

## Оценка технического уровня – важный инструмент анализа при создании высокотехнологичных систем опережающего уровня на примере оборонно-промышленного комплекса

С.С. Семенов  
рук. гр. анализа и перспект. проектир., к.т.н., gnppregion@sovintel.ru,  
АО "ГНПП "Регион", г. Москва,  
А.В. Полтавский,  
в.н.с., д.т.н., lab-54@bk.ru,  
ИПУ РАН, г. Москва

В данном докладе, исходя из основных задач оборонно-промышленного комплекса РФ, представлена оценка состояния научно-технического задела и экономические возможности государства осуществлять полноценные разработки сложных технических систем (СТС) опережающего уровня, подчеркивается важность наличия современной элементной базы для создания высокотехнологичных систем, приводится алгоритм выбора новых систем оружия, принципы проектирования и роль копирования образцов новой техники, значимость начальных этапов создания сложных технических систем в области авиационной техники, актуальность оценки технического уровня в качестве ИНСТРУМЕНТА в системе поддержки принятия решений, приведен список теоретических, методических и научно-практических работ по выбору и принятию решений при создании новой техники, в том числе на основе собственных исследований авторов. Предложен метод оценки СТС с зарождающимися технологиями с целью своевременного перехода на новую технологию. Подчеркивается, что на современном этапе преобладает эволюционно-технологический подход к созданию объектов новой техники, при этом уровень нововведений (степень новизны) не должен превышать 20-30%.

Данный доклад нацелен на осознание состояния технологий, экономических и интеллектуальных возможностей страны и на поиск ИНСТРУМЕНТА (для количественной оценки) определения новых перспективных направлений при создании СТС.

In this report, based on the main tasks of the defense-industrial complex of the Russian Federation, assessing the effectiveness of the scientific and technical reserve and economic opportunities for providing high-tech systems, leading-edge technology algorithms (STS), the selection of new weapons systems, design principles and the role of copying samples of new technology, the importance of the initial stages of the creation of complex technical systems in the field of aviation technology, the relevance of assessing the technical level as an INSTRUMENT in the decision support system, a list of theoretical, methodological and scientific-practical works for the selection and decision-making in the creation of new technology, including on the basis of the authors' own research. A method for estimating ITS with emerging technologies is proposed with the aim of timely transition to a new technology. It is emphasized that at the present stage the evolutionary-technological approach to the creation of objects of new technology prevails, while the level of innovations (the degree of novelty) should not exceed 20-30%.

This report is aimed at understanding the state of technologies, economic and intellectual capabilities of the country and searching for the TOOL (for quantitative assessment) of determining new promising directions for the development of STS.

### Введение

В настоящее время геополитическая ситуация, высокие темпы развития научно-технического прогресса и ограничения финансовых средств выдвигают на первое место для ведущих промышленных стран проблему выбора наилучших решений при создании новой техники, и прежде всего, в области военных технологий. Если мы обратимся к научно-техническим статьям периодической печати последних лет, а также к книгам и монографиям известных ученых, создателей и главных конструкторов новой техники, в том числе в области авиационной и ракетно-космической техники, а также к научным изданиям о их деятельности и др., то мы непременно столкнемся с изложением вопросов или освещением проблем выбора наилучших технических решений, с оценкой качества и ТУ создания новой продукции и заключениями о том, что создаваемый образец техники должен не уступать или быть не хуже зарубежных образцов техники. **Военное дело всегда было той областью, где использовались передовые достижения науки и техники.** В области военных технологий почти до конца XX века преобладала оценка новых систем оружия по критерию "эффективность–стоимость". Только с переходом от планово-распределительной к рыночной экономике появилась необходимость учитывать и другие существенные факторы (условия боевого применения, время и сроки создания образца и возможность серийного производства и т.д.).

### 1. Задачи военно-промышленного комплекса 2012 года и степень их выполнения

Становление Вооруженных Сил РФ и их обеспечение на новом качественном уровне относится к 2012 г., когда 20 февраля 2012 г. в "Российской газете" была опубликована статья президента РФ В.В. Путина "Быть сильными: гарантии национальной безопасности для России" [1], в которой были поставлены следующие задачи: кратное увеличение поставок современного и нового поколения техники; формирование опережающего научно-технического задела, разработка и освоение критических технологий для развития производства конкурентоспособности продукции военного назначения; создание на новой технологической основе производств по выпуску перспективных образцов вооружения и военной техники.

В соответствии с принятым в России планом перевооружения армии (ГПВ-2020) к 2020 г. доля современной техники в войсках должна составить не менее 70%. Данная программа успешно выполняется. Уровень современного вооружения и техники в 2017 г. запланировано довести до 62%. Новая ГПВ-2025 будет весьма существенно отличаться от прежних. Планируемые мероприятия не только позволят оснастить армию и флот современными образцами вооружения и техники, но и дадут возможность сформировать задел для разработки принципиально новых видов оружия [2].

## 2. О новом научно-техническом заделе, задачи и приоритеты

Научно-технический задел (НТЗ) представляет собой совокупность результатов фундаментальных, прогнозных и поисковых исследований, прикладных и технологических научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных в интересах модернизации существующих, создания и производства принципиально новых образцов вооружения и военной специальной техники (ВВСТ) [3]. На совещаниях представителей оборонно-промышленного комплекса и в печати отмечается, что НТЗ советского периода уже исчерпан и в настоящее время перед ОПК руководством страны поставлена задача формирования, обеспечивающего конкурентоспособность создаваемой техники.

Развитие техники возможно, как за счет совершенствования существующих образцов техники, так и за счет создания на основе ключевых направлений научных достижений и технологий принципиально новых видов техники, обеспечивающих получение качественного уровня, а это может быть выполнено путем отбора для последующей реализации научно-технических достижений, отвечающих комплексу условий и критериев.

## 3. Экономические возможности страны

### 3.1. Валовой внутренний продукт и военные расходы

Создание новых машин, оборудования и процессов народно-хозяйственного назначения, а также ВВСТ, которые представляют собой сложные технические системы (СТС), требует совершенствования их разработки и производства. Обычно каждый новый образец техники при его оценке "привязывают" (соотносят) к мировому уровню ведущих в промышленном отношении стран (хуже, равен, лучше). В зависимости от характера создаваемой техники, к таким странам относятся США, Великобритания, Франция, Германия, Япония, Южная Корея, Израиль, Швеция. В последние годы к числу мировых лидеров стали относить и КНР. Однако, в большинстве случаев, все разработки новой техники, как правило, сравнивают с продукцией, которая производится фирмами США.

**Обеспечить высокий уровень разработки по всему спектру образцов техники мы не в состоянии по сравнению с ведущими странами мира из-за экономического положения.** Действительно, доля нашей страны в глобальном валовом продукте составляет около трех процентов, а в высокотехнологичных отраслях этот показатель не превышает 0,3 процента. Объем российского валового внутреннего продукта (ВВП) в настоящее время составляет не более шести процентов от американского [4].

Военные расходы США сегодня больше российских на порядок и превышают совокупный объем десяти идущих вслед за США стран вместе взятых. По данным СИПРИ военный бюджет США в 2016 г. составил 611,0 млрд. долл., тогда как военный бюджет РФ – 69,2 млрд. долл. (2018 г. – 66 млрд. долл.) [5]. Военный бюджет США в 2018 г. составляет 717 млрд. долл.

### 3.2. Соотношение военных расходов ведущих стран мира в 2013 г.

Судить о уровне военных расходов ведущих и других стран мира в 2013 г. позволяют данные о их соотношении в процентах: Бразилия – 2,2; Франция – 2,5; Германия – 2,8; Индия – 3,0; Саудовская Аравия – 3,2; Россия – 3,7; Великобритания – 3,88; Китай – 7,9; США – 40,2; остальной мир – 25,8. Расходы на федеральные научные исследования в США в 2018 г. составляют 119 млрд. долл. Расходы на НИОКР МО США составляют: 2017 г. – 49 197 млн. долл.; 2018 г. – 43 616 млн. долл.; 2019 г. – 57 156 млн. долл.

## 4. Технологический уклад

### 4.1. Системы и циклы технологических укладов

При создании новой техники важно понимать в целом среду, в которой создается новый объект техники. Эту среду можно охарактеризовать технологическим укладом, который формируется в ходе экономического развития. С момента промышленной революции в Англии различают шесть циклов технологического уклада.

**Определяющими факторами пятого и шестого циклов являются микроэлектроника, информационные технологии и нанотехнологии.** С учетом того, что в настоящее время время интенсивно развиваются сетевые компьютерные технологии, была предложена система технологических укладов (по Норману Пуаре), в которой введена информационная волна "распределенного интеллекта" (рис. 1).



рис. 1. Технологические уклады

По некоторым оценкам, Россия сейчас находится в четвертом технологическом укладе, в то время когда США, Япония, Китай – уже в шестом [6]. По данным рейтинга Всемирного экономического форума за 2011-2012 год Россия занимает 66 место среди 80 стран. Поэтому, главное сейчас – это сделать ставку на технологии, которые будут определять следующий уклад. Единственный вариант роста и рывка для России – сотрудничество с другими развитыми странами, которые занимают 20–30 процентов глобального рынка.

## 4.2. Роль элементной базы при создании новой техники

В связи с широким использованием радиоэлектронных элементов, микроэлектроники и других высокотехнологичных компонентов при создании новой техники, в том числе образцов ВВСТ, начиная с 90-х годов XX в., в научный оборот и инженерную практику было введено такое понятие как "поколение" создаваемой техники. Основой является базовый образец ВВСТ, который затем получал качественное развитие, в основном, за счет замены одной элементной базы на другую, более совершенную. В настоящее время поколение новых систем оружия обеспечиваются в значительной мере содержанием информационных технологий и микроэлементной базой.

**Элементная база в значительной степени определяет как функциональные свойства систем, так и их массогабаритные характеристики.** Элементная база в гражданской сфере обновляется каждые 2-4 года, в специальных применениях – через 4-5 лет. Действительно, динамика освоения микрочипов в гражданской сфере применения по годам выглядит следующим образом: 2003 г. – 90 нм, 2007 г. – 45 нм; 2011 г. – 22 нм; 2013 г. – 14 нм; 2015 г. – 10 нм; 2017 г. – 5 нм.

Уменьшение элементарных компонентов обещает дальнейший рост ёмкости и производительности микроэлектроники, большую экономичность микросхем. В России в настоящее время осваивается технология изготовления современных микросхем с топологией 40 нм (компания "Миландр").

## 5. Технический уровень образцов вооружения и военной техники

### 5.1. Исторический аспект

Если в проекте не заложены новые идеи, значительно опережающие уровень сегодняшнего дня, то техника устареет еще до рождения. Когда мы говорим о качестве прогрессивной техники, то должны соотносить его с мировыми достижениями и оценивать по конкурентоспособности на мировом рынке. На I Всесоюзной конференции работников социалистической промышленности 4 февраля 1931 г. говорилось: "Мы отстали от передовых стран на 50-100 лет. Мы должны пробежать это расстояние в десять лет. Либо мы сделаем это, либо нас сомнут. Максимум в десять лет мы должны пробежать это расстояние, на которое отстали от передовых стран капитализма. Для этого есть у нас все "объективные" возможности. Не хватает только умения использовать по-настоящему эти возможности. А это зависит от нас. Только от нас! Пора нам научиться использовать эти возможности. Пора покончить с гнилой установкой невмешательства в производство...".

**Для настоящей России стоит аналогичная задача – осуществить технологический рывок.**

### 5.2. Значимость оценки технического уровня

О техническом уровне создаваемой техники в какой-либо области говорят как рядовые работники промышленности, так и руководители крупных проектов и корпораций. Президент РФ В.В. Путин при посещении АО "Конструкторское бюро приборостроение" (г. Тула) 20 января 2014 г. так сказал о подходе к перспективным разработкам: "**При отборе проектов** важно избежать прямого повторения даже перспективных разработок. Вкладывать ресурсы, чтобы повторить уже пройденный кем-то путь, как правило, неэффективно. **Нужны свои нестандартные идеи и предложения**".

## 6. Алгоритм выбора новых систем оружия

Оценка приоритетности поисковых, прикладных, теоретических, научно-исследовательских и экспериментальных работ, а также формирование комплексных целевых программ, направленных на поддержание обороноспособности страны, а также создание новых образцов ВВТ в современных экономических условиях, характеризующихся кризисами, для российской науки приобретает первостепенное значение.

Выделяют четыре направления исследований [7]:

1. Прогнозирование развития науки, техники и технологий, оценка их влияния на облик вооружений.
2. Прогнозирование развития ВВСТ в ведущих странах.
3. Определение требований к тактико-техническим характеристикам (ТТХ) отечественных перспективных ВВСТ.
4. Прогнозирование параметров оснащённости армий ведущих стран вооружением и военной техникой.
5. Выявление количественных требований к системе вооружения ВС РФ.

**Вести исследования по всему спектру вооружений способны лишь несколько государств.** Возникает вопрос: как, исходя из заданных ограничений по бюджетному финансированию, сделать верный выбор в направлении разработки? Что принимать на вооружение?

Поэтому необходимо определение перечня работ, направленных на создание в будущем системы вооружения, обеспечивающей, эффективное ведение военных действий против любого, возможного противника.

## 7. Принципы проектирования новых образцов оружия

### 7.1. Концепция создания образцов новой техники

К настоящему времени как у нас в стране, так и за рубежом при разработке новой техники, в том числе, современных образцов ВВТ сложился в основном эволюционно-технологический путь развития:

1. Модульное проектирование с идеологией открытой архитектуры.

2. Создание базового изделия с учетом в дальнейшем при проектировании возможных изменений или наращивания конструктивных и схемных решений.

3. Максимальное использование имеющихся научно-технического и производственно-технологического заделов, обеспечивающих рациональную преемственность и совершенствование.

Конструкторы пришли к мнению, что при изготовлении сложной технической системы число оригинальных деталей, узлов, приборов не должно превышать 25...30% от общего числа деталей, узлов и пр. в изделии.

## 7.2. О копировании при создании сложных технических систем

Метод копирования технических решений является прогрессивным и наиболее экономичным **способом создания техники современного, но не опережающего уровня, в том числе и в области военных технологий**, и используется разработчиками многих стран, которые приобретают опыт освоения передовых технологий. В Китае, например, применяется синтез российских, западных и собственных технологий, что обеспечило технологический рывок. Классическим примером копирования является создание бомбардировщика Ту-4 на базе американского В-29. По мнению научного редактора АО "Научно-производственная корпорация "Уралвагонзавод" им. Ф.Э. Дзержинского С.В. Устьянцева на полноценное заимствование способен лишь тот, кто в научно-технологическом развитии близок стране, технология которой копируется [8].

## 8. Оценка значимости выбора технических решений на ранних стадиях жизненного цикла создаваемых образцов новой техники

### 8.1. Важность начальных этапов проектирования

При создании нового типа оружия всегда возникает вопрос об "иерархии приоритетов", так как финансовые, производственные, кадровые, временные и др. ресурсы ограничены и поэтому необходимо выбирать рациональные пути реализации того или иного проекта. В настоящее время большинство традиционных видов ВВТ достигли своих предельных значений и их дальнейшее совершенствование возможно только на основе серьезных инноваций, под которыми будем понимать внедрение новых научно-технических достижений и нетрадиционных подходов в образцы ВВТ. Проведенные системные исследования по определению характера развития СТС и оценке их качества и технического уровня выявили общую закономерность в соотношении оценки влияния принятия решений и стоимости произведенных затрат на различных этапах жизненного цикла СТС независимо от области научно-технической деятельности [9].

### 8.2. Оценка влияния принятия решений при создании новой техники

На рис. 3 приведена зависимость стоимости этапов жизненного цикла сложной технической системы и важность принятия решений в авиационной технике. Для авиационных комплексов важность принятия концептуальных решений составляет до 70% от их общего числа, при этом затраты находятся на уровне 2% от общих затрат по созданию комплекса. Затраты на исправление выявленных ошибок возрастают **в 1000 раз** на последней стадии жизненного цикла проекта по сравнению со стоимостью таких изменений на самых ранних стадиях его разработки (рис. 2).



рис. 2. Значимость принимаемых решений при создании авиационной техники

## 9. Методические подходы к оценке технического уровня сложных технических систем

**Различают уровни – существующий (старый), новый, мировой уровень.** В каждой отрасли сложились свои научные школы, которые разработали свои методы оценки качества и технического уровня СТС (в том числе с участием экспертов), с учетом современных знаний в области системного анализа, теории принятия решений и информационных технологий были предложены методы оценки технического уровня СТС, в том числе метод оценки технического уровня существующих, разрабатываемых и перспективных образцов ВВТ, в частности, на примере управляемых авиационных бомб и их систем – систем наведения и систем управления [10]. Представление о методе оценки технического уровня с использованием экспертных оценок применительно к высокоточному оружию можно получить в статье [11], в которой системно изложен метод оценки технического уровня СТС с использованием экспертных оценок, разработанный применительно к ВТО.

## 10. Метод оценки технического уровня сложных технических систем с зарождающимися технологиями

При обсуждении проблемы выбора и финансирования проектов американский ученый Роберт Эйрес в 1970-е годы высказал мысль: "Было бы сделано значительное улучшение в совершенствовании нынешней системы, если бы удалось найти какие-либо количественные показатели для измерения "научной ценности", привлекая экспертов лишь для количественной оценки" [12]. Для прогнозирования динамики развития новой технологии достаточно спрогнозировать числовые значения двух характеристик соответствующей логистической кривой, которая описывает производительность технологического процесса: максимальный уровень производительности новой технологии и время достижения максимального темпа роста новой технологии. 
$$I(t) = \frac{\Pi_{\max}}{1 + A \cdot \exp(-u \cdot t)}$$

## 11. Эволюционно-технологическое развитие высокоточного оружия как пример анализа сложных технических систем

Стремительное развитие высокоточного оружия (ВТО) за последние пятьдесят лет привели к тому, что по своему потенциалу системы ВТО различных классов вышли на пологий участок эволюционно-технологического развития. Следует предположить, что успехи в разработке технологий оружия направленной энергии на протяжении последних 20 лет могут вызвать кардинальные изменения в методах ведения современной войны. Выполненные исследования по лазерному оружию позволяют прогнозировать его эффективность по сравнению с современным высокоточным оружием [13]. Можно обнаружить, что ход кривых, определяющих развитие технологий ВТО и лазерного оружия (новая технология) указывает на идентичность эволюционного развития (рис. 3).

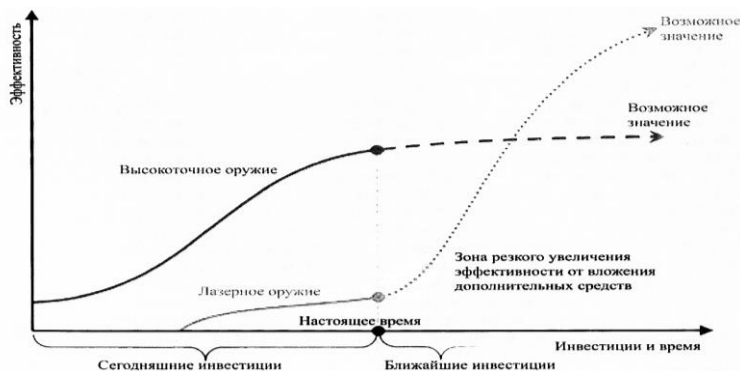


рис. 3. Логистическая кривая роста производительности технологического процесса

### Выводы

1. С целью повышения качества разработок переход на стадию ОКР должен осуществляться после создания научно-технического задела в виде проведения научно-исследовательских работ продолжительностью 1-3 года в зависимости от степени изученности и сложности вопроса. Длительность ОКР по созданию новой СТС должна составлять не более 3-5 лет.
2. При эволюционно-технологическом подходе к созданию объекта новой техники (образца ВВТ) уровень нововведений (степень новизны) не должен превышать 20-30%.
3. Наиболее предпочтительным при формировании технического облика образца новой техники является модульно-базовый метод конструирования, предполагающий создание базовой платформы с открытой архитектурой, предполагающей ее дальнейшее развитие. Основой качественной разработки объектов СТС является введение системы управления жизненным циклом с осуществлением сквозного проектирования на основе электронной документации.
4. Важным этапом при создании новой техники является начальный этап проектирования.
5. Одним из инструментов выбора наиболее предпочтительного варианта из числа альтернативных является оценка технического уровня создаваемого объекта техники по отношению к лучшим мировым образцам.

### Литература

1. Путин В. Быть сильными: гарантии национальной безопасности для России // Российская газета. – 2012. – 20 февраля. – С. 1–3.
2. Драгомиров И. На смену роботам. Президент предложил сосредоточиться на создании перспективного технического задела // Военно-промышленный курьер. – 2017. – № 19 (683). – 24–30 мая. – С. 3.
3. Фаличев О. Особый задел. Юрий Борисов: "В создании перспективного вооружения нельзя рассчитывать на сиюминутный результат" // Военно-промышленный курьер. – 2017. – № 9 (673). – 8-14 марта. – С. 1, 4, 5.
4. Сидоров А. Лузеры и винеры. Почему мы проспали пятый технологический уклад // Военно-промышленный курьер. – 2016. – № 46 (661). – 30 декабря. – С. 7.
5. Глазьев С. Выход из хаоса. Для отражения американской агрессии нужна национальная система экономической безопасности и управления развитием // Военно-промышленный курьер. – 2014. – № 45 (563). – 8-9 декабря. – С. 1-3.
6. Фаличев О. Последний вагон на Запад. Кто оседлает венчурные технологии, тот будет править миром // Военно-промышленный курьер. – 2017. – № 4 (668). – 1-7 февраля. – С. 7.
7. Буренок В. Для разработки новых видов оружия нужны умелые прогнозисты // Военно-промышленный курьер. – 2017. – № 5 (669). – 8-14 февраля. – С. 8.
8. Черкашин П. Чип всему голова // Военно-промышленный курьер. – 2017. – № 4 (668). – 1-7 февраля. – С. 6.
9. Семенов С.С. Взгляды разработчика на создание новых высокотехнологических систем опережающего уровня // Оборона России. – 2017. – № 12. – С. 88-99.
10. Семенов С.С., Харчев В.Н., Иоффин А.И. Оценка технического уровня образцов вооружения и военной техники – М.: Радио и связь, 2004. – 552 с.
11. Воронов Е.М., Щербинин В.В., Семенов С.С. К оценке технического уровня сложных технических систем с учетом полного жизненного цикла // Онтология проектирования. – 20016. – Т. 6, № 2(20). – С. 173-192.
12. Роберт Эйрес. Научно-техническое прогнозирование и долгосрочное планирование / Под ред. Г.М. Доброва; Пер. с англ. Н.П. Степанова. – М.: Мир, 1971. – 296 с.
13. Белкин В.Н. Военные лазеры и методы обнаружения их применения противником. Научно-техническая информация / ГосНИИАС. – 2016. – № 4. – С. 4-21.