

УДК 001.89

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРУКТУРЫ И ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ АВИАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СТАДИИ ПРИКЛАДНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

© 2016 С.М. Рождественская

Федеральное государственное бюджетное учреждение
«Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского», г. Жуковский

Статья поступила в редакцию 21.10.2016

В статье анализируется эффективность методов организации прикладных исследований в конструкторской и инновационной системах создания наукоемкой продукции. Для этих систем построены вероятностные модели оценки длительности программ разработки комплексов технологий. С их помощью оценивается, насколько учет технологической общности различных перспективных изделий позволяет сократить время их выхода на стадию опытно-конструкторских работ.

Ключевые слова: жизненный цикл, авиационная техника, прикладные научные исследования, организация исследований, создание наукоемкой продукции, временное превосходство

ВВЕДЕНИЕ. ОПИСАНИЕ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ

В авиастроении, а также в других наукоемких отраслях промышленности, выделяют т.н. *конструкторскую и инновационную* системы создания наукоемкой продукции (см., например, [1]). Целью данной работы является оценка эффективности методов организации прикладных научных исследований в этих системах с помощью математического моделирования. Вначале рассмотрим их основные отличия с точки зрения управления жизненным циклом разрабатываемых изделий.

Конструкторская система. В данной системе формирование перспективного модельного ряда авиационной техники проводится без учета возможностей технических решений, уже разработанных прикладной наукой и подтвердивших работоспособность в предполагаемых условиях эксплуатации. Принятие решения о создании образца авиационной техники с определенными и достаточно детально сформулированными тактико-техническими характеристиками (ТТХ) может осуществляться, когда технологии, позволяющие эти ТТХ обеспечить, еще не отработаны. При этом если для определенного образца обнаруживается «разрыв» между требованиями и имеющимися возможностями, в интересах разработки данного образца заказываются научно-исследовательские работы (НИР). Цель этих НИР – поиск и проверка решений, направленных на достижение заявленных характеристик.

Поскольку ответственность за создание образца с самого начала возлагается на кон-

Рождественская Софья Михайловна, начальник отдела департамента стратегии и методологии управления созданием научно-технического задела.

E-mail: rozhdestvenskayasm@nrczh.ru

структорские бюро, которые принимают на себя все технические риски, в рамках жизненного цикла изделий стадии НИР и ОКР четко не разделены. Уже в процессе испытаний опытных образцов или эксплуатации серийных изделий могут выявиться недостатки, которые возможно устранить, только проведя дополнительные прикладные исследования.

В конструкторской системе также возможна ситуация, когда конкурирующие образцы, либо образцы со схожими функциональными требованиями разрабатываются различными конструкторскими бюро, каждое из которых заказывает собственную программу НИР. В результате научными коллективами могут проводиться схожие, а иногда и дублирующие друг друга работы.

Инновационная система. Основное отличие данной системы от конструкторской состоит в том, что решение о создании образца принимается только после создания опережающего научно-технического задела (НТЗ) и отработки интегрированных комплексов (портфелей) технологий на демонстраторах.

Итак, до начала серийного производства выделяются две стадии жизненного цикла наукоемкой продукции: создание опережающего НТЗ и опытно-конструкторские работы. Для оценки готовности технологий к применению промышленности применяется шкала уровней готовности технологий (УГТ, см. [2]). Стадии создания НТЗ соответствуют УГТ 1-6, стадии ОКР – УГТ 7-8.

На УГТ 1-3 технологии разрабатываются, в основном, независимо друг от друга в рамках *проблемно-ориентированных проектов* с целью поиска и первичной валидации решений отдельных технических проблем. Ожидаемый эффект от их внедрения верифицируется на математических моделях или экспериментально (например, оценивается, насколько внедрение определенного

конструктивного решения способно уменьшить какую-либо составляющую эксплуатационных расходов авиакомпаний, вредное воздействие авиации на окружающую среду и т.п.).

Достижение УГТ 4-6 подразумевает формирование комплексов (портфелей) технологий и их системную интеграцию. При этом учитывается совместимость различных технологий в рамках одного технического решения и влияние внедрения одних технологий на эффект от внедрения других. Разрабатываются физические или виртуальные модели конечной системы, которые испытываются с целью проверки ее работоспособности в будущем – чем выше уровень готовности технологий, тем точнее такие модели воспроизводят функции и конструкцию итогового решения, и тем больше условия испытаний соответствуют предполагаемым условиям эксплуатации. Проекты, в рамках которых комплексы технологий доводятся до стадии отработки на демонстраторах, называются *комплексными научно-технологическими проектами (КНТП)*. Эти проекты состоят из отдельных научно-исследовательских работ.

На стадии создания НТЗ в авиастроении в рамках «форсайта спроса» и системных стратегических исследований вырабатываются требования к *функциональным платформам*: наборы значений характеристик перспективных летательных аппаратов, выполняющих некоторые задачи в рамках более высокоуровневой системы. В гражданской авиации в качестве такой системы рассматривается национальный или глобальный воздушный транспорт, в боевой – группировка авиационных комплексов или театр военных действий. Функциональной платформе на последующих стадиях жизненного цикла может соответствовать один или несколько продуктов. Требования к функциональным платформам

менее детальны, чем ТТХ на образец, которые даются его заказчиками в конструкторской системе (подробнее см. [3]).

Принципиальное отличие управления разработкой технологий в инновационной системе от конструкторской состоит в том, что объединение НИР в комплексные научно-технологические проекты позволяет учесть возможную технологическую общность решений, реализующих требования к различным функциональным платформам. В рамках комплексного научно-технологического проекта можно сформировать «ядро» технологий, позволяющих выполнить общие требования и провести единые НИР по их разработке, тем самым избежав дублирования работ. Разумеется, чем сильнее отличаются требования к платформам, тем меньшую долю этих требований можно удовлетворить одними и теми же технологиями (т.е. тем меньше будет «ядро»). Для реализации специфических требований к каждой платформе потребуется разработка отдельных наборов технологий и их системная интеграция с «ядром».

Отношения между функциональными платформами и примеры общих и специфических технологий и компонентов летательных аппаратов, разрабатываемых в интересах каждой платформы показаны на рис. 1. Например, платформы «магистральный самолет» и «региональный самолет» могут иметь традиционную аэродинамическую компоновку и использовать комплексы бортового оборудования со схожей функциональностью. Однако, поскольку заданные для этих платформ требования к максимальной коммерческой нагрузке и дальности полета значительно отличаются, двигатели для них будут разрабатываться различные (например, турбореактивный и турбовинтовой).



Рис. 1. Функциональные платформы и портфели технологий, разрабатываемые в рамках комплексных научно-технологических проектов

Критерием оценки эффективности организации НИР предлагается назначить суммарную длительность программы НИР в обеспечение создания фиксированного числа образцов. Т.е. системы будут сравниваться с точки зрения момента времени, когда разработка последнего образца перейдет к стадии ОКР (ОКР по остальным образцам к этому моменту уже начнутся, а возможно, некоторые образцы уже будут находиться на стадии серийного производства). Такой критерий можно считать адекватным для оценки деятельности прикладной науки в отдельности, так как на стадии ОКР роль прикладной науки должна быть сведена к научному сопровождению изготовления и испытаний опытного образца, в частности, контролю соответствия конструкторских решений рекомендациям разработчиков технологий. Тем не менее при рассмотрении полного жизненного цикла изделия следует принимать во внимание, что для авиационной промышленности и национальной экономики значение имеет скорее суммарная длительность НИР и ОКР, поскольку важен предполагаемый момент выхода изделия на рынок или его постановки на вооружение.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНСТРУКТОРСКОЙ И ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМ СОЗДАНИЯ НАУКОЕМКОЙ ПРОДУКЦИИ ПО КРИТЕРИЮ ВРЕМЕНИ ПЕРЕХОДА К ОКР

Одна из основных сложностей при планировании программ разработки технологий и управлении ими состоит в том, что продолжительность НИР не является детерминированной. В частности, в проблемно-ориентированных проектах невозможно до начала работ достоверно определить их предполагаемую трудоемкость: в процессе поиска и первичной валидации новых технических решений могут возникать непредсказуемые проблемы, устранение которых требует выделения дополнительных временных и трудовых ресурсов. По мере отбора и доработки концепций, доведения их до стадии макетов и демонстраторов уровень временной и стоимостной неопределенности проводимых НИР снижается. Тем не менее, как их длительность, так и стоимость должны рассматриваться как случайные величины.

Переход к инновационной системе будет целесообразным, если момент времени, к которому с фиксированной вероятностью α начнутся ОКР, для нее наступит раньше, чем аналогичный момент времени в конструкторской системе, при условии, что далее предполагается разрабатывать одинаковое число образцов M :

$$\tau_{ОКР}^{инн}(\alpha, M) < \tau_{ОКР}^{констр}(\alpha, M) .$$

Пусть программа разработки некоторого комплекса технологий и доведения их до стадии

перехода к ОКР состоит из m проектов. Будем считать, что программа завершается в тот момент, когда завершается последний проект. Для оценки продолжительности программы потребуется функция совместного распределения моментов времени завершения этих проектов:

$$F_{T_{прогр}}(t) = P(T_1^{проект} < t, T_2^{проект} < t, \dots, T_m^{проект} < t) = \\ = F_{T_1^{проект}, T_2^{проект}, \dots, T_m^{проект}}(t, \dots, t),$$

где $F_{T_{прогр}}(t)$ - функция распределения момента времени завершения всей программы;

$P(T_1^{проект} < t, T_2^{проект} < t, \dots, T_m^{проект} < t)$ - совместная вероятность событий «проект 1 завершился к моменту времени t », «проект 2 завершился к моменту времени t », ... «проект m завершился к моменту времени t »,

$F_{T_1^{проект}, T_2^{проект}, \dots, T_m^{проект}}(t, \dots, t)$ - значение функции совместного распределения момента времени завершения всех проектов $1, \dots, m$ в точке (t, \dots, t) .

Можно также определить момент времени $\tau_{ОКР}(\alpha)$, к которому программа будет завершена с заданной вероятностью α . Для этого нужно вычислить α -квантиль функции распределения $F_{T_{прогр}}(t)$:

$$\tau_{ОКР}(\alpha) = \left\{ \tau : F_{T_{прогр}}(\tau) = \alpha \right\} .$$

Конструкторская система. Будем считать, что при принятии решения о создании $m_{обр}$ образцов начинается ровно $m_{обр}$ проектов разработки технологий, и в рамках каждого проекта проводятся НИР в интересах создания определенного, и только этого, образца (см. рис. 2). Следует подчеркнуть, что при проведении таких НИР технологии проходят примерно те же стадии развития, что и в инновационной системе: вычислительная или экспериментальная проверка технических концепций, уточнение и доработка технических решений их системная интеграция. Тем не менее, поскольку работы по каждому образцу ведутся независимо друг от друга, и коллективы разработчиков не обмениваются получаемыми результатами, тематики и содержание работ могут дублироваться.

В общем случае функция совместного распределения $F_{T_1^{проект}, T_2^{проект}, \dots, T_m^{проект}}(t_1, \dots, t_m)$ может не выражаться явным образом через функции распределения моментов времени завершения отдельных проектов $F_{T_i^{проект}}(t_i)$, $i \in \overline{1, m}$. Однако, поскольку проекты в конструкторской системе идут независимо, то выполняются следующие равенства:

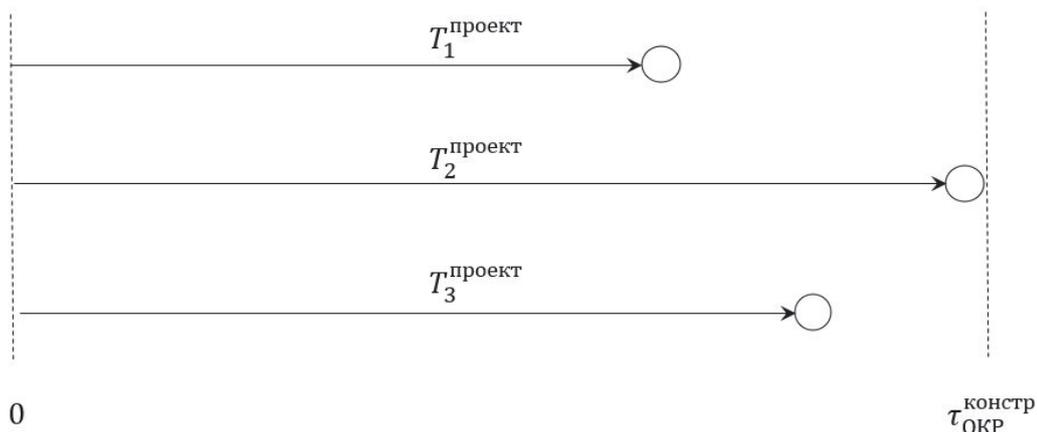


Рис. 2. Организация проектов разработки технологий в обеспечение создания нескольких образцов

$$\begin{aligned}
 &P(T_1^{\text{проект}} < t_1, T_2^{\text{проект}} < t_2, \dots, T_m^{\text{проект}} < t_m) = \\
 &= P(T_1^{\text{проект}} < t_1) \cdot P(T_2^{\text{проект}} < t_2) \cdot \dots \cdot P(T_m^{\text{проект}} < t_m); \\
 &F_{T_1^{\text{проект}}, T_2^{\text{проект}}, \dots, T_m^{\text{проект}}}(t_1, \dots, t_m) = \\
 &= F_{T_1^{\text{проект}}}(t_1) \cdot F_{T_2^{\text{проект}}}(t_2) \cdot \dots \cdot F_{T_m^{\text{проект}}}(t_m),
 \end{aligned}$$

где $P(T_i^{\text{проект}} < t_i)$, $i \in \overline{1, m}$ – вероятность события «проект i завершился к моменту времени t_i »,
 $F_{T_i^{\text{проект}}}(t_i)$, $i \in \overline{1, m}$ – функция распределения момента времени завершения проекта i .

Поэтому функция распределения длительности программы НИР в обеспечение разработки $m_{\text{обр}}$ образцов имеет следующий вид:

$$F_{T^{\text{прогр}}}^{\text{констр}}(t, m_{\text{обр}}) = \prod_{i=1}^{m_{\text{обр}}} F_{T_i^{\text{проект}}}(t).$$

Время перехода работ по всем образцам к ОКР с заданной вероятностью α равно:

$$\tau_{\text{ОКР}}^{\text{констр}}(\alpha, m_{\text{обр}}) = \left\{ \tau : F_{T^{\text{прогр}}}^{\text{констр}}(\tau, m_{\text{обр}}) = \alpha \right\}.$$

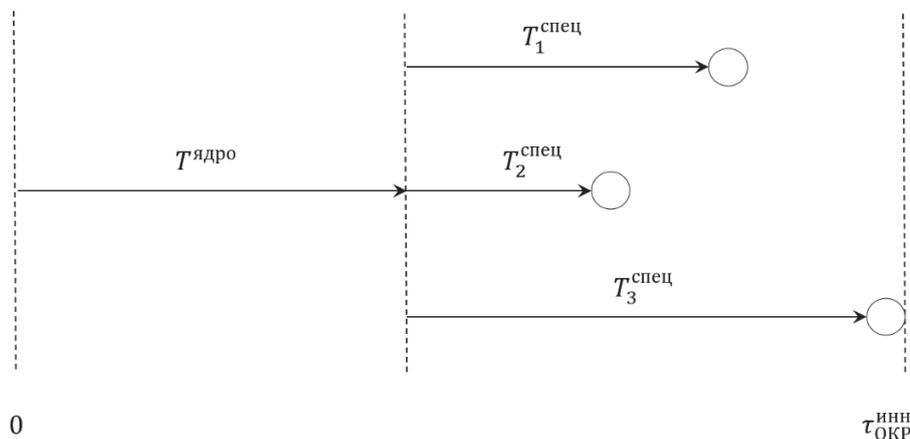


Рис. 3. Организация проектов разработки технологий для реализации функций нескольких платформ (учитывается общность используемых комплексов технологий)

Инновационная система. В инновационной системе на стадии создания НТЗ рассматриваются функциональные платформы, а также проблемно-ориентированные и комплексные научно-технологические проекты, в рамках которых разрабатываются портфели технологий для реализации заданных требований к этим платформам.

Далее примем, что каждой функциональной платформе будет на стадии ОКР соответствовать ровно один образец, и платформы обладают некоторой технологической общностью, т.е. существует «ядро» технологий, которые могут быть использованы в интересах **всех** платформ. Программа НИР завершится в тот момент, когда завершится разработка и системная интеграция этого «ядра» со всеми «дополняющими» технологиями по всем платформам (рис. 3). В рамках проблемно-ориентированных проектов будут проведены НИР по доведению общих и «дополняющих» технологий до УГТ 3, далее в рамках комплексного научно-технологического проекта НИР будут направлены на доведение интегрированных комплексов до УГТ 6 по каждой платформе.

Итак, в определенный момент времени начинается разработка технологий в интересах

$m_{\text{платф}}$ функциональных платформ. Обозначим функцию распределения времени завершения программы их разработки как $F_{T_{\text{инн}}}(t, m_{\text{платф}})$. Ее можно найти, используя изложенные ниже соображения.

Суммарная длительность доведения технологий до уровня готовности, достаточного для начала ОКР по всем функциональным платформам в инновационной системе создания наукоемкой продукции, будет равна

$$T_{\text{инн}} = T_{\text{ядро}} + T_{\text{спец}},$$

где $T_{\text{ядро}}$ – длительность общих для всех платформ работ по разработке технологий «ядра»;

$T_{\text{спец}}$ – общая длительность специфических для каждой платформы работ по разработке «дополняющих» технологий и их системной интеграции с «ядром» (в зависимости от особенностей конкретных платформ в момент начала этих работ само «ядро» может представлять собой интегрированный комплекс, а возможно, интеграция будет проводиться сразу по всем технологиям, общим и «дополняющим»).

Здесь независимыми являются случайные величины $T_{\text{ядро}}$ и $T_{\text{спец}}$. При этом специфические работы, которые начинаются после окончания общих, можно представить как отдельную, вложенную, программу НИР. Продолжительность такой программы моделируется так же, как продолжительность программы разработки нескольких образцов в конструкторской системе, поскольку доработка одной платформы проходит уже независимо от доработки другой.

$$F_{T_{\text{спец}}}(t, m_{\text{платф}}) = \prod_{n=1}^{m_{\text{платф}}} F_{T_n^{\text{спец}}}(t),$$

где $F_{T_{\text{спец}}}(t, m_{\text{платф}})$ – функция распределения продолжительности специфических НИР в обеспечение разработки всех $m_{\text{платф}}$ платформ,

$F_{T_n^{\text{спец}}}(t)$, $n \in \overline{1, m_{\text{платф}}}$ – функции распре-

деления продолжительности работ по каждой отдельной платформе.

В данном случае закон распределения времени завершения работ по всем платформам будет композицией законов распределения для случайных величин $T_{\text{ядро}}$ и $T_{\text{спец}}$, поэтому можно найти плотность распределения случайной величины $T_{\text{инн}}$ (см. [4])

$$f_{T_{\text{инн}}}(t, m_{\text{платф}}) = \int_0^{+\infty} f_{T_{\text{ядро}}}(t^{\text{ядро}}) \cdot f_{T_{\text{спец}}}(t - t^{\text{ядро}}, m_{\text{платф}}) dt^{\text{ядро}},$$

где $f_{T_{\text{инн}}}(t, m_{\text{платф}})$ – искомая плотность распределения $T_{\text{инн}}$ при заданном числе платформ $m_{\text{платф}}$,

$f_{T_{\text{ядро}}}(t^{\text{ядро}})$ – плотность распределения слу-

чайной величины $T_{\text{ядро}}$,

$f_{T_{\text{спец}}}(t, m_{\text{платф}})$ – плотность распределения случайной величины $T_{\text{спец}}$ при заданном числе платформ $m_{\text{платф}}$.

Последние две плотности можно найти, продифференцировав соответствующие функции распределения $F_{T_{\text{ядро}}}(t)$ и $F_{T_{\text{спец}}}(t, m_{\text{платф}})$ по переменной t .

Функция распределения времени завершения разработки технологий в интересах $m_{\text{платф}}$ платформ будет иметь следующий вид:

$$F_{T_{\text{инн}}}(t, m_{\text{платф}}) = \int_0^t f_{T_{\text{инн}}}(x, m_{\text{платф}}) dx.$$

Время перехода работ по всем платформам к ОКР с заданной вероятностью α равно:

$$\tau_{\text{ОКР}}^{\text{инн}}(\alpha, m_{\text{платф}}) = \left\{ \tau : F_{T_{\text{инн}}}(t, m_{\text{платф}}) = \alpha \right\}.$$

ПРИМЕРЫ РАСЧЕТОВ С МОДЕЛЬНЫМИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯМИ

Проведем расчеты, задав конкретные функции распределения для длительностей отдельных работ в конструкторской и инновационной системе.

Пусть число разрабатываемых образцов в конструкторской системе и число функциональных платформ в инновационной системе равно M , при этом предполагается, что в итоге будут произведены одни и те же продукты. Т.е. по сути, требуются одинаковые технологии, но «общая» часть в инновационной системе разрабатывается только один раз и применяется во всех платформах, а в конструкторской системе ее разработка ведется независимо во всех M проектах.

Для конструкторской системы примем, что длительности проектов в интересах разработки каждого образца распределены экспоненциально с одинаковым параметром $\lambda_{\text{констр}}$:

$$F_{T_i^{\text{проект}}}(t) = 1 - e^{-\lambda_{\text{констр}} \cdot t}, \quad i \in \overline{1, M}$$

В инновационной системе распределения случайных величин $T_{\text{ядро}}$ и $T_n^{\text{спец}}$ примем также экспоненциальными, соответственно, с параметрами $\lambda^{\text{ядро}}$ и $\lambda^{\text{спец}}$ (последний будем считать одинаковым для всех платформ):

$$F_{T_n^{\text{спец}}}(t) = 1 - e^{-\lambda^{\text{спец}} \cdot t}, \quad n \in \overline{1, M}$$

$$f_{T_{\text{ядро}}}(t^{\text{ядро}}) = \lambda^{\text{ядро}} e^{-\lambda^{\text{ядро}} \cdot t^{\text{ядро}}}.$$

Такие предположения содержат существенные упрощения:

- во-первых, сложность разработки может значительно отличаться для различных образцов и платформ, поэтому параметры распреде-

лений, строго говоря, должны быть своими для каждого из них. Вычисления в этом могут быть проведены, например, путем имитационного моделирования.

- во-вторых, предметная интерпретация выбранного закона несколько нереалистична: мода экспоненциального распределения равна 0, т.е. модель предполагает, что наиболее вероятно появление научного результата непосредственно после начала НИР.

Тем не менее, выбор распределений другого типа для описания продолжительности НИР был сочтен автором нецелесообразным для получения приближенных количественных или качественных оценок.

Рассмотрим два сценария с различными соотношениями параметров указанных распределений (см.табл. 1).

В обоих сценариях предполагается, что НИР под отдельный образец в конструкторской системе в среднем длятся 10 лет. Различается технологическая общность этих образцов, которая в инновационной системе учитывается при организации НИР в обеспечение разработки платформ. В первом сценарии ожидаемая длительность общих работ составляет 8 лет, а специфических для каждой платформы – 2 года, т.е. значительная доля ресурсов приходится на разработку «ядра». Во втором наоборот: ожидаемая длительность общих работ - 2 года, специфических – 8 лет, т.е. требования к платформам изначально заметно различаются, поэтому большая часть разработок осуществляется уже независимым образом для каждой из них в отдельности.

Значения функции распределения $F_{T-прогр}^{констр}(t, m_{обр})$ были рассчитаны напрямую через ее аналитическое выражение, значения плотности $f_{T-инн}(t, m_{платф})$ и функции распределения $F_{T-инн}(t, m_{платф})$ – численно. Были получены следующие результаты (рис. 4 и рис. 5).

Сплошной линией на рисунках показана

функция распределения времени завершения программы НИР по всем образцам в конструкторской системе, пунктирной линией с точкой – времени завершения программы НИР по всем платформам в инновационной системе. Также мелким и средним пунктиром проведены горизонтальные линии, обозначающие «пороговые» вероятности α , для которых вычисляется время перехода к ОКР: $\tau_{ОКР}^{инн}(\alpha, M)$ и $\tau_{ОКР}^{констр}(\alpha, M)$.

В данном примере берутся квантили уровней $\alpha_1 = 0,8$ и $\alpha_2 = 0,9$.

Для первого сценария, где технологическая общность платформ высока, $\tau_{ОКР}^{инн,1}(0,8;3) \approx 16$ лет, $\tau_{ОКР}^{констр}(0,8;3) \approx 26$ лет, т.е. инновационная система даст выигрыш около 10 лет, т.е. сократит длительность работ примерно на треть при требуемой вероятности перехода к ОКР, равной 0,8. Для вероятности, равной 0,9, выигрыш будет составлять около 13 лет ($\tau_{ОКР}^{инн,1}(0,9;3) \approx 21,5$ лет, $\tau_{ОКР}^{констр}(0,9;3) \approx 34,5$ лет).

Для второго сценария, где наоборот, высокая специфичность работ по каждой платформе, преимущество инновационной системы над конструкторской становится менее выраженным. $\tau_{ОКР}^{инн,2}(0,8;3) \approx 21,5$ лет, разность составляет около 4,5 лет (около 20% относительно конструкторской) при заданной на уровне 0,8 вероятности перехода к ОКР. Для вероятности, равной 0,9, выигрыш будет более значительным – около 8,5 лет ($\tau_{ОКР}^{инн,2}(0,9;3) \approx 26$ лет, $\tau_{i \dot{E}D}^{ei \dot{n}o \delta}(0,9;34,5) \approx 34,5$ лет).

ВЫВОДЫ

Результаты вероятностного математического моделирования на качественном уровне подтверждают более высокую эффективность организации прикладных НИР в инновационной системе по сравнению с конструкторской по заданному критерию. При этом временной выигрыш от скоординированной разработки

Таблица 1. Параметры проектов разработки технологий в различных сценариях

№ сценария	1	2
Число платформ/образцов	3	3
Ожидаемая длительность НИР в обеспечение разработки отдельного образца в конструкторской системе, $\frac{1}{\lambda_{констр}}$	10 лет	10 лет
Ожидаемая длительность общих работ по разработке «ядра» технологий для всех платформ в инновационной системе, $\frac{1}{\lambda_{ядро}}$	8 лет	2 года
Ожидаемая длительность специфических для каждой платформы работ в инновационной системе, $\frac{1}{\lambda_{спец}}$	2 года	8 лет

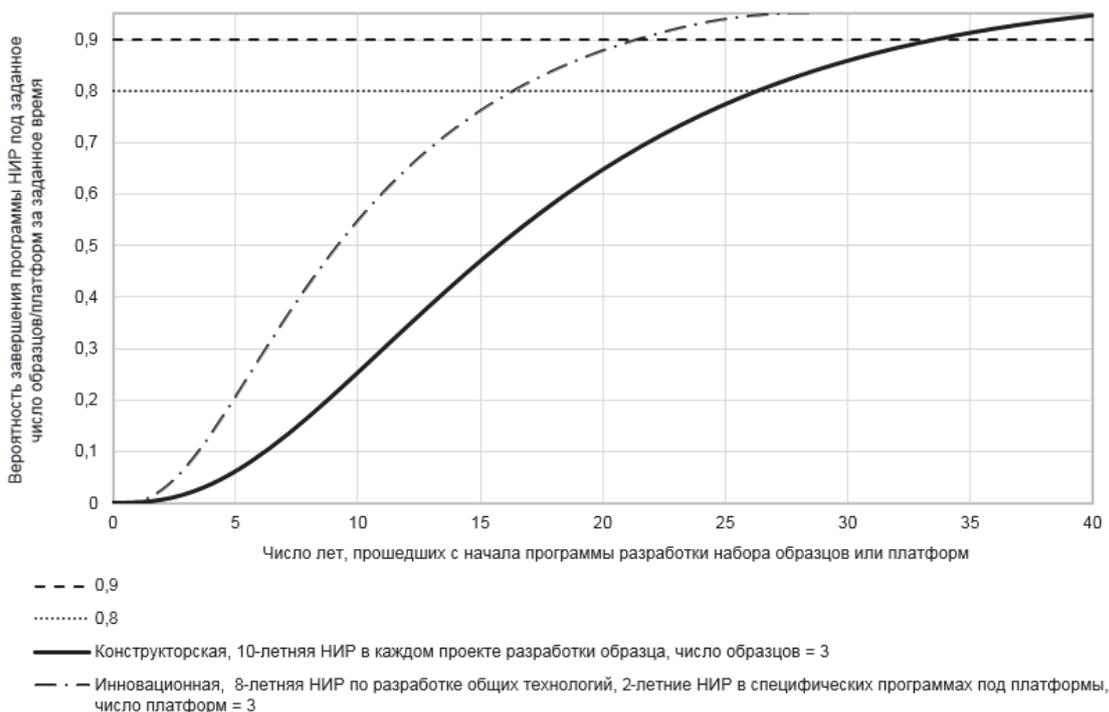


Рис. 4. Функция распределения времени завершения программы НИР в интересах разработки нескольких образцов или платформ, сценарий 1

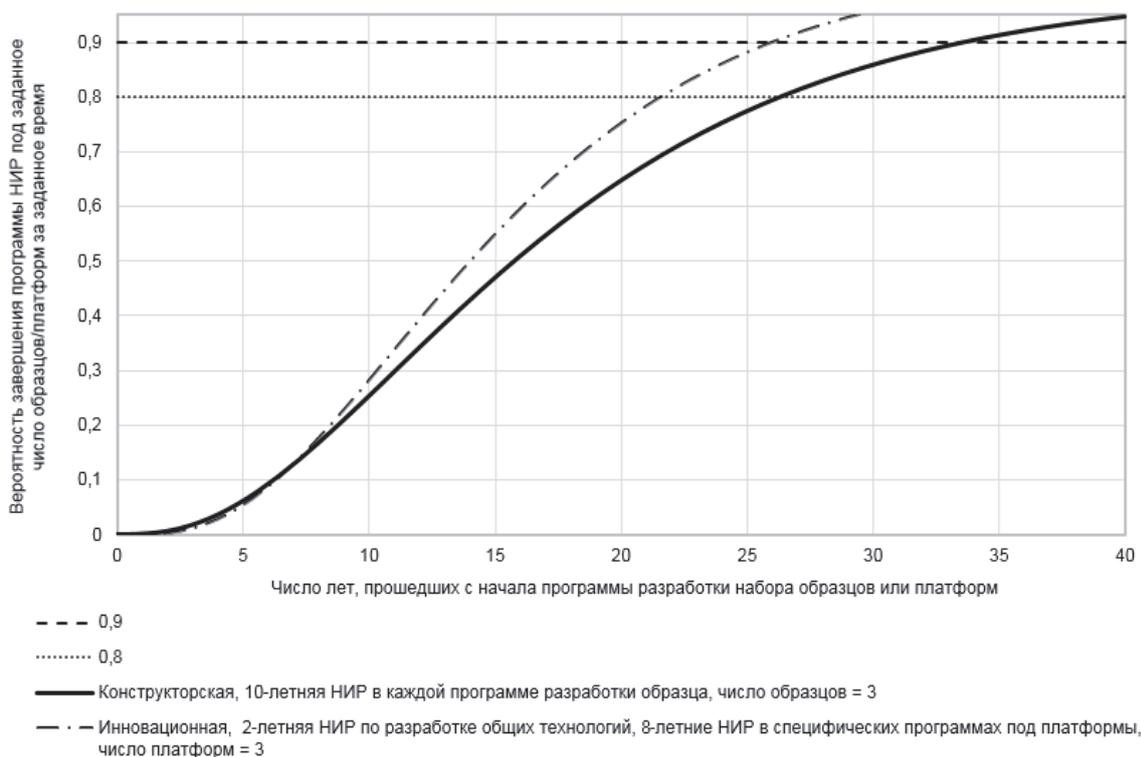


Рис. 5. Функция распределения времени завершения программы НИР в интересах разработки нескольких образцов или платформ, сценарий 2

технологий в интересах нескольких образцов тем выше, тем выше их предполагаемая технологическая общность. Тем не менее, чувствительность количественных оценок величины этого выигрыша к выбору законов распределения длительностей прикладных НИР нуждается в дополнительном обосновании. Для уточнения

оценок следует либо строить эти законы на основе реальных статистических данных (что не всегда возможно в силу недостаточного объема и невысокой достоверности таких данных), либо делать предположения об их структуре на основе более содержательных предметных предпосылок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дутов А.В., Клочков В.В. Развитие систем управления созданием новых технологий в наукоемкой промышленности // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 45. С. 2-15.
2. План деятельности ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского» по развитию науки и технологий в авиационной промышленности на 2016-2030 гг.: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации №1959-р от 16.09.2016
3. Клочков В.В., Рождественская С.М. Современные принципы управления прикладными исследованиями в авиационной науке // Интеллект & технологии. 2016. № 1 (13). С. 58-63.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. 6-е изд. стер. М.: Высш. шк., 1999. 576 с.

ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE STRUCTURE AND PRINCIPLES OF LIFE-CYCLE MANAGEMENT OF AVIATION TECHNOLOGIES AT THE STAGE OF APPLIED RESEARCH

© 2016 S.M. Rozhdestvenskaya

National Research Center "Central Aerohydrodynamic Institute named after N.E. Zhukovsky", Zhukovsky

The article examines the effectiveness of applied research organization methods in traditional and innovation systems of science-intensive products' development. For these systems, probabilistic models estimate the duration of programs of development of systems of technology. With their help, we assess how taking the technological similarity of various promising products into account reduces the time needed to start the stage of experimental design.

Keywords: life cycle, aviation technology, applied research, organization of research, high-tech products development, temporary superiority.