

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ ОЦЕНКИ РИСКОВ НИОКР ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ БУРЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И НАКЛОННО-НАПРАВЛЕННЫХ СКВАЖИН

## DEVELOPMENT OF A MODEL FOR R&D RISK ASSESSMENT OF HIGH-TECH EQUIPMENT FOR DRILLING HORIZONTAL AND DIRECTIONAL WELLS

**A. Pechenkin**

*Summary.* The article defines four groups of basic requirements. Presented by ten stages of R&D implementation. A risk assessment model is proposed. Linguistic variables and weighting coefficients are defined.

*Keywords:* R&D, risk, additive-multiplicative, linguistic, method.

**Печенкин Алексей Владимирович**

Аспирант, Самарский государственный  
экономический университет  
pechenkin.aleksey@yandex.ru

*Аннотация.* В статье определены четыре группы основных требований. Выделено десять этапов реализации НИОКР. Предложена модель оценки рисков. Определены лингвистические переменные и весовые коэффициенты.

*Ключевые слова:* НИОКР, риск, аддитивно-мультипликативная, лингвистическая, метод.

Исучая существующие этапы и результаты разработок телеметрического оборудования компаниями малого и среднего бизнеса для проводки наклонных и горизонтальных скважин, были определены следующие недостатки:

1. Отсутствие управления требованиями и четкого процесса их формирования;
2. Неоднократные доработки оборудования по итогам натурных испытаний или полная смена концепции разработки;
3. Отсутствие единого стандарта отрасли и как следствие ограниченный функционал новых разработок при использовании полного комплекса высокотехнологичного оборудования;
4. Низкая надежность оборудования и как следствие высокая стоимость нормо-часа и низкая рентабельность;
5. Отсутствие или низкий уровень разработки научно-методического аппарата проводимых разработок;
6. Ограниченное использования цифрового моделирования и испытания оборудования;
7. Отсутствие взаимодействия с научными институтами при наличии кадрового (научного) и технологического дефицита в компаниях.

Выявлены недостатки говорят о низком уровне долгосрочного планирования и низкой оценки рисков на каждом этапе НИОКР. Одной из проблем в оценке рисков является рассмотрение НИОКР по «Приложение А (справочное). Типовые этапы выполнения прикладных научно-исследовательских работ». [1]

Принимая во внимание международный опыт по реализации сложных технических проектов, было предложено использование метода «Разработки основных требований» при формировании стадий проекта.

Данная методика призвана оптимизировать процессы по следующим направлениям:

- формирование и корректировка требований на каждом этапе в рамках долгосрочного планирования (совместная работа с будущими разработками);
- организация процесса выпуска технической документации;
- моделирование, оценка и анализ принятых требований с оценкой рисков и экономических затрат включая затраты на все виды испытаний;
- поиск компромиссных требования из множеств сформированных требований по ключевым показателям (срок, стоимость, надежность).

Изучив особенности оборудования и ведения разработок в сервисных компаниях нефтегазовой отрасли, предлагаем опередить четыре группы требований:

1. **Первая группа — технические требования, предъявляемые к электронным компонентам, программному обеспечению и корпусным элементам.** К ней относятся технические требования позволяющие обеспечить необходимые условия эксплуатации и замер и передачу данных, с заданной погрешностью и скоростью.
2. **Вторая группа — требования по наработке на отказ.** К ним относятся требования по обеспе-

чению минимального временного интервала непрерывного выполнения работ для достижения экономического эффекта от его использования

3. **Третья группа — требования по эксплуатации и сервисному обслуживанию.** К данной группе относятся требования по подготовительным работам, уровням технического обслуживания, а также требования к стоимости сервисного обслуживания.
4. **Четвертая группа — аварийные условия эксплуатации.** К данной группе относятся требования к эксплуатации оборудования в аварийных ситуациях. А также требования к извлечению оборудования из скважины, как для предотвращения экологических последствий (извлечение радиоактивного источника), так и для снижения экономических затрат при строительстве скважины.

С учетом вышеизложенных предложений и методики, предлагаем сформировать десять этапов реализации НИОКР при разработке телеметрического оборудования для нефтесервисных компаний.

1. **Первый этап — Формирование концепция будущего НИОКР.** К нему углубленный анализа и детального изложения идеи проекта с учетом долгосрочного планирования на 10 лет.
2. **Второй этап — разработка технического задания проекта.** На данной стадии происходит формирования технических, технологических, геометрических характеристик с учетом требований динамики развития отрасли разрабатываемого оборудования включая эксплуатационные требования и требуемые экономические показатели.
3. **Третий этап — декомпозиция.** Включает разбиение сложного технического устройства на отдельные блоки с формированием отдельных технических задания для каждого блока.
4. **Четвертый этап — разработка методик.** Данный этапа предусматривает разработку методик, необходимых для достижения необходимых результатов проекта.
5. **Пятый этап — разработка конструкторской документации.** Данная стадия включает разработку всей документации согласно ЕСКД, а также компьютерное моделирование и программную проверку всех узлов разрабатываемого оборудования, включая компьютерное моделирование.
6. **Шестой этап — изготовление опытного образца.** Данный этап включает разработку технологических карт по изготовлению проекта. Также разрабатываются заказ-наряды на изготовления деталей у подрядных организаций в случае отсутствия технической возможности и закупка материалов.
7. **Седьмой этап — проведение комплекса испытаний.** Этап проведения всех необходимых

испытаний (лабораторные, стендовые, цеховые, с использованием специальных прочностных компьютерных программ).

8. **Восьмой этап — натурные испытания.** Этап проведения натурных испытаний в рабочих условиях с максимальной регистрацией всех параметров эксплуатации.
9. **Девятый этап — корректировка документации и доработка опытного образца.** Включает в себя углубленный анализ полученных результатов испытаний с внесением изменений в чертежи, используемые материалы, электронные компоненты, с последующей доработкой опытного образца.
10. **Девятый этап — Серийное производство.** Этап подготовки запуска производства и получения всей необходимой документации (сертификаты, разрешения, паспорта, регистрация ТУ и т.д.) для использования продукции в нефтегазовой отрасли.

Предложенные этапы позволяют более детально контролировать процесс реализации НИОКР, но необходимо качественно оценивать риски на каждом этапе.

Основной метод оценки рисков, который применяется при разработке высокотехнологичного оборудования на данном этапе развития технической отрасли являются; статистический метод; метод аналогий; метод экспертных оценок и комбинированный метод.

Изучая взаимосвязь объемов в инвестиционные разработки полученной прибыли среди крупных нефтяных компаний, а также среди компаний малого и среднего бизнеса, выявлено отсутствие взаимосвязи. Это говорит о низком качестве проводимых НИОКР и отсутствии стратегии развития отрасли. [7]

Предлагаю использовать аддитивно-мультипликативную модель оценки рисков, где каждый этап будет приравнен к группе рисков и вероятность между группами риска будет рассчитываться по мультипликативному сценарию. Частные риски, которые возникают на каждом предложенном этапе, могут быть детализированы до отдельных единичных событий при выявлении высокого уровня риска. Частные риски будем рассчитывать по аддитивному сценарию.

В данном случае рассмотрим применение двухуровневой модели рисков. Финансовые потери будем анализировать с точки зрения вероятности возникновения риска, а финансовый ущерб при этом определяется как произведение значения вероятности возникновения риска на математическое ожидание финансовых потерь. Декомпозицию показателей рисков будем использовать для оценки единичных процессов для принятия управленческих решений и контроллинга.

Теорема мультипликативной вероятности или статико-мультипликативная теорема теории вероятности для независимых событий выглядит следующим образом:

$$P(A \text{ и } B) = P(A) \times P(B)$$

$$P(AB) = P(A) \times P(B)$$

Данная теорема утверждает, что вероятность наступления двух независимых событий равно произведению их индивидуальных вероятностей.

При этом для зависимых событий применяется теорема условной вероятности и выглядит она следующим образом:

$$P\left(\frac{A}{B}\right) = \frac{P(AB)}{P(A)}$$

При этом считается  $P\left(\frac{A}{B}\right)$ , как вероятность наступления события А, в случае наступления события В. [2]

На стадии оценки времени жизни проекта НИОКР, было выявлено десять независимых стадий. Для возможности применения первого вида теоремы для независимых событий. Вероятность завершения проекта в целом будет равно произведению вероятностей завершения каждого этапа по статико-мультипликативной теореме для независимых моделей.

При этом очень важным допущением, которое мы используем, является то, что неудачный этап будет повторен с положительным исходом.

При этом для декомпозиции рисков будем использовать аддитивную модель. Сформированные группы рисков в зависимости от уровней декомпозиции будут оцениваться через вероятность наступления события.

$$P = 1 - A_{1j} \times X_{1j} - \dots - A_{ij} \times X_{ij},$$

где  $P$  — это вероятность наступления группового риска, сведенного в отдельный независимый этап выполнения работ;

$A_{ij}$  — весовой коэффициент факторного анализа;

$X_{ij}$  — показатель выраженности (укрупненные вариации событий риска);

При использовании данной модели необходимо внести ряд допущений и ограничений:

1. Предельным значением вероятностного события является 1, как стопроцентный случай положительного исхода, тогда

$$R = 1 - P_i,$$

$R$  — величина возникновения риска расценивается как разница единицы и вероятности наступления событий в рассматриваемой группе;

2. Частные факторы  $X_{ij}$  — формируются по медиане экспертных оценок для каждого частного риска реализации проекта.
3. Вес критерия  $A_{ij}$  устанавливается для каждого фактора риска по экспертно-критериальной оценке. Если все оценки факторов риска (частных рисков) принимают свои максимальные значения, то и риск  $R_i$  должен принять свое максимальное значение, равное 1. Следовательно, коэффициенты весомости (важности) должны удовлетворять условию  $A_{ij}$

$$\max X_{i1} + A_{i2} \max X_{i2} + \dots + A_{ij} \max X_{ij} = 1$$

Применение агрегированной оценки рисков дает возможность оценить суммарную вероятность выполнения проекта, с учетом того, что каждый этап будет выполнен.

Для создания модели рисков необходимо ввести и применить систему экспертных оценок риска для уровня аддитивной модели или нижнего уровня рисков.

Преимуществами метода экспертных оценок являются:

- широкая распространенность в практике промышленного бизнеса;
- простота и быстрота в вычислениях;
- применимость в условиях отсутствия возможности расчета количественных показателей;
- учет как качественных, так и количественных характеристик исследуемого объекта;
- учет неопределенности НИОКР, которая является следствием уникальности каждого отдельного проекта НИОКР;
- применимость в условиях отсутствия большого числа регулярных статистических наблюдений и др. [3,4]

Список для оценки вероятности риска, который может применять комиссия представим в таблице 1.

Данная таблица позволяет оперативно оценить вероятность наступления события на нижнем уровне рисков предлагаемой иерархической модели.

Приведем пример разбития первого этапа на базовые риски для формирования матрицы рисков при разработке телеметрического оборудования. Преимущества данной модели заключается в ранжировании рисков проекта НИОКР и возможность их глубокой дета-

лизации, что позволяет провести расширенный анализ и ввести мероприятия по контроллингу, корректировки или изменению подхода к реализации как определенно-го этапа, так и всего проекта в целом.

Таблица 1.

## Лингвистические переменные

Лингвистические переменные	Описание	Вероятность
0	Невозможное событие	$P \leq 0,01$
1	Незначительное событие	$0,01 \leq P \leq 0,05$
2	Крайне малая вероятность	$0,05 \leq P \leq 0,10$
3	Малая вероятность	$0,10 \leq P \leq 0,15$
4	Вероятность, требующая введения контроля	$0,15 \leq P \leq 0,20$
5	Вероятность которой нельзя пренебречь	$0,20 \leq P \leq 0,25$
6	Вероятность требующая управленческого контроля	$0,25 \leq P \leq 0,30$
7	Вероятность требующая альтернативных решения	$0,30 \leq P \leq 0,35$
8	Вероятность требующая принятия комплексных решений	$0,35 \leq P \leq 0,40$
9	Высокая вероятность	$0,40 \leq P \leq 0,50$
10	Вероятное событие	$P \geq 0,50$

Таблица 2.

## Пример базовых рисков и их весовых коэффициентов на первом этапе НИОКР

Обозначение	Риски	Медиана оценки рисков	Меры контроллинга
Первый этап — формирование концепции будущего НИОКР			
$R_{11}$	Выбор кардинально-неправильного технического решения	$RW_{11}$	Анализ аналогий, при отсутствии аналогов, рекомендуется принять несколько концепций для упрощенного просчета на конструкторском этапе с расчетом экономической эффективности.

Обозначение	Риски	Медиана оценки рисков	Меры контроллинга
$R_{12}$	Организационный риск (недостаточная организация внутри компании, срыв сроков)	$RW_{12}$	Применение agile метода руководства проектом по сбору предложений поэтапном контролем выполнения
$R_{13}$	Внешние риски (не зависят от действий компании)	$RW_{13}$	Вести контроль изменений по контрольным точкам. внести предложения по сокращению времени на других этапах проекта

$RW$  — или риск-вес определяется как медиана экспертных оценок в рамках одного этапа. Для перевода  $RW$  в  $A_{ij}$  необходимо сделать перерасчет веса согласно градации по лингвистическим переменным. Согласно допущению, коэффициенты весомости (важности) должны удовлетворять условию  $A_{ij}$

$$\max X_{i1} + A_{i2} \max X_{i2} + \dots + A_{ij} \max X_{ij} = 1$$

В нашем случае максимальные значение  $X_{ij} = 10$ , следовательно, сумма  $A_{ij}$  должна равняться 0,1.

Данная модель позволяет оценивать финансовые потери, которые предлагается учитывать в таблице для каждого события риска. Позволяет оперативно оценивать, возможные финансовые затраты, которыми можно распоряжаться в рамках корректирующих мероприятий.

Аддитивно-мультипликативная модель, может решать несколько задач, что на стадии разработки проекта, что на стадии его реализации. Возникновения критических рисков, благодаря данной модели может быть подвержено декомпозиции с принятием управленческих решений.

Выявление рисков с большими финансовыми потерями позволяет внести дополнительную проработку данного риска и рассчитать необходимые дополнительные затраты для гарантированного выполнения проекта.

Данная модель позволяет осуществлять контроль критериев в течение всего цикла выполнения проекта и при наличии зависимости о временного фактора внести корректировки в процесс выполнения проекта.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ Р 15.101-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения научно-исследовательских работ» (утв. и введен в действие Приказом Росстандарта от 24.08.2021 N 784-ст)
2. Вероятностно-статистические методы принятия решений: Теория, примеры, задачи: учебное пособие / А.П. Науменко, И.С. Кудрявцева, А.И. Одинец, Минобрнауки России, ОмГТУ. — Омск: Издательство ОмГТУ, 2018, ISBN 978-5
3. Ваганова А.С. Научно-методические аспекты риск-контроллинга на промышленных предприятиях: дис. канд. экон. наук. 08.00.05 — Н. Новгород — 2010. — 246 с.
4. Кудряшова О.В. Развитие системы управления рисками НИОКР промышленного предприятия. Монография / К.В. Ковырзина, О.В. Кудряшова, И.Б. Гусева; Нижегород. гос. техн. ун-т. — Н. Новгород, 2014. — 143 с.
5. Методические материалы Минэкономразвития по разработке программ инновационного развития акционерных обществ с государственным участием, государственных корпораций и федеральных государственных унитарных предприятий, утверждены распоряжением Министерства экономического развития российской Федерации от 21.12.2020 №23-Д01.
6. Ковырзина К.В. Использование инструментов BSC и KPI при формировании пакета рисков НИОКР промышленного предприятия [Текст] / К.В. Ковырзина, И.Б. Гусева // V Международный конгресс по контроллингу «Современное предприятие и будущее России»: сборник научных трудов Международного форума, посвященного 85-летию кафедры «Экономика и организация производства» МГТУ имени Н.Э. Баумана. — Москва, 2014. — С.62–67
7. Печенкин А.В., Наумова О.А. Анализ расходов на научные исследования в нефтяных компаниях / А.В. Печенкин. — Текст: непосредственный // Экономика и предпринимательство — №4 (153) 2023. — С. 1412–1417. ISSN 1999-2300

© Печенкин Алексей Владимирович (pechenkin.aleksey@yandex.ru)  
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»