

---

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ НА СТАДИИ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОТБОРА ИННОВАЦИОННЫХ ПРОЕКТОВ

*Б.А. Новыш, Д.В. Шаститко*

**Ключевые слова:** Инновации, проблемная ситуация, имитационное моделирование, имитационная модель, интервальные оценки, оптимизация, системный эффект.

## Введение

Формирование программ инновационного развития экономических систем любого уровня является одним из наиболее сложных этапов управленческой деятельности. Для краткосрочных инновационных проектов и программ задача усложняется тем, что время на корректировку или уточнение ранее принятых решений, как правило, отсутствует. Это вызывает необходимость использования корректных методов выбора управленческих стратегий и эффективных расчетных алгоритмов, позволяющих снизить риск на основе моделирования процесса.

Представленные в данной работе модели могут, на наш взгляд, использоваться на фазе предварительного анализа структуры технологических цепочек, прогнозных оценок корпоративной эффективности команд финансово-промышленных групп и оценки возможной экономической эффективности портфелей инновационных программ. В их основе лежит метод интервальных экспертных оценок, позволяющий проводить анализ с помощью статистической обработки результатов имитационных расчетов. Использование интервальных экспертных оценок представляется вполне обоснованным применительно к инновационным программам и проектам, отличающимся высоким уровнем риска.

## 1. Формирование технологических цепочек и оценка корпоративной эффективности команд в условиях риска

Известно, что одним из эффективных путей реализации крупных инновационных проектов является создание финансово-промышленных групп (ФПГ). В процессе создания ФПГ формируется группа предприятий и организаций,

связанных в единый технологический цикл (технологическая цепочка – *ТЦ*) (см., например, [1], [2]).

Формирование *ТЦ* производится, как правило, на основе конкурсного отбора с использованием критерия технологической ценности ( $K_{тц}$ ):

$$K_{тц} = \frac{P}{3 \times ДТЦ}, \quad (1)$$

где  $P$ ,  $З$  и  $ДТЦ$  – выручка от реализации, затраты и длительность технологического цикла производства продукции, используемой в рамках *ТЦ*, соответственно. Традиционно расчет критерия технологической ценности проводится в предположении, что характеризующие его параметры могут быть точно определены на основании имеющейся информации. Однако в ряде случаев, например, когда предприятия, рассматриваемые в качестве потенциальных команд *ТЦ*, ранее не производили соответствующую продукцию, или при нестабильности рыночной ситуации, параметры, входящие в формулу (1), не могут рассматриваться как детерминированные и возникает необходимость учета риска. При этом выручка от реализации, затраты и длительность технологического цикла становятся случайными параметрами, оценка законов распределения (и даже возможных интервалов локализации) которых является нетривиальной задачей. В этих условиях формирование *ТЦ*, включающее оценку пригодности предприятия для инновационной программы, может основываться на результатах анализа данных имитационных экспериментов.

После надлежащей обработки экспертных оценок и анализа результатов имитационных экспериментов появляется возможность отбора команд (предприятий), способных наиболее эффективно функционировать в составе ТЦ. Рекомендации основываются на вероятностных оценках и не являются детерминированными, что характерно для большинства имитационных экспериментов.

В качестве иллюстрации рассмотрим следующий пример. Имеется 4 предприятия, рассматриваемых как возможные кандидаты для участия в составе ТЦ. В связи с тем, что ни одно из них ранее не выпускало необходимую для ТЦ продукцию, составлены приближенные

интервальные оценки для экономических параметров, входящих в формулу (1). Требуется отобрать одно из предприятий на основе обработки данных имитационного моделирования. Рассмотрим случай наибольшей неопределенности, предполагая, что входящие в формулу (1) параметры распределены по равномерному закону, т.е. их отклонения от средних значений (2–4 столбцы таблицы 1) равновероятны в пределах, указанных в 5–7 столбцах таблицы 1 диапазонов. Генерируя достаточно большое число сценариев (в нашем примере – 5 тысяч) и проводя статистический анализ результатов, можно получить вероятностное распределение параметров  $K_{ТЦ}$  (рис. 1).

Таблица 1 – Оцениваемые параметры для рассматриваемых предприятий. Предполагается, что возможны отклонения от средних значений в ту или иную сторону в пределах приведенных интервалов

Предприятие	$P$	$Z$	$D_{ТЦ}$	$\Delta P (\pm, \%)$	$\Delta Z (\pm, \%)$	$\Delta D_{ТЦ} (\pm, \%)$
1	120	320	75	30	20	10
2	65	240	80	10	10	10
3	120	260	90	10	10	10
4	70	400	40	10	10	10

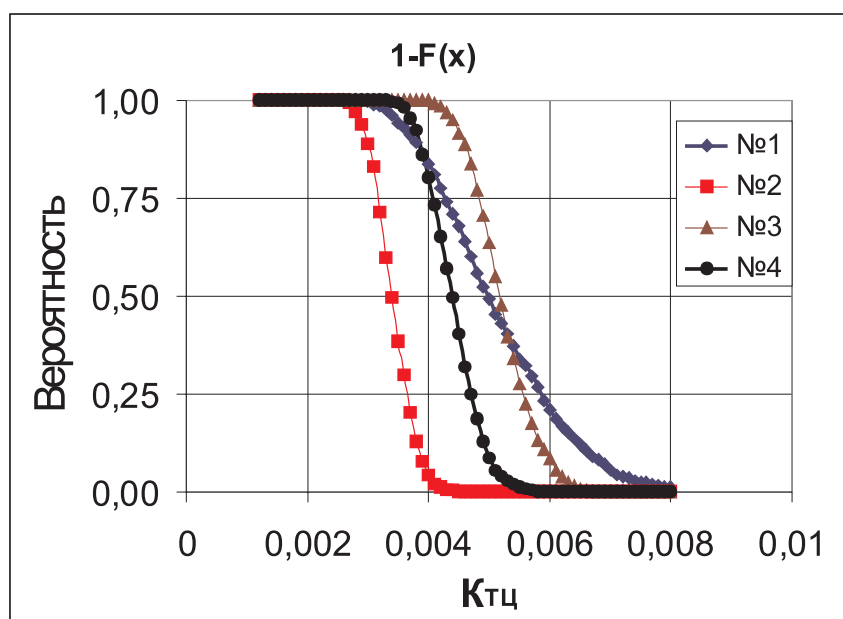


Рисунок 1 – Распределение вероятности для критерия технологической ценности в случае рассматриваемого примера. Представленные кривые  $1 - F(x)$  определяют вероятность того, что значение параметра  $K_{ТЦ}$  будет не меньше заданной величины

Анализ результатов позволяет сразу исключить из списка предприятия №2 и №4. Что касается предприятий №1 и №3, то здесь выбор до некоторой степени неоднозначен. В области высоких значений вероятности (свыше примерно 0,4) более приемлемым представляется предприятие №3, однако в связи с большим разбросом параметров  $P$  и  $Z$  для первого предприятия

существует некоторая вероятность того, что оно будет более приемлемым кандидатом. Полученная в результате имитационных экспериментов информация может использоваться для принятия решения ЛПП с учетом его индивидуальных особенностей, например, склонности к риску.

Вторым аспектом, требующим рассмотрения, является анализ корпоративной эффек-

тивности работающих в составе *ТЦ* предприятий (команд). Коэффициент корпоративной эффективности ( $K_{КЭ}$ ) для каждой команды рассчитывается по формуле:

$$K_{КЭi} = \frac{ДПp_{Ki}}{ДЗ_{Ki}}, \quad (2)$$

где  $ДПp_{Ki}$  – доля каждой команды в совокупной чистой прибыли, а  $ДЗ_{Ki}$  – доля затрат в совокупных затратах ФПГ.

В обычных условиях, руководство ФПГ, как правило, обладает достоверной информацией, позволяющей оценить коэффициенты корпоратив-

ной эффективности различных команд. Однако возможны ситуации, например, при прогнозе тенденций развития производства и сбыта продукции в рамках ФПГ на ближайший период времени, и, возможно, при анализе функционирования сторонней ФПГ, когда достоверная информация может отсутствовать, что также вызывает необходимость интервального оценивания.

Пусть, например, ФПГ включает 5 команд, оценку эффективности функционирования которых требуется оценить на основании неточной информации. Как и ранее, предположим, что параметры распределены по равномерному закону в некоторых интервалах (таблица 2).

Таблица 2 – Оцениваемые параметры для функционирующих в составе *ТЦ* предприятий

Предприятие №	Pr	Z	$\Delta Pr (\pm, \%)$	$\Delta Z (\pm, \%)$
1	120	900	30	20
2	35	180	10	10
3	45	440	10	10
4	100	580	10	10
5	180	800	10	10

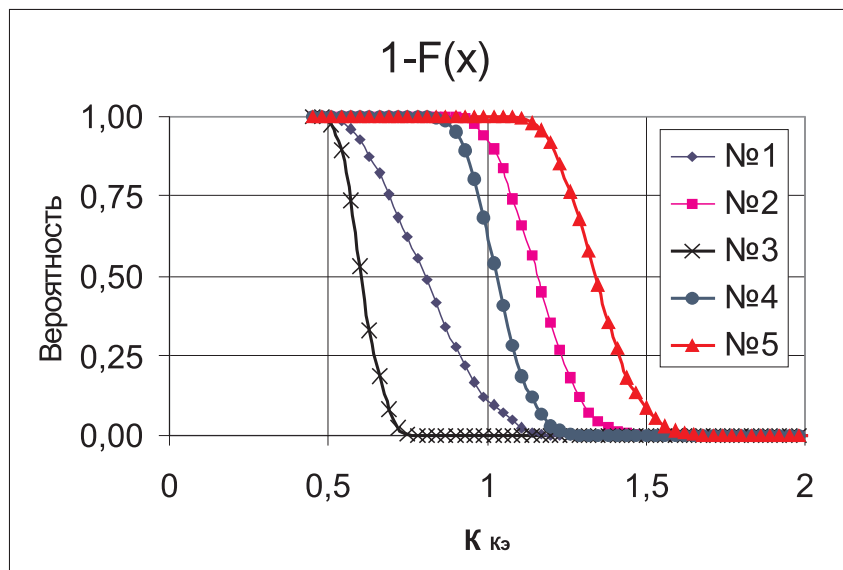


Рисунок 2 – Вероятностное распределение коэффициента корпоративной эффективности для рассматриваемого модельного примера

Для данного примера результирующее распределение коэффициента корпоративной эффективности показывает очевидное отставание предприятий №3 и №4. В реальных условиях это может потребовать применения дополнительных мер по коррекции их деятельности – например, путем увеличения финансирования, перераспределения материальных ресурсов, совершенствования технологических процессов, усиления контроля со стороны центра, и – в случае необходимости –

вывод из *ТЦ* и надлежащая замена неэффективно работающих предприятий.

## 2. Формирование портфеля краткосрочных инновационных проектов

Обычно формирование портфеля краткосрочных программ проводится по следующему алгоритму. Производится оценка затрат и ожидаемых эффектов реализации всех проектов (например, чистой прибыли). Производится

ранжирование проектов по степени убывания отношения «эффект – затраты». Портфель формируется путем последовательного включения наиболее эффективных проектов, вплоть до момента расходования всех имеющихся финансовых ресурсов. Данный подход представляется вполне обоснованным, однако непригоден в случаях, когда невозможно точно определить прогнозные значения параметров эффективности. Кроме того, практика показывает, что имеется вероятность ошибочного

включения в портфель некоторых проектов, в том случае, когда основным критерием является суммарная чистая прибыль от реализации портфеля. В связи с этим, необходимо использование алгоритма отбора проектов в условиях риска.

В качестве иллюстрации рассмотрим процесс формирования портфеля краткосрочных проектов, данные о которых представлены в табл. 3. Предполагается, что общий объем инвестирования не превышает 50 д.е.

Таблица 3 – Предполагаемые затраты и эффект (прибыль) от реализации проектов в условиях определенности

Проекты	Затраты, д.е.	Эффект, д.е.
P1	10	26
P2	9	21
P3	10	23
P4	12	27
P5	7	20
P6	6	16
P7	25	30

Результаты оптимизационных расчетов по традиционному алгоритму для данного случая представлены на рис. 3.

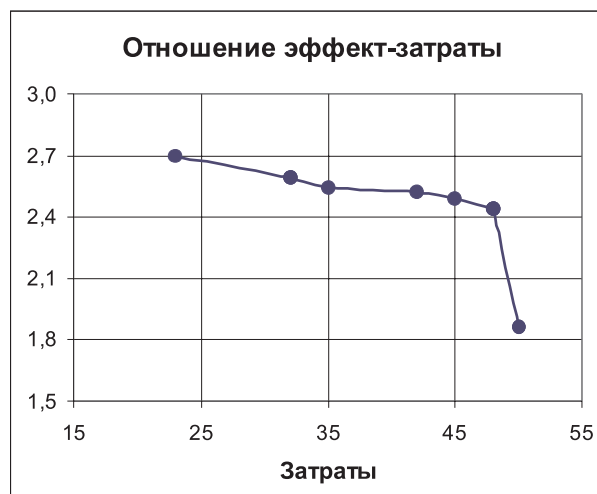
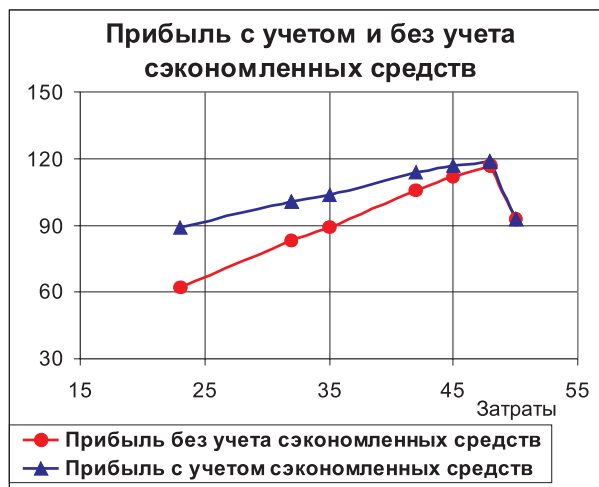


Рисунок 3 – Результаты оптимизационных расчетов для рассматриваемого примера. Суммарный объем инвестированных средств меняется в пределах от 20 до 40 д.е.

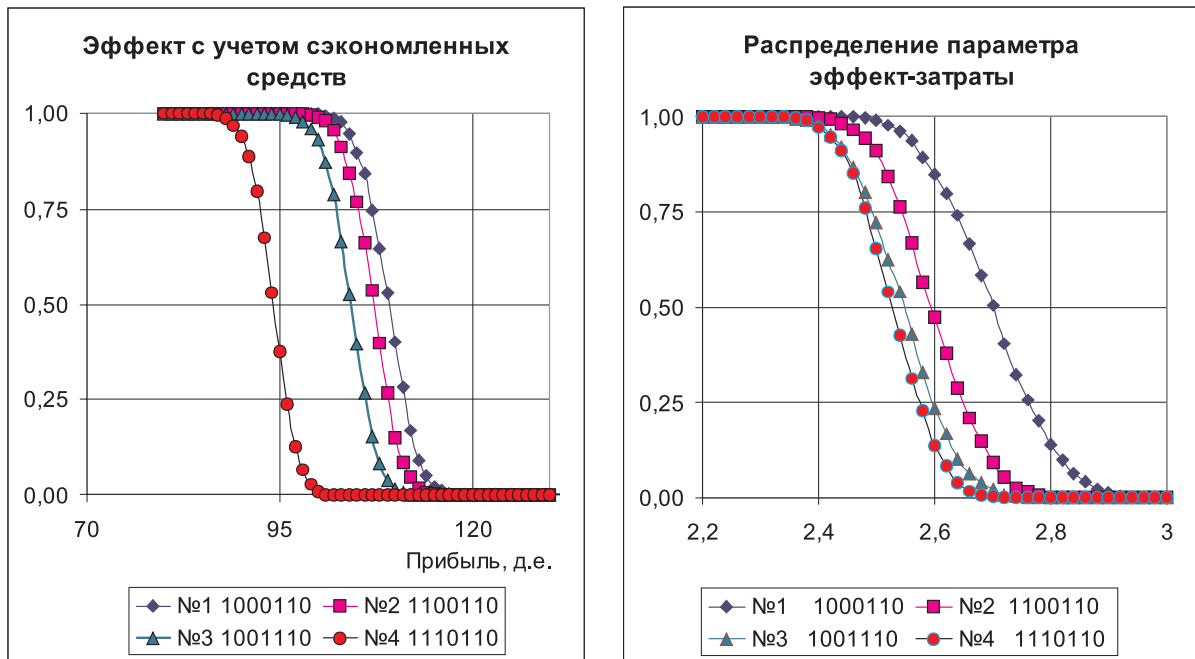
Результаты имитационных расчетов для случая, когда эффект (прибыль) от реализации всех проектов может быть оценен с точностью до 10% по величине, иллюстрирует рис. 4. Предполагается, что прибыль от реализации распределена по равномерному закону в пределах указанного интервала значений.

В данном случае точная оценка суммарной эффективности заменяется вероятностной оценкой получения результата не ниже любого заданного значения.

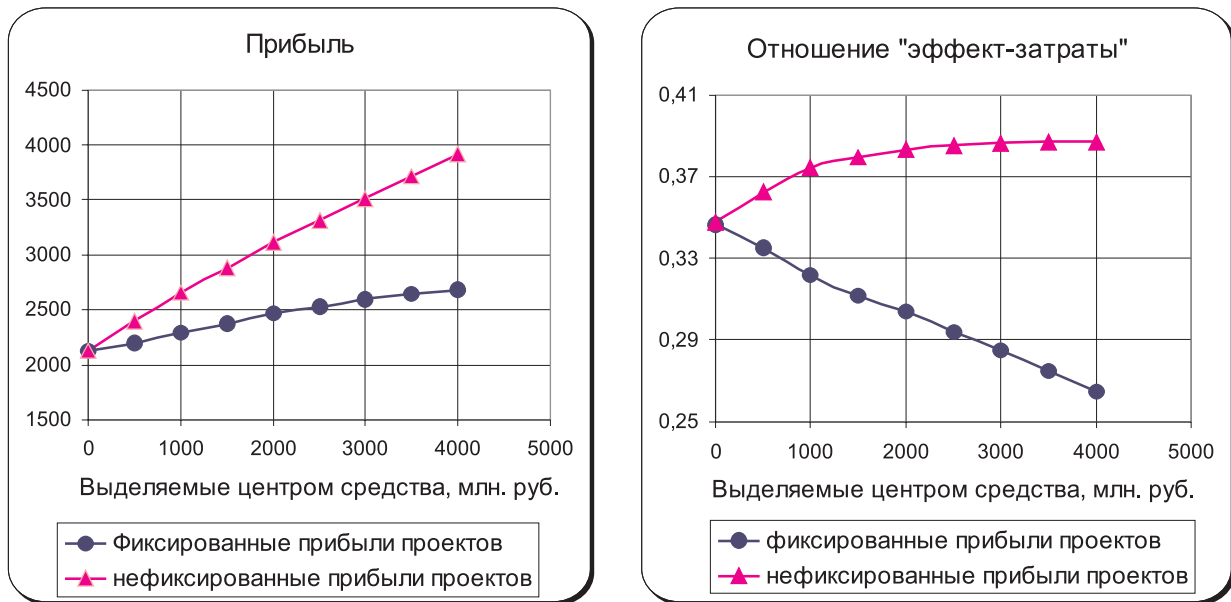
Используя аналогичный алгоритм, можно рассматривать класс задач формирования

портфеля инновационных проектов для экономических систем различного уровня. В качестве иллюстрации рассмотрим следующую проблемную ситуацию.

Проводится анализ инновационной политики объединения, включающего 8 предприятий. Каждое предприятие на плановый период разрабатывает перечень инновационных проектов, каждый из которых характеризуется некоторыми годовыми затратами и ожидаемой прибылью. Рассчитывается отношение «эффект-затраты». Предприятия оценивают имеющиеся у них средства для разработки



**Рисунок 4 – Распределение вероятностей получения эффекта (левая часть рисунка) и отношения «эффект – затраты» (правая часть рисунка) не ниже заданной величины**



**Рисунок 5 – Изменение суммарной прибыли от реализации инвестиционных проектов в масштабе объединения (левая часть рисунка) и отношения «эффект – затраты» (правая часть рисунка) для ситуаций, когда прибыли проектов не зависят от величины инвестирования, и когда они пропорциональны сумме инвестирования. Для рассматриваемого примера улучшение результатов объясняется возможностью более полного использования ресурсов более эффективных проектов**

и реализации инновационных проектов. На основе этой информации можно рассчитать оптимальный портфель для каждого предприятия, дающий максимальное ожидаемое значение прибыли и отношения «эффект/затраты». При другой постановке задачи можно в дополнение к имеющимся финансовым ресурсам предприятий учесть наличие цен-

трализованного фонда инновационного развития. Сравнение «децентрализованного» и «централизованного» вариантов (при централизованном общие средства предприятий и фонда распределяются *центром* с целью разработки наиболее эффективной с точки зрения всего объединения инновационной стратегии) позволяет обнаружить влияние

системного эффекта, т.е. увеличение полной прибыли [2], [5]. При росте финансирования из центра наблюдается снижение общей эффективности портфелей проектов, так как производится инвестирование все менее эффективных проектов.

Данная детерминированная модель может быть обобщена, если предположить, что прибыль части или всех рассматриваемых проектов не является фиксированной, а зависит от величины инвестируемых средств. Можно считать, что для рассматриваемых проектов представленные предприятиями годовые затраты представляют собой лишь минимальные значения, требуемые для «запуска» проекта, и каждый из них способен давать большее значение прибыли при увеличении сумм инвестирования.

При неизменных значениях коэффициентов «эффект-затраты» и определенных диапазонах величин инвестируемых средств это позволяет

получить более «оптимистичный» результат – прибыль растет быстрее, может наблюдаться даже некоторый рост суммарного отношения «эффект-затраты». Результаты для модельного примера представлены на рис. 5.

С учетом невозможности точной оценки эффективности инновационных проектов обоснованным является задание пределов, в которых может находиться отношение «эффект-затраты», и использование имитационной модели, позволяющей оценить вероятность того, что при определенной сумме финансирования из центрального фонда суммарная чистая прибыль и отношение «эффект-затраты» для всего объединения будут не ниже некоторой величины. Для рассматриваемого нами модельного примера были получены следующие результаты (рис. 6 и 7). По мере роста финансирования в план инновационного развития будут включаться новые проекты.

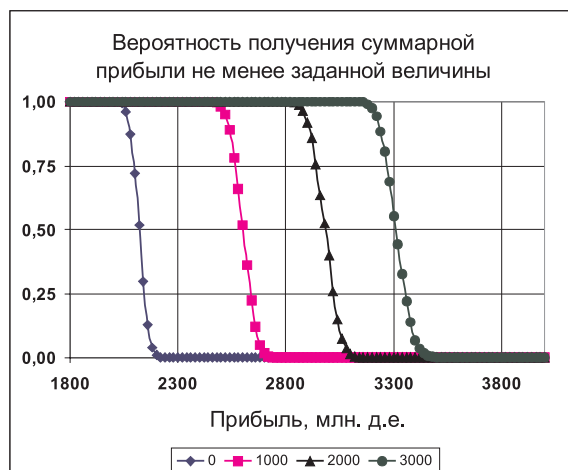


Рисунок 6 – Вероятность получения суммарной чистой прибыли не ниже заданной величины при различных суммах финансирования из центра (0, 1000, 2000 и 3000 д.е.)

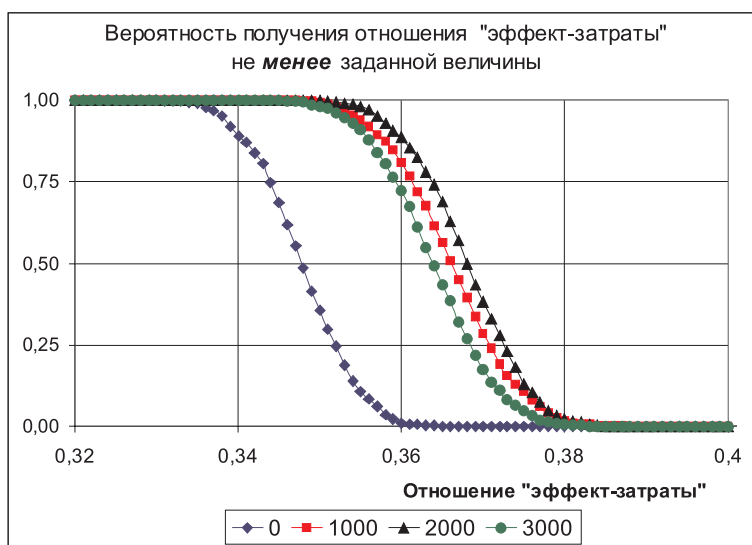


Рисунок 7 – Вероятность получения отношения «эффект-затраты» не ниже заданной величины при различных суммах финансирования из центра (0, 1000, 2000 и 3000 д.е.)

Анализ результатов, представленных на рис. 7 показывает, что увеличение финансирования из центра вызывает сначала рост эффективности (кривые, соответствующие 1000 и 2000 д.е.), а затем ее снижение, что связано с «исчерпанием потенциала» наиболее эффективных проектов. Таким образом, если для центра критерием эффективности инновационной политики является отношение «эффект-затраты», то обработка данных имитационных экспериментов может служить средством определения наиболее приемлемых сумм, инвестируемых в инновационные программы.

Таким образом, использование имитационных моделей может оказаться достаточно полезным на фазе предварительного анализа инновационных программ. Наиболее важным для принятия обоснованных управленческих решений является при этом формирование групп высококлассных экспертов и корректная обработка экспертных оценок.

Следует отметить возможность использования описанных моделей в образовательном процессе, например, при проведении деловых игр в учебных центрах ситуационного моделирования. Сценарий проведения соответствующей деловой игры может быть аналогичен описанному в [5], однако реализация расчетов требует использования программного комплекса на базе технологий имитационного моделирования. Обработка экспертных оценок может проводиться по методике, описанной в [4]. Изучение методик моделирования может

оказаться важным элементом обучения будущих и действующих специалистов.

Совершенствование процесса формирования стратегий инновационного развития требует учета целого ряда параметров проектов и, таким образом, задача становится многокритериальной. В дальнейшем планируется разработка многокритериальной имитационной модели формирования программ в условиях риска с учетом различных сценариев развития экономической ситуации. Выбор управленческих решений в этих условиях, по-видимому, будет характеризоваться определенной степенью субъективизма, как показывают результаты работы [3] применительно к многокритериальным задачам выбора управленческих решений.

### Выводы

1. Имитационное моделирование может использоваться на стадии формирования технологических цепочек, в процессе оценки корпоративной эффективности команд ФПГ в условиях риска, а также при формировании перспективных стратегий инновационного развития экономических систем.

2. Эффективное использование результатов имитационных экспериментов требует привлечения в качестве экспертов специалистов высокого уровня, а также корректной обработки экспертных оценок.

3. Централизованное планирование инновационной деятельности приводит к положительному системному эффекту как в условиях определенности, так и в условиях риска.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Вертакова, Ю.В. Управление инновациями: теория и практика: учеб. пособие / Ю.В. Вертакова, Е.С. Симоненко. – М.: Эксмо. – 2008. – 423 с.
2. Кузин, Б. Методы и модели управления фирмой / Б. Кузин, В. Юрьев, Г. Шахдинаров. – СПб.: Питер. – 2001. – 432 с.
3. Новыш, Б.В. Многокритериальная имитационная модель выбора управленческих решений / Б.В. Новыш, Д.В. Шаститко, В.А. Богущ, А.С. Гринберг // Науч. тр. Акад. упр. при Пр. Респ. Беларусь. – 2010. – Вып. 12. – Ч. I. – С. 131–139.
4. Новыш, Б.В. Образовательные технологии анализа проблемных ситуаций на базе имитационных моделей / Б.В. Новыш, А.С. Гринберг, И.В. Гваева, Д.В. Шаститко // Науч. тр. Акад. упр. при Пр. Респ. Беларусь. – 2009. – Вып. 11. – Ч. II. – С. 52–66.
5. Новыш, Б.В. Образовательные технологии аналитического ситуационного моделирования проблемных ситуаций / Б.В. Новыш, В.А. Богущ, А.С. Гринберг, В.К. Шешолко // Науч. тр. Акад. упр. при Пр. Респ. Беларусь / Академия управления при Пр. Респ. Беларусь. – Минск, 2009. – Вып. 11. – Ч. I. – С. 106–116.

## РЕЗЮМЕ

Имитационное моделирование может применяться на стадии формирования инновационных программ в масштабах предприятий, финансово-промышленных групп и отраслей промышленности. В работе представлен ряд простых моделей, позволяющих оценивать эффективность планируемых инновационных программ, и, таким образом, проводить их анализ и отбор с точки зрения экономической целесообразности. Входные параметры модели задаются интервальными экспертными оценками. Обсуждается возможность применения модели в области управления предприятиями промышленности и образовательными учреждениями, а также в образовательном процессе.

## SUMMARY

Simulation can be used on the stage of formation of innovative programs across the enterprises, financial and industrial groups and industries. The article presents some simple models, allowing to estimate efficiency of planned innovative programs in order to carry out their analysis and selection from the point of view of economic feasibility. Input parameters of the models are set as interval experts' estimations. Possibility of application of model in the field of management of the enterprises of the industry and educational institutions is discussed.

Статья поступила в редакцию 10 марта 2011 г.