

---

**РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ИНВЕСТИЦИЙ  
В ИННОВАЦИОННЫЙ ПРОЕКТ НА СТАДИИ НИОКР****Н.В. Гринева (Москва)**

Бизнес-процессы проектов НИОКР являются эффективным методом контроля исполнения каждого этапа проекта. Также разбиение проекта на конкретные работы необходимо для построения имитационной модели. Бизнес-процессы могут быть прописаны для проектов НИОКР с помощью применения графов, которые учитывают все особенности проведения проектов НИОКР, как-то: после проведения каждого этапа работ проекта необходимы доводочные и настроечные работы, которые могут существенно повлиять на проект; в любой момент времени проект может завершиться неудачно при реализации критического рискованного события; необходима постоянная корректировка сроков и денежных потоков для осуществления более точного управления проектом.

Для построения графа бизнес-процессов проекта НИОКР необходимо разделить все стадии НИОКР на этапы:

*I. Маркетинговые исследования потребностей рынка;*

*II. Генерация идей и их фильтрация;*

*III. Техническая и экономическая экспертиза проекта;*

*IV. Основные рекомендуемые этапы НИР<sup>1</sup>:*

4.1 Разработка технического задания (ТЗ) на НИР;

4.2 Выбор направлений исследования;

4.3 Теоретические и экспериментальные исследования;

4.4 Обобщение и оценка результатов исследований.

*V. Основные этапы ОКР (ГОСТ 15.001-73).*

5.1 Разработка ТЗ на ОКР;

5.2 Техническое предложение;

5.3 Эскизное проектирование;

5.4 Техническое проектирование;

5.5 Разработка рабочей документации для изготовления и испытаний опытного образца;

5.6 Предварительные испытания опытного образца;

5.7 Государственные (ведомственные) испытания опытного образца;

5.8 Отработка документации по результатам испытаний.

*VI. Подготовка производства изделия на заводе-изготовителе серийной продукции.*

*VII. Вывод продукции на рынок или продажа разработок.*

Стоит отметить, что первые два этапа являются подготовительными для проекта НИОКР и несут незначительные риски, т.к. данные работы выполняются в рамках текущей деятельности предприятия, осуществляющего научную деятельность. В рамках построения модели проекта НИОКР первые три этапа объединены в один.

Стохастическим графом называется граф, обладающий следующими признаками:

Вершины графа обозначают работы инновационного проекта;

Направленные дуги графа показывают вероятностно-логические связи между работами.

---

<sup>1</sup> Г.Я. Гольдштейн. Стратегический инновационный менеджмент Учебное пособие – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. – С. 73.

Работы в графе могут быть двух видов: действительными и фиктивными. Все работы в рамках одного проекта НИОКР нумеруются неповторяющимися натуральными числами.

Действительной работой называется любой протяженный во времени процесс, требующий затрат времени и стоимостных ресурсов (например, испытание нового образца изделия). Каждая действительная работа имеет два параметра: ожидаемая продолжительность выполнения работы ( $t$ ) и ожидаемая стоимость работы ( $s$ ). Фиктивные работы служат для осуществления связи между действительными работами и событиями (например, «Утверждение сметы расходов работы»), при этом данные работы не требуют ни затрат времени, ни затрат ресурсов, в том числе денежных.

Работы графа также можно разделить на работы, допускающие повторное выполнение, т.е. принадлежащие циклам, и работы, выполняемые однократно. Первые характеризуются двумя дополнительными параметрами. К таким параметрам относятся:

коэффициент корректировки продолжительности работы (параметр  $\alpha t$ );

коэффициент корректировки стоимости работы (параметр  $\alpha S$ ).

Данные коэффициенты показывают, как изменятся изначальные параметры работы при ее повторном выполнении. Данные коэффициенты удобно использовать в проектах НИОКР, т.к. доработки различных работ обычно требуют меньше ресурсов, чем основополагающая работа. Например, коэффициент  $s=0,6$  означает, что для повторного выполнения работы требуется денежных средств на 40% меньше, чем на первичное выполнение работы.

В модели предполагается, что после необходимых доработок, последующие доработки не потребуются. Предполагается попадание коэффициентов корректировок для всех работ, допускающих повторное выполнение интервалу  $[0,4; 0,6]$ . Соединения последующих работ с предшествующими показывают логические связи между ними.

Для проектов НИОКР возможны два исхода завершения исследований:

– отказ от дальнейшего освоения изделия;

– принятие решения о дальнейшем освоении и переход на следующий этап исследований.

После анализа информации о работах и этапах проекта НИОКР рекомендуется следующая последовательность построения стохастического сетевого графа:

1. определение необходимых действительных и фиктивных работ, необходимых для выполнения этапа проекта;

2. определение работ, по завершении которых может быть принято решение об отказе освоения разработки изделия;

3. определение интервальных условных вероятностей перехода от предшествующей работы к последующей;

4. оценка необходимых параметров работ:  $s$ ,  $t$  и  $\alpha$ .

Имитационная модель проекта НИОКР дает представление о том, как вероятнее всего завершится проект при начальных заданных характеристиках. Для задания начальных параметров проекта НИОКР необходимо по экспертным данным заполнить таблицу (стоит отметить, что для каждого проекта необходимо вносить свои уточнения в проект).

В дальнейших расчетах нас будет интересовать лишь нижняя граница вероятности удачного завершения работы, этапа и проекта в целом. Те работы, где вероятность удачного завершения работы находится в интервале  $[0,5;1]$  являются безрисковым, и предполагается 100% вероятность удачного исполнения данной работы. Такие работы, как согласование освоения с руководством предприятия и утверждение сметы расходов на проект; предварительная экспертиза проекта, согласование построения опытного образца с руководством предприятия и техническая экспертиза разработки, отработка документации по

результатам испытаний, расчет цены конечного продукта и маркетинговый анализ конкурентоспособности и востребованности на рынке при данной цене, допускают повторного выполнения и предполагают повторения таких работ, как предварительный анализ сырья, необходимого для производства изделия, предварительный технический анализ изделия, теоретические и экспериментальные исследования, обобщение и оценка результатов исследований, эскизное проектирование, техническое проектирование, разработка рабочей документации для изготовления и испытаний опытного образца, конструирование опытного образца, предварительные испытания опытного образца, государственные (ведомственные) испытания опытного образца (при работе с Госконтрактами), расчет производственной программы, анализ производственных мощностей с целью выявления необходимого дополнительного оборудования для производственной линии работ. Также дополнительно вводится условие, что после повторного выполнения необходимых работ, проект переходит к следующей работе.

Для проведения имитационного эксперимента необходимо сгенерировать числа от 0,5 до 1, распределенных по нормальному закону распределения. Данный интервал выбран в силу того, что проекты, вероятность исполнения хотя бы одной из работ в которых менее 50%, не предлагаются к освоению, т.к. эксперты отраслевого НИИ до начала проекта могут оценить уже имеющиеся элементную и технические базы в своей области и сделать вывод касательно вероятности исполнения работ в проекте.

Далее проводится простой расчет накопленной суммы расходов на проект и длительность проекта с учетом повтора работ при необходимости.

1) Повтор работ учитывается в модели следующим образом:

Выявляются работы, неудачное завершение которых может быть вызвано ошибками при выполнении предыдущих работ;

2) Составляется перечень работ, повторное выполнение которых устранит все неточности и даст возможность перейти к следующей работе;

3) При повторном выполнении работ стоимость и длительность работ умножается на коэффициент  $\alpha$  и прибавляется к уже затраченным ресурсам, увеличивая тем самым расходы на проект, и, как следствие, сокращая величину запланированной прибыли.

Далее, используя макрос, проводится 1000 экспериментов, в результате которых составляются две таблицы: удачные НИОКР и неудачные НИОКР (табл.1), которые отражают затраты на реализацию проекта и длительность выполнения проекта. В случае удачного завершения проекта НИОКР все затраты будут покрыты выручкой от реализации, в случае неудачного завершения проекта – затраты, понесенные инвестором и предприятием, расцениваются как прямой убыток. В таблице приведены расходы на каждую НИОКР и длительность.

Для анализа проекта НИОКР проведен расчет дополнительных характеристик проекта (табл. 2). Проанализировав данные таблицы, можно сделать вывод о том, что средние затраты на успешно завершённые НИОКР составят 9744,16 тыс.руб., а длительность успешного проекта НИОКР составит от 10 до 13 месяцев. По данным характеристикам инвестор может принять решение о своем участии в проекте. Анализ НИОКР, которые в силу реализации рисков событий завершились не удачно, дает представление о средних потерях, которые может понести инвестор проекта. Сопоставляя данный показатель со своей предпочтительностью к риску, инвестор может принять объективное решение о финансировании или об отказе от финансирования данного проекта.

Таблица 1

## Результат проведения имитационного эксперимента

Удачные НИОКР		Неудачные НИОКР	
Сумма затрат на проект(тыс.руб.)	Длительность проекта (дни)	Сумма затрат на проект(тыс.руб.)	Длительность проекта (дни)
9515	329	6015	178
9410	321	900	11
10525	357	900	11
10565	367	900	11
9450	331	4150	84
10525	357	650	6
8800	302	250	2
...	...	...	...
8800	302	650	6

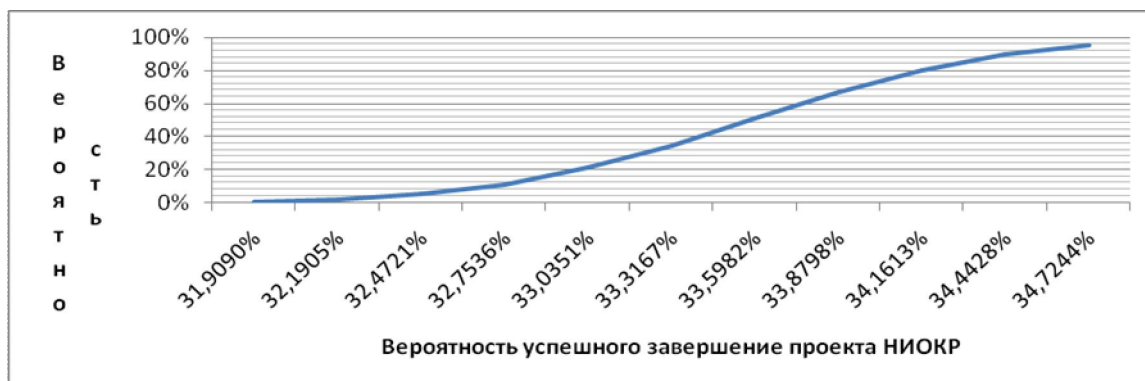
Таблица 2

## Характеристики проекта НИОКР

Статистика по удачным проектам НИОКР		Статистика по неудачным проектам НИОКР	
Количество проектов	333	Количество проектов	668
Средние затраты	9744,16	Средние затраты	2175,14
Минимальные затраты	8800	Минимальные затраты	250
Максимальные затраты	11175	Максимальные затраты	6415
Средний срок реализации проекта	335,43	Средний срок реализации проекта	46,49
Минимальный срок	302	Минимальный срок	2
Максимальный срок	386	Максимальный срок	188

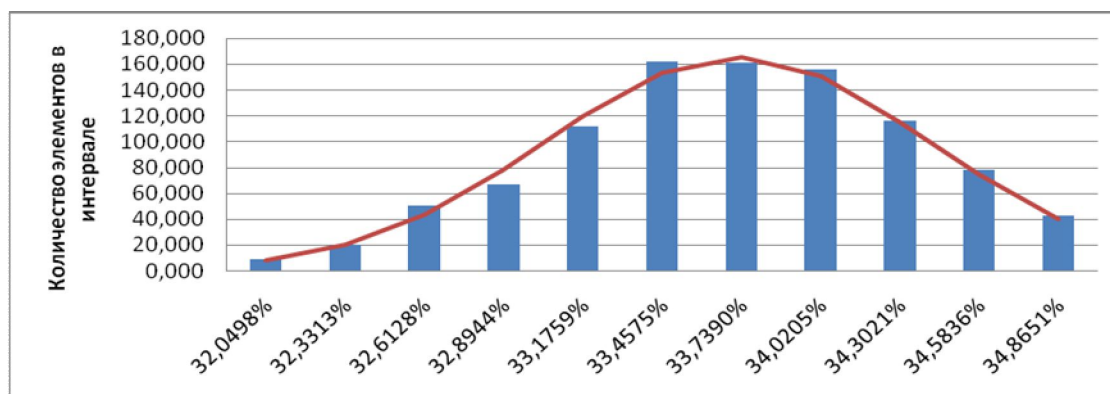
Для инвестора большое значение имеет вероятностное распределение его затрат при инвестировании в проект НИОКР. Данную информацию предоставляет интегральная кривая, которая строится по результатам проведения 1000 экспериментов. По данной кривой можно определить, например, что с 80% вероятностью затраты не превысят 8 млн руб. по всему проекту.

Проекты в сфере НИОКР относятся к проектам высокого риска, поэтому для принятия решения о начале разработки НИОКР необходимо оценить вероятности успешного завершения проекта. Для этого построена обратная интегральная кривая, показывающая вероятностное распределение вероятностей удачного завершения НИОКР (рис. 1). По данному проекту со 100% вероятностью проект НИОКР завершится успешно с вероятностью более 31,9%, что является неплохим показателем для такого рода проектов. Также стоит отметить, что, используя различные методы управления рисками проектов, можно добиться существенного возрастания данного коэффициента.



**Рис. 1. Обратная интегральная кривая вероятности успешного завершения проекта НИОКР**

Для прогнозирования вероятности успешного завершения НИОКР также удобно использовать существующие теоретические законы распределения. Для данного проекта сопоставление эмпирического закона распределения с теоретическим дало возможность выявить, что вероятность удачного завершения проекта распределена по нормальному закону (критерий Хи-квадрат находится в допустимых пределах) (рис. 2).



**Рис. 2. Сопоставление эмпирического и теоретического законов распределений**

Зная закон распределения, инвестор может точнее оценить свои возможности, учитывая предрасположенность к риску и принять решение об инвестировании, основываясь не только на экспертных оценках, но и на данных модели, в которой участие экспертов сведено к минимуму.

В целом данная модель применима как для небольших, так и для достаточно крупных проектов и может использоваться по обе стороны проекта: и инвестором, и предприятием-инициатором НИОКР.

### Литература

1. Г.Я. Гольдштейн Стратегический инновационный менеджмент: учеб. пособие. – Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004.