

УДК 621.791

**Развитие концептуальных подходов к формированию исходных данных сложных проектов****Кривов Г. А.**

АО «Украинский научно-исследовательский институт авиационной технологии». Украина, г. Киев

*Аннотация.* Рассмотрены концептуальные подходы к формированию исходных данных сложных проектов, прежде всего, в наукоемком машиностроении. Такие подходы базируются, прежде всего, на альтернативных вариантах приемлемых результатов проектов.

*Представлен анализ примеров развития известных самолетостроительных проектов, один из которых был успешным (самолет Ан-124), а другой – его инициация пока была остановлена.*

*Обоснована возможность успешной инициации самолетостроительного проекта, базирующегося на исходных данных концепции проекта, определённой на основе вариантов исходных данных альтернативных целей, сформулированных вначале разработки разных концепций.*

*Для решения поставленной задачи предложено считать безусловно целесообразным выделение достаточных ресурсов, необходимых для анализа возможностей, для формирования альтернативных целей и соответствующих этим целям исходных данных. Обоснована целесообразность оценивания возможностей на основе альтернативных вариантов исходных данных проектов.*

*Ключевые слова:* наукоемкое машиностроение; проект; проектный менеджмент; исходные данные проекта; альтернативные варианты; предпочтительная концепция проекта; жизненный цикл.

**1 Введение**

Успешные конечные результаты каждого проекта, как правило, являются следствием его правильного управления и затем - завершения (при необходимости – досрочного). Для успеха сложных и дорогостоящих проектов отраслей наукоемкого машиностроения (оборонная, авиакосмическая, турбостроение, судостроение, а также обычно автомобилестроительная и судостроительная) очень важно правильно сформулировать цели проекта (то есть сформулировать желаемые и назначить ожидаемые результаты). Именно эта проблема решается в течение первой стадии жизненного цикла системы<sup>1</sup> (из шести стадий – stages [1]) – стадия «Разработка концепции» (Concept Definition) или стадия «Облик<sup>2</sup>». В классической системной инженерии стадия «Разработка концепции» состоит из трех этапов (контрольных событий): 1 – *анализ* (выясняется, имеется ли в действительности проблема и потребность в её решении, а также можно ли реально решить проблему, то есть удовлетворить выявленную потребность); 2 – *исследование* (рассматриваются альтернативные варианты решения проблемы и разрабатываются начальные требования); 3 – *определение концепции* (на основе сравнения альтернативных концепций определяется предпочтительная Концепция, включающая требования, сценарии функционирования и последовательности событий).

По определению *проект* – это действия, совершаемые в соответствии с заданными ресурсами и требованиями [1]. После того, как определена Концепция, это значит, что

<sup>1</sup> Система – комбинация взаимодействующих элементов, организованных для достижения цели [1].

<sup>2</sup> Облик – результат преобразования и развития образа мышления (представлений про желательный результат), следующий после начальных преобразований таких представлений из «Идеи» в «Замысел».

изначально определены соответствующие ресурсы и требования (в том числе цели и задачи, заинтересованные стороны, риски, возможности, планы). То есть имеются необходимые исходные данные, чтобы начинать (иницировать начало) Проект. Далее обычно действуют в соответствии с руководствами по проектному менеджменту (например, РМВОК<sup>®</sup> [2] или другими). Как правило, затем стартуют процессы управления Проектом (в РМВОК<sup>®</sup> это известные группы процессов «Инициации», «Планирования», «Исполнения», «Мониторинга» и «Завершения»), которые в разных наборах осуществляются в течение остальных пяти стадий<sup>3</sup> жизненного цикла системы (ЖЦС): разработки, производства, применения, поддержки применения и списания. На предприятиях с установившейся практикой проектного управления содержание процессов управления, как правило, полностью описано, а для разных фаз и этапов жизненного цикла проектов (ЖЦП) имеются типичные наборы таких процессов, которые сформированы с учётом процессов жизненного цикла изделия / услуги / продукта (ЖЦИ).

Важно подчеркнуть, что все процессы проектного управления базируются на исходных данных, положенных в основу принятой Концепции (стадия «Разработка концепции»). Любые изменения исходных данных Концепции приводят к изменениям в процессах последующих стадий ЖЦС.

## 2 Постановка задачи

Сложные проекты наукоемкого машиностроения, связанные, прежде всего, с созданием дорогостоящих продуктов (изделий / услуг, например, самолетов), обычно имеют недопустимо высокие стоимости исправления ошибок управленческих решений, особенно тех, что принимались на начальных фазах / этапах ЖЦП. Впрочем, все важные решения проектного и инженерного менеджмента должны быть рациональными, а лучше – оптимальными.

Решения задач рационализации (оптимизации) основываются на альтернативности возможностей – такой главный подход известен. Рассматривая разные варианты конструкций Изделия, альтернативные составы средств технологического оснащения его Производства, исследуя варианты уровней автоматизации его Производства (например, начиная от механизированной сборки до роботизированной сборочной линии), изучая альтернативные варианты кадрового обеспечения Производства, производственной кооперации, способов доставки и, наконец, финансового обеспечения, тем самым создаётся возможность сравнения разных сочетаний альтернативных вариантов для выбора лучшего набора характеристик по принятым критериям оценки. Как следствие, множественность оцениваемых показателей и критериев оценки делает саму эту процедуру выбора оптимального варианта решения весьма сложной. Часто такие процедуры выбора решений невозможно формализовать (причём это не только для наукоемкого машиностроения), и тогда применяются методы экспертных оценок (качественных и количественных). Экспертные оценки, с одной стороны, для их проведения требуют значительных ресурсов (кадровых, временных, финансовых и пр.), а с другой – не обязательно определяют наилучшее (правильное) решение. В свою очередь, потребность в дополнительных ресурсах, затяжки во времени – могут существенно снижать конкурентоспособность Продукта / Услуги. Часто сам инициатор Идеи хочет сэкономить и ограничивает выделяемые ресурсы.

Таким образом, для задач рационализации (оптимизации) управленческих решений **актуальной остаётся проблема формирования исходных данных** сложных наукоемких проектов, особенно для решений по контрольным событиям с большой степенью неопределенности и многовариантности

<sup>3</sup> Стадия жизненного цикла системы – период в пределах жизненного цикла системы, относящийся к состоянию системного описания или непосредственно к самой системе [1]; иными словами, переход между стадиями происходит в моменты значительных изменений в жизни системы, например, при переходе от разработки к производству или к эксплуатации.

действий. К ним относятся, прежде всего, решения во время зарождения проекта, то есть для самых ранних событий предпроектного периода оценивания возможностей.

### 3 Известные подходы к решению задачи

Вся мировая практика наукоемкого машиностроения состоит из бесчисленных примеров нескончаемого поиска лучших решений проблем сложных проектов – этим занимаются научные центры, испытательные лаборатории, консалтинговые структуры и прочие исследовательские и внедренческие организации. Полученные там решения касаются преимущественно стадий разработки технических решений, производства и эксплуатации – то есть – когда имеется Концепция системы (Продукта или Услуги).

На начальной стадии ЖЦС «Разработка концепции» также рассматриваются альтернативные варианты концепций. На примере опубликованной истории создания самолета Ан-124 (рис. 1 [3]) можно представить сущность разработки Концепции продукта в одной из наиболее наукоемких отраслей машиностроения – в самолётостроении.

Как вспоминает Богданов О. К., в конце 1964 года, глядя на опытный экземпляр тяжёлого военно-транспортного самолета Ан-22 «Антей», Генеральный конструктор ОКБ Олег Константинович Антонов *сформулировал идею создания* тяжёлого транспортного самолета с большей грузоподъемностью и дальностью не только чем Ан-22, но и Lockheed Model 500 (впоследствии самолет С-5А). Задание подготовить предложения для осуществления этой идеи получило КБ-7. В том числе, исследовали варианты самолета с прямым крылом увеличенной площади и со стреловидным крылом с фюзеляжем на базе Ан-22, самолет по схеме «утка» и другие. Выполнялся поиск возможностей для улучшения характеристик за счёт использования оригинальных схем, специальных средств уменьшения сопротивления и повышения несущих свойств крыла, применения перспективных тогда турбовинтовых двигателей и т.д. В 1965 году идея нового самолета превратилась в *замысел*, получивший поддержку со стороны Правительства СССР [3]. Для трансформации замысла в конкретный самолетный *облик* стало необходимым решать ряд конструкторских и технических проблем. Главные среди них: создание соответствующего самолетоного двигателя (турбовентиляторного), достижение весовой отдачи<sup>4</sup>, превышающей 58%, увеличение аэродинамического качества<sup>5</sup> в крейсерском полёте не менее, чем на 20%.

Первый вариант облика нового самолета, получившего имя Ан-122, сформировался на уже имеющемся в ОКБ техническом заделе: по конструкции, по технологии, по аэродинамике и по силовым установкам. В результате Ан-122 уступал бы С-5А по скорости полета, по техническому уровню аэродинамики, по конструкционным материалам, по авионике и по самолётным системам. Представленный в правительство первый облик тяжёлого транспортного самолета был отклонен из-за необходимости разработок новых самолетных конструкций, нового двигателя.

Это стало причиной для О. К. Антонова подписать в августе 1966 году поручение разработать второй вариант облика тяжёлого транспортного самолета (вначале с крейсерской скоростью до 900-1000 км/час). Вначале 1967 года был предложен облик самолета с тем же наименованием Ан-122, но уже со стреловидным крылом и с четырьмя новыми турбовентиляторными двигателями Д-18. Однако характеристики самолета уступали заявленным характеристикам С-5А Galaxy и этот облик тоже был отклонён. Необходимо было решить многочисленные проблемы аэродинамики, прочности, авиационных материалов, бортового оборудования, систем связи технологических процессов производства.

Третий вариант облика тяжёлого транспортного самолета ОКБ О. К. Антонова представил в конце 1968 года. Облик самолета Ан-126 был создан на имеющемся в то время техническом заделе отечественного самолетостроения (максимальная грузоподъемность 140 т, шесть двигателей Д-18), то есть из доступных конструкционных материалов, имеющихся на производстве средствах технологического оснащения, то есть за счёт излишне больших взлётного веса, площади крыла и тяговооружённости. Этот облик самолета был одобрен, но окончательное решение правительства откладывалось.

<sup>4</sup> Весовая отдача – отношение веса груза и топлива к взлетному весу [3]

<sup>5</sup> Величина аэродинамического качества – отношение подъёмной силы самолёта к его сопротивлению [3].



О. К. Антонов докладывает о ходе разработки самолета Ан-124

Рис. 1 (начало). Хронология ключевых событий создания самолета Ан-124 [3]

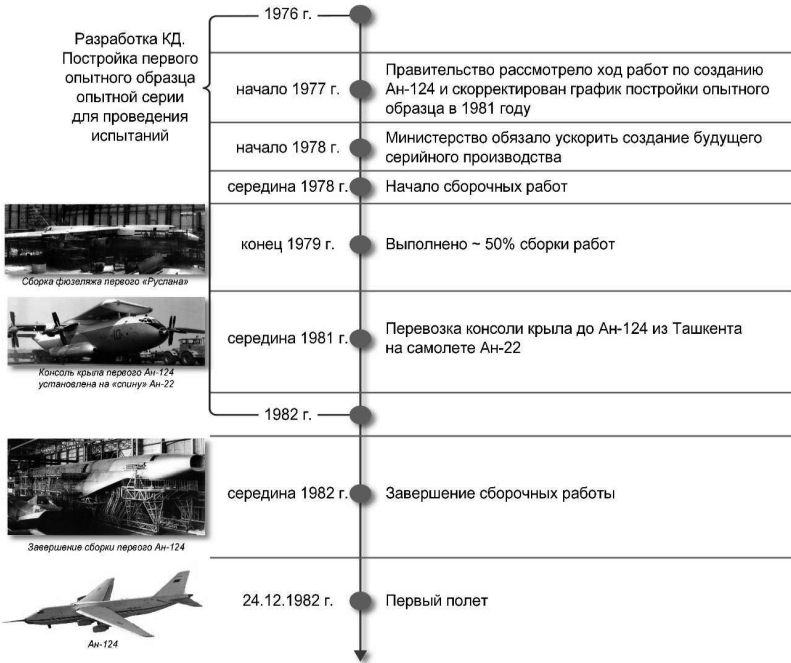


Рис. 1 (окончание). Хронология ключевых событий создания самолета Ан-124 [3]

Четвёртый (Ан-124-I) и пятый (Ан-124-II) варианты облика тяжёлого транспортного самолета ОКБ О. К. Антонова были представлены на рассмотрение в начале 1969 года (с четырьмя двигателями Д-18), однако они так же уступали по характеристикам С-5А. В конце 1969 года появился шестой вариант облика самолета (с наименованием Ан-124) с уже улучшенной аэродинамикой, с перспективными системами и конструкционными материалами. Хотя летно-технические данные Ан-124 всё ещё оставались «неудовлетворительными».

В седьмой вариант облика тяжёлого транспортного самолета Ан-124 (шифр «изделие 200») закладывались перспективные авиационные профили и аэродинамические компоновки крыла, что позволило такому варианту самолета, наконец, превысить уровень летно-технических характеристик самолета С-5А. Впрочем, здесь был значительный риск, поскольку этот вариант облика самолета основывался исключительно на ожидаемых положительных результатах многочисленных научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ (НИОКР).

В июне 1971 года был подписан приказ «О развёртывании работ по созданию тяжелого дальнего военно-транспортного самолёта Ан-124». Несмотря на то, что уточнённый восьмой облик самолета Ан-124 (Т-образное оперение, с управляемым стабилизатором, основное шасси на четырех стойках, толщина крыла, его профилировка – всё это никак не соответствовало тому виду, который окончательно получит «Руслан»), а также облики его многих агрегатов и систем оставались на тот момент далёкими от реального самолета, с этого момента была определена предпочтительная Концепция самолета Ан-124. На основе

исходных данных Концепции Ан-124 приступили к осуществлению Проекта создания самолета Ан-124.

Анализируя пятилетний период, затраченный на определение Концепции Ан-124, с одной стороны можно заметить, что цель Проекта Ан-124 (также соответствующие задачи и требования) было сформулирована сразу, ещё в 1964 году, а именно: «Создать тяжёлый транспортный самолет, превосходящий по лётно-техническим характеристикам самолет С-5А Galaxy». Сейчас стало очевидным, что все предложенные варианты облика самолета ОКБ О. К. Антонова выявляли необходимость, прежде всего, устранения технического отставания от передового зарубежного самолетостроения. Именно указанное технологическое отставание было причиной поиска в ОКБ иных возможных решений, отсрочку одобрения единственно правильной Концепции.

В отличие от открыто опубликованной давней истории создания самолета Ан-124, современные отечественные самолетостроительные проекты пока не подлежат публикации. Сегодня их анализ может иметь лишь выборочный и неконкретный характер.

Например, публично известно, что новые самолеты «Антонов», создаваемые государственным предприятием «АНТОНОВ» (последователь ОКБ О. К. Антонова), имеют значительный интерес со стороны заказчиков, желающих заняться их изготовлением на территории своих стран. В последние годы это РФ<sup>6</sup>, Китай, Азербайджан, Турция, Саудовская Аравия и другие.

Одни потенциальные заказчики временно приостановили развитие своего самолетостроительного проекта, у других заинтересованных зарубежных партнеров не решились ключевые вопросы на государственном (или политическом) уровне, с третьими всё ещё ведутся переговоры и там имеется какой-то прогресс.

Общезвестно, что с весны 2015 года активно обсуждались варианты организации производства самолетов «АНТОНОВ» в ближневосточном регионе совместно с ГП «АНТОНОВ». Заинтересованные стороны от потенциального Партнёра в разные периоды формулировали различные цели такого международного кооперационного проекта [4]: начиная от программы создания национальной авиационной промышленности вплоть до выполнения обычного коммерческого бизнес-проекта, ориентированного просто на получение прибыли в наукоемкой машиностроительной отрасли. Известно, что украинская сторона поддерживала все возможные варианты кооперационного производства, вплоть до создания производственных мощностей в Украине – для сопровождения проекта обученными и квалифицированными национальными кадрами, с последующей репатриацией созданного готового производства. Одновременно и параллельно в Киеве должны были создавать дублирующие производства, обеспечивающие максимально возможный уровень кооперации.

Однако сотрудничество свелось к созданию самолета-демонстратора, а затем во время проведения аэрокосмического салона в г. Бурже (Франция) был объявлен исполнитель разработки предпроектного технико-экономического обоснования (ТЭО) кооперационного производства самолетов у потенциального Партнёра (на основе самолета-демонстратора).

Для последующей разработки обоснованного технического задания (ТЗ) на создание кооперационного самолетостроительного производства. Однако, в ходе маркетинговых исследований, проведенных для ближневосточного региона, выявили ограниченный текущий рыночный интерес к продуктам на основе самолета-демонстратора. Как следствие, Концепцию не определили, ТЗ не разрабатывали и дальше проект кооперационного производства не инициировали.

#### **4 Развитие концептуальных подходов к формированию исходных данных сложных проектов**

В первом и во втором рассмотренных здесь примерах из отечественной самолетостроительной практики имеются существенные различия: в доступности ресурсов, в

<sup>6</sup> РФ и в связи известными событиями остановленное кооперационное производство Ан-148 дальше здесь не рассматривается.

методических подходах, в критериях оценок. Более того, в первом примере проект завершился созданием и последующей многолетней успешной эксплуатацией уникальных самолетов Ан-124 «Руслан» (здесь также можно упомянуть и самолет Ан-225 «Мрія»). Во втором случае не была подтверждена ни одна концепция, а сам самолетостроительный проект даже не начинали, пока всё закончилось негативным ТЭО.

Однако в этих примерах имеется кое-что общее. Речь идёт о формировании исходных данных для определения приемлемой концепции проекта. В примере с самолетом Ан-124 в течение нескольких лет всеми способами старались приспособить цель проекта к имеющимся тогда техническим, технологическим и ресурсным возможностям. И это несмотря на то, что *истинная* цель была сформулирована ещё на старте Генеральным конструктором О.К. Антоновым – просто «превзойти самолет С-5А». Анализируя историю, можно предположить, что не потребовалось бы тратить дополнительные ресурсы и создавать столько разных вариантов облика самолета, если бы с самого начала были сформированы правильные исходные данные проекта (в соответствие с *истинной* целью). Как тогда ни старались сэкономить имевшиеся ресурсы, например, путём использования накопленного технологического задела после Ан-22, все равно все новые и дорогостоящие НИОКР таки пришлось проводить.

В современном примере с кооперационным производством на основе самолета-демонстратора практически та же проблема. С теми исходными данными, которые заинтересованные стороны положили в основу оцениваемого предложения, маловероятно было получить положительный результат.

В меньшей степени первый пример и совершенно точно второй пример могли бы иметь лучшие результаты, если бы вначале определения (разработки) концепции исходные данные для разработки содержали бы альтернативные варианты. Вот некоторые результаты анализа примера с кооперационным самолетостроительным производством.

- Исполнитель разработки предпроектного ТЭО кооперационного производства самолетов в Саудовской Аравии (на основе самолета-демонстратора) имел очевидную заинтересованность не стремиться к увеличению цены работы для расширения вариантов предложений, подлежащих рассмотрению в ТЭО. Поскольку разработчик ТЭО, как правило, не участвует в реализации самого Проекта, он мало заинтересован в судьбе Проекта после ТЭО.

- Практика показывает, что все инициаторы (Спонсоры / Заказчики) вначале готовы сформулировать свою идею в общем виде. Затем для минимизации потребных ресурсов / сроков выполнения ТЭО (формирования начального бизнес-плана) ими жёстко формулируются предложения по исходным данным, которые содержат частности и детализацию, сильно сужающие возможности рассмотрения вариантов управленческого решения до минимума. Часто экономия ресурсов на старте, когда хотят потратить меньше денег, приводит к отсутствию других согласованных вариантов решения – проект гибнет.

- Практика показывает, привлечения независимого эксперта для участия в ранних событиях, в которых зарождаются и формируется предпочтительная концепция (замысел), позволяет включить в рассмотрение все возможные оценки наибольшего количества вариантов задуманного проектов, включая начальные требования и соответствующие исходные данные (технические, экономические, социальные, экологические и прочие). Практический опыт привлечённых экспертов позволяет инициаторам замысла обеспечивать обоснованную альтернативную конструкцию Продукта, изготовления Продукта, схем производственной кооперации, общую балансировку технико-экономических показателей и прочее (причём с анализом перспективности вариантов предлагаемых концепций на 30...50-летние периоды – такое актуально, в частности, для самолетостроения).

## 5 Выводы

1. Инициатор идеи заинтересован в рассмотрении альтернативных вариантов концепции разрабатываемой системы, поскольку его цель – поиск способов получения наилучших результатов.
2. Риски получения ошибочных и негативных оценок в ходе анализа целесообразности замысла (концепции), таких как остановка проекта, недооценка стоимости проекта и прочее, можно уменьшить путём более детальной проработки идеи желаемого проекта.
3. Привлечение независимых экспертов к формированию вариантов концепций позволяет применять «стоимостной» и «трудоемкостный» подходы к выявлению наиболее значимых параметров замысла (в том числе, используя правило Паретто), что, в свою очередь, обеспечивает возможности управления (влияния) этими параметрами для получения предпочтительной Концепции.
4. Перспективным направлением исследований является развитие методов и инструментов выработки и принятия решений с широким использованием человеко-машинных процессов, ориентированных на самые ранние стадии жизненного цикла проекта создания продукта.

### Аббревиатуры

РМВОК®	– Руководство к Своду знаний по управлению проектом (Руководство РМВОК)
ЖЦИ	- жизненный цикл изделия
ЖЦП	- жизненный цикл проекта
ЖЦС	- жизненный цикл системы
КБ	- конструкторское бюро
НИОКР	- научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы
ОКБ	- опытно-конструкторское бюро
ТЗ	- техническое задание
ТЭО	- технико-экономическое обоснование

## Development of conceptual approaches to the formation of the source data of complex projects

Krivov G. A.

**Annotation:** *The conceptual approaches to the formation of the initial data of complex projects, first of all, high-tech engineering have been considered. These approaches are based on alternative options for acceptable project results. There are presented an analysis of examples of the development of well-known aircraft construction projects, one of which was successful (An-124), and the other, its initiation has so far been stopped.*

*There are demonstrated the possibility of successful initiation of an aircraft construction project based on the initial data of the project concept, that determined on the basis of the alternative initial data options, formulated at the beginning of the development of various concepts, is substantiated. It has been proposed that, in order to accomplish the task in hand, it should be considered expedient to allocate the resources necessary for analyzing the possibilities for the formation of alternative goals and corresponding to these goals the initial data. There are shown the expediency of estimating opportunities on the basis of alternative variants of initial data of projects, that is grounded*

**Keywords:** *high-tech engineering; project; project management; project source data; alternatives; preferred project concept; life cycle.*

### Литература:

1. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем [Национальный стандарт Российской Федерации]. – М.: Стандартинформ, 2006. – 57 с.: 28,5 см. – Библиогр: с. 53. – 385 экз.
2. Руководство к Своду знаний по управлению проектами (Руководство РМВОК®) [Текст]. - Шестое издание. – Project Management Institute, Inc., 2017. – 762 p. – ISBN 978-1-62825-3917 (kindle); ISBN 978-1-62825-3924 (Web PDF).
3. Непревзойденный «Руслан» и его творцы. История создания самолета Ан-124 (научно-популярное издание) [Текст] / Сост. О. К. Богданов. – К.: КВИЦ, 2019. – 232 с.: ил.: 29,5 см. – 1500 экз. - ISBN 978-617-697-103-0.
4. Зворыкин, К. О. Особенности формирования фаз типичных проектов и программ наукоемкого машиностроения [Текст] / К. О. Зворыкин, С. Г. Кривова, В. И. Пшеничный // Технологические системы. - № 1 (66). – 2014. - С. 52-57. – ISSN 2074-0603.