С.С.Смирнов, кандидат технических наук
В.В.Горбунов

Методический подход к оценке достаточности научно-технического задела для разработки перспективного вооружения

В статье приведен алгоритм определения достаточности научно-технического задела на основе комплексной оценки проектного, производственного и испытательного уровней готовности технологий, необходимых для создания перспективного образца ВВСТ

Зарубежный и отечественный опыт создания перспективных систем вооружения показывает, что открытие опытно-конструкторских работ (ОКР) (программ приобретения) по разработке высокотехнологичных образцов вооружения, военной и специальной техники (ВВСТ) с незрелым научно-техническим заделом (НТЗ) приводит к увеличению (по сравнению с начальной оценкой) сроков их создания в среднем в 1,9 раза, повышению стоимости разработки – в среднем на 40%, а стоимости закупки финальных образцов – на 20% (рисунки 1,2).

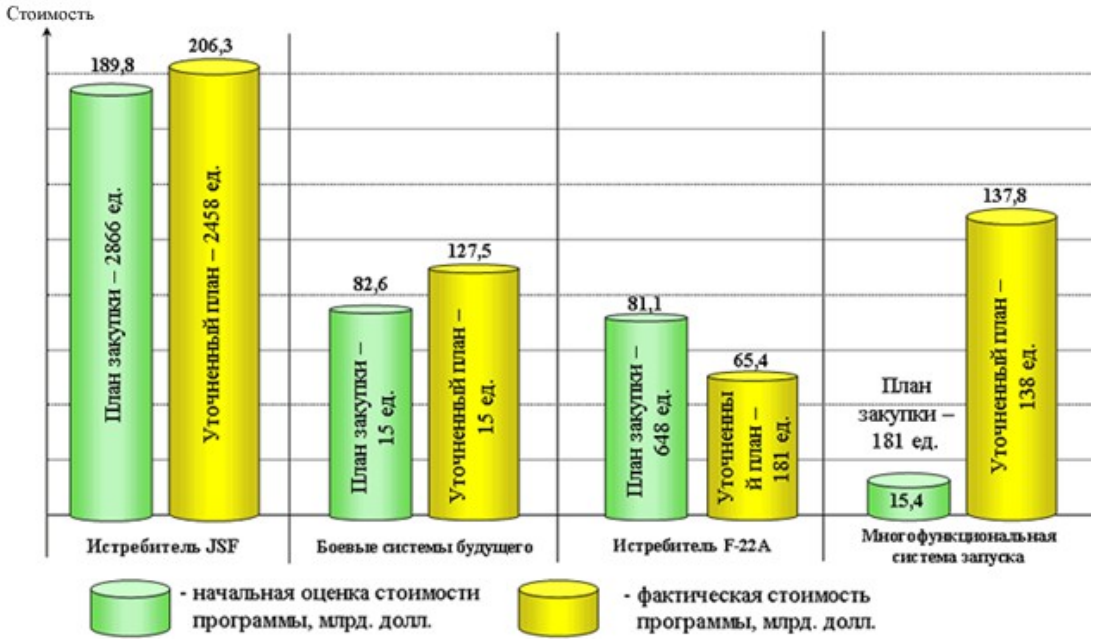

Рисунок 1 – Рост стоимости программ приобретения в МО США

В нашей стране по причине низкого уровня финансирования мероприятий по созданию НТЗ (на два порядка ниже ассигнований, выделяемых на эти цели в США) проблема увеличения сроков и стоимости разработки перспективного и модернизации существующего ВВСТ стоит особенно остро (рисунок 2). Такая ситуация складывается по многим позициям государственной программы вооружения. По некоторым ОКР начальная стоимость контрактов выросла в 10 и более раз по сравнению с первоначальными оценками (Корвет пр. 20380), а сроки проведения работ были задержаны более чем на 10 лет (Т-95) [1].

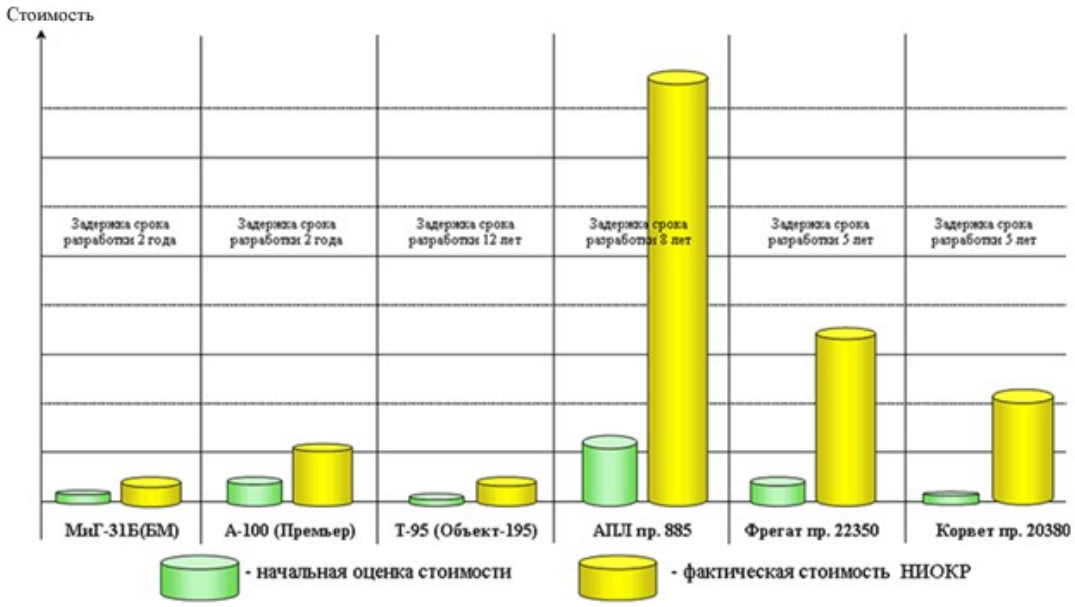

Рисунок 2 – Рост стоимости разработки образцов ВВСТ в РФ

В этой связи ведущие зарубежные страны на регулярной основе проводят оценку уровня готовности НТЗ в целях мониторинга хода реализации программ создания военных технологий и перспективного вооружения. Так, в США с 2005 года (согласно руководства по приобретению систем вооружения DOD 5000.2) заказывающим управлениям предписана обязательная оценка уровня готовности НТЗ. В настоящее время ни одна программа приобретения ВВТ в МО США не «пропускается» Конгрессом США без оценки и документального подтверждения необходимого уровня готовности НТЗ по всем ключевым элементам и подсистемам.

В настоящее время в отечественной практике аналогичный подход проходит апробацию в программе развития гражданской авиационной техники. В Минобороны России методические и организационные вопросы определения степени готовности НТЗ для создания перспективного ВВСТ находятся на самом начальном уровне развития [2].

Необходимо отметить, что НТЗ, необходимый для постановки ОКР по разработке перспективных образцов ВВСТ, формируется из уже существующих и новых технологий, получаемых в ходе выполнения различных научных исследований и технологических разработок. Как правило, работы по разработке новых технологий должны проводиться заблаговременно до постановки ОКР, но на практике указанная последовательность выполняется не всегда. В этой связи перед принятием решений по разработке или модернизации существующего образца ВВСТ необходимо проводить оценку уровня достаточности НТЗ для перехода к стадии ОКР.

В рамках данной статьи читателям предложен **методический подход к оценке достаточности научно-технического задела для разработки перспективного вооружения**.

Определение достаточности НТЗ осуществляется на основе комплексной оценки уровней готовности существующих и новых технологий (проектного, производственного и испытательного), необходимых для создания перспективного или модернизации существующего образца ВВСТ. Обобщенная схема проведения оценки готовности НТЗ для разработки перспективного образца ВВСТ приведена на рисунке 3.

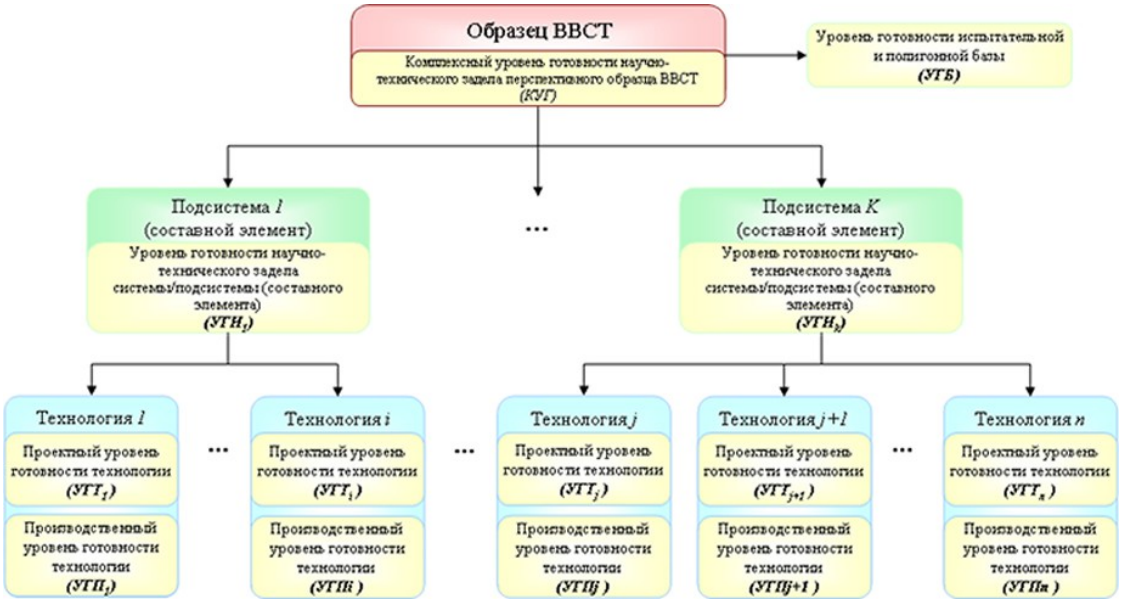

Рисунок 3 – Обобщенная схема комплексной оценки готовности НТЗ для перспективного образца ВВСТ

При этом исходными данными для проведения комплексной оценки уровней готовности являются следующие:

проект тактико-технического задания на разработку перспективного образца ВВСТ;

структура разрабатываемого перспективного образца ВВСТ в соответствии с ГОСТ 2.053-2006 или его структурная функционально-технологическая схема;

документы, подтверждающие наличие НТЗ (патенты, результаты научно-исследовательских работ, протоколы испытаний макетных и экспериментальных образцов (составных частей, узлов и агрегатов), созданных в ходе выполнения научно-исследовательских и технологических работ, технические условия на материалы, рабочая конструкторская документация на подсистемы (элементы), являющиеся составными частями перспективных образцов ВВСТ);

паспорт полигона (состояние средств экспериментально-испытательной базы);

характеристика производственной базы организаций оборонно-промышленного комплекса (ОПК) и высшей школы;

показатели государственной программы вооружения в части объемов и сроков закупки перспективного образца ВВСТ.

На основе анализа исходных данных оценка уровня готовности научно-технического задела для перспективного образца ВВСТ осуществляется в *6 этапов*:

Этап 1. Оценка проектного уровня готовности каждой технологии, учитываемой в структурной функционально-технологической схеме образца ВВСТ.

Этап 2. Оценка производственного уровня готовности каждой технологии.

Этап 3. Оценка уровня готовности научно-технического задела каждой отдельной подсистемы (составного элемента) перспективного образца ВВСТ.

Этап 4. Оценка уровня готовности полигонной и испытательной базы для проведения испытаний планируемого к разработке перспективного образца вооружения.

Этап 5. Получение комплексной оценки готовности технологий, планируемых к применению в перспективном образце ВВСТ, и полигонно-испытательной базы.

Этап 6. Определение достаточности имеющегося НТЗ для постановки ОКР.

Содержание этапов приведено ниже.

Этап 1. Оценка проектного уровня готовности каждой технологии, учитываемой в структурной функционально-технологической

схеме образца ВВСТ, производится при помощи специальной вербально-числовой шкалы, приведенной в таблице 1.

Таблица 1 – Вербально-числовая шкала проектных уровней готовности технологий

№ уровня	Интервал значения УГТ	Описание уровня готовности технологии
1	0,00 - 0,10	Выявлены и изложены основные принципы разработки технологии
2	0,11 - 0,21	Сформулирована концепция технологии и область ее применения
3	0,22 – 0,32	Определены аналитические и экспериментальные критические функции (свойства) или/и характеристики технологии
4	0,33 – 0,43	Проверена работоспособность технологии подсистемы на математической модели или в лабораторных условиях
5	0,44 – 0,54	Проверена работоспособность технологии в прототипе подсистемы в лабораторных условиях
6	0,55 – 0,65	Проведены испытания технологии в экспериментальном образце подсистемы в лабораторных условиях
7	0,66 – 0,76	Проведены испытания технологии в экспериментальном образце подсистемы на испытательной базе ОПК
8	0,77 – 0,87	Определен окончательный облик подсистемы в которой применяется новая технология, проведены полигонные испытания
9	0,88 – 1,00	Подтверждение эффективности действующей подсистемы, в которой применяется новая технология, во время решения боевых задач

Указанная вербально-числовая шкала представляет собой уточненную систему оценки зрелости новых (развиваемых) технологий, (материалов, составных частей, комплектующих изделий и др.), применяющуюся министерством обороны США и Великобритании для принятия решения о внедрении в создаваемые системы вооружения или их подсистемы.

С помощью указанной системы оценки текущий уровень развития любой технологии может быть отнесен к одному из 9 технологических (проектных) и одному из 10 производственных уровней готовности с соответствующими интервалами значений. В качестве оценки уровня готовности выбирается значение в рамках интервала выбранного уровня готовности технологии.

При этом под проектным в статье понимается уровень готовности военных технологий, содержащих знания об устройстве образца ВВСТ (и его составных частей) в интересах решения им функциональных задач по своему целевому предназначению.

В результате проведения оценки формируется вектор значений проектной готовности технологий, планируемых к применению в перспективном образце ВВСТ

$$УГТ = \begin{bmatrix} УГТ_1 \\ \vdots \\ УГТ_i \\ \vdots \\ УГТ_n \end{bmatrix}, \quad (1)$$

где $УГТ$ – вектор числовых значений проектных уровней готовности технологий перспективного образца ВВСТ;

$УГТ_i$ – проектный уровень готовности i-й технологии;

n – количество планируемых к применению в перспективном образце ВВСТ новых технологий.

Этап 2. Оценка производственного уровня готовности каждой технологии осуществляется при помощи вербально-числовой шкалы, приведенной в таблице 2.

Шкала производственных уровней готовности также как и шкала проектных разработана на основе системы определения уровня готовности технологий, применяющихся в минобороны США и Великобритании.

Таблица 2 – Вербально-числовая шкала производственных уровней готовности технологий

№ уровня	Интервал значения УГП	Описание уровня готовности технологии
1	0,00 – 0,10	Определены теоретические принципы производства технологии
2	0,11 – 0,20	Разработана концепция производства технологии
3	0,21 - 0,30	Проведены расчеты работоспособности концепции производства технологии
4	0,31 – 0,40	Технология производства апробирована в лабораторных условиях
5	0,41 – 0,50	Подтверждена возможность производить отдельные компоненты технологии на экспериментальном производстве
6	0,51 – 0,60	Подтверждена возможность производить технологию на экспериментальном производстве
7	0,61 – 0,70	Подтверждена возможность серийного производства технологии на предприятиях промышленности
8	0,71 – 0,80	Испытания экспериментальной технологической линии, начало опытного тестового производства подсистемы с низкой скоростью
9	0,81 – 0,90	Экспериментальная линия с низкой скоростью показала возможность перехода к полноценному серийному производству технологии
10	0,91 – 1,00	Полный цикл производства показал экономичность выбранной технологии

Производственный уровень готовности оценивается по совокупности промышленных технологий, необходимых для серийного выпуска изделия (модуля, блока), в котором реализуется каждая проектная технология перспективного образца ВВСТ. При этом промышленная технология – это технология, содержащая знания о процессах серийного производства образца ВВСТ (и его составных частей) надлежащего качества.

В случае отсутствия необходимости освоения проектной технологии в производстве (технологии обработки информации, искусственного интеллекта и др.), значение производственного уровня готовности принимается равным 1.

В результате проведения оценки формируется вектор значений производственных уровней готовности технологий, планируемых к применению в перспективном образце ВВСТ

$$УГТ = \begin{bmatrix} УГП_1 \\ \vdots \\ УГП_i \\ \vdots \\ УГП_n \end{bmatrix}, \qquad (2)$$

где $УГП$ – вектор числовых значений производственных уровней готовности технологий перспективного образца ВВСТ;

$УГП_i$ – производственный уровень готовности i-й технологии.

Этап 3. Оценка уровня готовности научно-технического задела каждой отдельной подсистемы (составного элемента) перспективного образца ВВСТ осуществляется по формуле

$$УГН_i = \frac{\sum_{j=1}^{N_i} УГТ^i_j \times УГП^i_j}{N_i}, \qquad (3)$$

где $УГН_i$ – уровень готовности НТЗ i-й подсистемы (составного элемента) перспективного образца вооружения;

$УГТ^i_j$ – проектный уровень готовности j-й технологии, реализуемой в i-й подсистеме (составного элемента) перспективного образца ВВСТ;

$УГП^i_j$ – производственный уровень готовности j-й технологии, реализуемой в i-й подсистеме (составного элемента) перспективного образца ВВСТ;

N_i – количество проектных технологий, реализуемых в *i*-й подсистеме (составного элемента) перспективного образца ВВСТ.

Этап 4. Оценка уровня готовности полигонной и испытательной базы для проведения испытаний планируемого к разработке перспективного образца ВВСТ. В зависимости от сложности проведения испытаний уровень готовности может рассчитываться как комплексно (при испытании технологически несложных образцов ВВСТ – стрелковое оружие, инженерные средства и др.), так и на основе оценок готовности каждой отдельной подсистемы (функционального комплекса) испытательной и полигонной базы (в случае проведения испытаний высокотехнологичных образцов ВВСТ – систем ПВО, авиационной и морской техники и др.).

Оценка уровня готовности испытательной и полигонной базы осуществляется по формуле

$$УГБ = \frac{\sum_{i=1}^{m} УГ_{фкi}}{m}, \quad (4)$$

где *УГБ* – уровень готовности испытательной и полигонной базы;

$УГ_{фкi}$ – уровень готовности *i*-го функционального комплекса испытательной и полигонной базы;

m – количество оцениваемых функциональных комплексов испытательной и полигонной базы.

В общем случае оценка уровня готовности испытательного и полигонного комплекса складывается из оценок готовности измерительного, мишенного, помехового, вычислительно-моделирующего комплекса и вспомогательных средств. Таким образом, формула (4) определения оценки уровня готовности испытательной и полигонной базы для типового образца ВВСТ может быть представлена в следующем виде

$$УГБ = \frac{УГ_{ик} + УГ_{мк} + УГ_{пк} + УГ_{вмк} + УГ_{квс}}{m}, \quad (5)$$

где $УГ_{ик}$ – уровень готовности измерительного комплекса;

$УГ_{мк}$ – уровень готовности мишенного комплекса;

$УГ_{пк}$ – уровень готовности помехового комплекса;

$УГ_{вмк}$ – уровень готовности вычислительно-моделирующего комплекса;

$УГ_{квс}$ – уровень готовности комплекса вспомогательных средств.

В случае отсутствия необходимости применения того или иного функционального комплекса для проведения испытаний оцениваемого образца ВВСТ его уровень готовности при расчетах не учитывается.

Оценка уровней готовности функциональных комплексов осуществляется при помощи специальной вербально-числовой шкалы, представленной в таблице 3.

В результате проведения оценки определяется уровень готовности технологий испытаний и средств полигонной испытательной базы (УГБ) к проведению государственных испытаний перспективного образца ВВСТ.

Этап 5. Получение комплексной оценки готовности технологий, планируемых к применению в перспективном образце ВВСТ, и полигонно-испытательной базы производится в следующей последовательности:

1. Получение комплексного значения оценки проектных и производственных уровней готовности технологий перспективного образца ВВСТ по формуле

$$УГПТ = \frac{\sum_{i=1}^{K} УГН_i}{K}, \quad (6)$$

где *УГПТ* – показатель, характеризующий проектные и производственные уровни готовности новых технологий перспективного образца ВВСТ в целом;

$УГН_i$ – уровень готовности НТЗ *i*-й подсистемы (составного элемента) перспективного образца ВВСТ;

К – общее количество подсистем (составных элементов) перспективного образца ВВСТ.

2. Получение комплексной оценки готовности всей совокупности новых технологий, планируемых к применению в перспективном образце ВВСТ, с учетом уровня готовности испытательной и полигонной базы производится путем перемножения значения, характеризующего уровень готовности подсистем (составных частей) перспективного образца ВВСТ на значение уровня готовности полигонной испытательной базы по формуле

$$КУГ = УГПТ \times УГБ, \quad (7)$$

где *КУГ* – комплексный уровень готовности научно-технического задела перспективного образца ВВСТ.

Таблица 3 – Вербально-числовая шкала уровней готовности функциональных комплексов испытательной и полигонной базы

№ уровня	Интервал значения УГфкi	Описание уровня готовности испытательной и полигонной базы
1	0,00 – 0,14	Определены требования к функциональному комплексу испытательной и полигонной базы
2	0,15 – 0,28	Сформированы мероприятия совершенствования функционального комплекса
3	0,29 – 0,42	Сформированы предложения в ГПВ по развитию средств функционального комплекса
4	0,43 – 0,57	Проведена научно-исследовательская работа по обоснованию облика средств функционального комплекса
5	0,58 – 0,71	Проведена опытно-конструкторская работа по созданию новых средств функционального комплекса
6	0,72 – 0,85	Разработана программа по переоснащению (доукомплектованию) средствами функционального комплекса испытательного полигона
7	0,86 – 1,00	Функциональный комплекс вводится/введен в эксплуатацию

Этап 6. Определение достаточности имеющегося НТЗ для постановки ОКР производится путем сопоставления полученного комплексного уровня готовности НТЗ перспективного образца ВВСТ с требуемым. В качестве достаточного НТЗ принимается уровень готовности, при котором возможен переход к стадии ОКР по созданию перспективного образца ВВСТ.

Уровень готовности НТЗ для разработки перспективного образца ВВСТ согласно опыту зарубежных специалистов является достаточным при выполнении следующих двух условий [2]:

проектная готовность технологии любой подсистемы (составного элемента) должна быть не ниже 7 уровня;

комплексный уровень готовности должен находиться не ниже 3 уровня (таблица 4).

По результатам комплексной оценки готовности научно-технического задела для перспективного образца вооружения, военной и специальной техники составляется заключение, содержащее расчетные данные по проектным, производственным уровням готовности, уровню готовности испытательного и полигонного комплекса, а также рекомендации о целесообразности/нецелесообразности постановки ОКР по разработке перспективного образца ВВСТ в запланированные заказчиком сроки.

В то же время необходимо отметить, что окончательное решение о постановке ОКР должно приниматься с учетом важности подсистем образца, а также сложности промышленной реализации и организации их серийного производства на предприятиях ОПК.

Применение методики комплексной оценки готовности НТЗ для перспективного

образца ВВСТ в деятельности органов военного управления, являющихся заказчиками ОКР, позволит повысить реализуемость программ создания вооружения за счет своевременного выявления недостаточно зрелых новых технологий и принятия соответствующих мер по их развитию.

Таблица 4 – Характеристика комплексных уровней готовности НТЗ

№ уровня	Интервал значения КУГ	Описание
1	0,00 - 0,08	Большинство технологий планируемого к разработке перспективного образца ВВСТ находятся на начальном уровне разработки. Постановка ОКР с указанным уровнем готовности НТЗ считается нецелесообразной (высокие риски недостижения заявленных в ТТЗ на ОКР требований)
2	0,09 - 0,40	Большинство технологий перспективного образца отработаны на макетных и лабораторных образцах составных частей перспективного ВВСТ. Решение о постановке ОКР по разработке перспективного образца ВВСТ может быть принято на основе проведения экспертизы дополнительных информационных материалов по наиболее важным составным частям (технологиям)
3	0,41 – 0,60	Научно-технический задел находится на достаточном уровне и позволяет планировать и проводить ОКР по разработке перспективного образца ВВСТ с допустимыми отклонениями по стоимости и срокам проведения работ
4	0,61 – 1,00	Научно-технический задел позволяет провести полный цикл работ по созданию и испытанию перспективного образца ВВСТ, а также организовать его серийное производство

В качестве дальнейших направлений совершенствования механизмов оценки готовности НТЗ для перспективного ВВСТ предлагается введение дополнительных уровней готовности сопряжения планируемых к применению при разработке перспективного образца ВВСТ технологий между собой.

Список использованных источников

1. Кравченко А.Ю., Смирнов С.С., Реулов Р.В., Хованов Д.Г. Роль научно-технического задела в инновационных процессах создания перспективного вооружения: проблемы и пути решения // Вооружение и экономика. – 2012. – № 4 (20).

2. Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю. Развитие военных технологий XXI века: проблемы, планирование, реализация. – Тверь: Издательство «КУПОЛ», 2009.