим и экономическим параметрам реакторных установок
9	Интерфейс	Имеется графический пользовательский интерфейс
10	Типичное время счета	Несколько секунд
11	Требования к компетенциям пользователя	Знание основ экономики топливно-энергетического комплекса, научно-технических основ ядерных энерготехнологий
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Имеются детальные инструкции для пользователей по разработке расчетных моделей с использованием инструмента. Реализуются программы обучения для пользователей. Разработаны демо-кейсы.
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков опубликованы в открытой печати (отчеты МАГАТЭ, статьи в журналах, материалы конференций и пр.).
3	Опыт применения	Пользователи инструмента – эксперты из более чем 15-ти стран. Примеры применения инструмента опубликованы в открытой печати (отчеты МАГАТЭ, статьи в журналах, материалы конференций и пр.).

ROADMAPS-ET (МАГАТЭ)

Общая информация о программе		
1	Сокращенное название/обозначение программы	ROADMAPS-ET
2	Полное название программы	ROADMAPS-Excel Tool
3	Ключевые слова, характеризующие область применения	Дорожное картирование, ядерно-энергетическое планирование, мониторинг прогресса повышения устойчивости ЯЭС
4	Версия программы на дату заполнения	ROADMAPS-ET v 1.0
5	Разработчик программы (авторы, организация)	Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) Программа разрабатывается с 2012 года в МАГАТЭ
6	Владелец программы	МАГАТЭ
7	Условия распространения	Бесплатно, по запросу
8	Поддержка/актуализация	Поддержку и актуализацию программы осуществляет секция ИНПРО МАГАТЭ
9	Отчуждаемость программы (необходимость авторского сопровождения)	Программа является полностью отчуждаемой от разработчика, авторское сопровождение не требуется
Программные требования и характеристики		
1	Язык программирования	Инструмент представляет собой шаблон, созданный в программе для работы с электронными таблицами Microsoft Excel
2	Требования к персональному компьютеру	Требования к персональному компьютеру определяются требованиями программы для работы с электронными таблицами Microsoft Excel, например, для Excel 2019: Процессор: 32- или 64-разрядный процессор с тактовой частотой 1 ГГц или выше с набором инструкций SSE2; Операционная система: Windows 7 или более поздняя версия, Windows 10 Server, Windows Server 2012 R2, Windows Server 2008 R2 или Windows Server 2012; Оперативная память: 1 Гб (для 32-разрядных систем); 2 Гб (для 64-разрядных систем); Свободное место на жестком диске: 3 Гб свободного места на диске
3	Требования к ОС	Программа протестирована на ОС Windows, Android, iOS
4	Требования к ПО	Наличие пакета Microsoft Office
5	Связанные и вспомогательные программы (в случае наличия)	Связанные и вспомогательные программы отсутствуют
Краткое описание программы		
1	Тип программного продукта (среда моделирования/проблемно-ориентированное ПО, прочее)	Среда моделирования
2	Назначение/область применения	Аналитическое средство для структурирования и унификации представления данных по вопросам, связанных с осуществлением перехода к устойчивым ЯЭС на национальном, региональном и глобальном уровнях.
3	Использованные математические методы, вычислительные алгоритмы	Имитационное моделирование. Визуализация дорожных карт осуществляется посредством диаграмм Ганта (популярный тип столбчатых диаграмм для иллюстрации плана, графика работ по проекту, используется в приложениях по управлению проектами).
4	Допущения и ограничения реализованной модели	Пользователь должен подготовить материальные балансы с использованием сторонних аналитических моделей/инструментов ядерно-энергетического планирования и анализа сценариев.

5	Функциональные возможности/ уникальные возможности программы	Инструмент представляет собой шаблон для создания дорожной карты, позволяющий выполнить структурированное представление планов и видения развертывания национальных ЯЭС в направлении устойчивого развития. Планы, представленные на уровне страны, могут быть объединены в совместные планы.
6	Источники данных/используемые базы данных	Источники исходных данных и используемые базы данных определяются пользователем в соответствии с рассматриваемой задачей. Возможно использовать в качестве исходных данных данные, полученные с использованием программных средств ядерно-энергетического планирования и анализа сценариев. В инструменте присутствует внутренняя база данных технических характеристик РУ для экспресс-разработки дорожных карт.
7	Перечень ключевых исходных данных	<ul style="list-style-type: none"> — общая информация о стране/регионе; — национальные планы и перспективы развития ЯЭ; — метрики текущего состояния и перспектив развития ЯЭ; — ключевые задачи и события по повышению устойчивости ЯЭС; — ожидаемая эволюция парка реакторов; — технические характеристики реакторов; — инфраструктурные и ресурсные возможности; — ключевые показатели мониторинга прогресса повышения устойчивости ЯЭС.
8	Ключевые рассчитываемые параметры	<ul style="list-style-type: none"> — детальные и агрегированные дорожные карты; — индивидуальные и совместные дорожные карты; — потребности в товарах и услугах ЯТЦ; — балансы спроса и предложений на товары и услуги ЯТЦ; — мониторинг ожидаемого прогресса повышения устойчивости ЯЭС.
9	Интерфейс	Работа с инструментом осуществляется через программу для работы с электронными таблицами Microsoft Excel
10	Типичное время счета	Несколько секунд
11	Требования к компетенциям пользователя	Знание основ и принципов дорожного картирования и ядерно-энергетического планирования
Сопутствующая документация, публикации, ссылки		
1	Руководство пользователя	Имеются детальные инструкции для пользователей по разработке дорожных карт для достижения повышенной устойчивости ядерной энергетики. Реализуются программы обучения для пользователей. Разработаны демо-кейсы.
2	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков	Результаты тестов, верификационных расчетов, бенчмарков опубликованы в открытой печати (отчеты МАГАТЭ, статьи в журналах, материалы конференций и пр.).
3	Опыт применения	Пользователи инструмента – эксперты из более чем 15-ти стран. Примеры применения инструмента опубликованы в открытой печати (отчеты МАГАТЭ, статьи в журналах, материалы конференций и пр.).

3.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЯДЕРНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Классификация программных средств технико-экономического моделирования, анализа и комплексной оценки ЯЭС

Программные средства технико-экономического моделирования, анализа и комплексной оценки ядерно-энергетических систем традиционно классифицируются в соответствии с используемыми подходами к моделированию сложных систем (см. таблица 1): аналитический подход¹, имитационный подход и оптимизационный подход. С учетом растущей популярности альтернативных и «гибридных» подходов к моделированию ядерно-энергетических систем (системная динамика, дискретно-событийное моделирование, нейронные сети и пр.), вероятно, в ближайшее время способы классификации системно-динамических моделей развивающихся ядерно-энергетических систем будут расширены.

1 Под аналитическим подходом в настоящем документе также понимается упрощенный подход к моделированию ядерно-энергетических систем, предполагающий использование программы для работы с электронными таблицами Microsoft Excel без использования макросов и расширений на основе языка программирования VBA (Visual Basic for Application).

Как можно видеть из таблицы 1 большинство из включенных в каталог моделей основаны на имитационном подходе (это восемь программ, включая АТЭК-ЯТЦ, ППМ ЯЭС, СМАК, ТЭМ ЯТЦ, ТЭМ ЯЭС, УСМ-1, CYCLE, DESAE), две программы необходимо отнести к оптимизационным программам (УСМ-1, MESSAGE) и две программы к аналитическим (упрощенным) программным средствам (Стратегия-2018, ROADMAPS-ET). Следует отметить, что программа УСМ-1 приводится в двух разделах таблицы: как имитационный, так и как оптимизационный инструмент. Это обусловлено тем, что на его базе могут быть построены также и оптимизационные модели (размерность задачи определяется возможностями оптимизатора, встроенного в электронные таблицы Microsoft Excel²). Однако, в отличие от MESSAGE оптимизационный функционал УСМ-1 скорее является дополнительным, чем основным.

В качестве платформы для создания аналитических инструментов в области технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем разработчиками часто стала использоваться программа Microsoft Excel³. Данная программа используется для создания как упрощенных (например, Стратегия-2018, ROADMAPS-ET), так и для более сложных расчетных средств (ППМ ЯЭС, ТЭМ ЯТЦ, ТЭМ ЯЭС, УСМ-1).

2 Поиск решения (в оригинале Excel Solver) является дополнительной надстройкой табличного процессора MS Excel. Разработчик программы Solver – компания Frontline System.

3 Microsoft Excel (также иногда называется Microsoft Office Excel) – программа для работы с электронными таблицами, созданная корпорацией Microsoft для Microsoft Windows, Windows NT и Mac OS, а также Android, iOS и Windows Phone. Она предоставляет возможности экономико-статистических расчетов, графические инструменты и, за исключением Excel 2008 под Mac OS X, язык макропрограммирования VBA (Visual Basic for Application). Microsoft Excel входит в состав Microsoft Office и является одним из наиболее популярных приложений в мире.

Таблица 1.

Классификация программных средств технико-экономического моделирования ЯЭС

Подход к моделированию	Достоинства	Недостатки	Программное средство
Аналитический подход (модели, основанные на табличном процессоре MS Excel)	Аналитические модели позволяют устанавливать связи между внешними и внутренними параметрами системы, что делает возможным определить наиболее целесообразные технологические параметры элементов системы Аналитические модели позволяют находить предельные производственные возможности каждого из вариантов системы	При построении аналитических моделей могут быть введены существенные упрощения Упрощения могут привести к существенным количественным и качественным отличиям результатов моделирования от поведения системы в реальных условиях	Стратегия-2018 ROADMAPS-ET
Имитационный подход	Имитационный подход позволяет описать систему с большой степенью детализации Имитационные модели полезны, когда нет законченной постановки задачи исследования и идет процесс познания объекта моделирования Имитационные модели позволяют наблюдать за поведением компонентов системы, оценить эффект от внедрения новых элементов Имитационные модели позволяют оценить реакцию системы на изменение структуры, определить последствия осуществления заданной стратегии развития	Имитационные модели не содержат механизмов сравнения отдельных вариантов развития системы, взаимозаменяемости ресурсов, приоритетного потребления ресурсов и прохождения технологических развилочек. Однако в имитационные модели могут входить подсистемы пострасчетного анализа результатов, позволяющие сравнивать варианты развития системы Имитационный подход не предусматривает направленного поиска лучшего варианта развития системы по выбранному показателю эффективности	АТЭК-ЯТЦ ППМ ЯЭС СМАК ТЭМ ЯТЦ ТЭМ ЯЭС УСМ-1 CYCLE DESAE
Оптимизационный подход	Возможность нахождения наилучших структуры/параметров системы по выбранному критерию На область входных параметров могут быть наложены ограничения в виде равенств и неравенств, отражающие особенности системы Оптимизационные модели позволяют существенно уменьшить число вариантов, подлежащих анализу, а в идеальном случае свести их до одного В процессе анализа оптимального решения возможно извлечь дополнительную информацию о свойствах системы, выявить чувствительность оптимальной структуры системы к различным параметрам	Необходимость упрощенного описания нуклидной кинетики на различных стадиях ЯТЦ Более сложный процесс интерпретации полученного результата Наличие краевых эффектов, которые проявляются в смене предпочтений в системе к концу горизонта прогнозирования в направлении, противоположном имеющему место на интервале прогнозирования	УСМ-1 MESSAGE

Несмотря на различие используемых подходов к моделированию и конкретных расчетных методик, характерной чертой всех современных системно-динамических моделей является наличие в их структуре следующих основных блоков⁴:

⁴ Следует заметить, что предложенное деление условно, а границы между блоками размыты.

(1) блок описания потребностей в определенном наборе энергетических продуктов, а также обязательств по строительству АЭС за рубежом и поставкам товаров и услуг ЯТЦ на экспорт;

(2) блок описания состава ядерно-энергетической системы, включая структуру и организацию сопряженного ЯТЦ с учетом ресурсных и инфраструктурных ограничений;

(3) блок задания параметров реакторных установок, в том числе предполагающий задание данных, необходимых для моделирования нуклидной кинетики;

(4) блок, отвечающий за оценку ключевых показателей эффективности варианта ядерно-энергетической системы, включая экономические показатели, показатели ресурсопользования, воздействия системы на окружающую среду, эффективности обращения с ОЯТ и РАО и пр.

Однако при разработке программных средств разработчики идут на определенные упрощения при описании ядерно-энергетической системы, и степень детализации при спецификации каждого блока в различных инструментах может значительно различаться. Данное обстоятельство необходимо принимать во внимание при проведении кросс-верификации различных программных средств.

Также следует отметить, что в настоящее время в ряде инструментов реализуются систематические попытки учесть географическое расположение предприятий ЯТЦ, энергетических реакторов, смоделировать соответствующие транспортные потоки между различными объектами. Однако на текущий момент внедрение такого функционала не является общей тенденцией, присущей большинству инструментов технико-экономического моделирования.

IT-особенности программного обеспечения в области технико-экономического моделирования, анализа и комплексной оценки ЯЭС

Программные средства технико-экономического моделирования, анализа и комплексной оценки ядерно-энергетических систем, как правило, создаются усилиями небольших по размеру групп квалифицированных специалистов и чаще всего этими же группами и используются. Не редки случаи, когда разработчиком программы выступает один человек. В большинстве случаев такие специалисты сочетают в себе компетенции в областях ядерной инженерии, отраслевой экономики, энергетического планирования, программирования. Исключение составляют специально разрабатываемые

коммерческие многофункциональные программные комплексы – среды моделирования, предназначенные для решения широкого круга задач в области технико-экономического моделирования. Однако такие программные системы в настоящем документе не рассмотрены.

Для большинства рассмотренных программных средств характерны монолитность, замкнутость, привязка к одной платформе и сложность переноса на другие платформы и операционные системы, высокие трудозатраты внесения значимых изменений и необходимость поддержки со стороны разработчика. Также необходимо подчеркнуть, что для большинства программных средств характерны либо полное отсутствие документации, либо сопровождение минимальной и недостаточной для стороннего пользователя документацией. Данное обстоятельство сокращает жизненный цикл программного обеспечения и сужает круг его потенциальных пользователей.

Следует отметить, что в профессиональной среде разработчиков программного обеспечения для научных целей достигнуто согласие по основным требованиям, предъявляемым к расчетному инструментарию нового поколения: такое программное обеспечение должно быть гибким, расширяемым и переносимым. Под этим понимается способность программного обеспечения к модификации, возможность внедрения новых математических методов с целью расширения функционала, адаптивность к возможным изменениям в объекте исследований, учет появления новых информационных технологий.

Подобного рода программное обеспечение должно быть разработано в соответствующей архитектуре с использованием актуальных информационных технологий, и есть основания полагать, что ряд существующих программных средств в области технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем может быть переработан и адаптирован к новым условиям. Для эффективной разработки такого рода программных средств необходимо уделять большое внимание их предварительному проектированию (в идеале, необходимо проработать весь жизненный цикл программы: от этапа проектирования до размещения программы на машинах конечного пользователя) и привлечь широкий спектр инструментальных информационных средств и технологий, что будет определять требования к квалификации разработчиков. Тем не менее стоит признать, что большинство из рассмотренных программных средств продолжают свою эксплуатацию в том виде, в котором они существуют на текущий момент, ввиду значительных финансовых, организационных и технических трудностей, возникающих при попытке их замены/перевода на новые платформы.

Необходимо отметить, что рассмотренные программные средства учитывают имевшее место в прошедшие десятилетия принципиальное изменение технологии разработки программного обеспечения для научно-технических приложений: вместо структурной парадигмы программирования разработчики стали использовать объектно-ориентированную парадигму (большинство программных средств создано на основе сравнительно новых языков программирования Python, Java, C#, и др.). В ряде программных средств также используются языки презентационного уровня (HTML, XML, JavaScript, JSP, ASP, .NET framework), язык структурированных запросов SQL и специализированные СУБД, технологии создания распределенных объектных систем, которые позволяют объединять различные уровни в единую систему (CORBA, RMI, DCOM, COM+, .NET).

Также прослеживается тренд на постепенный переход к распределенным объектным приложениям: отказ от целостной архитектуры в пользу двухуровневой «клиент-сервер» и распределенной многоуровневой архитектур. Появление данного тренда вполне естественно и обусловлено широким распространением и развитием Web-идеологии. Последовательная реализация этой концепции потенциально позволяет существенно увеличить срок жизни, расширить круг потенциальных пользователей и облегчить коммерциализацию прикладных программных средств.

Из представленных кратких описаний трудно определить отделены ли логика и вычислительные процедуры предметной области от пользовательского интерфейса и используемых баз данных. В случае реализации такого подхода переработку программных средств под новую платформу будет проще осуществить, особенно в такой динамично изменяющейся предметной области как технико-экономическое моделирование ядерно-энергетических систем, где периодически возникает потребность изменять как концепцию программы, так и вычислительные процедуры в соответствии с новыми задачами. Также из кратких описаний не ясно, необходимо ли и в какой степени изменение идеологии программы и вычислительных процедур при необходимости добавления нового программного модуля (и нового набора данных).

Направления совершенствования программных средств технико-экономического моделирования ЯЭС

Ниже приводятся некоторые актуальные направления совершенствования отечественных программных средств технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем.

Система взаимосогласованных технологических моделей переделов ЯТЦ. К настоящему моменту в отрасли существует широкая палитра локальных технологических и экономических моделей многих разнородных объектов и технологий, которые разрабатываются независимо друг от друга различными группами специалистов. Каждая из моделей описывает рассматриваемый объект с той степенью подробности, которая позволяет учесть характерные особенности работы соответствующих установок или предприятий. Эти объекты, в конечном счете, являются компонентами национальной ядерно-энергетической системы, и вполне естественно было бы предложить объединить данные модели с целью создания на этой основе единой отраслевой технико-экономической модели в соответствии с концепцией проектирования программного обеспечения «снизу-вверх». В то же время такая интеграция частных технологических и экономических моделей может оказаться не осуществимой ввиду разнородности объектов моделирования и несогласованности между собой форматов входных и выходных данных.

В этой связи представляется актуальной предварительная проработка концепции сквозной отраслевой системы кодов для технико-экономического обоснования объектов использования атомной энергии на разных уровнях (переделы ЯТЦ, модели АЭС, модели рынков), в рамках которой должны быть сформулированы требования к локальным технологическим и экономическим моделям установок или предприятий. Будучи последовательным образом проработанная такая концепция в логике «сверху-вниз» может лечь в основу платформы для разработки локальных взаимосогласованных расчетных инструментов, и существующие программные средства технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем могут быть переработаны в соответствии сформулированным требованиям, что обеспечит возможность для их последующей интеграции.

Анализ чувствительности/неопределенности, оценка рисков. Поскольку во всех системно-динамических моделях ядерно-энергетических систем неизбежно присутствуют различные неопределенности, связанные с технико-экономическими данными моделируемых энерготехнологий и технологий топливного цикла, сценарными предположениями, то программные средства должны предоставлять возможность проводить анализ чувствительности/неопределенности по отношению ко всем таким факторам. Анализ чувствительности/неопределенности – это этап, обеспечивающий повышение степени обоснованности суждений, которые делают эксперты на основе оценок с использованием расчетного инструмента, и позволяющий всем заинтересованным в результатах анали-

за лицам сделать заключение о стабильности/устойчивости полученных результатов. Анализ чувствительности выполняется, чтобы определить, насколько чувствительны конечные функционалы к изменениям отдельных входных параметров. Анализ неопределенности выполняется в тех случаях, когда необходимо изучить влияние неопределенностей, присущих всей совокупности исходных данных, на конечные результаты. С неопределенностью неразрывно связаны риски, и их количественная оценка важна для предоставления корректных суждений относительно наиболее перспективного варианта при сравнении технологических опций, находящихся на различных стадиях готовности и зрелости.

На текущий момент в большинстве отечественных программных средств технико-экономического моделирования соответствующий функционал либо совсем отсутствует, либо сильно ограничен, несмотря на то, что в методическом плане данная область является достаточно хорошо проработанной, и существуют подробные описания математических методов и вычислительных алгоритмов учета неопределенности в аналогичных по функционалу зарубежных программных средствах. В этой связи представляется важным обеспечить включение в отечественные программные средства технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем инструментов учета неопределенностей и рисков при использовании прогнозных данных о перспективных ядерных установках/технологиях.

Агрегация оценок и многокритериальный анализ. В последнее время популярным становится подход, предполагающий последующую обработку/агрегацию оценок, выполненных с использованием системно-динамических моделей в аналитических инструментах, основанных на методах многокритериального анализа решений, с целью многокритериального сопоставления и ранжирования вариантов развертывания ядерно-энергетических систем. Методы теории поддержки принятия решений при многих критериях позволяют на системной основе определять наиболее многообещающую альтернативу из набора возможных с учетом конфликтующего характера критериев, характеризующих технические показатели, потребности в ресурсах, экономические показатели наряду с другими показателями эффективности. Применение данных методов способствует тому, что процесс принятия решения становится последовательным, всесторонним, прозрачным, воспроизводимым и поддающимся проверке. Основная польза агрегации экспертных оценок на основе формализованных математических методов заключается в том, что они позволяют струк-

турировать дискурс и организовать эффективную экспертизу по выявлению наиболее перспективных опций или вариантов действий из числа доступных, с демонстрацией на количественной основе достоинств и недостатков сравниваемых вариантов. Это позволяет представить аргументированные заключения относительно привлекательности рассматриваемых опций, что может быть использовано для обоснования принимаемого решения.

В Российской Федерации многокритериальный подход к оценке эффективности энерготехнологий и технологий топливного цикла приобретает все большее распространение ввиду возможности комплексного рассмотрения ситуации на протяжении всего жизненного цикла, где важную роль играют не только чисто экономические факторы, но и факторы, которые невозможно количественно оценить в экономических категориях. В качестве критериев оценки используются разнообразные показатели экономической эффективности, эффективности использования ресурсов, потребности в мощностях топливного цикла, темпы накопления вторичных делящихся материалов и радиоактивных отходов и пр. Поскольку различные технологии могут быть объединены в систему различными способами, то при сравнении сценариев развертывания ядерно-энергетических систем число сравниваемых вариантов может стать довольно большим.

На текущий момент, в случае необходимости, многокритериальная оценка эффективности альтернативных вариантов ядерно-энергетических систем, оцененных по набору критериев с использованием системно-динамических моделей, проводится с привлечением внешних специализированных систем поддержки принятия решений. Учитывая рост популярности «гибридного» подхода к оценке эффективности альтернативных вариантов ядерно-энергетических систем на основе синтеза системно-динамического моделирования и многокритериального анализа, может оказаться полезным включение в отечественные программные средства технико-экономического анализа инструментов многокритериального сопоставления и ранжирования альтернативных вариантов ядерно-энергетических систем. Благодаря тому, что существуют подробные описания математических методов и вычислительных алгоритмов агрегации экспертных оценок, внедрение такого функционала в существующее программное обеспечение не должно вызвать серьезных трудностей.

Внедрение механизмов оптимизации и приоритетности прохождения технологических развилки. В настоящий момент практически все отечественные инструменты технико-экономического моделирования

ядерно-энергетических систем являются имитационными программными средствами. Несмотря на очевидное достоинство имитационного подхода в возможности описания системы с высокой степенью детализации, принципиальным неустранимым недостатком имитационных моделей является то, что они не содержат механизмов сравнения отдельных вариантов развития системы и приоритетности потребления взаимозаменяемых ресурсов. Таким образом пользователю необходимо делать предположения обо всех свободных параметрах модели, в том числе тех, которые хотелось бы определить по результатам расчетного моделирования, например временные сроки и масштабы внедрения различных энерготехнологий и технологий топливного цикла в систему, структуру загрузки предприятий топливного цикла, последовательность потребления взаимозаменяемых ресурсов, переработки ОЯТ различных реакторов и пр. Поскольку имитационный подход не предусматривает направленного поиска лучшего варианта развития системы по сравнению с исследуемым вариантом, это ограничивает область применения имитационных моделей.

Этот недостаток имитационных моделей может быть частично компенсирован применением эвристических методов оптимизации и имитационно-динамического моделирования (системной динамики). Перспективным представляется интеграция имитационного моделирования с методами исследования пространства параметров, что позволяет реализовать современные методы многокритериальной оптимизации. С учетом вышесказанного представляется целесообразным включать в программные средства технико-экономического моделирования и комплексной оценки эффективности ядерно-энергетических систем оптимизационные расчетные механизмы и механизмы, определяющие приоритетность прохождения технологических развилок, с последующим созданием на этой основе усовершенствованных «гибридных» программных комплексов технико-экономического моделирования.

Актуальные задачи в области технико-экономического моделирования ЯЭС

Как можно видеть из предыдущих разделов в настоящее время используются разнообразные методические подходы технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем, и на их основе созданы и эксплуатируются различные инструментальные средства.

Однако открытыми остаются вопросы верификации/валидации, отчуждаемости, расширяемости, придания большей гибкости и функциональности национальному программному обеспечению технико-экономического моделирования и связанному с ним баз данных. При этом имеет место изолированность разработчиков и пользователей различного программного обеспечения и отсутствие систематического взаимодействия и координации между ними, что, безусловно, сдерживает дальнейшее развитие такого рода программных средств. По факту профессиональная сеть специалистов в данной предметной области не функционирует – эффективного нетворкинга (от англ. networking) не происходит. Сложившуюся ситуацию нельзя признать приемлемой в условиях возрастания значимости системно-аналитических и прогнозных исследований, и в этой связи представляются актуальными следующие направления активизации взаимодействия между разработчиками и пользователями программного обеспечения технико-экономического моделирования.

Обмен опытом разработки и использования программных средств технико-экономического моделирования. Крайне актуальным на первом этапе является активизация обмена опытом разработки и использования программных средств, что может осуществляться посредством мероприятий в формате отраслевых семинаров на регулярной основе для обеспечения информационного обмена между разработчиками и пользователями программных средств моделирования в области использования атомной энергии, и/или организация специализированных секций по технико-экономическому моделированию в рамках отраслевых научных конференций. Одной из целей такого рода мероприятий должно являться обсуждение возможных форматов активизации кооперации в области разработки, тестирования и практического использования программных средств технико-экономического моделирования и комплексной оценки вариантов национальной ядерно-энергетической системы (например, разработка расчетных бенчмарков, поддержка и актуализация реестра программного обеспечения, специализированных баз данных сценарных условий и технико-экономических параметров и пр.).

Также представляется важной организация целенаправленной работы по сбору, систематизации, обработке и обеспечению доступа к публикациям по технико-экономическому моделированию, в том числе с целью анализа и перенятия лучших международных практик. При

этом необходимым представляется учет при разработке отечественного программного обеспечения международного опыта совершенствования методических подходов и аналогичных инструментальных средств. На этой основе возможна последующая подготовка и распространение аналитических материалов, описывающих лучшие отечественные и зарубежные практики в предметной области, методические подходы и инструментальные средства технико-экономического моделирования.

Формирование баз данных и баз знаний по технико-экономическим параметрам и сценарным условиям. Построение технико-экономических моделей систем ядерной энергетики и сбор данных для них могут быть распределены между различными специалистами и организациями, что представляет собой эффективное решение проблемы ограниченных финансовых ресурсов, выделяемых на отраслевые системные исследования. Опыт подготовки Стратегии-2018 демонстрирует эффективность данного подхода: в создании и верификации модели участвовал широкий спектр отраслевых экспертов-представителей Управления ЖЦ ЯТЦ Госкорпорация «Росатом», ДСУ Госкорпорация «Росатом», ПО «Формирование системы обращения с ОЯТ» Госкорпорация «Росатом», АО «Концерн Росэнергоатом», НИЦ «Курчатовский институт», ИТЦП «Прорыв», РФЯЦ – ВНИИТФ, АО «ОКБ Гидропресс», АО «ОКБМ Африкантов».

В этой связи создание, актуализация и сопровождение баз данных по технико-экономическим параметрам энерготехнологий и технологий топливного цикла, а также и сценарным условиям является важной и актуальной активностью в области технико-экономического моделирования. Такого рода база данных может стать основой для формирования единых сценарных условий при проведении комплексных сценарных исследований в обоснование принятия стратегических решений в атомной отрасли. При этом желательно, чтобы формируемые базы данных отражали также и неопределенности, присущие каждой из внесенных в базу характеристик. Для информационного наполнения баз данных целесообразно также привлечение международных баз данных и баз знаний, сформированных в МАГАТЭ, АЯЭ/ОЭСР, Всемирной ядерной ассоциации, Европейском сообществе по атомной энергии, Департаменте энергетики США и прочих профильных зарубежных и международных организациях с целью их переработки, адаптации и использования в отрасли.

Кросс-верификация программных средств технико-экономического моделирования. Выше отмечалось, что к настоящему моменту вопросам кросс-верификации программных средств в данной предметной области не уделялось достаточного внимания. Ситуация усугубляется тем, что программные продукты системного моделирования в большинстве своем являются неотчуждаемыми и привязаны к обособленным группам разработчиков, при этом отсутствуют общедоступные математические описания и инструкции пользователей. Такая ситуация приводит к взаимному непризнанию результатов системного моделирования, полученных различными группами специалистов, что в целом компрометирует активность в области технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем. В конечном счете сложившаяся ситуация сдерживает практическую взаимосвязь результатов вариативных сценарно-аналитических исследований на базе программных средств технико-экономического моделирования в решении практических задач при реализации ключевых отраслевых программ.

По указанным причинам для однотипных моделей по согласованию с их разработчиками представляется целесообразным провести кросс-верификацию моделей на базе конкретных практических задач. Реализация этой задачи потребует подготовить/собрать предложения по кросс-верификации программных средств, разработать и согласовать набор бенчмарков для кросс-верификации, определить состав участников, сроки проведения кросс-верификации, формат/объем/содержание отчетных материалов, провести кросс-верификацию и подготовить отчет, содержащий результаты кросс-верификации программных средств. В качестве ориентиров при подготовке и проведении кросс-верификации могут быть использованы материалы кросс-верификационных исследований для аналогичных по функционалу зарубежных программных средств, подготовленные в МАГАТЭ и АЯЭ/ОЭСР, где соответствующим вопросам уделялось много внимания. Первым шагом в данном направлении в Российской Федерации явилась разработка в 2020 г. документа «Расчетные тесты для кросс-верификации программных средств технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем», в котором представлено описание набора из трех расчетных тестов для кросс-верификации программных средств технико-экономического моделирования.

Артикуляция требований к программным средствам технико-экономического моделирования нового поколения. Отсутствие четко обозначенных требований к модельным предположениям и функцио-

нальным возможностям программных средств технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем, обеспечивающих возможность их использования для комплексной оценки вариантов национальной системы атомной энергетики, приводит к тому, что схожие по постановке задачи решаются с использованием расчётных инструментов, основанных на предположениях, которые могут значительно различаться в различных программах. Каждый инструмент изначально создавался для специфического круга задач и поэтому обладает определенными характерными особенностями, обусловленными как базовыми компетенциями разработчиков, так и спецификой деятельности организации, в которой велась разработка. При использовании таких программ для решения иного круга задач возникает вопрос о корректности сделанных модельных предположений и необходимости обоснования приемлемости данных предположений для нового класса задач. Как правило, такого рода анализ не проводится и соответствующие обоснования не предъявляются, а в качестве результатов исследований предоставляются количественные оценки тех или иных показателей эффективности системы без четкого обозначения тех предположений, при которых они были получены. В условиях, когда отсутствуют математические описания реализованных расчетных моделей, полученные таким образом итоговые цифры перестают представлять ценность, поскольку процедура их получения становится не прозрачной и не воспроизводимой.

Отчасти разрешить обозначенную проблему может помочь унификация модельных предположений и исходных данных для моделирования и самих инструментов моделирования, разрабатываемых и используемых разными группами отраслевых специалистов. С этой целью необходимо разработать и утвердить единые отраслевые требования к техническим характеристикам программных средств, используемых для системного анализа атомной энергетики в отрасли при проведении технико-экономических исследований. Такого рода требования впоследствии могут лечь в основу технического задания на единое отраслевое программное средство технико-экономического моделирования, а также для целей интеграции отдельных моделей или элементов моделей в систему проведения сценарно-аналитических исследований отраслевого уровня.

Разработка программных средств технико-экономического моделирования нового поколения. В случае если удастся разработать,

согласовать и утвердить методические указания к техническим характеристикам программных средств системного моделирования для их имплементации в отраслевых специализированных программных средствах, то на этой базе можно поставить задачу по формированию единой отраслевой модели, интегрирующей существующие решения для обеспечения долгосрочного прогнозирования технико-экономических показателей развития отрасли. В рамках реализации данной задачи также представляется целесообразным разработать интерфейсы, обеспечивающие взаимосвязь программного средства технико-экономического моделирования с другими подходами и программными средствами, используемыми для комплексного технико-экономического обоснования инженерных и управленческих решений в атомной отрасли (многокритериальный анализ, оценка жизненного цикла, дорожное картирование и пр.).

Содействие внедрению результатов сценарно-аналитических исследований для поддержки реализации ключевых отраслевых программ. В настоящий момент в отрасли параллельно уже рассматривается целый ряд задач, для решения которых используются те или иные инструменты технико-экономического моделирования: технико-экономическое обоснование продуктового направления «Сбалансированный ЯТЦ», технико-экономическое обоснование реакторной технологии ВВЭР-С, технико-экономическое обоснование многокомпонентных систем с РТН и РБН, технико-экономическое обоснование ПЭК с РБН, технико-экономическое обоснование развития направлений «Водородная энергетика» и АСММ, обоснование технико-экономических показателей стратегии Госкорпорации «Росатом», оценка объемов зарубежных рынков.

Указанный перечень далеко не исчерпывающий и потребность в качественном расчетно-аналитическом инструментарии продолжает расти и будет расти в будущем. Поэтому многие профильные специалисты и группы специалистов могли бы внести продуктивный вклад в соответствующие работы с целью обеспечить практическую взаимосвязь результатов вариативных сценарно-динамических исследований и практических задач, возникающих при реализации ключевых отраслевых программ. Таким образом требуется подготовить реестр и обозначить приоритетные направления и ключевые отраслевые программы, в которых востребованным является использование усовершенствованных средств системного моделирования и комплексной оценки эффектив-

ности в области использования атомной энергии, а также подготовить предложения по механизмам обеспечения и возможным форматам участия разработчиков и пользователей программных средств технико-экономического моделирования в такого рода работах.

Решению указанных задач будет способствовать создание единого центра ответственности за формирование отраслевой базы знаний/исходных данных и сценарных условий для проведения комплексных сценарно-аналитических исследований в обоснование принятия стратегических решений в атомной энергетике, а также закрепление функциональной ответственности структурных подразделений Госкорпорация «Росатом»/организаций в контуре Госкорпорация «Росатом» за решение локальных задач на базе единого, взаимосогласованного методического и расчетного инструментария.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Системные исследования и технико-экономическое моделирование ядерно-энергетических систем на протяжении более полувека продуктивно использовались отраслевыми специалистами для поиска и обоснования путей повышения конкурентоспособности, эффективности, безопасности и экологической приемлемости технологий и объектов ядерной техники. В последнее десятилетие актуальность такого рода исследований возросла ввиду нарастания неопределенности в энергетическом секторе экономики, ужесточающейся конкуренции на мировом рынке ядерных технологий вследствие выхода новых крупных игроков на рынок и тенденции отказа от использования ядерных технологий. С другой стороны, наблюдается планомерное расширение сфер приложения ядерной техники и всеобщее признание ключевой роли ядерных технологий в обеспечении геополитических интересов. Поэтому надлежащее технико-экономическое обоснование эффективности объектов использования атомной энергии ныне является более актуальным, чем когда-либо ранее, а глубина и качество выполненных обоснований определяет не только настоящее, но и будущее ядерных технологий.

В связи с этим в настоящий момент значительное внимание уделяется разработке и совершенствованию программных средств технико-эко-

номического моделирования и комплексной оценки ядерно-энергетических систем, которым в создавшихся условиях не видно альтернативы. Для решения этой задачи во всем мире ведутся работы по совершенствованию существующих и созданию новых инструментальных средств, позволяющих выполнить расчетные оценки и принять обоснованные решения о выборе перспективных направлений развития.

В настоящем каталоге приведены краткие описания и сравнительная характеристика используемых в Российской Федерации программных средств для технико-экономического моделирования, анализа и комплексной оценки систем ядерной энергетики и объектов использования атомной энергии с указанием областей их возможного применения. Несмотря на разнообразие инструментов необходимо признать, что сохраняется потребность в дальнейшем их совершенствовании и расширении функционала, что обеспечит им возможность оставаться актуальным средством поддержки профессионального дискурса о будущем ядерных технологий. Разработка и совершенствование подобного рода программного обеспечения на современном этапе должна выполняться с учетом современных тенденций в области информационных технологий, которые за последние годы претерпели существенные изменения. Прежде всего, это переход к работе в локальных и глобальных сетях, а также доступность широкого спектра новых инструментальных средств и технологий, позволяющих обеспечить программному обеспечению гибкость, расширяемость и переносимость.

МЕМОРАНДУМ

отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем»

г. Москва

13 февраля 2020 г.

По итогам обсуждения докладов отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем» рекомендовать:

1. Рассмотреть возможность проведения мероприятия в формате отраслевого семинара на регулярной основе для активизации информационного обмена между разработчиками средств программного моделирования в области использования АЭ и ЯЭЦ.
2. В части систематизации и унификации исходных данных для моделирования и инструментов моделирования, разрабатываемых и используемых разными группами отраслевых специалистов:
 - 2.1. Вынести на рассмотрение руководства Госкорпорации «Росатом» вопрос определения единого центра ответственности за формирование отраслевой базы знаний / исходных данных и сценарных условий для проведения комплексных сценарно-аналитических исследований в обоснование принятия стратегических решений в ядерной энергетике.
 - 2.2. Провести сбор, анализ и каталогизацию информации («библиотека кодов») об имеющихся моделях с описанием их основных характеристик (разработчик, специализация, расчетные параметры и пр.) и описанием области их возможного использования для целей технико-экономического моделирования.
 - 2.3. Разработать и утвердить единые отраслевые требования к техническим характеристикам программных средств, используемых для системного анализа ядерной энергетики в отрасли для проведения технико-экономического обоснования внедрения новых технологических решений.
3. Рассмотреть возможность разработки ТЗ на единую ПС ТЭМ/единую отраслевую модель, интегрирующую существующие решения для обеспечения долгосрочного прогнозирования технико-экономических показателей развития ядерной энергетики, а также для целей интеграции отдельных моделей или элементов моделей в систему проведения сценарно-аналитических исследований отраслевого уровня.
4. Для однородных локальных моделей по согласованию с их разработчиками рассмотреть возможность кросс-верификации таких моделей

на базе конкретных практических задач. Определить механизм использования полученных разработчиками РИД и режим (способ) обмена данными.

5. Обеспечить широкое распространение информации о возможностях существующего международного инструментария в области ТЭМ и многокритериального анализа ИНПРО/MAGATЭ: NEST (Nuclear Economics Support Tool), MESSAGE-NES, KINDS-ET, ROADMAPS-ET для их практического использования. Обратит внимание на то, что указанные инструменты и соответствующие инструкции доступны и бесплатны для пользователей.

6. В целях совершенствования существующих ПС ТЭМ на среднесрочную перспективу:

6.1. Обеспечить включение в ПС ТЭМ инструментов учета неопределенностей и рисков при использовании прогнозных данных о перспективных ядерных установок/технологий многокомпонентных ЯЭС.

6.2. Рассмотреть способы и методы включения в ПС ТЭМ оптимизационных расчетных механизмов.













6.3. Рассмотреть возможность реализации усовершенствованных «гибридных» подходов к ТЭМ ЯЭС (интегрированный имитационно-оптимизационный подход, системная динамика, МКА и пр.).

7. Обеспечить практическую взаимосвязь результатов вариативных сценарно-аналитических исследований на базе ПС ТЭМ и последующей приоритизации практических задач при реализации ключевых отраслевых программ.

8. Поддержать проведение специализированного семинара по ТЭМ перспективных ЯЭС в рамках международной научной конференции ««Атомная энергия: вызовы и перспективы» (Россия, г. Сочи, 30 сентября – 3 октября 2020 г.).

9. Подготовить распорядительный документ отраслевого уровня, определяющий функциональную ответственность структурных подразделений ГК «Росатом»/организаций в контуре ГК «Росатом» за решение указанных задач.

Программа семинара и список участников прилагаются.

СОГЛАСОВАНО:	3	4	Заместитель директора – директор Центра аналитических исследований и разработок ЧУ «Наука и инновации»  Питуйин П.Б.	Директор Департамента экономического анализа Г оскорпорации «Росатом»  Помчалова Е.В.	Научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт»  Родионова Е.В.	Научный сотрудник НТЦ ЯРБ НИИЯУ «МИФИ»  Брил'янов Б.Д.	Ученый секретарь секции по проектированию НТС АО «ФЦНИИТ «СНПО «Элерон»  Завадский М.И.
Младший научный сотрудник НИЦ «Курчатовский институт»  Гурин А.В.	Начальник группы НИО-3 «РФЯЦ-ВНИИТФ»  Дырда Н.Д.	Главный научный сотрудник АО «Прорыв»  Муравьев Е.В.	Начальник отдела технико-экономического анализа АО «НИКИЭТ им. Н. А. Доллежаль»  Молоканов Н.А.	Главный эксперт отдела стратегического планирования АО «Концерн Росэнергоатом»  Теплов И.С.	Старший научный сотрудник АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»  Мосеев А.Л.	Директор департамента по инновациям и технологиям АО «Техснабэкспорт»  Барьянтиков М.В.	

ПРИЛОЖЕНИЕ II

Список экспертов, подготовивших описания программных средств

Программный комплекс	Организация	Эксперты
Программные комплексы для сценарно-динамического анализа и технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем		
АТЭК-ЯТЦ	ФГУП «РЯЦ ВНИИТФ»	Макеева И.Р., начальник лаборатории, НИО-3 РЯЦ-ВНИИТФ
ППМ ЯЭС	ИАТЭ/НИЯУ МИФИ	Андрианов А.А., руководитель группы, ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации»
СМАК	АО «НИКИЭТ»	Молоканов Н.А., начальник отдела, Отдел технико-экономического анализа
Стратегия-2018	НИЦ «Курчатовский институт»	Теплов П.С., главный эксперт, управление стратегического планирования и риск-менеджмента
ТЭМ ЯТЦ	АО «ТВЭЛ», НИЦ «Курчатовский институт»	Косоуров Е.К., руководитель проекта по созданию ядерного топлива для CFR 600
ТЭМ ЯЭС	АО «Концерн Росэнергоатом», НИЦ «Курчатовский институт», ВНИИАЭС	Теплов П.С., главный эксперт, управление стратегического планирования и риск-менеджмента
УСМ-1	Частное учреждение «ИТЦП «Прорыв»	Муравьев Е.В., начальник отдела
CYCLE	АО «ГНЦ РФ – ФЭИ»	Мосеев А.Л., старший научный сотрудник в области математического моделирования ЯТЦ
DESAE	НИЦ «Курчатовский институт»	Родионова Е.В., научный сотрудник НИЦ КИ
MESSAGE	МАГАТЭ	Андрианов А.А., руководитель группы, ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» (на основании информационных источников МАГАТЭ)

Программный комплекс	Организация	Эксперты
Программные комплексы технико-экономической оценки объектов использования атомной энергии		
ИС TCM NC	Частное учреждение «ОЦКС»	Плотников А.С., руководитель проектного офиса
САПР ПОЛИНОМ	АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»	Валуев О.Н., главный специалист
СППОР	НИЯУ МИФИ НТЦ ЯРБ	Крянев А.В., профессор НИЯУ МИФИ, Бриллиантов Б.Д., младший научный сотрудник ОРБ НТЦ ЯРБ
СУИД «НЕОСИНТЕЗ»	АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»	Валуев О.Н., главный специалист
COST	АО «ВНИИАЭС»	Павлов А.С., заместитель руководителя Департамента экспертизы и оптимизации проектных решений

InterBridge	АО «ФЦНИВТ «СНПО «Элерон»	Валуев О.Н., главный специалист
FINPLAN	МАГАТЭ	Федоров М.И., руководитель проектного офиса, Фесенко Г.А., главный эксперт по международной деятельности АНО ДПО «Техническая академия Росатома» (на основании информационных источников МАГАТЭ)
KIND-ET	МАГАТЭ	Андрианов А.А., руководитель группы, ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» (на основании информационных источников МАГАТЭ)
NEST	МАГАТЭ	Андрианов А.А., руководитель группы, ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» (на основании информационных источников МАГАТЭ)
ROADMAPS-ET	МАГАТЭ	Андрианов А.А., руководитель группы, ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» (на основании информационных источников МАГАТЭ)

Прочие разделы каталога	Организация	Эксперты
Введение Заключение	ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации»	Птицын П.Б., директор ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» Андрианов А.А., руководитель группы, ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации»
Раздел 3	ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации», НИЦ «Курчатовский институт»	Птицын П.Б., директор ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» Андрианов А.А., руководитель группы, ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» Купцов И.С., советник ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» Гурин А.В., старший научный сотрудник НИЦ КИ
Приложение I, II, III	ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации»	Квятковский С.А., аналитик ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» Купцов И.С., советник ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации»
Анкета	ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации», НИЦ «Курчатовский институт»	Птицын П.Б., директор ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» Гурин А.В., старший научный сотрудник НИЦ КИ Квятковский С.А., аналитик ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» Андрианов А.А., руководитель группы, ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации»
Сбор и обработка информации	ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации»	Квятковский С.А., аналитик ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации» Купцов И.С., советник ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации»

ПРИЛОЖЕНИЕ III

Отраслевой ресурс по программным средствам технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем

Дополнительная информация по каждому рассмотренному в данном каталоге программном средстве размещена на отраслевом ресурсе по программным средствам технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем. Информационный ресурс размещён на платформе Информационная система «Управление корпоративной социальной сетью» Госкорпорация «Росатом» в открытом сегменте корпоративной сети и предоставляет пользователям сервисы по обеспечению доступа к аналитическим материалам, базам данных, справочным и интерактивным ресурсам по тематике технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем. Доступ к ресурсу может быть получен по следующей ссылке:

<https://ukssm.rosatom.ru/sites/nii-tem>

The screenshot shows the website interface for 'Профессиональная сеть экспертов' (Professional Network of Experts). The main header includes the site name and navigation links: 'КАТАЛОГ СООБЩЕСТВ', 'Личный кабинет', and 'РАСШИРЕННЫЙ ПОИСК'. A search bar is located in the top right corner.

On the left side, there is a vertical navigation menu with the following items: Библиотека документов, Медиафайлы, Журнал сообщества, Энциклопедия, Банк идей, Задачи, Мероприятия, Сессии, Ссылки, Новости сообщества, Обсуждения, Участники, Для гостей сообщества, and Последние.

The main content area is titled 'Программные средства для Технико-экономического моделирования' and features a 'Навигация' (Navigation) section with several icons and labels:

- Каталог программ (Catalog of programs)
- Описание программных средств (Description of software tools)
- Руководящие документы (Guiding documents)
- Материалы семинаров (Seminar materials)
- Бенчмаринг (Benchmarking)
- Библиография (Bibliography)
- Медиафайлы (Media files)
- Обсуждение ПС ТЭМ (Discussion of TEM software)
- Полезные ссылки (Useful links)
- Участники (Participants)

Below the navigation section, there is a 'Новости сообщества' (Community news) section.

On the right side, there is a section titled 'Пять последних добавленных ссылок' (Five last added links). It includes a search bar and a table of links:

Изменить	URL-адрес	Примечания	Элементов	Оценка (0-5)
<input checked="" type="checkbox"/>	Описание программ и методологий МАГАТЭ примененная при энергетическом планировании и моделировании	...	0	☆☆☆☆☆ 0
<input type="checkbox"/>	Описание инструментов энергетического планирования МАГАТЭ	...	0	☆☆☆☆☆ 0
<input type="checkbox"/>	Базы данных МАГАТЭ по ядерно-энергетическим реакторам PRIS	...	0	☆☆☆☆☆ 0
<input type="checkbox"/>	Базы данных ВРО по ядерно-энергетическим реакторам	...	0	☆☆☆☆☆ 0

Below the table, there is a 'Форум' (Forum) section with a 'Последние' (Latest) link and a 'Полезная информация' (Useful information) section with the author 'Андреев Андрей Алексеевич' and the date '20 мая'.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беленький В.З., Белостоцкий А.М. Математическое моделирование развития ядерной энергетики. – М.: Наука. 1979.
2. Чернавский С.Я. Системное прогнозирование ядерной энергетики: Теория и методы. – М.: Наука. 1980.
3. Silvennoinen P. Nuclear Fuel Cycle Optimization: Methods and Modelling Techniques, Pergamon Press, New York, 1982.
4. Бубнов В.П. Курцман М.В. Выбор параметров АЭС с быстрым реактором в системе ядерной энергетики/ под ред. В.Б. Нестеренко. – Мн.: Наука и техника, 1988. – 96 с.
5. Клименко А.В. Математическая модель оптимизации энергосистемы и ее применение: Монография. – М.: НИЯУ МИФИ, 2010. – 292 с.
6. Андрианов А. А., Коровин Ю. А., Федорова Е. В. Оптимизация систем ядерной энергетики в среде энергетического планирования MESSAGE /М-во образования и науки РФ, Нац. исслед. ядер. ун-т "МИФИ", Обнин. ин-т ядер. энергетики. – Обнинск: ИАТЭ, 2012. – 132 с.
7. Алиев Д. Ф., Козлов М. В., Кривенков П. М., Сидоренко В. Н. Современные динамические задачи в атомной энергетике и методы их решения / М.: URSS, М.: ЛЕНАНД, 2015. – 285 с.
8. Двухкомпонентная ядерная энергетическая система с тепловыми и быстрыми реакторами в замкнутом ядерном топливном цикле / Алексеев П. Н. [и др.]; под ред. Пономарева-Степного Н. Н. – М.: Техносфера, 2016. – 160 с.
9. Муравьев Е.В. Системные исследования в обоснование стратегии развития ЯЭ. – М.: АО «НИКИЭТ», 2019. – 412 с.
10. Андрианов А.А., Квятковский С.А., Купцов И.С., Крупнова А.П., Птицын П.Б. Подходы, методы и инструменты многокритериального анализа в обоснование инженерных и управленческих решений в атомной отрасли: обзор международного опыта и практик / Частное учреждение «Наука и инновации» Центр анал. исслед. и разраб., Росатом. - М., 2020. - 84 с. - Деп. 04.05.20, No 26-B2020. DOI: 10.36535/0202-6120-2020-04-26-2020.
11. Андрианов А.А., Гурин А.В., Дырда Н.Д., Квятковский С.А., Макеева И.Р., Молоканов Н.А., Муравьев Е.В., Птицын П.Б., Родионова Е.В., Теплов П.С. Программные комплексы технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем: текущее состояние и перспективы развития. Атомная энергия, 2020, том 128, номер 6, с. 344–352.
12. Расчетные тесты для кросс-верификации программных средств технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем. М.: ЦАИР Частное учреждение «Наука и инновации», 2020. – 31 с.

При подготовке каталога использовались материалы докладов отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем» (Госкорпорация «Росатом», г. Москва, 13 февраля 2020 г.)

- 1.** Птицын П.Б. Цели и задачи отраслевого семинара по технико-экономическому моделированию многокомпонентных ЯЭС/ Доклад №1 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.
- 2.** Теплов П.С. Задачи системного моделирования в ядерной энергетике/ Доклад №2 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.
- 3.** Гурин А.В., Теплов П.С., Фомиченко П.А. Развитие расчетного инструмента технико-экономического моделирования ЯЭС/ Доклад №3 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.
- 4.** Дырда Н. Д. Программный комплекс АТЭК-ЯТЦ. Возможности технико-экономического моделирования ядерных топливных циклов/ Доклад №4 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.
- 5.** Муравьев Е.В. УСМ: 1 Краткая характеристика и опыт применения в системных исследованиях/ Доклад №5 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.
- 6.** Молоканов Н.А. Программный комплекс «СМАК»/ Доклад №6 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.
- 7.** Колтун О.В., Павлов А.С., Темишев Р.Р. Моделирование двухкомпонентной ЯЭС с учетом особенностей возведения АЭС, Доклад №7 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирование многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.
- 8.** Плотников А.С. Единый инструмент управления стоимостью и сроками проектов сооружения ОИАЭ/ Доклад №8 Отраслевого семинара

«Технико-экономическое моделирования многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.

9. Мосеев А.Л. Инструмент системного анализа ЯТЦ – код CYCLE/ Доклад №9 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирования многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.

10. Кузнецов В.В., Фесенко Г.А., Андрианов А.А. Инструментальные средства МАГАТЭ/ИНПРО оценки экономической эффективности, сценарного анализа и оптимизации, сравнительного анализа и дорожного картирования ЯЭС/ Доклад №10 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирования многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.

11. Щекочихин А.А. Опыт АО «Техснабэкспорт» по построению финансово экономических моделей по обращению с ОЯТ для Заказчиков / Доклад №11 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирования многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.

12. Невиница В.А., Родионова Е.В., Смирнов А.Ю. Многокритериальная экономическая оптимизация каскадных схем обогащения регенерированного урана/ Доклад №12 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирования многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.

13. Бриллиантов Б. Д., Крянев А. В. Разработка системы поддержки принятий оптимальных решений (СППОР) при реализации процесса вывода из эксплуатации объектов использования атомной энергии/ Доклад №13 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирования многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.

14. Завадский М.И., Муханов И.Б, Наумов А.О., Предложение по расширению полигона объектов для моделирования ЯЭС в РФ/ Доклад №14 Отраслевого семинара «Технико-экономическое моделирования многокомпонентных ядерно-энергетических систем», Госкорпорация «Росатом», 13 февраля 2020 г.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

АСУТП – автоматизированная система управления технологическим процессом

АЭ – атомная энергетика

АЭПК – атомный энергопромышленный комплекс

АЭС – атомная электростанция

АЯЭ – Агентство по ядерной энергии ОЭСР

БД – база данных

ВАО – высокоактивные отходы

ВЭ – вывод из эксплуатации

ДМ – делящиеся материалы

ДПМ – договор о предоставлении мощности

ДЦИ – длительный цикл изготовления

ЕРР – единица работы разделения

ЖСР – жидкосолевой реактор

ЗЯТЦ – замкнутый ядерный топливный цикл

ИНПРО – Международной проект по инновационным ядерным реакторам и топливным циклам МАГАТЭ

ИР – интеграционные решения

ИС – информационная система

КИРО – комплексное инженерно-радиационное обследование

КИУМ – коэффициент использования установленной мощности

КПД – коэффициент полезного действия

МАГАТЭ – Международное агентство по атомной энергии

МИПСА – Международный институт прикладного системного анализа

МОКС – смешанное уран-плутониевое оксидное топливо

НИОКР – научно-исследовательская и опытно-конструкторская работа

ОИАЭ – объекты использования атомной энергии

ОРЭМ – оптовый рынок электроэнергии и мощности

ОС – операционная система

ОТВС – отработавшая тепловыделяющая сборка

ОЭСР – Организация экономического сотрудничества и развития

ОЯТ – облучённое ядерное топливо

ПК – персональный компьютер

ПМ – программный модуль

ПО – программное обеспечение

ПС – программное средство
РАО – радиоактивные отходы
РБН – реактор на быстрых нейтронах
РЕМИКС – топливо из выделенной уран-плутониевой смеси с добавлением обогащённого урана
РС – регенерированное сырьё
РТ – регенерированное топливо
РТН – реактор на тепловых нейтронах
РУ – реакторная установка
САПР – система автоматизированного проектирования
СДП – свободный денежный поток
СМР – строительно-монтажные работы
СППР – система поддержки принятия решений
ТВС – тепловыделяющая сборка
твэл – тепловыделяющий элемент
ТМ – тяжёлые металлы
ТЭИ – технико-экономическое исследование
ЭЛЯЭУ – электро-ядерная энергетическая установка
ЯТЦ – ядерный топливный цикл
ЯЭ – ядерная энергетика
ЯЭС – ядерно-энергетическая система
ЯЭУ – ядерные энергетические установки
LUES, LCOE – удельные дисконтированные затраты на производство электроэнергии
SLCOE – системные удельные дисконтированные затраты на производство электроэнергии

АВТОРСКИЕ ПРАВА И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ОБ ОГРАНИЧЕННОЙ ОТВЕТСТВЕННОСТИ

Авторские права на материалы, опубликованные в данном каталоге, за исключением особо оговоренных случаев (Разделы 1, 2, Приложения I, II), принадлежат Центру аналитических исследований и разработок частного учреждения «Наука и инновации» Госкорпорации «Росатом». Незаконное копирование и распространение информации, защищенной авторским правом, преследуется по Закону. Все материалы, представленные в настоящем каталоге, носят информационный характер и являются частным суждением авторов. Центр аналитических исследований и разработок не несет ответственности за любые потери, убытки либо другие неблагоприятные последствия, произошедшие в результате использования информации, содержащейся в настоящем каталоге, за прямой или косвенный ущерб, наступивший вследствие использования данной информации, а также за достоверность информации, полученной из внешних источников. Любое использование материалов публикации допускается только при оформлении надлежащей ссылки на данный каталог.

©2021 Частное учреждение «Наука и инновации», Центр аналитических исследований и разработок, Госкорпорация «Росатом».

Каталог подготовлен
Центром аналитических исследований и разработок
Частное учреждение «Наука и инновации»
Государственная корпорация «Росатом»

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ОТЧЕТЫ ЦАИР, ВЫПУЩЕННЫЕ В 2020 ГОДУ:

- Международные практики и методы управления НИОКР и инновациями в крупных зарубежных наукоемких корпорациях и органах государственного управления в области использования атомной энергии
- Подходы, методы и инструменты многокритериального анализа в обоснование инженерных и управленческих решений в атомной отрасли: обзор международного опыта и практик
- Структура управления и тенденции развития национальной атомной энергетики и промышленности Китая
- Обоснование экспортного потенциала технологии БН
- Технологические и экономические аспекты проектов атомных станций малой мощности (АСММ)

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ОТЧЕТЫ ЦАИР, ВЫПУЩЕННЫЕ В 2021 ГОДУ:

- Технические и экономические аспекты использования исследовательских ядерных реакторов для обеспечения инновационного развития атомной энергетики и прикладных исследований
- Анализ вариантов использования зарубежных центров ядерной науки и технологий для обеспечения эффективного взаимодействия с заказчиком
- Перспективные технологии утилизации минорных актинидов
- Структура управления и тенденции развития национальной атомной энергетики и промышленности Индии
- Вывод из эксплуатации ядерно- и радиационно-опасных объектов: рынки, финансово-экономические аспекты, стратегии ВЭ и перспективные технологии
- Техничко-экономические исследования (ТЭИ) по теме приоритетного направления научно-технического развития «Водородная энергетика»
- Анализ технических и организационных причин наиболее значимых аварий в истории атомной энергетики
- Методы обращения с ОЯТ энергетических реакторов
- Каталог «Программные комплексы технико-экономического моделирования, анализа и оценки систем ядерной энергетики и объектов использования атомной энергии»

ТЕМАТИЧЕСКИЕ ОТЧЕТЫ ЦАИР, ПЛАНИРУЕМЫЕ К ПУБЛИКАЦИИ:

- Технологии расширения ресурсной базы АЭ
- РФП в ядерной медицине: разработка, производство и внедрение в медицинскую практику
- Атомные станции средней мощности (АССМ)
- Топливо перспективных исследовательских реакторов
- Тенденции развития атомной энергетики и промышленности стран Ближнего Востока и Северной Африки
- Тенденции развития атомной энергетики и промышленности стран Латинской Америки
- Стратегически важные вещества и материалы для индустрии 4.0 – особенности получения и перспективы развития на глобальных рынках
- Состояние работ по перспективным ядерно-энергетическим системам («Generation IV» в программах США, ЕС, Великобритании, Китая, Индии, Японии, Южной Кореи)
- Системы преобразования энергии перспективных высокотемпературных реакторов (цикл Ренкина, газовая турбина, $s\text{CO}_2$, МГД-преобразование)
- Научно-технические разработки в области создания топлива энергетических реакторов с повышенной стойкостью к авариям (толерантное топливо): направления исследований и текущее состояние
- Информационные системы и базы данных международных ядерных организаций
- Брошюра «Зарубежные программные средства технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем»
- Сопоставление вариантов усовершенствованных ядерных топливных циклов в условиях многокритериальной оценки: обзор и переоценка результатов исследования Министерства энергетики США
- Результаты расчетного анализа тестов для кросс-верификации программных средств технико-экономического моделирования ядерно-энергетических систем

Более подробно с информационно-аналитическими материалами ЦАИР можно ознакомиться на отраслевом портале: <https://ukss.rosatom.local/sites/cair/>

