

УДК: 355/359

DOI: 10.53816/20753608_2024_2_58

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЭТАПАХ СИСТЕМНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОГО ОРУЖИЯ

PROSPECTS FOR THE USE OF SIMULATION METHODS AT THE STAGES OF SYSTEM DESIGN NEW WEAPONS

Чл.-корр. РАРАН А.Ю. Пронин^{1,2}, А.В. Леонов^{1,2}, С.Г. Брайткрайц²

¹РАРАН, ²46 ЦНИИ Минобороны России

A.Y. Pronin, A.V. Leonov, S.G. Breitkreits

Рассматриваются методы моделирования для оценки реализуемости и эффективности новых научно-технических и технологических решений при создании нового оружия. При решении прикладных задач системного проектирования (в том числе оценки реализуемости и эффективности новых технологий) предлагается комплексное (совместное) использование методов экспертного и имитационного моделирования. Дальнейшим развитием рассмотренных методов моделирования является внедрение искусственного интеллекта (гибридное моделирование).

Ключевые слова: научно-технологические достижения, фундаментальные исследования, научно-технический задел, перспективное вооружение, моделирование, метод, искусственный интеллект.

Modeling methods are considered to assess the feasibility and effectiveness of new scientific, technical and technological solutions in the creation of new weapons. When solving applied problems of system design (including assessing the feasibility and effectiveness of new technologies), it is proposed to use complex (joint) methods of expert and simulation modeling. A further development of the considered modeling methods is the introduction of artificial intelligence (hybrid modeling).

Keywords: scientific and technological achievements, fundamental research, scientific and technical groundwork, advanced weapons, modeling, method, artificial intelligence.

Создание нового оружия весьма сложный и затратный процесс, который чаще всего начинается с формирования научно-технического задела (НТЗ), создания макетных, экспериментальных, а затем опытных и серийных образцов, при этом заделная фаза может составлять примерно 10 % от общих затрат на их создание [1]. Учитывая, что затраты на каждой последующей стадии жизненного цикла образца вооружения возрастают примерно на порядок, накопление научно-технических и технологических результатов на ранних стадиях его создания всегда предпочтительнее, чем на более поздних стадиях. Обуслов-

лено это следующим обстоятельством. С одной стороны, отказ от реализации недостаточно эффективных результатов на ранних стадиях менее затратен, а с другой — результаты, полученные на ранних стадиях, имеют более высокий потенциал широкого (универсального) использования в образцах нового оружия. При этом целесообразность разработки того или иного образца должна тесно увязываться с целями и задачами создания совокупности унифицированных образцов, а также с требованиями заказчиков к их характеристикам и свойствам. Причем эти требования должны формулироваться с учетом

возможности создания, с одной стороны, научно-технического задела на основе выполнения взаимоувязанных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР) по созданию перспективных технологий, а с другой — возможности установления оптимальных параметров конструктивно-технологической схемы нового образца, обеспечивающей требуемые его характеристики в разрабатываемой или модернизируемой совокупности образцов. Поэтому одна из важнейших задач создания нового оружия заключается в сочетании результатов фундаментальных и прикладных исследований с оптимальными научно-техническими и технологическими решениями (с учетом возможностей унификации), в целях обеспечения требований заказчиков к эффективности нового оружия при его минимальной стоимости.

Таким образом, современный этап создания нового оружия характеризуется переходом от традиционной парадигмы проектирования отдельного конкретного образца к новой парадигме — системному проектированию целостной унифицированной совокупности перспективных образцов в интересах одного или нескольких заказчиков, которая должна обеспечивать выполнение широкого спектра задач и максимальную адаптацию к тем или иным условиям применения (эксплуатации). В соответствии с основными положениями, изложенными в работах [2, 7–10], ключевыми этапами системного проектирования являются:

- анализ широкого спектра научно-технологических достижений и оценка возможности их использования при создании нового оружия;
- формирование научно-технического задела как инновационной основы создания новых поколений оружия и оценка его готовности для постановки опытно-конструкторских работ;
- обоснование облика и определение тактико-технических требований к образцам;
- определение основных технических и технологических решений образцов нового оружия (этапы технического и технологического проектирования);
- изготовление экспериментальных и опытных образцов, проведение их натурных испытаний;
- проработка вопросов боевого применения и интеграции нового оружия в состав системы вооружения/

Именно поэтому в последние годы все большую актуальность приобретает использование методов моделирования, позволяющих, во-первых, установить взаимосвязь требований, предъявляемых заказчиком к новому оружию, и потребностей в проведении фундаментальных научных исследований, направленных на создание НТЗ; во-вторых, оценить реализуемость и эффективность предлагаемых научно-технических и технологических решений при создании нового оружия. Острая необходимость в таких оценках обусловлена, в первую очередь, потребностью в поддержке принятия решений по обоснованию выбора рациональных вариантов нового оружия на каждом этапе системного проектирования. Следует отметить, что общим недостатком существующих методов моделирования является их весьма разрозненный характер, они касаются в основном отдельных этапов системного проектирования, опираются на различный методический аппарат и исходные данные. И, самое главное, они не позволяют дать комплексную оценку реализуемости и эффективности новых научно-технических и технологических решений при создании нового оружия.

В этой связи далее рассматривается возможность комплексного применения различных методов моделирования на этапах системного проектирования нового оружия, в том числе методов многоэтапного экспертного моделирования и имитационного моделирования, а также совместного использования с ними возможностей искусственного интеллекта.

Метод многоэтапного экспертного моделирования

В основу предлагаемого метода, основанного на экспертных оценках, для оценки реализуемости и эффективности научно-технологических достижений в образцах нового оружия положена логическая взаимосвязь требований, предъявляемых заказчиком к перспективному оружию, и потребностей в проведении фундаментальных научных исследований (ФНИ), направленных на создание научно-технического задела. Сущность задачи формирования рационального состава приоритетных ФНИ состоит в том, чтобы при невозможности финансирования всех ФНИ отобрать такие направления

исследований, ожидаемые результаты которых обеспечили бы максимальное научно-техническое влияние на создание образцов нового оружия с учетом финансовых ограничений [3]. При этом отобранные ФНИ должны быть максимально востребованы при создании нового оружия.

С методической точки зрения практическая реализация отмеченной логической взаимосвязи осуществляется следующим образом. Вначале образцы нового оружия разбиваются на основные функционально-технологические блоки (ФТБ), совершенствование которых оказывает наибольшее влияние на достижение заданных требований к характеристикам нового оружия. Затем экспертно определяются направления технологических разработок, которые позволяют усовершенствовать каждый ФТБ. При этом осуществляется оценка «достаточности» существующих технологий, в противном случае определяется «приращение» технологий, необходимое для повышения боевых возможностей нового оружия. По результатам анализа состава важнейших технологий экспертно определяется необходимый состав ФНИ, результаты которых позволят сформировать соответствующий НТЗ для проведения прикладных исследований в интересах создания нового оружия. Далее в интересах повышения обоснованности состава приоритетных ФНИ, ожидаемые результаты которых будут иметь целевую направленность на разработку нового оружия, проводится ранжирование направлений исследований в соответствии с их научно-техническим влиянием на образец нового оружия. Таким образом, задача обоснования рационального состава ФНИ становится, по своей сути, задачей многокритериальной коллективной экспертизы.

В этой связи для обеспечения наиболее полного охвата вопросов, связанных с определением потребностей в ФНИ с учетом требований, предъявляемых к новому оружию, целесообразно привлечение экспертного сообщества. Наиболее распространенным и результативным методом многокритериальной коллективной экспертизы при обосновании приоритетов научно-технологического развития в условиях недостаточного объема количественных исходных данных является метод анализа иерархий Т. Саати [4]. Применительно к решению поставленной задачи данный метод был модифициро-

ван в направлении многоэтапного экспертного моделирования процесса оценки влияния научно-технологических достижений на создание нового оружия. Суть модификации заключается в построении некоторого многоуровневого множества информационно-логических матриц оценок влияния результатов ФНИ на создание нового оружия. В результате достаточно сложный процесс оценки влияния результатов ФНИ на создание нового оружия представлен как многоэтапный процесс экспертного моделирования. Таким образом, преодолеваются методические трудности, связанные с непосредственной оценкой влияния результатов ФНИ на создание нового оружия.

Алгоритм метода многоэтапного экспертного моделирования приведен на рис. 1.

Рассмотрим основные этапы экспертного моделирования.

Этап 1. Формирование сквозной информационно-логической схемы: образец нового оружия — ФТБ — технологии — ФНИ.

Этап 2. Формирование матрицы оценок влияния каждого нижестоящего уровня на вышестоящий уровень (для каждого уровня информационно-логической схемы, начиная с ее первого уровня), например:

- в матрице «образец нового оружия — ФТБ» оценивается влияние качества ФТБ на показатели образца нового оружия (1-й уровень);
- в матрице «ФТБ — технологии» оценивается влияние результатов прикладных исследований (ПИ) на новые возможности ФТБ (2-й уровень);
- в матрице «технологии — ФНИ» оценивается возможность реализации результатов ФНИ в прикладных исследованиях и технологических разработках (3-й уровень).

Более подробно содержание метода многоэтапного экспертного моделирования приведено в работе [5].

Практическая реализация метода многоэтапного экспертного моделирования рассмотрена с использованием динамического программирования.

Иерархическая схема определения потребностей в ФНИ для создания образца нового оружия представлена на рис. 2.

В соответствии с предложенным авторами методом определяются доминирующие

последовательности для каждого функционально-технологического блока. Серым цветом обозначены доминирующие последовательности для важнейших технологий, определяющих

технический уровень ФТБ. На завершающем этапе формируется общая доминирующая последовательность для перспективного образца нового оружия.

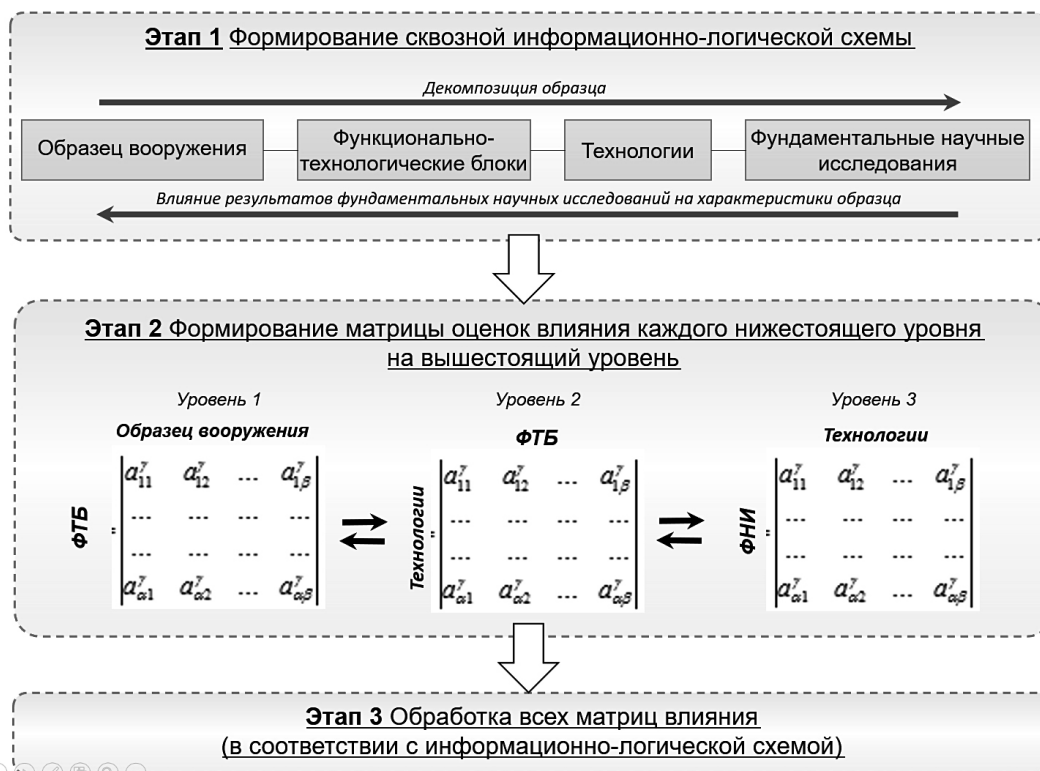


Рис. 1. Алгоритм метода многоэтапного экспертного моделирования



Рис.2. Иерархическая схема определения потребностей в ФНИ для создания перспективного образца нового оружия

Использование предложенного метода экспертного моделирования в практической деятельности органов планирования и управления созданием образца нового оружия позволит организовать взаимоувязанный и нацеленный на конечный результат цикл исследований ФНИ → технологии ФТБ → перспективный образец нового оружия с учетом существующих финансово-экономических ограничений. Это позволит также повысить эффективность реализации результатов НИР фундаментального характера в прикладных исследованиях в интересах создания перспективных, в том числе нетрадиционных, образцов нового оружия. Для повышения эффективности предложенного метода и охвата более широкого спектра мнений в рассматриваемой области в качестве экспертов целесообразно привлекать: генеральных конструкторов по направлениям создания перспективного вооружения; руководителей приоритетных технологических направлений; специалистов заказывающих управлений и научно-исследовательских организаций федеральных органов исполнительной власти, в том числе Минобороны России, организаций РАН и высшей школы, а также предприятий — разработчиков нового оружия. В целом, предложенный метод представляет собой объективный инструмент выбора приоритетных ФНИ, исходя из потребностей создания образцов нового оружия и возможных достижений отечественной науки. Кроме того, этот метод является достаточно универсальным и поэтому может использоваться для решения практических задач обоснования мероприятий по планированию НТЗ для создания перспективных, в том числе нетрадиционных, образцов нового оружия.

Однако у экспертного подхода есть весьма существенные недостатки. Общими недостатками этого подхода является низкая оперативность получения экспертных оценок в сроки, определенные заказчиком или разработчиком перспективного образца нового оружия, что обусловлено длительностью процесса оценки, уровнем квалификации и субъективизмом привлекаемых экспертов, сопутствующих организационных процедур экспертных оценок и их обработки. Это делает невозможным получение четкой коллективной оценки технологий и с системных позиций оценивания интегральной реализуемо-

сти и эффективности научно-технических и технологических решений в рассматриваемой совокупности образцов нового оружия при решении конкретных боевых задач. Тем не менее, метод экспертного моделирования имеет хорошие перспективы развития в следующих направлениях: внедрение искусственного интеллекта; совершенствование интеллектуальных человеческих ресурсов (собственно, естественного интеллекта), привлекаемых к экспертным оценкам, и самих процедур коллективной экспертизы.

Метод имитационного моделирования

Одним из наиболее прогрессивных подходов к оценке реализуемости и эффективности разрабатываемых технологий является использование имитационного моделирования, которое в настоящее время находит все более широкое применение как в нашей стране, так и за рубежом на этапах системного проектирования нового оружия.

Имитационное моделирование осуществляется посредством моделирующих комплексов, стендов имитационного моделирования, разнообразных средств планирования и подготовки заданий, технических средств обучения. Оценку реализуемости и эффективности разрабатываемых технологий с использованием метода имитационного моделирования целесообразно начинать с уточнения исследуемой предметной области, ее структуризации и выделения иерархических уровней, поскольку каждый уровень технологий, несомненно, потребует разработки своей (соответствующей) совокупности моделей. Например, в качестве технологических уровней могут рассматриваться: технологии создания перспективных образцов нового оружия; технологии функционально полных систем, блоков и модулей (технологии, направленные на модернизацию образцов); технологии комплектующих изделий (элементов) и материалов (технологии повышения качества образцов). Несмотря на то что такое разделение носит достаточно условный характер, и четкой границы между указанными уровнями нет, данная стратификация технологий и соответствующих моделей представляется удобной именно в целях имитационного моделирования.

Таким образом, предметную область имитационного моделирования в интересах обос-

нования создания перспективного образца нового оружия составляют: технологии создания образца нового оружия, а также их функционально-технологических блоков, комплектующих изделий (элементов) и материалов; существующие и перспективные образцы оружия; сценарии боевого применения перспективных образцов оружия совместно с существующими (традиционными) видами оружия.

После отграничения и стратификации предметной области формулируются функции имитационных моделей в частности и имитационного моделирования вообще в контексте задачи оценки реализуемости и эффективности разрабатываемых технологий. Приведем пять наиболее распространенных функций имитационных моделей [5]: уточнение и упорядочение знаний о технологии; демонстрация исследуемого объекта, системы или технологии; обучение и тренаж; прогнозирование; проведение эксперимента. Из представленного перечня функций имитационных моделей для оценки реализуемости и эффективности разрабатываемых технологий наибольший интерес представляет имитационное моделирование как методология прогнозирования и как средство эксперимента. Особенно актуальным является такое моделирование и соответствующие оценки для технологий нетрадиционного вооружения, поскольку является наиболее сложным, трудноформализуемым и существенно различающимся в зависимости от вида имитируемого образца оружия. Зачастую

методик испытаний и методик прогнозирования развития нетрадиционного оружия практически нет. Меньшую ценность для оценки реализуемости и эффективности разрабатываемых технологий представляют модели, как средство обучения, хотя и здесь имитационное моделирование процессов планирования боевых действий (задач), предварительной оценки эффективности может оказаться незаменимым.

Сравнительная структурно-функциональная схема оценки реализуемости научно-технологических решений в образцах нового оружия при существующем подходе, основанном на методах экспертных оценок и при использовании метода имитационного моделирования, приведена на рис. 3.

Основными преимуществами метода имитационного моделирования, по сравнению с экспертными оценками, являются [6]:

- сокращение процедуры обоснования и оценивания технологий. При этом оценки основаны на строго формализованном аппарате математического и имитационного моделирования;
- наличие в аппарате имитационного моделирования обратной связи между этапом оценки эффективности применения образцов перспективного оружия, с реализацией конкретной технологии или комбинации технологий, и этапом формирования научно-технического задела;
- сокращение количества, упорядочение и конкретизация научно-исследовательских работ, результаты которых составляют научно-технический задел создания нового оружия;



Рис. 3. Структурно-функциональная схема оценки реализуемости научно-технологических решений в образцах нового оружия

- возможность непрерывного мониторинга всех этапов системного проектирования нового оружия;

- возможность оценки реализуемости результатов НИР, выполненных ранее, особенно учитывая наличие интегрированных баз данных результатов НИОКР.

В области имитационного моделирования в организациях ОПК созданы и применяются модели функционирования существующих и образцов нового оружия и отдельных систем, блоков модулей, спроектированных для применения в этих образцах. Для работы с этими моделями используются стенды имитационного моделирования. Однако в силу узкой специализации и специфики моделируемых процессов и объектов данные средства ограничены в способности воспроизводить динамику функционирования, существенно отличающихся друг от друга, образцов оружия (в частности, пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов, объектов бронетехники, надводных кораблей и подводных лодок с различными сочетаниями элементов бортовых систем управления). Кроме того, здесь требуется синтезировать алгоритмы комплексной обработки информации, решать вопросы интеграции комплексов бортового оборудования, тем более оценивать применимость и эффективность разрабатываемых технологий (особенно технологий нетрадиционного вооружения) в конкретных образцах оружия в задаваемых условиях боевого применения.

В этой связи необходимо проведение системных исследований по формированию методологии обоснования направлений военно-технической политики в области новейших научно-технических и технологических решений. Основными результатами таких исследований должны стать:

- структурно-функциональные схемы интеграции и комплексного применения имитационных моделей и моделирующих комплексов в Вооруженных Силах Российской Федерации;

- методические и технологические основы формирования и сопровождения базы знаний в интересах моделирования и поддержки принятия решений задач формирования военно-технической политики в области оборонных технологий;

- математические методы и информационные технологии моделирования необходимой де-

тализации процессов применения современных и перспективных (в том числе нетрадиционных) образцов нового оружия и методик оценки их эффективности при решении боевых задач.

В качестве аппаратной реализации и демонстрации результатов таких исследований может быть предложено создание макета первой очереди (с ограничением количества моделируемых технологий) имитационных экспериментальных стендов для оценки реализуемости и эффективности технологий нового оружия (высокоточного, гиперзвукового и лазерного оружия и т.д.).

Создаваемые имитационные модели должны быть: простыми и понятными потребителю; надежными и обладающими информационной полнотой с точки зрения решения главных задач; адаптивными, позволяющими легко переходить к разным объектам моделирования.

В этой связи чрезвычайно важно определить потребителя результатов имитационного моделирования. Потребителем результатов имитационного моделирования являются органы военного управления, отвечающие за развитие закреплённой номенклатуры оружия и формирование предложений в проекты государственной программы вооружения и государственного оборонного заказа.

Весьма перспективным направлением оценки реализуемости и эффективности новых технологий является использование искусственного интеллекта в существующих и разрабатываемых методах экспертного и имитационного моделирования.

Перспективы использования искусственного интеллекта

Несмотря на то что искусственный интеллект в той или иной форме начал применяться с 1950-х годов, он по-прежнему находится в стадии становления: до сих пор отсутствует четкая и понятная терминология, недостаточно разработаны научные основы искусственного интеллекта и др.

В этой связи, учитывая существующие методологические трудности, наиболее целесообразным при решении прикладных задач системного проектирования (в том числе оценки реализуемости и эффективности новых технологий)

представляется комплексное (совместное) использование методов экспертного и имитационного моделирования и возможностей искусственного интеллекта (метод гибридного моделирования).

Составные части гибридного моделирования показаны на рис. 4.

Одной из главных проблем внедрения искусственного интеллекта (с учетом упомянутых выше методологических трудностей) в существующие и разрабатываемые методы экспертного и/или имитационного моделирования является определение их рационального соотношения, то есть степени их интеграции (гибридизации). Для решения указанной проблемы предлагается методический подход, практически апробированный на отдельных этапах системного проектирования нового оружия [2].

Рассмотрим основное содержание данного подхода применительно к оценке комплексного (совместного) применения искусственного интеллекта и методов экспертного и/или имитационного моделирования. В принципе, можно сформулировать три направления решения прикладных задач системного проектирования перспективного вооружения на основе комплексирования различных методов моделирования:

– первое направление — частичное использование элементов искусственного интеллекта в существующих методах экспертного и/или имитационного моделирования (собственно, как сейчас и осуществляется оценка научно-технических и технологических решений нового оружия);

– второе направление — совместное использование возможностей искусственного интеллекта в разрабатываемых методах экспертного и/или имитационного моделирования (это вполне осуществимо в настоящее время);

– третье направление — полномасштабное использование инструментальных возможностей искусственного интеллекта (это должно быть осуществлено в недалеком будущем).

Для каждого из этих направлений оценка целесообразности и эффективности применения искусственного интеллекта может быть сформулирована в трех вариантах.

1. Минимизация затрат на решение прикладных задач за счет использования возможностей искусственного интеллекта при заданной эффективности и времени решения этих задач.

2. Максимизация эффективности решения прикладных задач за счет использования искусственного интеллекта при заданных затратах и времени решения этих задач.

3. Минимизация времени решения прикладных задач за счет использования возможностей искусственного интеллекта при заданной эффективности и затратах на решение этих задач.

Общий алгоритм оценки целесообразности и эффективности применения искусственного интеллекта можно представить в виде следующей последовательности действий (в данном случае под затратами понимаются и затраты времени на решение прикладных задач).

1. Оценка эффективности $W_i^{\text{ЭМ(ИМ)}}$ и затрат $C_i^{\text{ЭМ(ИМ)}}$ на решение i -й прикладной задачи

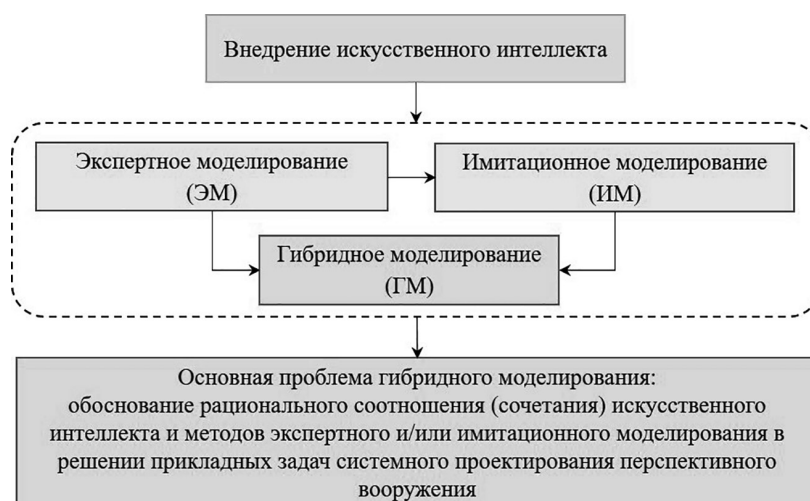


Рис. 4. Составные части гибридного проектирования

$\forall i = \overline{1, I}$ с использованием только методов экспертного и/или имитационного моделирования.

2. Оценка эффективности $W_i^{ГМ}$ и $C_i^{ГМ}$ затрат на решение i -й прикладной задачи $\forall i = \overline{1, I}$ на основе совместного использования методов экспертного и/или имитационного моделирования и возможностей искусственного интеллекта (то есть гибридного моделирования).

3. Сравнительная оценка полученных результатов:

а) $W_i^{ЭМ(ИМ)}$ и $W_i^{ГМ}$ при фиксированных затратах C_i на решение i -й прикладной задачи;

б) $C_i^{ЭМ(ИМ)}$ и $C_i^{ГМ}$ при фиксированной эффективности W_i решения i -й прикладной задачи.

Очевидно, что объем прикладных задач системного проектирования, возлагаемых на искусственный интеллект, будет определяться тем перечнем и объемом задач, которые назначает ему заказчик (потребитель) результатов экспертного и/или имитационного моделирования (то есть естественный интеллект), что в свою очередь непосредственно влияет на сравниваемые показатели эффективности и затрат. Собственно, этим и определяется многовариантность их сравнительной оценки. В этой связи главной особенностью предложенного методического подхода является необходимость:

– формирования множества возможных вариантов совместного использования методов экспертного и/или имитационного моделирования и возможностей искусственного интеллекта;

– выбора из них парето-оптимальных (недоминируемых) вариантов;

– обоснования выбора рациональных вариантов лицом, принимающим решения.

В качестве примера, иллюстрирующего эту особенность, на рис. 5 показано графическое отображение области парето-оптимальных вариантов.

В области G находятся оптимальные варианты, которые обеспечивают:

а) максимальное приращение эффективности $\Delta W_i^{ГМ}$ решения i -й задачи при заданных затратах $C_{изд.}$ на ее решение при комплексном (совместном) применении различных методов моделирования по сравнению с эффективностью $W_i^{ЭМ(ИМ)}$ решения этой задачи с использованием только методов экспертного и/или имитационного моделирования;

б) максимальное снижение затрат $\Delta C_i^{ГМ}$ на решение i -й задачи при требуемой эффективности ее решения $W_{треб.}$ при комплексном (совместном) применении различных методов моделирования по сравнению со стоимостью ее решения $C_i^{ЭМ(ИМ)}$ с использованием только методов экспертного и/или имитационного моделирования.

Предложенный методический подход может найти практическое применение при решении прикладных задач системного проектирования, в том числе оценки реализуемости и эффективности новых научно-технических и технологических решений. Кроме того, данный подход может быть использован для разработки двухуровневого метода планирования потребных затрат на внедрение искусственного интеллекта на этапах создания перспективного вооружения,

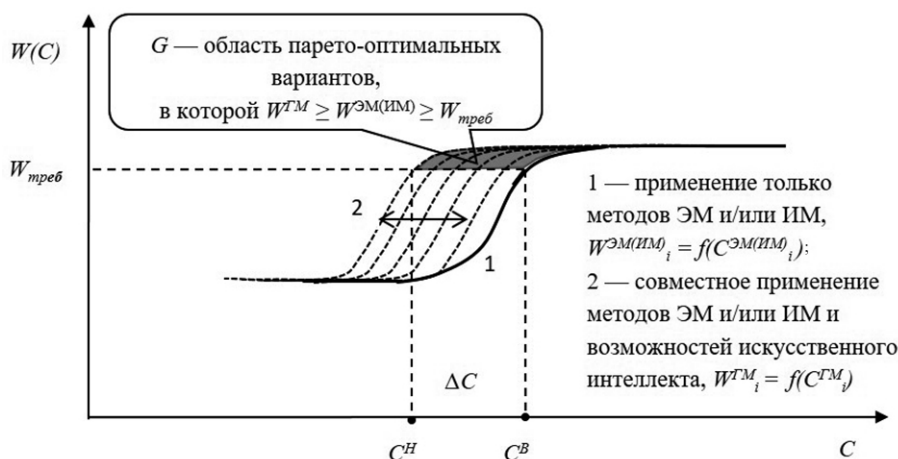


Рис. 5. Область парето-оптимальных вариантов совместного применения методов экспертного и/или имитационного моделирования и возможностей искусственного интеллекта

использование которого позволит планировать верхний C^B и нижний C^H уровни затрат в рамках соответствующих программ и проектов. При этом для определения C^H может учитываться такой фактор, как риск нехватки (дефицит) бюджетных средств для создания нового оружия.

Сформированные представления о гибридном моделировании могут быть положены в основу оценки технологий и систем искусственного интеллекта и в целом теории и методологии гибридного моделирования.

Внедрение искусственного интеллекта целесообразно предусматривать на всех этапах системного проектирования нового оружия, в том числе: при предъявлении к нему требований; при создании и при испытаниях, производстве и принятии на вооружение; эксплуатации и боевом применении. Комплексное использование различных методов моделирования совместно с возможностями искусственного интеллекта может позволить:

- осуществлять тактико-техническое и технико-экономическое обоснование возможности и целесообразности создания нового оружия за заданное время и с минимальными возможными затратами;
- определить роль и место нового оружия в составе системы вооружения;
- разработать тактико-техническое задание на опытно-конструкторскую работу по созданию опытного образца.

Таким образом, важнейшей задачей комплексного использования и развития методов моделирования в интересах создания нового оружия является поэтапная, планомерная и скоординированная работа по внедрению искусственного интеллекта. При этом этапность предполагает последовательное осуществление комплекса мероприятий по внедрению искусственного интеллекта для решения задач системного проектирования нового оружия. Планомерность заключается в создании и совершенствовании нового оружия с элементами искусственного интеллекта, согласно концепциям его развития, которые должны реализовываться через государственную программу вооружения, государственный оборонный заказ, государственные, федеральные и ведомственные программы. Координация состоит в тесной увязке предлагаемых мероприятий по созданию

и оснащению ВС РФ, нового оружия с элементами искусственного интеллекта с результатами проводимых фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований.

Заключение

1. Диапазон выполняемых в настоящее время НИОКР и объем научно-технологического задела, сформированного в последние десятилетия, диктуют необходимость создания инструментария для оперативного оценивания реализуемости и эффективности имеющихся научно-технических и технологических решений для конкретного образца нового оружия и конкретного сценария боевых действий. Данное обстоятельство продиктовано в первую очередь потребностью в поддержке принятия решения на этапах системного проектирования нового оружия.

2. Оценка реализуемости разрабатываемых технологий может осуществляться на всех этапах системного проектирования нового оружия, начиная от анализа широкого спектра научно-технологических достижений до оценки возможности их использования при создании нового оружия и его интеграции в состав системы вооружения ВС РФ. Учитывая многовариантность оценки разрабатываемых технологий на каждом этапе системного проектирования, множественность подходов по созданию информационного и программно-алгоритмического обеспечения, использование аппарата экспертных оценок становится практически неподъемным. Показано, что дальнейшее совершенствование метода экспертного моделирования возможно в следующих направлениях: развитие методов имитационного моделирования, внедрение искусственного интеллекта; совершенствование интеллектуальных человеческих ресурсов (собственно, естественного интеллекта), привлекаемых к экспертным оценкам, и самих процедур коллективной экспертизы.

3. Одним из путей разрешения сложившегося положения в области оценки научно-технического и технологического задела может стать активно применяемое научно-исследовательскими организациями ОПК РФ и аналогичными структурами за рубежом при разработке, создании, испытаниях и эксплуатации (боевом применении) образцов нового оружия

имитационное моделирование. Имитационное моделирование осуществляется на основе моделирующих комплексов, стендов имитационного моделирования, разнообразных средств планирования и подготовки заданий, технических средств обучения, в том числе комплексных тренажеров подготовки операторов объектов военной техники всех видов базирования. К достоинствам такого подхода к оценке применимости разрабатываемых технологий в перспективных образцах нового оружия относятся:

- сокращение процедуры обоснования и оценивания технологий. При этом оценки основаны на строго формализованном аппарате математического и имитационного моделирования;

- наличие в аппарате имитационного моделирования обратной связи между этапом оценки эффективности применения образцов нового оружия с реализацией конкретной технологии или комбинации технологий и этапом формирования научно-технического задела;

- сокращение количества, упорядочение и конкретизация научно-исследовательских работ, результаты которых составляют научно-технический задел;

- возможность непрерывного мониторинга всех фаз системного проектирования и создания перспективных систем и комплексов;

- возможность оценки реализуемости результатов НИР, выполненных ранее, особенно учитывая наличие интегрированных баз данных результатов НИОКР.

4. Дальнейшим развитием методов экспертного и имитационного моделирования становится внедрение искусственного интеллекта (гибридное моделирование). Основные принципы внедрения искусственного интеллекта в существующие и разрабатываемые методы моделирования в интересах создания перспективного вооружения: этапность, плановость и координация работ по внедрению искусственного интеллекта. Необходимы системные исследования по формированию методологии гибридного моделирования, в том числе применительно к области новейших научно-технических и технологических решений.

Литература

1. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Программно-целевое планирование и управление созданием научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения. М.: Издательский дом «Граница», 2007. 408 с.

2. Леонов А.В., Пронин А.Ю. О важности системного проектирования нового оружия // Вооружение и экономика. 2021. № 1 (55). С. 28–49.

3. Буренок В.М., Корчак В.Ю., Полубехин А.И. и др. Оборонный научно-технический задел: приоритетные направления развития и влияние на характер вооруженной борьбы. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. 173 с.

4. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1993. 236 с.

5. Леонов А.В., Пронин А.Ю. Модифицированный метод оценки влияния научно-технологических достижений на создание перспективного вооружения // Вооружение и экономика. 2018. № 2 (44). С. 68–73.

6. Брайткрайц С.Г., Корчак В.Ю., Полубехин А.И., Реулов Р.В. Оценка реализуемости разрабатываемых технологий для сложных технических систем // Компетентность. 2022. № 9. С. 16–25.

7. Буренок В.М. Консолидация усилий в интересах развития систем вооружения // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2017. № 2 (97). С. 3–7.

8. Буренок В.М., Бабкин Г.В., Лавринов Г.А. Эффективное управление оборонными компетенциями — ключевой способ обеспечения адаптивности развития системы вооружения // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. 2023. № 3 (128). С. 3–15.

9. Корчак В.Ю., Леонов А.В., Борисенков И.Л. Интеграция нетрадиционного вооружения в состав системы вооружения // Вооружение и экономика 2011. № 2 (14). С. 63–70.

10. Буравлев А.И., Белорозов М.С. Модель управления технической готовностью ВВСТ при планировании и реализации государственной программы вооружения // Вооружение и экономика. 2022. № 1 (59). С. 12–32.