

## УПРАВЛЕНИЕ РИСКАМИ ПРИ АТТЕСТАЦИИ МЕТОДИК ВЫПОЛНЕНИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЯХ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

А.А. Бордуков (АО «ЛИИ им. М.М. Громова»)

*В настоящее время известны качественные и количественные методы анализа рисков при разработке проектов систем бортовых измерений и аттестации методик выполнения измерений при летных испытаниях, однако нет унифицированной методологии, сведенной в единую систему управления рисками при аттестации методик выполнения измерений. В статье предложен алгоритм управления рисками при разработке проекта аттестации методик выполнения измерений при летных испытаниях авиационной техники. Реализация данного алгоритма в АО «ЛИИ им. М.М. Громова» показало его возможности сократить сроки и стоимость процесса аттестации и повысить качество разрабатываемых методик измерений при летных испытаниях.*

*Ключевые слова: управление рисками, летные испытания, метрология, динамическая погрешность, бортовые средства измерений, аттестация методик измерений.*

В последнее время проблема управления проектами летных испытаний на разных уровнях общности (от разработки бортовых измерительных систем до проведения самих летных экспериментов) приобретает новую динамику. Происходит интенсивное внедрение научных идей по управлению проектами в авиационную практику.

Процессы разработки и аттестации методик выполнения измерений всегда сопряжены с факторами неопределенности внутренней и внешней среды, которые могут привести к недостоверным оценкам летно-технических характеристик, к увеличению затрат, смещению сроков, что в практике испытаний летательными аппаратами недопустимо. Одним из методов уменьшения влияния факторов, приводящих к негативным вариациям, является систематическое управление рисками на протяжении всего жизненного цикла проведения летных испытаний.

Под риском будем понимать неопределенное событие или условие, наступление которого отрицательно или положительно сказывается на целях проекта. Риски отражают неопределенность или же недостаточный объем знаний, касающийся управления ими.

Для устранения неопределенности при аттестации методик (методов) выполнения измерений при летных испытаниях необходимо разработать основные методы анализа рисков, систематизировать в единую систему методы идентификации рисков и разработать алгоритм управления рисками и его программно реализовать.

Основными этапами в области управления рисками являются: идентификация рисков, анализ рисков, реагирование на риски [1]. Идентификация рисков предусматривает определение рисков, способных повлиять на проект, и документальное оформление их характеристик. Анализ рисков разделяются на качественный и количественный [2].

### Алгоритм управления рисками

Алгоритм функционирует следующим образом. В системе идентификации рисков задается набор рисков, связанных с выполнением проекта, который передается в систему качественного анализа. Также в систему качественного анализа передаются данные из системы управления проектами в виде основных структур представления проекта.

В системе качественного анализа описываются взаимосвязи между разными рисками и работами в проекте, задается вероятность возникновения риска и с помощью матрицы «вероятность — потеря» происходит оценка важности рисков и приоритетность их обработки [3]. Если важность риска высокая, значит, риск не приемлем, и происходит дальнейший анализ рисков в системе количественного анализа.

Количественный анализ происходит на основе следующих методов: анализ чувствительности, анализ дерева решений, имитация и моделирование проекта. На основе анализа результатов в виде отчетов и графиков можно выявить и оценить потенциальные проблемы проекта, связанные с его длительностью и стоимостью, и принять необходимые меры по уменьшению риска с учетом планирования реагирования на риски.

При планировании реагирования на риски для каждого риска предлагается стратегия его уменьшения [4]. Далее осуществляется переход в систему качественного анализа рисков, где заново оценивается важность рисков с учетом плана реагирования. Цикл повторяется до тех пор, пока важность рисков будет приемлемой. Информация о рисках, планах реагирования заносятся в базу данных уменьшенных рисков, которая создает активы управления рисками. На этом цикл алгоритма управления рисками заканчивается.

Риски целесообразно классифицировать на следующие категории: политические, организационные, экономические, технические. Под техническим риском будем понимать неопределенность, связанную с недостаточной проработкой технических вопросов при аттестации методик выполнения измерений при летных испытаниях. Для проработки технических рисков, как правило, необходимо использование специального ПО, реализующего определенную задачу. Учитывая это, ПО управления рисками при аттестации методик (методов) выполнения измерений должно иметь в своей базе данных информацию о различном ПО, а также должен быть разработан интерфейс для их взаимодействия.

Предложенные принципы анализа и управления рисками были применены при исследовании проекта аттестации методик (методов) выполнения измерений, а также при разработке соответствующего ПО.

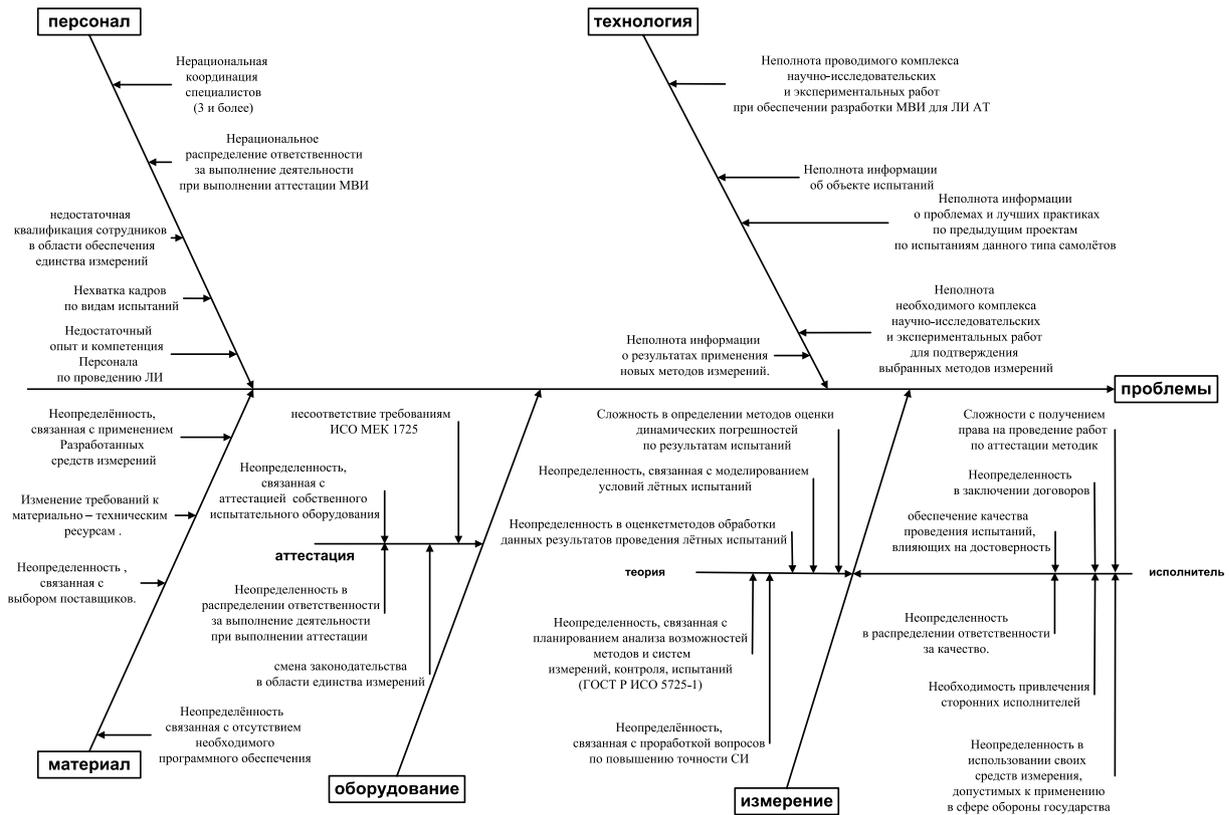


Рис. 1. Влияние рисков на работы в проекте

Изначально был сформирован проект с помощью системы управления проектами, в частности, MS Project, содержащий иерархическую структуру работ, диаграмму Ганта, ресурсные диаграммы.

Для указанного проекта идентифицированы риски с помощью метода «опросных листов», затем используя метод определения причинно — следственных связей на основе «Диаграммы Исикава» [5] были присвоены риски работам по аттестации методик выполнения измерений. Данная диаграмма представлена на рис. 1.

Затем проведен качественный анализ с присвоением рисков определенным работам. При проведении работ используются следующие характеристики:

- вероятность возникновения рисков;
- потери во времени и в стоимости;
- критерий приемлемости рисков.

Идентифицированные риски в проекте аттестации методик выполнения измерений при летных испытаниях представлены на рис. 2.

Назначение рисков для работ проекта и оценка важности рисков с помощью матрицы «вероятность—потери» проиллюстрированы на рис. 3

В квадранты коричневого цвета попадает категория рисков, которые нанесут максимальные потери, при этом вероятность возникновения данных рисков довольно высока. В квадранты бежевого цвета попадает категория рисков, наступление которых повлечет за собой умеренные потери, при этом вероятность возникновения данных рисков умеренная. В квадранты серого цвета попадает категория рисков с минимальными потерями и минимальной вероятностью возникновения.

Таким образом, в случае большого числа идентифицированных рисков в предложенной системе

ID	УО	Тип	Pre-Mitigation (Data Date = 03/02/2014)	Probability	Schedule	C.	Performance	Score
001	T	Неопределенность, связанная со сменой законодательства в области единства измерений	VL (5%)	VH (120)	VH..	M		8
002	I	Неопределенность связанная с подтверждением права выполнять работы по аттестации...	VH (85%)	VH (60)	VH..	VH		77
003	T	Нехватка кадров по видам испытаний	VH (85%)	H (30)	VL..	M		8
004	T	Недостаточный опыт и компетенция персонала по проведению ЛИ	L (20%)	H (30)	L..	VH		24
006	T	Неопределенность, связанная с применением разработанных средств измерений	VH (85%)	VH (60)	H..	VH		8
007	T	Неопределенность, связанная с аттестацией собственного испытательного оборудования	M (40%)	H (30)	M..	H		20
008	T	Неопределенность, связанная с определением методов оценки динамических погрешно...	VH (85%)	VH (60)	VH..	VH		72
009	T	Неопределенность, связанная с квалификацией сотрудников в области обеспечения еди...	M (40%)	H (30)	VH..	VH		40
010	T	Неопределенность, связанная с качеством проведения испытаний, влияющее на достов...	L (20%)	M (15)	VL..	H		12
011	T	Неопределенность, связанная с проработкой вопросов повышению точности СИ	M (40%)	VH (120)	VH..	VH		40
012	T	Неопределенность, связанная с заключением договоров	M	M	VL..	VH		40
013	T	Неопределенность, связанная с использованием своих средств измерения допустимых к...	VL (5%)	L (7)	N..	VH		8
014	T	Неопределенность, связанная с соответствием требований ИСО МЭК 1725	L (20%)	H (21)	L..	VH		24
015	T	Неопределенность, связанная с координацией 3 и более специалистов	VL (5%)	VH (45)	N..	VH		8
016	T	Неполнота информации о результатах применения новых методов измерений.	M	M	L	H		20
017	T	Неполнота информации об объекте испытаний	H (60%)	VH (60)	N..	N		36
018	T	Неопределенность, связанная с привлечением сторонних исполнителей	H	M	N	H		40
019	T	Неопределенность, связанная с изменением требований к материалу — техническим ...	M (40%)	M (15)	VL..	VH		20
020	T	Неполнота необходимого комплекса научно-исследовательских и экспериментальных ...	H (60%)	N (0)	N..	N		0
021	T	Неопределенность, связанная с оценкой методов обработки данных результатов провед...	M	VH	N	H		40
022	T	Неопределенность, связанная с моделированием условий летных испытаний	L (20%)	VH (60)	N..	H		24
023	T	Неопределенность, связанная со специальными процессами.	L	VH	N	H		24
025	T	Неполнота проводимого комплекса научно-исследовательских и экспериментальных р...	H (60%)	M (15)	N..	VH		40
026	T	Неопределенность (неполнота информации), связанная с выбором поставщиков.	L	VL	N	VH		4
028	T	Неопределенность, связанная с отсутствием необходимого программного обеспечения	M (40%)	H (30)	N..	VH		20
029	T	Неопределенность, связанная с планированием анализа возможностей методов и систе...	L	M	N	VH		24

Рис. 2. Идентифицированные риски в проекте

Risk Matrix	Impacts				
	Very Low	Low	Medium	High	Very High
Very High %				003	002,006,008
High %				018	017,025
Medium %				007,016	009,011,012,019,021,028
Low %				010,030	004,014,022,023,026,029
Very Low %					001,013,015

Рис. 3. Матрица «вероятность – потери»

ме с помощью инструмента качественного анализа матрицы «вероятности — потери» можно визуально оценить, а затем принять решение по приоритету рисков, которыми необходимо управлять.

Из матрицы следует необходимость уделить особое внимание рискам, имеющим максимальную вероятность возникновения и максимальную степень потерь. К таким рискам относятся риски № 012, 023, 034, 034, 023, 032, 032, 021, 21. Но в первую очередь стоит уделить внимание рискам 012, 022 и 023, так как их возникновение повлечет за собой максимальные потери по срокам и по стоимости, при этом вероятность возникновения данных рисков стремится к 100%.

Летные испытания представляют собой уникальные эксперименты по определению различных характеристик летательного аппарата. Для проведения летных испытаний, как правило, разрабатывают уникальные бортовые средства измерений. Рассмотрим подробнее риски 022 и 023, связанные с применением бортовых средств измерений.

#### **Риски, связанные с неопределенностью при проведении работ по утверждению типа средств измерений военного назначения**

Риск 022 связан с неопределенностью при проведении работ по утверждению типа средств измерений военного назначения. Основным этапом данных работ является проведение испытаний в целях утверждения типа бортовых средств измерений и определении их метрологических характеристик.

В целях оптимизации данного риска были проведены испытания бортовых средств измерений для определения летно-прочностных параметров при летных испытаниях изделий Т-50 и СУ-35 С.

В комплект бортовых средств измерений для летно-прочностных испытаний входит виброизмерительный модуль и акселерометры пьезорезистивные. Вибромодуль в комплекте с акселерометрами предназначен для измерения в комплекте с акселерометрами переменных деформаций конструкции при исследовании динамической аэроупругости и оценке характеристик по эффективности активных систем демпфирования колебаний при летных исследованиях и испытаниях указанных изделий.

С целью сокращения трудовых и временных затрат, а также в связи с большими массивами информации

были проведены исследования и разработано метрологическое специальное ПО для автоматизации испытаний бортовых средств измерений для летно-прочностных испытаний [6, 7]. Для разработки программных модулей была использована среда разработки LabVIEW.

Разработанное метрологическое специальное ПО (МСПО) для автоматизации испытаний включает блоки для автоматизации испытаний виброизмерительного модуля и автоматизации испытаний акселерометров пьезорезистивных. МСПО в каждом случае разделено на программные модули, реализующие обработку конкретных параметров.

Разработка МСПО для автоматизации испытаний виброизмерительного модуля была разделена на программные модули для автоматизированного определения: коэффициентов передачи ИК, динамического диапазона ИК, основной и дополнительной погрешности ИК.

Разработка МСПО для автоматизации испытаний акселерометров пьезорезистивных включает единственный программный модуль для автоматизированного определения нелинейности и основной погрешности.

#### **Риски, связанные с неопределенностью при исследовании динамических погрешностей бортовых средств измерений, входящих в методику измерений**

Вторым по степени потери является технический риск под номером 023 — оценка неопределенности, связанная с динамическими погрешностями бортовых средств измерений, входящих в методику измерений.

Довольно сложно обстоят дела с оценкой технического риска — оценкой и оптимизацией динамических характеристик и погрешностей аналоговых и цифровых преобразователей. Это объясняется тем, что данные риски проявляются как реакция устройства на скорость (частоту) изменения входного сигнала и во многом зависят от принципа действия и структуры используемого первичного преобразователя, аналого-цифрового преобразователя, цифрового фильтра, мультиплексора и их инерционных свойств [8].

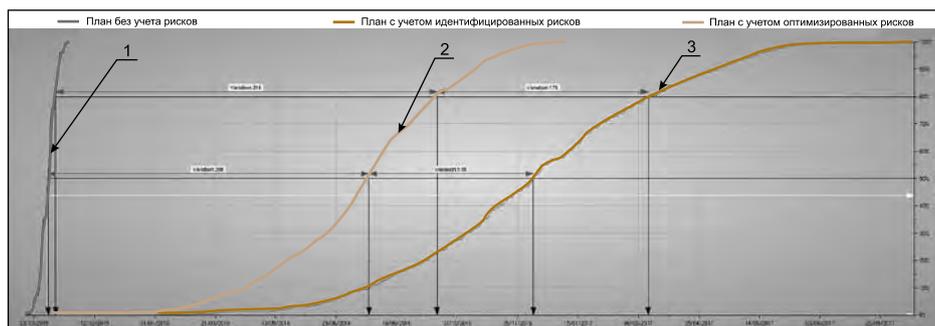
В целях оценки и оптимизации технического риска при создании бортовых средств измерений было разработано МСПО для оценки технического риска — динамической погрешности аналоговых и цифровых бортовых средств измерений [9].

Таким образом, в проекте уменьшены или оптимизированы риски со значительным воздействием и высокой вероятностью их возникновения.

Согласно предложенному алгоритму управления рисками после результатов качественного анализа проводится количественный анализ рисков с использованием статистических методов, в частности, метода «Монте – Карло».

Далее строится модель, по которой можно оценить срок завершения проекта «Аттестация методик выполнения измерений» (рис. 4):

- кривая 1 — функция без учета влияния рисков;
- кривая 2 — функция с учетом идентифицированных рисков и планом их оптимизации.
- кривая 3 — функция с учетом идентифицированных рисков с различной степенью вероятности.



### Заключение

Рис. 4. Оценка сроков выполнения проекта с/без учета управления рисками

Предложенный алгоритм и программное обеспечение управления рисками позволили сократить сроки проекта по аттестации методик измерений при летных испытаниях на 175 дней, а также сократить стоимость выполнения работ. Разработанное метрологическое программное обеспечение по оценке технических рисков (динамических погрешностей и автоматизации обработки результатов испытаний) позволит также повысить точность и качество измерений при летных испытаниях авиационной техники.

### Список литературы

1. Lynn Crawford, J. Brian Hobbs, J. Rodney Turner. Project Categorization Systems. PMI. 2005.
2. Бондарцев В.В., Бордуков А.А., Токмакова Т.Г. Принципы построения автоматизированной системы управления рисками при проведении летного эксперимента //Промышленные АСУ и контроллеры. 2016. № 1.
3. Vasilie Dumbravă. Using Probability – Impact Matrix in Analysis and Risk Assessment Projects // Journal of Knowledge Management, Economics and Information Technolog. December. 2013.
4. Aaron J. Shenhar, Dov Dvir. Project Management Evolution: Past History and Future Research Directions. Innovations. Project Management Research. 2004. PMI.
5. Фатрелл Р.Т., Шафер Д.Ф., Шафер Л.И. Управление программными проектами. Достижение оптимального качества при минимуме затрат. Изд. Вильямс. 2003. 1064 с.
6. Куржановский А.В. Управление и наблюдение в условиях неопределенности. М.: Наука. 1997. 326 с.
7. Ермаков С.М., Жигляевский А.А. Математическая теория оптимального эксперимента. М.: Наука. 1987. 296 с.
8. Башуев С.Д. Автоматика и автоматизация производственными процессами. М.: Высш. шк., 1992. 256 с.
9. Бондарцев В.В., Бордуков А.А., Абрамов А.М и др. Алгоритм оптимизации динамической погрешности цифровых преобразователей, применяемых в системах бортовых измерений для анализа полетной информации//Вестник РГРТУ. 2015. № 4.

**Бордуков Андрей Алексеевич** — начальник сектора лаборатории МОИИИС АО «ЛИИ им. М.М. Громова». Контактный телефон +7(926) 416-13-68. E-mail: mp.job@icloud.com

## РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРИ ИСПЫТАНИИ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ ГОРЕНИЯ

**В.С. Куренков, А.В. Чушкин, В.Д. Макаренко (ФГУП «ФЦДТ «Союз»)**

Проанализирована работа технологического участка определения скорости горения полимерных материалов на предприятии ФГУП «ФЦДТ «Союз». Определены основные недостатки в технологическом процессе, одним из которых является ручное регулирование давления в установке постоянного давления, которое зачастую приводит к отбраковке результатов испытаний из-за нестабильного поддержания давления. Для решения данной проблемы разработана система автоматического поддержания давления с применением современных быстродействующих клапанов.

Ключевые слова: полимерные материалы, скорость горения, установка постоянного давления, клапан автоматического регулирования, автоматизированное рабочее место.

### Введение

Для определения скорости горения полимерных материалов (ПМ) на испытательной станции ФЦДТ «Союз» применяется универсальный метод, основанный на сжигании типовых образцов ПМ торцевого горения, бронированных по боковой поверхности с квадратным (10x10 мм) или круглым (диаметрами 18 или 36 мм) сечением [1]. Испытания проводят в специальных установках постоянного давления (УПД) при постоянном давлении и температуре. На основании результатов испытаний образцов при разных значениях давления выводится закон горения ПМ.

Скорость горения определяется следующим способом. В полимерном образце на определенном расстоянии ( $L$ ) сверлят два отверстия, в которые вставляют проволочные сигнализаторы, по перегоранию которых фиксируют момент начала  $t_1$  и окончания  $t_2$  горения. Затем образец устанавливают на контактную крышку по специальной схеме подключения и помещают в УПД. В момент перегорания сигнализаторов по резкому изменению их сопротивления в цепи фиксируется начало и окончание горения (рис. 1). Скорость горения определяется по соотношению  $U=L/(t_2-t_1)$ .