
УДК 621.3, 004.9, 519.24

Об интерпретации результатов испытаний компонентов радиолокационных станций при оценке рисков ее создания

Сучков К.И.

Радиотехнический институт имени академика А.Л. Минца,

ул. 8-го Марта, д. 10, стр. 1, Москва, 127083, Россия

e-mail: info@rti-mints.ru

Аннотация

В рамках настоящей статьи рассматривается задача комплексной интерпретации данных об испытаниях блоков и модулей РЛС со стенда генерального конструктора и информационной системы управления жизненным циклом РЛС для расчета текущего уровня готовности этих компонентов. Рассмотрена методология оценки эффективности процесса создания РЛС на основании анализа комплексного показателя риска, рассчитываемого по информации о реальной трудоемкости.

Ключевые слова: радиолокационная станция, стенд генерального конструктора, готовность компонента, риск, жизненный цикл изделия.

Введение

При оценке рисков создания унифицированных РЛС требуется непрерывный мониторинг (на всем протяжении жизненного цикла) степени готовности модулей и

конструкторско-технологических систем, входящих в состав РЛС. Для этих целей в ОАО РТИ разработан стенд Генерального конструктора (СГК), на котором проводятся комплексные испытания компонент РЛС от этапа математической модели до готового серийного образца. По результатам испытаний формируются данные о текущей готовности компонент РЛС[1].

Объединение испытаний виртуальных (математическая модель) и реальных (опытный или серийный образец) объектов, с одной стороны, открывает дополнительные возможности (в частности, по управлению жизненным циклом (ЖЦ) изделий, начиная с более ранних стадий их создания), а с другой – ставит новые, ранее не решавшиеся, задачи. Следует отметить, что в последнее время все больше авторов склоняются к использованию, наряду с термином «ЖЦ изделия», аналогичного термина «ЖЦ модели», вследствие чего возникла и оформилась специфичная область знания, названная «системной инженерией» (в англоязычной литературе – system engineering).

В данной статье рассматривается возможность объединения методологии испытаний на СГК (относящейся, как к стадиям ЖЦ моделей, так и изделий) с методами оценки рисков, применяемыми в процессе создания РЛС[2].

Современные методы разработки РЛС на основе информационных систем управления жизненным циклом (ИСУЖЦ) позволяют, как оперировать соответствующими объемами данных, так и включать в них данные о ходе разработки компонент РЛС и систем автоматизированного проектирования (САД), с которыми тесно интегрирована ИСУЖЦ. Хранение в ИСУЖЦ данных по разработке

предыдущих поколений РЛС позволяет организовать более точное прогнозирование хода создания новых поколений РЛС.

Методы оценки рисков, предложенные в [3], опираются, во-первых, на высокоточные измерения характеристик компонент РЛС на СГК и, во-вторых, на базу данных ИСУЖЦ. Существенно, что методы оценки риска опираются на данные по готовности компонент РЛС, в качестве количественной меры которой используется соответствующий коэффициент готовности k_r .

В связи с этим, применительно к проблеме оценки рисков создания РЛС, возникает несколько новых задач:

1. Разработка алгоритма пересчета измеренных на СГК параметров компонент РЛС в коэффициенты готовности, с учетом нерегулярного характера графика испытаний на СГК, что должно компенсироваться использованием данных ИСУЖЦ.

$$k=f(t, t_{\text{оц}}, t_{\text{ИЗМ}}, \Omega, S, P) \quad (1)$$

- k – вектор коэффициентов готовности
- t – время,
- $t_{\text{оц}}$ – момент времени, в который строится оценка;
- $t_{\text{ИЗМ}}$ – момент времени, в который имеются данные испытаний с СГК;
- Ω – массив измерений на СГК
- S – вектор трудоемкости массива задач, относящихся к разработке данного модуля

модуля

- P – все остальные переменные (атрибуты модуля, такие, как, надежность, набор ТТХ, текущие измерения на стенде ГК, динамика этих измерений, и т.д.), их

набор может варьироваться в зависимости от конкретной модели и постановки задачи

2. Разработка методики адаптивной обработки данных испытаний компонент РЛС, которая должна повысить точность оценки рисков ($\delta\rho$) создания РЛС, за счет учета, как текущих измерений на СГК, так и ретроспективных (в частности, данных по предыдущим поколениям) и прогнозных значений показателей готовности компонент (k_G , P) РЛС, с учетом финансовых (S) и временных (t) ограничений на всех этапах жизненного цикла.

$$M: \delta\rho(t, t_{\text{оц}}, \Omega, k, S, P) \quad (2)$$

где

- t – время
- $t_{\text{оц}}$ – момент времени, на который производится оценка риска
- Ω – массив измерений на СГК (в зависимости от характера измерений может представлять собой вектор или тензор, полученный для вектора моментов времени измерений $t=t_{\text{изм}}$)
- k – вычисленный вектор коэффициентов готовности (в момент времени, в который осуществляется оценка риска $t=t_{\text{оц}}$)
- S – вектор трудоемкости массива задач, относящихся к разработке данного модуля
- P – все остальные переменные (атрибуты модуля, такие, как, надежность, набор ГТХ, текущие измерения на стенде ГК, динамика этих измерений, и т.д.), их набор может варьироваться в зависимости от конкретной модели и постановки

задачи.

При сборе, обработке и хранении результатов испытаний компонент РЛС, в частности, для оценки рисков их создания, важно принимать во внимание весь массив исходных данных, как поступающих в реальном времени с СГК и САПР, так и хранящихся в ИСУЖЦ. Это необходимо для оценки рисков создания перспективных РЛС, чтобы обеспечить совместную обработку информации о научно-техническом и технологическом заделе предприятия. В общем виде, формула расчета риска создания РЛС $\rho(t)$ может быть записана следующим образом:

$$\rho(t) = f(t, t_{\text{оц}}, \Omega, k, S, P) \quad (3)$$

где f – это некоторая функциональная зависимость, представляющая модель риска, формализуемая при помощи соответствующих алгоритмов.

Для иллюстрации поставленной задачи рассмотрим конкретный пример и приведем его решение в простейшем модельном случае.

Характеристика исследуемых данных

Исходными данными для оценки рисков создания РЛС нового поколения (рис. 1) в ОАО РТИ, поступающими в автоматизированную систему управления рисками, являются, во-первых, результаты испытаний на СГК, во-вторых, данные системы сбора, обработки и хранения данных (в составе ИСУЖЦ РТИ), и, в-третьих, данные, поступающие в реальном времени из систем САД[3].

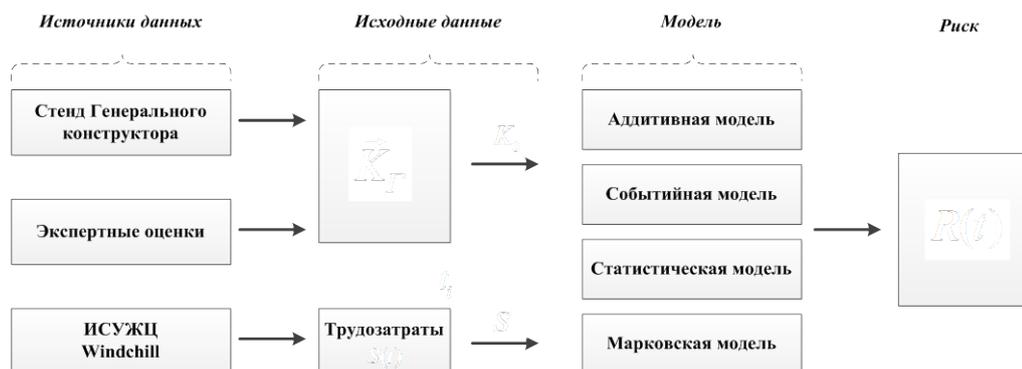


Рисунок 1. Оценка рисков создания РЛС нового поколения

Для решения задачи расчета готовности компонент РЛС необходимо учитывать разнородный характер информации, поступающей с СГК и ИСУЖЦ. В то время как данные с ИСУЖЦ поступают непрерывно в реальном времени, то испытания на СГК проводятся на отдельных промежутках времени (не обязательно равной протяженности и не обязательно регулярно).

Информация о трудозатратах на разработку и производство модулей, блоков, комплексов РЛС, в т.ч. данные о планируемых и фактических сроках выполнения этапов жизненного цикла, осуществляют программные комплексы из состава ИСУЖЦ.

В качестве исходных данных используются:

- дата начала и дата окончания (или длительность) выполнения задачи (этапа);
- планируемая трудоемкость задачи (в человеко-месяцах или человеко-днях);
- текущая степень завершения задачи (в %, от 0 до 100%)
 - по проведенным испытаниям на стенде ГК
 - по трудозатратам

– по экспертной оценке.

По условиям задач, строятся соответствующие план-графики по каждому i -му компоненту. Для того чтобы получить данные по каждому компоненту (в зависимости от времени), следует сложить исходные трудозатраты по всем работам, относящимся к данному модулю. Соотношение отрезков времени, для которых планируются трудозатраты показаны на схеме:

- начало работ – левая граница линейки времени, обозначенная пунктиром,
- t_0 – момент времени в который строится оценка,
- T – плановый срок разработки модуля.

Расчет уровня готовности

Будем полагать, что в момент времени t_0 разработка математической модели компонента А составила один месяц. Разработка модели распределена на три задачи (рис. 2), трудозатраты по каждой из которых запланированы на уровне 20 человеко-дней. Поэтому суммарные трудозатраты на данной стадии ЖЦ компонента А составят 60 человеко-дней, или, если пересчитать по календарным нормам, 3человеко-месяца.

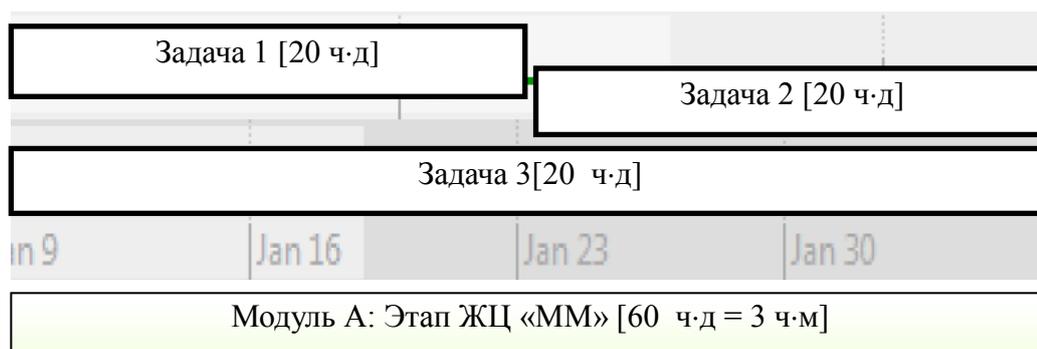


Рисунок 2. Разработка модели, распределенная на три задачи

Аналогичным образом, можно получить значения трудозатрат, относящихся к стадиям ЖЦ компонента А (рис. 3). Приведённые оценки относятся к планируемым трудозатратам, т.е. оценке, которая строится в момент времени (начальный t_0 – пока работы над компонентой еще не начались, либо, когда работы уже идут, в промежутке между t_0 и T – плановым сроком разработки модуля).

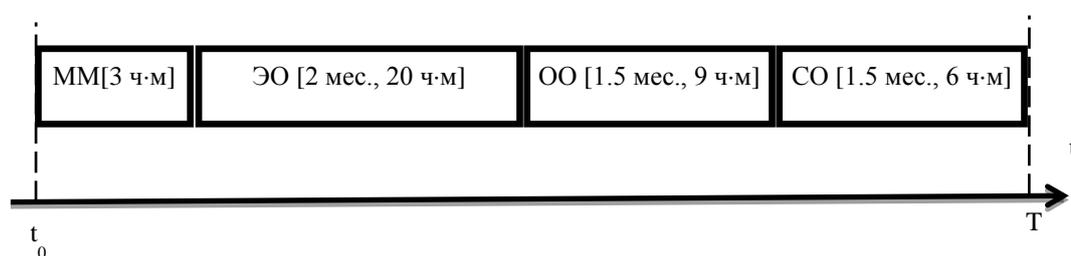


Рисунок 3. Значения трудозатрат модуля А по стадиям жизненного цикла

Так как информация о выполнении проектов накапливается для каждого компонента, это дает исходные данные для построения графиков готовности каждого компонента в зависимости от времени. При этом необходимо учесть не только планируемые трудозатраты по всему ЖЦ, но и значения оценок начальных трудозатрат, вложенных предприятием перед началом работ.

Будем полагать, что в момент t_0 характеристики процесса создания компонента А составят следующие значения:

- планируемые трудозатраты по текущему этапу ЖЦ – 3 ч·м
- общие планируемые трудозатраты по всему ЖЦ – 38 ч·м
- оценка начальных трудозатрат, вложенных ОАО РТИ – 12 ч·м

- оценка общей трудоемкости создания модуля А – 50 ч·м

Тогда, начальный коэффициент готовности $k_0 = k_T(t_0) = 12/50 = 0.24$.

Для построения оценки математического ожидания случайного коэффициента готовности $k_T(t)$ будем использовать следующие предположения:

- в течение отдельных этапов ЖЦ модуля коэффициент готовности линейно зависит от времени t ;
- распределением темпов роста $k_T(t)$ в пределах одной стадии ЖЦ пока пренебрегаем.

Если принять во внимание неравномерность выполнения задач, то рост коэффициента готовности от k_0 до 1 представится ломаной линией, отдельные отрезки которой соответствуют периодам с постоянными трудозатратами (рис. 4).

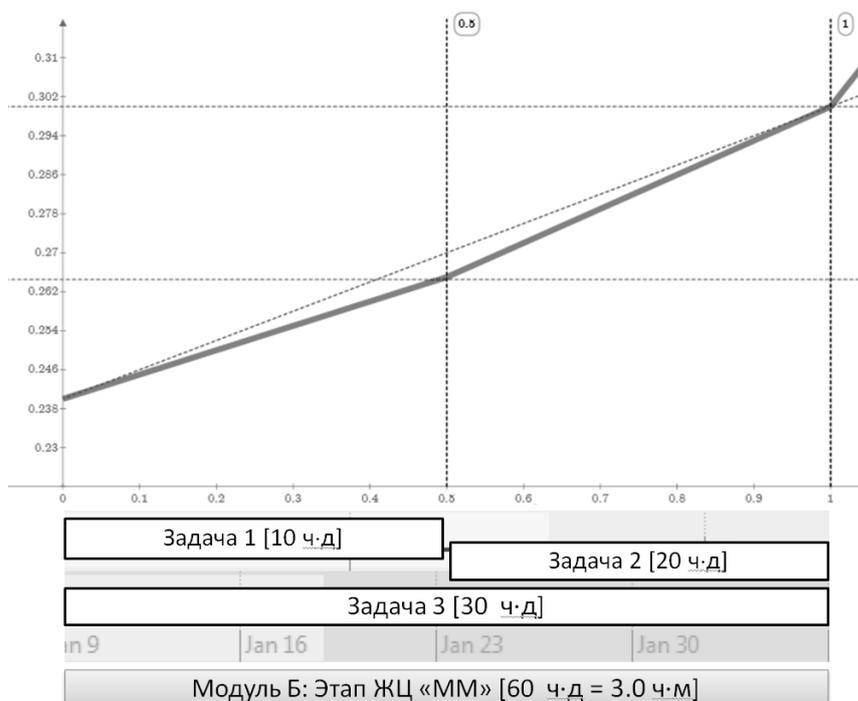


Рисунок 4. Зависимость коэффициента готовности от времени для трех перекрывающихся задач

Наиболее общий подход можно представить для любой зависимости трудозатрат от времени $S(t, C(t))$, причем следует подчеркнуть, что трудозатраты являются функцией распределения трудовых ресурсов по компетенциям и квалификации $C(t)$. Конкретный вид зависимости коэффициента готовности от трудозатрат определяется применяемой моделью. В качестве базовой примем модель, в рамках которой коэффициент готовности растет от значения k_0 (в момент времени t_0) до 1 (в момент завершения создания компонента $t=T$), что прямо пропорционально вложенным трудозатратам, т.е.

$$K(t) = K_0 + (1 - K_0) \frac{\int_0^t S(\tau, C(\tau)) d\tau}{\int_0^T S(\tau, C(\tau)) d\tau} \quad (4)$$

где τ – переменная интегрирования, а $C(t)$ – функция распределения трудовых ресурсов по времени.

В простейшем случае, когда трудозатраты $S(t)$ равномерно распределены по времени, для построения математического ожидания коэффициента готовности можно использовать его линейную или экспоненциальную зависимость от трудозатрат (и, соответственно, от времени):

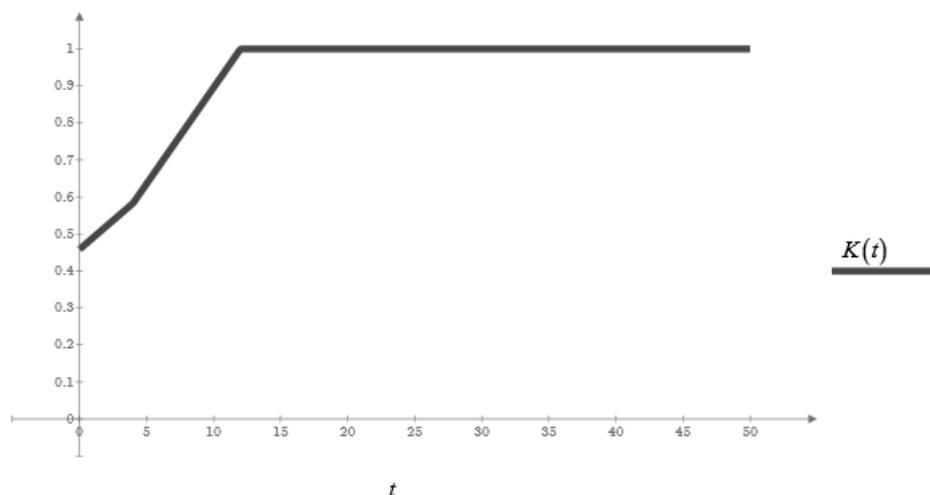


Рисунок 5. Зависимость коэффициента готовности от времени

Имея, таким образом, данные по трудоемкости можно пересчитать в соответствующую временную зависимость коэффициент готовности – сначала для каждого компонента по отдельности, а затем для системы в целом (с учетом взаимодействия компонент, их критичности и сложности разработки).

Еще раз подчеркнем, что значение k_0 в начальный момент времени является детерминированным (не случайным), а определяется по результатам испытаний на СГК.

Выводы

Оценка эффективности процесса создания РЛС на основании комплексного показателя риска, рассчитываемого по информации о реальной трудоемкости, позволяет осуществить переход от детерминированного нормирования процессов проектирования к стохастическому планированию и управлению ресурсами, влияющими на качественные показатели процессов создания. Высокая точность оценок текущего риска процесса создания РЛС достигается за счет данных о реализовавшихся параметрах компонент РЛС оперативно получаемых со стенда Генерального конструктора.

Библиографический список

1. Боев С.Ф., Слока В.К., Рахманов А.А. Принципы и подходы к проектированию РЛС дальнего обнаружения нового поколения // Материалы Девятой Всероссийской научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления». Таганрог, Изд-во ЮФУ, 2014. С. 5-7.
2. Боев С.Ф. Концептуальная основа системы автоматизированного эскизно-технического проектирования перспективных радиолокационных станций дальнего обнаружения // Журнал «Вестник компьютерных и информационных технологий». 2014. №8. С. 3-10.
3. Боев С.Ф., Дембицкий Д.Н., Петраков А.М., Казанцев А.М., Панкратов В.А. Событийная модель оценки рисков создания радиолокационных станций дальнего обнаружения // Электронный журнал «Труды МАИ», 2015, №80: <http://www.mai.ru/science/trudy/published.php?ID=57034> (дата публикации 26.03.2015).