

Интернет-журнал «Науковедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №5 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-5>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/15EVN516.pdf>

Статья опубликована 21.09.2016.

**Ссылка для цитирования этой статьи:**

Брутян М.М. Проблема оценки экономической эффективности инновационных проектов по разработке высоких технологий в авиационной промышленности // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №5 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/15EVN516.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

**УДК 330.34**

**Брутян Мурад Мурадович**

ФГУП «Центральный аэрогидродинамический институт им. Н.Е. Жуковского», Россия, Жуковский<sup>1</sup>

Специалист

E-mail: [Btm23@mail.ru](mailto:Btm23@mail.ru)

## **Проблема оценки экономической эффективности инновационных проектов по разработке высоких технологий в авиационной промышленности**

**Аннотация.** Рассматривается проблема оценки уровня зрелости инновационных технологий на примере одной из важнейших наукоемких отраслей экономики – авиационной промышленности. Отмечено, что для решения данной проблемы можно использовать известную зарубежную методику уровней готовности технологий. Показана важность проведения своевременной и эффективной процедуры оценки готовности технологий для снижения технико-экономических рисков реализации наукоемких инновационных проектов. Выявлены основные типовые элементы процесса оценки готовности технологий. На примере разработки авиационных технологий, направленных на увеличение дальности и продолжительности полета, затронута проблема оценки их экономической эффективности. Исследована проблема оценки эффективности инвестирования в наукоемкие технологии на примере известных финансовых показателей: отношения величины прибыли на инвестированный капитал, соотношения общей выручки ко всем затратам и чистого дисконтированного дохода. Показано, что использование данных показателей имеет смысл на более поздних стадиях инновационного процесса, например, на этапе производства готовой продукции, но он теряет смысл на ранних стадиях инновационного процесса, особенно при создании радикальных инноваций с прерывистым циклом разработки. Это обусловлено сложностью прогнозирования будущих денежных потоков и расходов на разработку. В связи с этим сделан вывод о влиянии непрерывности процесса разработки инновационных технологий на точность экономической оценки его эффективности.

**Ключевые слова:** инновационный проект; уровни готовности технологий; экономическая эффективность; инвестирование; финансовые показатели; дальность и продолжительность полета; авиационная промышленность

---

<sup>1</sup> 140180, г. Жуковский, Московская обл., ул. Жуковского, д. 1

Ускорение инновационного и научно-технологического развития невозможно без успешного внедрения в практику перспективных научно-технических инновационных проектов (ИП) и разработки сложной наукоемкой продукции, опирающейся на применение высоких технологий. Необходимость поиска новых источников экономического роста, новых рыночных сегментов и даже целых рынков сбыта диктует экономическим субъектам целый ряд новых требований и задач. Выделим некоторые из них: переосмыслить имеющиеся методы и инструменты управления исследованиями и разработками, обратить внимание на особенности организации эффективной системы инновационного риск-менеджмента, разрабатывать новые маркетинговые стратегии, проводить долгосрочное научно-техническое прогнозирование и Форсайт-исследования, научиться оценивать (хотя бы приближенно) экономическую эффективность инвестиций в разработку передовых технологий, в особенности прорывных.

Главным элементом инновационного развития экономики следует считать инвестирование в новшества, в создание передовых технологий и основанных на них новых продуктов (систем технологий). В настоящее время прогрессивное развитие государства и высокий стандарт жизни населения обеспечиваются непосредственно инновационно-интеллектуальной направленностью экономики. Но при этом не стоит забывать, что неправильный выбор модели технологического развития может привести к усилению социальной напряженности в обществе и даже к возникновению социальных конфликтов в масштабе всего государства. В этой связи точная и своевременная оценка уровней готовности и рисков разрабатываемых новшеств – технологий, небольших и особенно крупных и сверхкрупных систем (суперсистем), имеет принципиальное значение [1, 2].

В 1970 гг. специалистами NASA (США) был разработан подход для оценки степени готовности (зрелости) аэрокосмических технологий. Позже идеология данного подхода была несколько модифицирована, адаптирована для иных отраслей, помимо авиастроения, и в настоящее время получила довольно широкое распространение во многих крупных промышленных компаниях и правительственных ведомствах ряда передовых стран. Данный подход основан на оценке уровня готовности технологий (УГТ). Система УГТ внедрена и применяется в таких компаниях с мировым именем, как Airbus, Boeing, Lockheed Martin, Fiat, Northrop Grumman, Ferrari, General Electric, Nokia, Pratt and Whitney, Ford, BAE Systems, Rolls-Royce, BMW, Toyota и др. [3]. Подробное описание системы УГТ и ее развитие можно найти в работах [4, 5].

Интересно, что во времена СССР существовала иная конструкторская система создания перспективной авиационной техники, отличающаяся от методики, созданной в NASA. Эта система предусматривала следующие семь этапов разработки: этап НИР, этап технического предложения (аванпроект), этап эскизного проекта, этап рабочего проектирования, этап летно-конструкторских испытаний, этап освоения производства и этап ввода изделия в эксплуатацию (см. рис. 1) [6].<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> Первоначально подход УГТ также насчитывал семь уровней готовности, как и конструкторская система, однако позже был дополнен еще двумя уровнями.

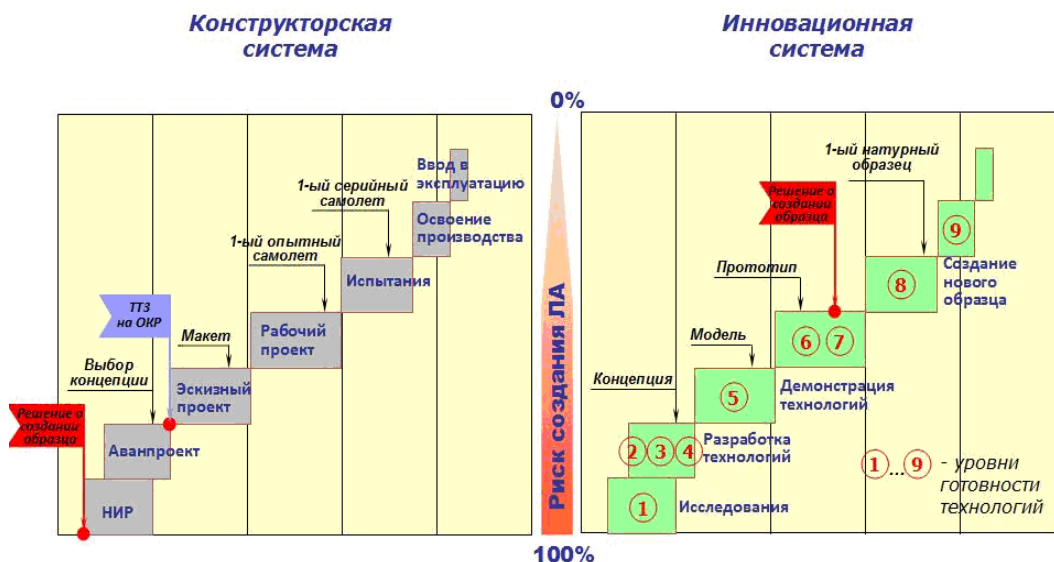


Рисунок 1. Сравнение двух подходов к созданию наукоемкой системной продукции<sup>3</sup>

Основная цель конструкторской системы состояла в определении необходимого объема работ по аэродинамике самолета, его силовой установке, системе управления, динамике, акустике и т.п. при наиболее оптимальном распределении этих работ на различных этапах создания самолета. Достижение этой цели предполагало усиление роли наземных исследований в аэродинамических трубах и стендовых установках, сокращение времени постройки самолета, снижение количества доработок и проведение меньшего числа дорогостоящих и нередко опасных летных испытаний. При этом решение о создании опытного образца принималось в начале НИР, задание на опытно-конструкторские работы выдавалось по завершении аванпроекта. На стадии эскизного проекта создавался макет; 1-й опытный образец – на стадии рабочего проекта, а в испытаниях уже был задействован серийный самолет.

Как видно из рис. 1, новая инновационная экспертно-тестовая система оценки УГТ предусматривает девять этапов. При этом риски, связанные с внедрением новых технологий, существенно снижаются и в меньшей степени возлагаются на промышленность. Первый уровень относится к стадии фундаментальных исследований. Со второго по четвертый – разработка технологий, в этот период формируется технологическая концепция. Пятый и шестой этапы – демонстрация технологий: на пятом уровне создается модель, на шестом – работоспособный демонстратор. Демонстратор (прототип конечной системы) – физическая или виртуальная модель, которая используется, чтобы оценить техническую или производственную осуществимость, а также возможность и полезность операционного применения конкретной технологии, процесса, концепции разрабатываемого изделия или конечной системы. Демонстратор должен отражать внешнюю форму, внутренние связи, быть выполненным в соответствующем масштабе для адекватного отображения основных функциональных параметров и критических элементов конечного продукта. Как правило, для демонстратора не требуется наличие систем интегрированной поддержки его функционирования вне контролируемых лабораторных условий, кроме случаев, когда единственно релевантная специфическая среда тестирования необходима для подтверждения его функциональных возможностей.

<sup>3</sup> Источник: Клочков В.В., Крель А.В. Анализ эффективности новых принципов управления исследованиями и разработками в авиастроении // Экономический анализ: теория и практика. 2012. №19 (274). С. 2-13.

Этапы УГТ 1 – УГТ 6 выполняются при бюджетном финансировании и лежат в области ответственности научно-исследовательских организаций. После завершения испытаний работоспособного прототипа будущей системы в моделируемых условиях эксплуатации формируется задание на новый образец и принимается решение о его создании. Дальнейшие этапы лежат в сфере ответственности промышленности, а финансирование работ ведется в основном с использованием рыночных инструментов. Кроме значительного снижения риска создания летательного аппарата (ЛА), методика УГТ, ожидаемо, может применяться и для других наукоемких секторов экономики, обеспечивая поддержку разработки и внедрения разнообразных инновационных технологий.

При использовании шкалы УГТ обеспечивается последовательная поддержка полного инновационного цикла, состоящего из этапов генерации, а затем трансформации знаний в опытные разработки и коммерциализации технологий. В настоящее время УГТ – это последовательная цепь, которая состоит из девяти детально сформулированных уровней зрелости, сигнализирующих о текущем статусе процесса разработки технологии. Зрелость критических технологий свидетельствует об их соответствии целям и задачам проекта и является основным показателем, характеризующим риск разработки. Поэтому важной задачей является своевременное и точное проведение процедуры *оценки готовности технологии (ОГТ)*. Детализированный процесс ОГТ зависит во многом от специфики предполагаемого применения технологий в конечной системе. Процедура ОГТ стала применяться компанией General Dynamics в 1975 году при создании многоцветного транспортного космического корабля NASA; в 1976 году она была применена в NASA для постройки ракеты, запущенной в сторону Юпитера и в 1977 году для оценки проекта создания солнечного паруса.

ОГТ – это систематический, основанный на установленных метриках процесс, обязательно сопровождаемый итоговым отчетом, который дает возможность оценить степень зрелости определенных технологий или критических технологических элементов крупных систем. Отметим, что технологический элемент можно назвать критическим, если разрабатываемая система сильно зависит от него по части соответствия эксплуатационным требованиям в пределах допустимого объема затрат на разработку и временного графика выполнения работ. После выявления критических технологических элементов менеджерами программ, необходимо продемонстрировать их достигнутый УГТ для принятия ответственного решения о прохождении контрольной точки разработки (Milestone) и перехода на следующую стадию. Традиционно выделяются 3 основные контрольные точки процесса разработки системного технологического новшества. Для прохождения первой контрольной точки критические технологии должны удовлетворять требованиям УГТ 3, для второй контрольной точки рекомендуется соответствовать УГТ 6 и, наконец, для прохождения третьей контрольной точки необходимо достигнуть УГТ 7. На стадии разработки и демонстрации систем критические технологические элементы должны быть продемонстрированы в условиях близких к реальным. Демонстрация в реальных эксплуатационных условиях необходима на стадии подготовки развертывания полномасштабного производства [7].

Процесс ОГТ широко применяется в Министерстве обороны США в целях сокращения многомиллиардных затрат и срывов по временным графикам, которые обычно связаны с крупными программами закупок военной техники. Подобного рода программы являются программами I категории важности среди всех прочих программ закупок Министерства обороны США: их годовой бюджет на исследования и разработки превышает \$300.000.000 в год, а полные расходы на приобретение готового вооружения – \$1.800.000.000 в год [8].

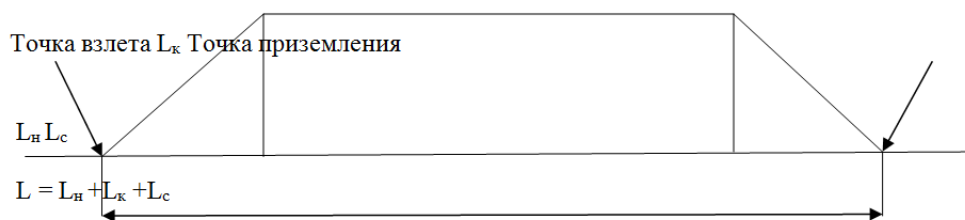
Для проведения ОГТ на любом этапе готовности технологического новшества необходимо собрать соответствующую информацию о технологии для принятия ответственного решения: достигла ли она или нет конкретного уровня готовности. Такая

информация включает в себя четыре основных параметра, характеризующих разрабатываемую технологию: описание, требования, верификацию и предполагаемую жизнеспособность. Организация и проведение ОГТ во многом зависит от специфики разрабатываемой технологии и особенностей ее применения в конечной системе [9]. Однако можно выделить типовые элементы этого процесса. Рассмотрим наиболее общие (основные) шаги для проведения эффективной ОГТ:

- формальное определение и описание ОГТ (ясно сформулированные критерии, расклад уровней на интервалы по времени, методика использования получаемых данных во всем технологическом процессе);
- выявление критических технологических элементов;
- сбор необходимой информации об операционной среде и области предполагаемого применения технологии в системе;
- составление списка людей, участвующих в процессе ОГТ и определение их полномочий и обязанностей;
- написание отчетов и другой сопутствующей технической документации (для чего необходимо проводить предварительные совещания, заседания и семинары с участием специалистов, задействованных в разработке данной технологии);
- проведение конкретной ОГТ, которая обычно должна осуществляться под контролем специального надзорного комитета;
- подготовка и опубликование обобщающего отчета о проведенной ОГТ.

Суть использования подхода УГТ заключается в том, чтобы снизить риски перерасхода финансовых средств и запаздывания по графику разработки проекта, которые могут привести в систему непроработанные «сырые» технологии или недостаточно зрелые отдельные технологические элементы. Снижение затрат, связанных с вынужденной доработкой технологий и уменьшение времени их разработки является главной целью проведения процесса ОГТ. Прямая выгода от использования процедуры ОГТ может быть выражена с помощью некоторых финансовых показателей, среди которых можно выделить расчет показателя соотношения общей выручки ко всем затратам (BCR), прибыли на инвестированный капитал (ROI) и чистого дисконтированного дохода (NPV).

Эффективность процесса разработки передовых технологий важна для наукоемких отраслей промышленности, где высока конкуренция и для победы в жесткой конкурентной борьбе необходимо на систематической основе усиливать технологическую составляющую. Особенно актуально это для авиастроительной отрасли. Так, для примера, рассмотрим проблему экономической оценки эффективности применения авиационных технологий, направленных на увеличение дальности и продолжительности полета *летательного аппарата (ЛА)*. Дальность и продолжительность полета ЛА являются его важнейшими *летно-техническими характеристиками (ЛТХ)*. Не следует их путать между собой, т.к. они являются совершенно разными понятиями. Дальность полета – это длина воздушного пути, расстояние от места взлета до места посадки самолета вдоль маршрута полета по земной поверхности (см. рис. 2). Продолжительность полета – это время нахождения ЛА в воздухе с момента вылета до посадки.



**Рисунок 2.** Траектория маршрута полета ЛА на дальность<sup>4</sup>

Дадим некоторые пояснения к рису 2. Параметр  $L_n$  обозначает расстояние, пройденное до момента окончательного набора высоты,  $L_k$  – расстояние, пройденное на крейсерском режиме полета (горизонтальном полете на заданной высоте) и  $L_c$  – расстояние снижения с набранной высоты до посадки самолета на аэродроме.

Одной из важнейших ЛТХ является способность ЛА превращать энергию топлива в дистанцию полёта. Задача достижения оптимальной дальности полёта может формулироваться одним из двух способов:

- обеспечить полет на максимальную дальность при заданном запасе топлива;
- обеспечить заданную дальность полёта при минимальном расходе топлива.

Общим элементом решения двух этих задач является увеличение удельной дальности полёта, а именно, отношения длины пройденного воздушного пути к количеству израсходованного топлива. Дальность и продолжительность полета определяются, прежде всего, запасом топлива и режимом полета (высотой и скоростью). Для заданного типа ЛА каждому режиму полета соответствует определенный расход топлива на один километр и за один час полета.

Увеличение дальности и продолжительности полета может быть достигнуто с помощью различного рода новых технологий, которые улучшают ЛТХ и тем самым позволяют повысить конкурентоспособность ЛА. Полеты на большую дальность при прежнем расходе топлива или перелеты на заданное расстояние при меньшем расходе топлива несут прямой положительный экономический эффект за счет снижения количества потребляемого топлива в расчете на километр или в расчете на летный час. Увеличение продолжительности полета является необходимым, когда требуется осуществлять, например, патрулирование и мониторинг, барражирование, охрану границ и прочее. Особенно актуальны эти направления для беспилотных летательных аппаратов, создаваемых для решения важных проблем применения авиации в народном хозяйстве и в военной области [10].

Авиационные технологии по части обеспечения дальности и продолжительности полета можно разделить на три категории:

- технологии, инкорпорируемые в уже эксплуатируемую технику;
- технологии, которые можно включить в будущие производственные версии текущего самолета;
- технологии и концепции, доступные только в принципиально новых конструкциях самолета.

Стоит отметить, что наибольший и немедленный эффект может дать первая группа технологий, т.к. они являются либо сразу доступными для установки, либо доступными в

<sup>4</sup> Источник: Аэродинамика самолета. Дальность и продолжительность полета // <http://vzletim.aero.портал> о малой авиации. URL: [vzletim.aero/upload/iblock/5f4/aerodynamics14.pdf](http://vzletim.aero/upload/iblock/5f4/aerodynamics14.pdf) (дата обращения: 24.08.2016).

ближайшем будущем. По сути, они являются лишь модификацией текущей эксплуатируемой версии самолета. Ко второй группе технологий относятся либо слишком сложные, либо слишком дорогие. Однако данные технологии имеют большой потенциал на вновь создаваемых модифицированных производственных версиях летательного аппарата. Эти технологии работают как независимо, так и в сочетании с уже имеющимися технологиями, что в совокупности обещает еще больший положительный интегральный эффект. Наконец, последняя группа технологий, находящихся на ранних УГТ, может быть использована лишь в случае разработки принципиально новых авиационных систем на основе новых концепций проектирования ЛА. Авиационные технологии, относящиеся к последней группе, обычно требуют значительных затрат на НИОКР, более высокую степень риска и время разработки – в среднем около двух десятков лет. Данная группа технологий зачастую является самой многообещающей. В то же время она с трудом поддается оценке по причине большой степени неопределенности, связанной с низким текущим уровнем зрелости.

Авиастроительные компании ежегодно инвестируют миллионы долларов в разработку и доведение до ума новых авиационных технологий, предполагаемых к использованию, как на существующих модифицированных поколениях авиационной техники, так и на вновь создаваемых ЛА. В условиях постоянно увеличивающегося многообразия перспективных технологий и их усложнения, ужесточения требований по экологичности и безопасности, задача выбора наиболее эффективной из набора возможных альтернатив становится очень актуальной и сложной.

Точное экономически эффективное инвестиционное решение выбора технологий для разработки и внедрения на основе прогнозирования чистых денежных потоков может обеспечить компании большое конкурентное преимущество и позволит успешно функционировать в среднесрочном и долгосрочном периоде. В процессе отбора подходящих для разработки технологий неизбежно возникает целый ряд проблем – это имеет место как в случае создания радикальных, революционных технологий, так и инкрементальных, улучшающих. Компания-разработчик попросту может не обладать необходимым опытом проведения подобных успешных разработок, производственными ноу-хау, потребными ресурсами по всему жизненному циклу разработки и т.д. Вследствие этого возникает следующий вопрос, как долго необходимо моделировать процесс разработки, чтобы принять наиболее взвешенное решение? Для ответа на него наилучшим образом необходимо иметь соответствующую методологию для многофакторной оценки технологий. Природа технологии такова, что ее трудно оценивать только с помощью коммерческих и бухгалтерских показателей посредством проведения экономического анализа. Необходимо проведение более сложного изучения, затрагивающего все аспекты передовой технологии для лучшего понимания ее ценности для общества [11]. Такая оценка иногда может являться больше субъективной, чем объективной и сильно подвергаться влиянию конкретных императивов (культурно-исторических реалий), имеющих место внутри каждого государства. Поэтому крайне желательно при проведении процедуры оценки высоких технологий уделить особое внимание междисциплинарным системным исследованиям, проводимым преимущественно строгими количественными методами. Необходим особый подход, который позволил бы выявлять ценность технологии уже на ранних стадиях ее разработки вне зависимости от использования классических экономических показателей для оценки эффективности инвестиционных и инновационных проектов [12]. Помимо упрощения выбора конкретных технологий данный подход будет иметь и еще одну дополнительную пользу – в случае провала всего инновационного проекта, каждый шаг принятия решений будет записан, причины принятия ключевых решений будут проанализированы, ошибки будут поняты.

В работе [13] описаны основные вопросы, которые следует учитывать в любой модели отбора технологий:

- неопределенность коммерческого и технического успеха (риск);
- источники финансирования разработки технологий;
- необходимые для разработки ресурсы;
- степень корреляции технологий с заявленными целями проекта;
- текущий уровень технической готовности (зрелости) технологии.

При выборе той или иной методики оценки эффективности ИП, связанных с разработкой научно-технических инноваций, следует в целом придерживаться основных базовых принципов оценки традиционных инвестиционных проектов [14]. Выделим наиболее основные из этих принципов:

- рассмотрение проекта по всему его жизненному циклу или расчетному периоду;
- моделирование денежных потоков, что подразумевает учет всех связанных с проектом притоков и оттоков денежных средств;
- сравнимость и сопоставимость различных проектов или альтернатив проекта;
- положительность и достижение максимума эффекта при реализации проекта. ИП может быть признан эффективным, если эффект от его реализации будет положительным. При выборе варианта инвестирования из нескольких альтернативных проектов, приоритет имеет проект с максимальным значением эффекта;
- учет фактора времени. Эффективность проекта во времени должна учитывать динамизм характеристик проекта, временные разрывы (лаги) между, например, производством продукции и ее оплатой, неравноценность одновременных затрат и/или полученных результатов;
- учет только предстоящих затрат и поступлений. При проведении оценки экономической эффективности проекта надо учитывать только будущие расходы и поступления. Так, созданные ранее ресурсы, используемые в проекте являются не затратами, а альтернативной стоимостью, отражающей максимальную упущенную выгоду от возможности альтернативного использования этих ресурсов. Прошлые затраты, не предполагающие получения в будущем альтернативных доходов и не связанные с проектом, следует считать невозвратными платежами, которые не учитываются в денежных потоках и не влияют на расчет показателя эффективности;
- учет не только количественных, но и качественных последствий от реализации проекта. Правильная оценка эффективности ИП должна учитывать не только его финансовую эффективность, но также общественную (социальную, экологическую, политическую и т.д.);
- учет несовпадения интересов и различия в оценках стоимости капитала при наличии разных участников проекта;
- многоэтапность (итеративность) оценки. По мере осуществления проекта и перехода его на следующие стадии разработки, необходимо заново определять его эффективность, как правило, с более точной степенью проработки;
- учет влияния фактора инфляции. Цены на различные виды ресурсов, продуктов и услуг могут меняться в ходе реализации проекта;



- учет влияния неопределенности и различных рисков, являющихся постоянными спутниками процесса реализации проекта [15].

Традиционно выделяют три основных способа обоснования инвестиций в передовые технологии [16]:

- методы экономического анализа;
- аналитические модели;
- стратегические подходы.

Эти подходы отличаются друг от друга, главным образом, отношением к нефинансовым факторам (иначе говоря, не связанным с деньгами). В случае экономической оценки эффективности применения технологий, направленных на увеличение дальности и продолжительности полета ЛА интерес представляют, прежде всего, методы экономического анализа.

Со времен промышленной революции для оценки рентабельности инвестиций стали развиваться многочисленные экономические модели и придумываться соответствующие уравнения. Одним из старейших подходов, который является довольно универсальным и простым в применении, является метод вычисления прибыли на инвестированный капитал ROI. Данный коэффициент может использоваться для оценки эффективности инвестиций или для сравнения нескольких инвестиционных возможностей с позиции их эффективности.

Формула для расчета ROI простая и выглядит следующим образом:

$$ROI = \frac{P - C}{C}, \quad (1)$$

где: P – доход от инвестиции, C – затраты на осуществление инвестиции.

Согласно этой формуле, не следует осуществлять инвестицию, если она имеет отрицательный ROI, а в случае положительного значения этого коэффициента при наличии иных альтернатив, следует выбирать инвестиции с более высоким ROI.

Другим распространенным показателем для оценки экономической эффективности инвестиционных вложений является показатель соотношения общей выручки ко всем затратам BCR.

Формула для расчета показателя BCR выглядит следующим образом:

$$BCR = \frac{PV_{benefits}}{PV_{costs}}, \quad (2)$$

где:  $PV_{benefits}$  – приведенная стоимость денежных доходов;

$PV_{costs}$  – приведенная стоимость расходов и затрат.

Так, например, если  $BCR=1,4$ , это означает, что на каждую инвестированную денежную единицу (затраты) приходится 1,4 денежных единиц дохода. Отношение выгод к затратам показывает, насколько можно увеличить затраты, чтобы проект не стал после этого финансово непривлекательным. К примеру, если расчетное значение  $BCR=1,07$ , то при повышении расходов более чем на 7%, значение показателя упадет ниже порога безубыточности, когда совокупные доходы равняются суммарным расходам. Наличие данной возможности позволяет оперативно и эффективно оценивать влияние различных рисков, приводящих к увеличению затрат на итоговые результаты всего проекта.

Многими специалистами наиболее важным показателем оценки эффективности инвестиционных и инновационных проектов признается чистый дисконтированный доход NPV т.к. некоторые остальные показатели формируются на его базе. Показатель чистого дисконтированного дохода позволяет сопоставить величину инвестиций с общей суммой чистых денежных поступлений, генерируемых ими в течение прогнозного периода, и характеризует современную величину эффекта от будущей реализации инвестиционно-инновационного проекта. Иначе говоря, концепция показателя чистого дисконтированного дохода основывается на принципе, «что определенная сумма имеющихся сегодня денег стоит дороже, чем эта же сумма, но полученная завтра», потому что, по меньшей мере, их можно с выгодой положить на депозит в банк под проценты. Этот принцип еще называют «золотым правилом бизнеса». Нужно помнить, что деньги подвержены обесцениванию по причине инфляции, т.е. реальная покупательная способность  $n$ -ой суммы денег понижается со временем. Приток денежных средств распределен во времени и потому дисконтируется с помощью специального коэффициента  $r$ . Коэффициент  $r$  – ставка дисконта или процентная ставка, используемая для пересчета будущих потоков доходов в единую величину текущей стоимости, являющуюся базой для определения рыночной стоимости бизнеса. В экономическом смысле, ставка дисконта – это требуемый инвесторами доход на вложенный капитал в сопоставимые по фактору риска объекты инвестирования. Ставка дисконта для предприятия отражает стоимость привлечения капитала из различных источников.

Эффективность проекта зависит от двух величин – от чистых денежных потоков и ставки дисконтирования. При этом проекты могут быть менее и более чувствительными к ставке дисконтирования. К примеру, небольшие изменения ставки дисконтирования в случае более чувствительных проектов сильно повлияют на изменение чистого дисконтированного дохода.

Показатель NPV вычисляется по следующей формуле:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (3)$$

где:  $n$  – число периодов реализации проекта;  $CF_t$  – чистый поток платежей за время  $t$ ;  
 $I_0$  – сумма первоначальных затрат, т.е. сумма инвестиций на начало проекта.

Очевидно, что при положительном значении NPV, проект рентабелен и его следует принять, при отрицательном – его следует отклонить. Если проект предполагает не разовую инвестицию, а последовательное инвестирование финансовых ресурсов в течение  $m$  лет, то формула для расчета NPV модифицируется следующим образом:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - \sum_{j=1}^m \frac{IC_j}{(1+i)^j}, \quad (4)$$

где  $i$  – прогнозируемый средний уровень инфляции.

При сравнении нескольких взаимоисключающих вариантов инвестирования принимается проект с наибольшим значением показателя NPV. Если показатель  $NPV > 0$ , то проект является прибыльным, инвестиции окупятся, если  $NPV < 0$  – проект убыточен, если  $NPV = 0$  – проект не прибылен и не убыточен. Ставка дисконтирования, при которой  $NPV = 0$  определяет внутреннюю норму доходности IRR, при которой инвестор все еще может вкладывать средства в проект без боязни потерь. Если проект полностью финансируется за счет банковского кредита, показатель IRR показывает предельно допустимую величину процентной ставки, превышение которой делает проект убыточным.

Инвестирование – это любые вложения любых средств в материальную и/или финансовую сферу, целью которых является получение дохода и различного рода выгод в будущем [17]. Инвестиционный процесс характеризуется не только количественным (экстенсивным) ростом, но и качественным, направленным на достижения высокого технического состава капитала, развитие науки и высоких технологий. В этой связи разработку новых высоких технологий можно представить в виде инвестиций в материальную сферу, а именно в НИОКР, по итогам которой предполагается должна появиться технологическая инновация. Оценивать экономическую эффективность всего проекта можно при помощи рассмотренных выше показателей, среди которых важнейшим, вероятно, стоит назвать NPV.

Тем не менее, не стоит забывать, что процесс разработки новых технологий неизбежно сталкивается с проблемой той или иной степени неопределенности конечного результата [18]. И чем более сложен и прерывист процесс создания новых технологий или инноваций, тем более непредсказуема дальнейшая судьба их разработки и последующей коммерциализации. Суть данной проблемы состоит в том, что дискретные нововведения находятся вне существующего опыта проведения успешных разработок, практики реализации инвестиционно-инновационных проектов и даже зачастую вне существующей научной картины мира. Подобного рода технологические инновации могут потребовать непредсказуемо большое время на свою разработку и внедрение, что делает связанные с ними проекты чрезвычайно рискованным предприятием. В таких случаях, поскольку невозможно дать точный прогноз вероятности успеха, становится невозможно прогнозировать не только точную, но и приближенную оценку чистых денежных потоков от новой технологии, а сам показатель NPV приобретает несколько стохастический характер. Иными словами прогнозируемые чистые денежные дискретные потоки каждого расчетного периода в этом случае являются только приближенными оценками с определенным вероятностным распределением, наряду с математическим ожиданием и стандартным отклонением, связанными с ними. Следовательно, при увеличении стандартного отклонения вычисление значения показателя NPV все более утрачивает свою уместность – предсказание NPV, имеющего высокое стандартное отклонение, – является малополезным занятием. Другой важной проблемой является то, что диапазон распределения чистых денежных потоков для каждого периода времени начинает зависеть от результатов предыдущих. Из-за наличия этого явления, ошибки в оценках чистых денежных потоков будут иметь более сильные негативные последствия, влияющие на точность и достоверность прогноза, охватывающего длительную перспективу.

Процесс разработки новых технологий почти всегда связан с неопределенностью получения успешного результата. Данное положение особенно характерно для радикальных технологий, с прерывистым циклом разработки. Для снижения степени технико-экономического риска создания технологических инноваций может быть рекомендована к использованию система УГТ, а рентабельность инвестиций можно оценивать с помощью известных экономических показателей, среди которых один из самых распространенных – показатель чистого дисконтированного дохода. Данные подходы, бесспорно, являются полезными инструментами для управления инвестиционно-инновационными проектами и оценки их эффективности, особенно на более поздних стадиях инновационного процесса, например, на этапе производства готовой продукции. Однако они теряют свою актуальность на ранних стадиях инновационного процесса при разработке радикальных прерывистых инноваций, так как в этом случае присутствует повышенная степень неопределенности и обычно становится невозможно дать даже примерный прогноз на будущее относительно успеха создания инновационного продукта и составить план его внедрения и коммерциализации. Поэтому во многом на возможность дать экономическую оценку

эффективности создания высоких технологий большое влияние будет иметь степень непрерывности процесса ее разработки. Большое значение и ценность для разработчика при этом приобретают используемые прогнозные методы, правильный выбор стратегии, оценка рисков, технологическая маршрутизация и технико-экономическое моделирование.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Брутян М.М. От технологии, через систему технологий – к суперсистеме // Инновации и инвестиции. 2013. №1. С. 154-160.
2. Брутян М.М., Головчанская Е.Э., Даниловских Т.Е. и др. Инновационный потенциал национальной экономики: приоритетные направления реализации. Новосибирск: ЦРНС, 2015. 164 с.
3. Сливицкий А.Б. Совершенствование инструментария выбора государственных приоритетов, механизмов разработки и реализации стратегии инновационного развития // Труды первой международной научно-практической конференции «Регионы Евразии: стратегии и механизмы модернизации, инновационно-технологического развития и сотрудничества». М., 2013. С. 593-601.
4. Mankins J.C. Technology Readiness Levels, NASA Office of Space and Technology // White Paper, 1995.
5. Ахметова И.А., Баширова А.Г., Брутян М.М. и др. Проблемы экономики и управления предприятиями, отраслями, комплексами. Новосибирск: ЦРНС, 2015. 216 с.
6. Алешин Б.С. О новой концепции организации научных работ // Новости ЦАГИ. 5(85). 2010. С. 4-6.
7. Брутян М.М., Головчанская Е.Э., Завадская В.В. и др. Финансовое управление развитием экономических систем. Новосибирск: Изд-во ЦРНС, 2015. 188 с.
8. Rico D.F. ROI of Technology Readiness Assessment Using Real Options: An Analysis of GAO Data from 62 U.S. DoD Programs // Unpublished White Paper, 2007. URL: <http://davidfrico.com/rico07o.pdf> (дата обращения: 24.08.2016).
9. Брутян М.М. К вопросу оценки уровня зрелости системы инновационных технологий // Инновации и инвестиции. 2012. №4. С. 88-93.
10. Ключков В.В. Управление инновационным развитием гражданского авиастроения. М.: МГУЛ, 2009. 280 с.
11. Брутян М.М. К вопросу об оценке уровней готовности инновационных технологий с учетом ограничений по экологии // Инновации и инвестиции. 2012. №1. С. 75-79.
12. Брутян М.М. Инновационный подход к проведению комплексной оценки перспективных технологий // Креативная экономика. 2013. №9 (81). С. 86-90.
13. Yap C., Souder W. A Filter System for Technology Evaluation and Selection // Technovation. 1993. Vol. 13. P. 449-469.
14. Непомнящий Е.Г. Инвестиционное проектирование. Учебное пособие. Таганрог: ТРТУ, 2003. 262 с.
15. Виленский П., Лившиц В., Смоляк С.А. Оценка эффективности инвестиционных проектов: теория и практика. М.: Дело, 2004. 888 с.
16. Meredith J.R., Suresh N.C Justification Techniques for Advanced Manufacturing Technologies // International Journal of Production Research. 1986. Vol. 24. No. 5. P. 1043-1057.
17. Маренков Н.Л. Инвестиции. Серия «Учебники МГУ». – Ростов на Дону: Феникс, 2002. 448 с.
18. Granstrand O. Industrial Innovation Economics and Intellectual Property. Gothenburg: Svenska Kulturkompaniet, 2010. 382 p.

**Brutyán Murád Murádovich**

Central aerohydrodynamic institute named after prof. N.E. Zhukovsky, Russia, Zhukovsky  
E-mail: Btm23@mail.ru

## **The problem of efficiency assessment of innovative projects that are connected with development of high technologies in aviation industry**

**Abstract.** The problem of a maturity level assessment of innovative technologies is considered on the example of one of the most important knowledge-based sectors of economy – aviation industry. It is noted that for the solution of this problem it is possible to use the famous foreign technique of technology readiness level. Importance of carrying out a timely and effective procedure of technology readiness level assessment for decrease of technical and economic risks of implementation of the knowledge-based innovative projects is shown. The basic standard elements of this process are described. On the example of development of the aviation technologies aimed at increase of range and duration of flight the issue of an assessment of their cost efficiency is touched. The problem of efficiency of evaluation of investment into high technologies is researched on the example of well-known financial indicators: return on investment, benefits-cost ratio and net present value. It is shown that these indicators make sense at later stages of innovative process, for example, at a production stage, but it loses sense at early stages of innovative process, especially during creation of radical innovations with a disruptive cycle of development. So it is made a conclusion about the influence of a continuity of innovative technologies development process on the accuracy of an economic evaluation of its efficiency.

**Keywords:** innovative project; technology readiness levels; economic efficiency; investment; financial indicators; range and duration of flight; aviation industry

### **REFERENCES**

1. Brutyan M.M. Ot tekhnologii, cherez sistemu tekhnologiy – k supersisteme // Innovatsii i investitsii. 2013. №1. S. 154-160.
2. Brutyan M.M., Golovchanskaya E.E., Danilovskikh T.E. i dr. Innovatsionnyy potentsial natsional'noy ekonomiki: prioritetnye napravleniya realizatsii. Novosibirsk: TsRNS, 2015. 164 s.
3. Slivitskiy A.B. Sovershenstvovanie instrumentariya vybora gosudarstvennykh prioritetov, mekhanizmov razrabotki i realizatsii strategii innovatsionnogo razvitiya // Trudy pervoy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Regiony Evrazii: strategii i mekhanizmy modernizatsii, innovatsionno-tekhnologicheskogo razvitiya i sotrudnichestva». M., 2013. S. 593-601.
4. Mankins J.C. Technology Readiness Levels, NASA Office of Space and Technology // White Paper, 1995.
5. Akhmetova I.A., Bashirova A.G., Brutyan M.M. i dr. Problemy ekonomiki i upravleniya predpriyatiyami, otraslyami, kompleksami. Novosibirsk: TsRNS, 2015. 216 s.
6. Aleshin B.S. O novoy kontseptsii organizatsii nauchnykh rabot // Novosti TsAGI. 5(85). 2010. S. 4-6.

7. Brutyan M.M., Golovchanskaya E.E., Zavadskaya V.V. i dr. Finansovoe upravlenie razvitiem ekonomicheskikh sistem. Novosibirsk: Izd-vo TsRNS, 2015. 188 s.
8. Rico D.F. ROI of Technology Readiness Assessment Using Real Options: An Analysis of GAO Data from 62 U.S. DoD Programs // Unpublished White Paper, 2007. URL: <http://davidfrico.com/rico07o.pdf> (data obrashcheniya: 24.08.2016).
9. Brutyan M.M. K voprosu otsenki urovnya zrelosti sistemy innovatsionnykh tekhnologiy // Innovatsii i investitsii. 2012. №4. S. 88-93.
10. Klochkov V.V. Upravlenie innovatsionnym razvitiem grazhdanskogo aviastroeniya. M.: MGUL, 2009. 280 s.
11. Brutyan M.M. K voprosu ob otsenke urovney gotovnosti innovatsionnykh tekhnologiy s uchetom ogranicheniy po ekologiy // Innovatsii i investitsii. 2012. №1. S. 75-79.
12. Brutyan M.M. Innovatsionnyy podkhod k provedeniyu kompleksnoy otsenki perspektivnykh tekhnologiy // Kreativnaya ekonomika. 2013. №9 (81). S. 86-90.
13. Yap C., Souder W. A Filter System for Technology Evaluation and Selection // Technovation. 1993. Vol. 13. P. 449-469.
14. Nepomnyashchiy E.G. Investitsionnoe proektirovanie. Uchebnoe posobie. Taganrog: TRTU, 2003. 262 s.
15. Vilenskiy P., Livshits V., Smolyak S.A. Otsenka effektivnosti investitsionnykh proektov: teoriya i praktika. M.: Delo, 2004. 888 s.
16. Meredith J.R., Suresh N.C Justification Techniques for Advanced Manufacturing Technologies // International Journal of Production Research. 1986. Vol. 24. No. 5. P. 1043-1057.
17. Marenkov N.L. Investitsii. Seriya «Uchebniki MGU». – Rostov na Donu: Feniks, 2002. 448 s.
18. Granstrand O. Industrial Innovation Economics and Intellectual Property. Gothenburg: Svenska Kulturkompaniet, 2010. 382 p.