

Научная статья
УДК 629.7.05

Методика отбора программных мероприятий по развитию навигационных технологий для вооружения, военной и специальной техники

Павел Сергеевич Воронцов

Аннотация. Предложена методика формирования предложений по отбору приоритетных НИОКР по развитию критических навигационных технологий на основе системы критериев, применяемых для оценки предложений по развитию критических военных технологий, адаптированных к условиям рассматриваемой предметной области. Приведен пример, показывающий работоспособность методики. Дальнейшие направления совершенствования методики связаны с её отработкой на конкретных предложениях предприятий оборонно-промышленного комплекса, научно-исследовательских организаций Минобороны России и заказывающих организаций.

Ключевые слова: базовые и критические навигационные технологии; программные мероприятия; методика отбора

Для цитирования: Воронцов П.С. Методика отбора программных мероприятий по развитию навигационных технологий для вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. 2026. №1(75). С. 48-57.

Original article

Program Procedure Selection for Navigation Technologies Development of Weapons, Military Equipment and Special Equipment

Pavel S. Vorontsov

Abstract. The article proposes a methodology of proposals creating for high-priority R&D projects selection of the critical navigation technologies development based on a set of criteria used to proposals evaluation for the critical military technologies that are applied to the specific conditions of the subject area under consideration. An example is provided to demonstrate the methodology efficiency. Further methodology improvements get involved with specific proposals adjustments of the military-industrial complex enterprises, research organizations of the Ministry of Defense of the Russian Federation, and ordering organizations.

Keywords: basic and critical navigation technologies; program activities; selection methods

For citation: Vorontsov P.S. Program Procedure Selection for Navigation Technologies Development of Weapons, Military Equipment and Special Equipment. Vooruzhenie i ekonomika = Armament and Economics. 2026; 75(1): 48-57. (In Russ.).

Навигационные технологии в значительной степени определяют основные тактико-технические характеристики различных средств вооружения, пилотируемой и беспилотной авиации, наземных комплексов и подводных лодок, образцов высокоточного оружия, робототехнических комплексов, автономных необитаемых подводных аппаратов, безэкипажных катеров и, следовательно, эффективность их боевого применения.

Формирование программных мероприятий по развитию навигационных технологий является важной и актуальной задачей. Обоснованию формирования приоритетных направлений развития военных технологий¹ посвящено большое количество публикаций, например [1-4].

Подобно тому, как в каждой базовой военной технологии выделяют критические технологии [5], таким же образом в базовых навигационных технологиях выделяют критические навигационные технологии [6].

Под базовой навигационной технологией (БНТ) здесь понимается совокупность знаний о методах (способах) решения задач навигационного обеспечения применения вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ), направленных на повышение

¹ Панков С.Е. Роль военных технологий в развитии системы вооружения Вооруженных Сил Российской Федерации // Федеральный справочник. Оборонно-промышленный комплекс России. Т.10. М.: Центр стратегических программ, 2014. С. 441-446.

эффективности решения военно-технических задач ВВСТ и технических средств в данной области, связанных сдвижением по произвольным и установленным маршрутам образцов ВВСТ, разведкой, целеуказанием и другими задачами.

В [6] приведено следующее определение критической навигационной технологии. Критическая навигационная технология (КНТ) – это технология, обеспечивающая решение принципиально новых навигационных задач, существенный прирост тактико-технических характеристик систем навигационного обеспечения ВВСТ или значительное снижение затрат на изготовление и эксплуатацию навигационных систем, средств и комплексов.

Изменение характеристик и свойств систем навигационного обеспечения ВВСТ следует рассматривать как проявление эволюционно-технологического подхода. Под эволюционно-технологическим подходом в развитии ВВСТ понимается методология создания и приобретения перспективных ВВСТ, основанная на постепенном многошаговом процессе повышения уровня знаний в определенных научно-технологических областях и предназначенная для обеспечения достоверности прогнозируемого облика Вооруженных Сил (ВС) РФ, предсказуемости и стабильности программ создания образцов ВВСТ, а также снижения риска при их реализации. Идея, лежащая в основе эволюционно-технологического подхода к созданию вооружения, военной и специальной техники, состоит в том, что образец или систему ВВСТ следует разрабатывать по принципу приращений так, чтобы разработчик мог использовать данные и знания, полученные при разработке более ранних её версий [7].

В области навигационных технологий в соответствии с закономерностями эволюционно-технологического подхода [8] происходят серьезные изменения. В настоящее время в качестве базовых навигационных технологий предложено выделить следующие [6]:

- 1) технология «Инерциальные датчики, чувствительные элементы и инерциальные навигационные системы на их основе»;
- 2) технология «Интегрированные навигационные системы и комплексы»;
- 3) технология «Навигационные системы на основе геофизических и искусственных навигационных полей».

Критических навигационных технологий значительно больше. Структурно перечень базовых и критических навигационных технологий, предлагаемый авторами [6], представлен в таблице 1.

Указанный перечень не может претендовать на полноту, он постоянно расширяется, добавляются «зарождающиеся» технологии и технологии, получаемые комбинированием уже существующих. Разработчики, занятые в области навигационных систем, средств и комплексов, могут использовать все возможные комбинации технологий из этого перечня.

В настоящее время становится актуальной разработка методики формирования рационального перечня мероприятий по развитию навигационных технологий образцов ВВСТ, поскольку она обусловлена необходимостью в формализованной оценке и отборе предложений с целью их последующей реализации в рамках (ходе) научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

Задача оценки предложений по развитию навигационных технологий формулируется для заданного множества критических навигационных технологий следующим образом: по результатам оценки исходной совокупности предложений на основе заданного набора критериев определить перечень наиболее важных предложений по развитию навигационных технологий, удовлетворяющих приоритетам научно-технического развития системы вооружения ВС РФ. Для проведения оценки предложений по развитию навигационных технологий решается задача многокритериальной коллективной оценки поступивших предложений.

Цель методики заключается в оценке важности предложений и выработке рекомендаций по их отбору.

Методика обеспечивает решение задачи выбора наиболее актуальных с точки зрения военно-технической эффективности предложений в части развития навигационных технологий для образцов ВВСТ.

Таблица 1 – Базовые и критические навигационные технологии

№ БНТ	Базовые навигационные технологии ВВСТ	№ КНТ	Критические навигационные технологии ВВСТ
1	Инерциальные датчики, чувствительные элементы и инерциальные навигационные системы на их основе	1.1	Инерциальные навигационные системы на лазерных гироскопах
		1.2	Инерциальные навигационные системы на волоконно-оптических гироскопах
		1.3	Инерциальные навигационные системы на твердотельных волновых гироскопах
		1.4	Инерциальные навигационные системы на динамически настраиваемых гироскопах
		1.5	Инерциальные навигационные системы на электростатических гироскопах
		1.6	Инерциальные навигационные системы на микроэлектромеханических гироскопах
		1.7	Инерциальные навигационные системы на навигационных чувствительных элементах, основанных на новых физических принципах
2	Интегрированные навигационные системы и комплексы	...	...
		2.1	Инерциально-спутниковые навигационные системы
		2.2	Астро-инерциально-спутниковые навигационные системы
		2.3	Радионавигационно-инерциальные системы
		2.4	Радиолокационно-инерциальные навигационные системы
		2.5	Инерциальные навигационные системы, интегрированные с измерителями аэрометрических параметров
		2.6	Инерциальные навигационные системы, интегрированные с параметрами движения объектов в водной среде
3	Навигационные системы на основе геофизических и искусственных навигационных полей	...	...
		3.1	Рельефометрические корреляционно-экстремальные навигационные системы
		3.2	Гравиметрические корреляционно-экстремальные навигационные системы
		3.3	Магнитометрические корреляционно-экстремальные навигационные системы
		3.4	Корреляционно-экстремальные навигационные системы, основанные на оптическом контрасте земной поверхности
		3.5	Интегрированные радионавигационные системы на основе наземных псевдоспутников
		3.6	Интегрированные гидроакустические навигационные системы на основе надводных и подводных буев
3	Навигационные системы на основе геофизических и искусственных навигационных полей	3.7	Корреляционно-экстремальные навигационные системы, основанные на радиолокационном контрасте земной поверхности
		...	...

Исходными данными для проведения оценки являются:

- предложения (тематические карточки и справки-обоснования на новые НИОКР по развитию навигационных технологий), поступившие от НИО Минобороны России, организаций ОПК, РАН и высшей школы;
- перечень базовых и критических военных навигационных технологий;
- основные направления развития вооружения, военной и специальной техники на 15-летний период;
- тактико-технические требования к ВВСТ;
- система критериев и вербально-числовые шкалы оценки предложений.

Обобщенный алгоритм оценки предложений по развитию навигационных технологий основывается на многокритериальном ранжировании предложений на основе частных оценок (рисунок 1).

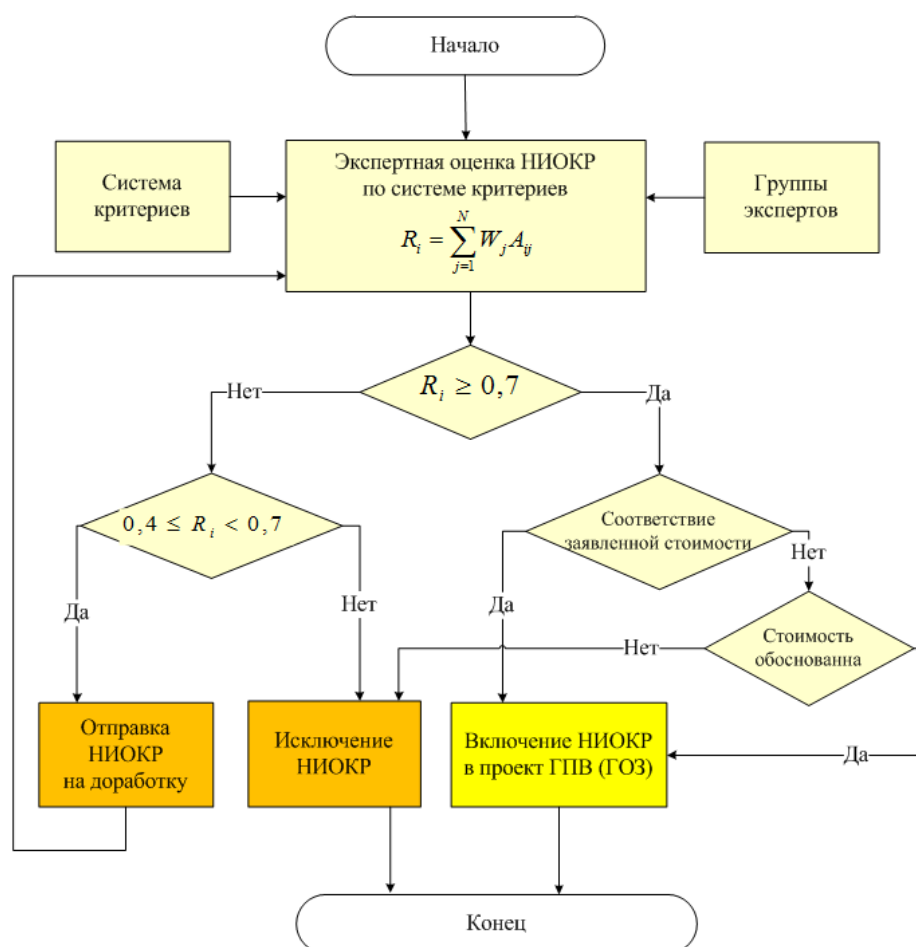


Рисунок 1 – Алгоритм оценки предложений по развитию навигационных технологий

По результатам анализа литературы по вопросам программно-целевого планирования развития базовых военных технологий [5], действующих нормативных правовых документов, положительного опыта планирования развития научно-технического задела для перспективного ВВСТ разработана система критериев для оценки предложений по развитию навигационных технологий, которая приведена в таблице 2.

Ранжирование предложений осуществляется по интегральным индексам, полученным с использованием частных оценок по отдельным критериям. Предложения с наивысшими значениями интегральных индексов рассматриваются в качестве первоочередных кандидатов.

Таблица 2 – Система критериев для оценки предложений по развитию навигационных технологий

№ п/п	Показатель оценки предложения	Весовой коэффициент	Вербальное описание оценок	Вербально-числовая шкала
1	Соответствие тематики работы перечню базовых и критических военных навигационных технологий (ПБКВНТ)	0,15	перекрывает несколько позиций ПБКВНТ	[0,7, 1,0]
			перекрывает одну позицию ПБКВНТ	[0,4, 0,7)
			не соответствует ПБКВНТ	[0, 0,4)
2	Соответствие тематики работы ОНР ВВСТ в части навигационного обеспечения	0,1	полное соответствие	[0,7, 1,0]
			частичное соответствие	[0,4, 0,7)
			не соответствует	[0, 0,4)
3	Влияние результатов работы на ТТХ образцов ВВСТ в части навигационного обеспечения	0,26	ТТХ образцов ВВСТ в части навигационного обеспечения повышаются на порядок	[0,7, 1,0]
			ТТХ образцов ВВСТ в части навигационного обеспечения повышаются в несколько раз	[0,4, 0,7)
			ТТХ образцов ВВСТ в части навигационного обеспечения повышаются незначительно	[0, 0,4)
4	Круг потенциальных потребителей результатов работы	0,08	все виды ВС РФ и другие силовые ведомства	[0,7, 1,0]
			несколько видов ВС РФ (родов войск)	[0,4, 0,7)
			один вид ВС РФ (род войск)	[0, 0,4)
5	Ожидаемые сроки реализации	0,07	реализация результатов работы возможна в течение 1-2 лет после ее завершения	[0,7, 1,0]
			реализация результатов работы возможна в течение 3-5 лет после ее завершения	[0,4, 0,7)
			реализация результатов работы возможна не раньше, чем через 5 лет после ее завершения	[0, 0,4)
6	Дублирование исследований и результатов	0,08	не дублирует ранее проведенные исследования	[0,7, 1,0]
			частично дублирует ранее проведенные исследования	[0,4, 0,7)
			дублирует ранее проведенные исследования	[0, 0,4)
7	Потребность в результатах работы	0,08	результаты могут быть использованы в ходе выполнения двух и более НИОКР	[0,7, 1,0]
			результаты могут быть использованы в ходе выполнения другой НИОКР	[0,4, 0,7)
			создание НТЗ в данной предметной области	[0, 0,4)
8	Экономическая обоснованность исследований	0,08	стоимость работы соответствует заявленной	[0,7, 1,0]
			стоимость работы незначительно выше (ниже) заявленной	[0,4, 0,7)
			стоимость работы существенно выше (ниже) заявленной	[0, 0,4)
9	Уровень развития навигационной технологии	0,1	навигационная технология испытана в реальных условиях	[0,7, 1,0]
			навигационная технология испытана в лабораторных условиях	[0,4, 0,7)
			определены основные принципы построения навигационной технологии	[0, 0,4)

При этом предпринимается попытка прийти к компромиссу, приемлемому для всех членов экспертной группы. В случае наличия существенных расхождений в предпочтениях экспертов проводится уточнение оценок и повторное обсуждение полученных результатов.

Многокритериальная коллективная оценка предложений по развитию навигационных технологий осуществляется в три этапа.

Этап 1. Подготовка исходных данных.

Этап 2. Формирование групп экспертов, проведение электронного анкетирования и формирование базы данных экспертных оценок.

Этап 3. Обработка экспертных оценок предложений и визуализация результатов.

Рассмотрим детально содержание этапов.

В рамках *этапа 1* при подготовке исходных данных целесообразно использовать критерии оценки предложений по развитию навигационных технологий, приведенные в таблице 2. Для каждого из критериев разработаны соответствующие вербально-числовые шкалы, которые для удобства дальнейшей обработки экспертной информации содержат равное количество уровней оценки.

На *этапе 2* получаемые от экспертов заполненные анкеты вводятся в ЭВМ и образуют базу данных экспертных оценок. При оценке научно-технологического уровня предлагаемых работ эксперты получают дополнительные сведения из тематических карточек и справок-обоснований рассматриваемых НИОКР, которые предоставляются организациями – заявителями предложений.

На *этапе 3* входной информацией для работы алгоритма являются матрица оценок предложений:

$$A = [A_{ij}]_{i,j=1}^n,$$

и вектор весовых коэффициентов критериев:

$$W = [W_j]_{j=1}^m.$$

Оценки поступивших предложений проставляются экспертами в интервалах, указанных в таблице 2.

Для обработки экспертных оценок поступивших предложений используется метод аддитивной свертки. При этом ранг i -го предложения в рассматриваемой системе критериев рассчитывается по следующей формуле:

$$R_i = \sum_{j=1}^N W_j A_{ij}, \quad (1)$$

где: N – число критериев оценки предложений.

Решение о включении каждого предложения по развитию навигационных технологий принимается на основе следующего правила:

$0,7 \leq R_i \leq 1$ - i -я работа актуальна и рекомендуется для включения в программу,

$0,4 \leq R_i < 0,7$ - решение о включении i -й работы принимается после либо дополнительных обсуждений, либо после доработки,

$0 \leq R_i < 0,4$ - i -я работа не рекомендуется для включения в программу.

Визуализация расчетов выполняется путем построения графика, где по оси X откладываются ранги поступивших предложений, а по оси Y – предлагаемая потенциальным исполнителем стоимость работы (пример представлен на рисунке 2). Это позволит наглядно отобразить полученные результаты расчетов и обратить особое внимание лица, принимающего решение, на работы с существенно завышенной или заниженной стоимостью.

Результаты расчетов используются членами научно-технического совета для выбора наиболее актуальных предложений, соответствующих приоритетам научно-технического развития навигационного обеспечения, обеспечивающих повышение ТТХ образцов ВВСТ и др.

Пример проведения расчета по методике оценки предложений по развитию навигационных технологий приведен ниже.

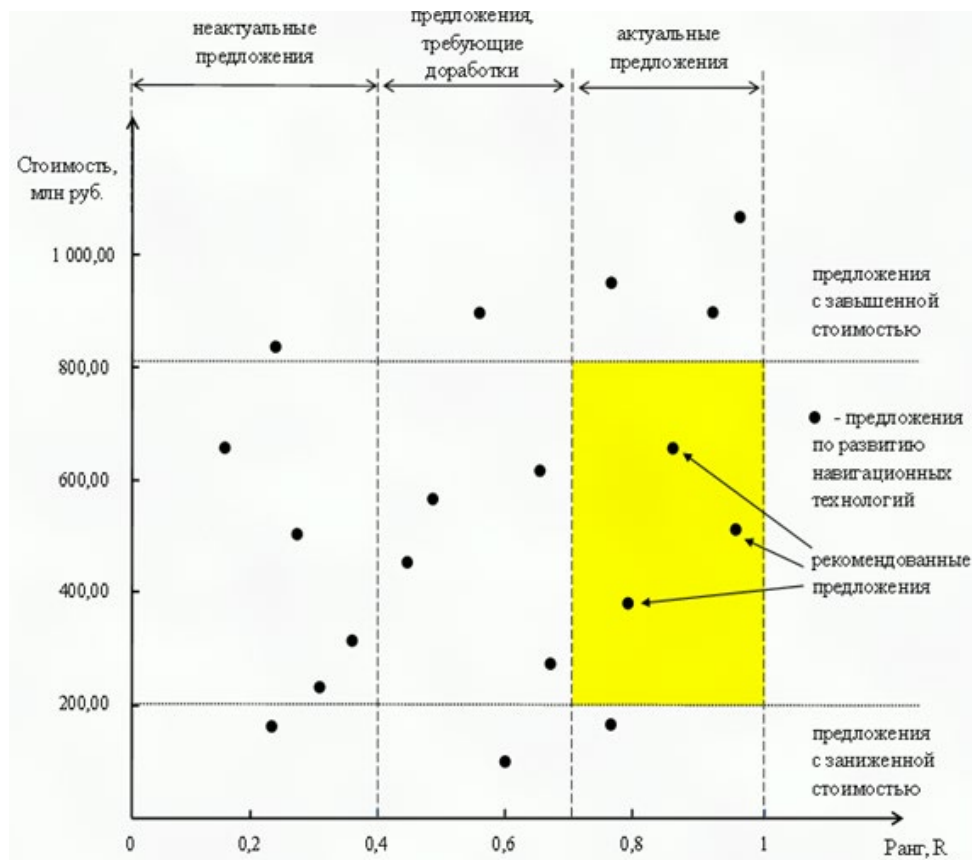


Рисунок 2 – Пример визуализации расчетов по предлагаемой методике

Пример расчета представлен для 10 условных предложений по развитию навигационных технологий. Стоимость каждой работы представлена в таблице 3.

Экспертные оценки данных предложений по используемым критериям представлены в таблице 4.

Итоговые значения рангов для каждого из представленных предложений по развитию навигационных технологий приведены в таблице 5.

Актуальными могут быть признаны НИР 1, НИР 3, НИР 4, ОКР 2 и ОКР 3, так как их ранг больше или равен пороговому значению. Актуальность НИР 5, НИР 6, ОКР 1 и ОКР 4 не представляется возможным определить по представленным материалам. Необходимо отправить материалы на доработку или провести дополнительные обсуждения с привлечением представителей организации-заявителя. Обобщенный ранг НИР 2 меньше порогового значения, и она может быть признана неактуальной.

Стоимость НИР 3 существенно занижена, а стоимость ОКР 2 существенно завышена. Требуется дополнительная проверка технико-экономического обоснования данных работ.

Таким образом, могут быть рекомендованы к включению в проекты программных документов НИР 1, НИР 4 и ОКР 3. НИР 1, НИР 4 и ОКР 3 являются прикладными работами. В условиях финансовых ограничений при формировании программы развития навигационных технологий следует соблюдать последовательность включения предложений в соответствии с полученными ими рангами: ОКР 3, НИР 1 и только затем НИР 4.

Результаты расчетов в обобщенном виде представлены на рисунке 3.

Таблица 3 – Пример стоимости гипотетических (предполагаемых) предложений по развитию навигационных технологий

№ п/п	Наименования предполагаемых НИОКР	Стоимость, млн руб.
1	НИР 1 «Разработка помехоустойчивой бортовой системы управления для реактивных систем залпового огня и авиационных средств поражения за счет использования малогабаритных инерциальных блоков»	230,00
2	НИР 2 «Исследования по созданию малогабаритной бесплатформенной инерциальной навигационной системы на основе лазерных гироскопов»	210,00
3	НИР 3 «Исследования по созданию инерциально-оптической навигационной системы БГЛА на основе комплексирования микромеханической БИНС и оптико-электронной системы навигации»	100,00
4	НИР 4 «Исследования возможности создания подводной мультиагентной робототехнической системы для выполнения задач навигации и управления на основе гидроакустических навигационных буев»	220,00
5	НИР 5 «Разработка системы коррекции навигационных параметров летательных аппаратов на основе комплексного использования геофизических полей»	250,00
6	НИР 6 «Исследования по разработке путей создания гироскопов, основанных на волновых свойствах материи»	300,00
7	ОКР 1 «Разработка навигационного комплекса многоцелевых атомных подводных лодок 5-го поколения, обеспечивающего уменьшение времени готовности и увеличение интервала между всплытиями»	810,00
8	ОКР 2 «Разработка системы навигации летательных аппаратов на основе комплексирования информации от высокоточной инерциальной системы и информации от астрономического датчика»	1 000,00
9	ОКР 3 «Разработка астро-инерциальной системы навигации и автоматического управления, устойчивой к внешним воздействующим факторам гиперзвукового полета»	700,00
10	ОКР 4 «Разработка системы маршрутной навигации и наведения летательных аппаратов с коррекцией от радиолокационных и оптико-электронных каналов»	630,00

Таблица 4 – Экспертные оценки предложений по критериям

№ п/п	НИОКР	Значения показателей								
		П1	П2	П3	П4	П5	П6	П7	П8	П9
1	НИР 1	1	0,85	0,9	0,8	0,85	0,9	0,9	0,9	0,7
2	НИР 2	0,3	0,35	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,8
3	НИР 3	0,8	0,8	0,7	0,3	0,7	0,7	0,7	0,3	1
4	НИР 4	0,9	0,9	0,9	0,7	0,7	0,6	0,8	0,8	0,7
5	НИР 5	0,8	0,8	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,4	0,7
6	НИР 6	0,7	0,8	0,8	0,8	0,4	0,9	0,8	0,4	0,4
7	ОКР 1	0,9	0,9	0,6	0,3	0,4	0,7	0,4	0,4	0,6
8	ОКР 2	1	1	1	0,7	0,3	0,7	0,9	0,1	0,3
9	ОКР 3	1	1	1	0,7	0,9	1	1	1	0,8
10	ОКР 4	1	1	0,4	0,7	0,8	0,7	0,6	0,7	0,6

Таблица 5 – Итоговые значения рангов предложений по развитию навигационных технологий

№ п/п	Наименования предполагаемых НИОКР	Ранг, R
1	НИР 1 «Разработка помехоустойчивой бортовой системы управления для реактивных систем залпового огня и авиационных средств поражения за счет использования малогабаритных инерциальных блоков»	0,88
2	НИР2 «Исследования по созданию малогабаритной бесплатформенной инерциальной навигационной системы на основе лазерных гироскопов»	0,39
3	НИР 3 «Исследования по созданию инерциально-оптической навигационной системы БПЛА на основе комплексирования микромеханической БИНС и оптико-электронной системы навигации»	0,69
4	НИР 4 «Исследования возможности создания подводной мультиагентной робототехнической системы для выполнения задач навигации и управления на основе гидроакустических навигационных буев»	0,81
5	НИР 5 «Разработка системы коррекции навигационных параметров летательных аппаратов на основе комплексного использования геофизических полей»	0,68
6	НИР 6 «Исследования по разработке путей создания гироскопов, основанных на волновых свойствах материи»	0,69
7	ОКР 1 «Разработка навигационного комплекса многоцелевых атомных подводных лодок 5-го поколения, обеспечивающего уменьшение времени готовности и увеличение интервала между всплытиями»	0,61
8	ОКР 2 «Разработка системы навигации летательных аппаратов на основе комплексирования информации от высокоточной инерциальной системы и информации от астрономического датчика»	0,75
9	ОКР 3 «Разработка астро-инерциальной системы навигации и автоматического управления, устойчивой к внешним воздействующим факторам гиперзвукового полета»	0,95
10	ОКР 4 «Разработка системы маршрутной навигации и наведения летательных аппаратов с коррекцией от радиолокационных и оптико-электронных каналов»	0,69

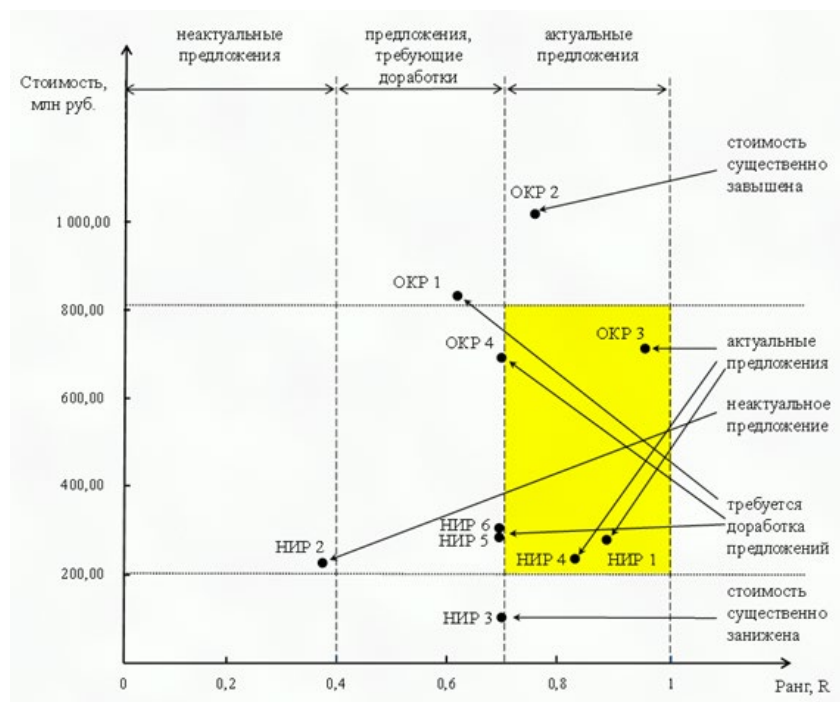


Рисунок 3 – Результаты расчетов

Таким образом, рассмотрена методика формирования предложений по отбору приоритетных НИОКР по развитию критических навигационных технологий. Для построения методики использована система критериев, применяемых для оценки предложений по развитию критических военных технологий, адаптированных к условиям рассматриваемой предметной области. Оценена работоспособность методики на примере десяти гипотетических НИОКР, направленных на развитие современных навигационных технологий. Дальнейшие направления совершенствования разработанной методики связаны с её отработкой на конкретных предложениях предприятий ОПК, научно-исследовательских организаций Министерства обороны Российской Федерации и заказывающих организаций.

Список источников

1. Смирнов С.С., Реулов Р.В. Проблемные вопросы формирования и использования перечня базовых и критических военных технологий и пути их решения // Двойные технологии. 2010. №2(51). С. 25-31.
2. Реулов Р.В., Стукалин С.В., Пронин А.Ю. Развитие базовых военных технологий на современном этапе: обоснование, планирование, реализация // Вооружение и экономика. 2022. №3(61). С. 78-91.
3. Ачасов О.Б., Пронин А.Ю. Тенденции развития военных технологий в современных условиях // Вооружение и экономика. 2023. №1(63). С. 84-91.
4. Стукалин С.В., Хованов Д.Г., Першиков Г.Ю. Подход к определению обобщенных критериев шкалирования военных технологий на основе аппроксимационного метода // Вооружение и экономика. 2024. №3(69). С. 39-46.
5. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Программно-целевое планирование и управление созданием научно-технического задела для перспективного и нетрадиционного вооружения. М.: Граница, 2007. 408 с.
6. Брайткрайц С.Г., Корчак В.Ю., Леонов А.В., Пронин А.Ю. Развитие навигационных систем и технологий в России: направления, приоритеты, проблемы: монография. М.: Инфра-М, 2025. 224 с.
7. Корчак В.Ю., Полубехин А.И., Старожук Е.А., Буренок В.М., Юрин А.Д. Оборонный научно-технический задел: приоритетные направления развития и влияние на характер вооруженной борьбы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2021. 176 с.
8. Корчак В.Ю., Брайткрайц С.Г., Воронцов П.С. Закономерности эволюционно-технологического подхода в развитии навигационных технологий для вооружения, военной и специальной техники // Вооружение и экономика. 2024. № 3(69). С. 5-12.

Информация об авторе

П.С. Воронцов – SPIN 1918-9921.