

### 8.3. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ РЕСУРСАМИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Воловник А.Д., д.э.н.,

председатель правления ОАО «Фондсервисбанк»;  
Уланов С.В., к.э.н., начальник финансового отдела  
ОАО «Конструкторское бюро электроизделий XXI века»;  
Опарин Д.Ж., аспирант ГОУ ВПО «Ижевский  
государственный технический университет»

Предложена научно-обоснованная методика управления инвестиционными проектами на предприятии с венчурным инвестированием. Приведена модель оптимизации стратегии использования заемных средств. Разработана модель рационального управления венчурным инвестиционным проектом, которая позволяет снизить величину инвестиционного риска на 30% для рассмотренных условий производства. На всех этапах инвестиционного проекта для повышения эффективности его реализации целесообразно применять комбинацию из методов прямого математического моделирования и интеллектуальных методов извлечения знаний из данных, дающую дополнительную информацию о закономерностях развития инвестиционных проектов и снижающую инвестиционный риск.

## 1. ЭТАПЫ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПРОЦЕССА В ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

### 1.1. Система показателей оценки инвестиционных проектов

Для успешного развития кредитной организации она должна активно участвовать в инвестиционных процессах. Собственно, это является основополагающей функцией банков [54]. Инвестиционная способность банка определяется прежде всего способностью оценить степень инвестиционного риска и возможностью управления инвестиционным процессом [46]. Объективная оценка финансового положения инвестируемого предприятия и оказание влияния на финансовую политику позволяет минимизировать инвестиционные риски. Поэтому в данной главе рассматриваются модели оптимального распределения кредитов на товаропроизводящих предприятиях. Инвестирование в ценные бумаги на данном этапе не рассматривается.

Собственные средства предприятий складываются из капитала и прибыли. Капитал предприятия состоит из уставного, добавочного и резервного.

Прибыль определяется как разница между доходами и расходами рассматриваемой производственной системы. В расходы включаются материальные затраты, оплата труда, начисленная амортизация [10, 32]. Валовым доходом или добавленной стоимостью является величина выручки от реализации минус материальные затраты. Вычет из валового дохода амортизационных отчислений дает величину чистого дохода [30, 31]. Чистый доход складывается из оплаты труда и валовой прибыли.

Предприятие характеризуется несколькими показателями прибыли [77].

- Брутто-прибыль – это общий финансовый результат до налогообложения, получаемый от реализации товара, от финансовой и инвестиционной деятельности, а также внереализационные и чрезвычайные доходы.
- Выручка от реализации представляет поступления от реализации продукции, товаров, услуг собственного производства и ранее приобретенных [13]. Сюда же входят поступления от продажи имущества и ценных бумаг. Разность между выручкой и прямыми материальными и про-

изводственными затратами также называют маржинальной прибылью. Налог на прибыль насчитывается на брутто-прибыль за вычетом прибыли, облагаемой налогом по доходам (ценные бумаги от долевого участия в совместных предприятиях) и за вычетом льгот по налогу на прибыль. В результате после уплаты всех налогов и обязательных платежей остается чистая прибыль.

Та часть чистой прибыли, которая направляется на развитие производственных активов, называется капитализированной или нераспределенной прибылью. Другая часть называется потребляемой прибылью.

- Амортизационные отчисления связаны с физическим и моральным старением капитала и предназначены для его воспроизводства. Капитальные вложения с учетом амортизационных отчислений называются валовыми, а без амортизационных отчислений – чистыми капиталовложениями.

Разработка инвестиционных проектов входит в стратегическую линию поведения предприятия [17]. Поэтому при их оценке необходимо учитывать и количественные и качественные показатели. Количественные показатели основаны на оценке способности проекта приносить устойчивую прибыль в течение достаточно продолжительного времени. Показатели качественной эффективности могут иметь социальную направленность, могут быть связаны с о стратегией завоевания определенного сектора на рынке товаров, могут определяться структурной перестройкой предприятия и улучшением экологической обстановки [18]. В конечном счете качественные показатели могут иметь некоторые количественные эквиваленты. Но срок их количественного проявления гораздо более продолжительный, чем получение прибыли от непосредственной реализации проекта. Так, улучшение социальной сферы приводит к повышению качества рабочей силы и, следовательно, к росту производительности труда. Совершенствование структуры предприятия ведет к уменьшению производственных затрат. Улучшение экологической обстановки снижает величину экологических штрафов и увеличивает привлекательность предприятия как для рабочей силы, так и для инвесторов. Причем достигнутые в результате конкретного инвестиционного проекта качественные показатели могут проявиться в других видах деятельности предприятия и через некоторое время. Поэтому оценка качественных результатов, нахождение стоимостного эквивалента этим показателям является важной, но чрезвычайно сложной задачей.

Существующие методы количественной оценки эффективности инвестиционного проекта ориентированы на определение разности между прибылью, получаемой от реализации данного проекта, и количеством вложенных средств [13, 17].

При анализе инвестиционного проекта для составления бюджетного плана капиталовложений с проектом связывают денежный поток (приход и расход средств в рассматриваемые периоды времени) [82]. Анализ инвестиционного проекта ведется по некоторым временным отрезкам: год, квартал, месяц. Принимается, что весь объем инвестиций производится в конце отрезка, после которого начинается приход денежных средств. Поток денежных средств относится к концу каждого периода так же, как считается прибыль нарастающим итогом на конец отчетного периода. Ставка дисконтирования должна соответствовать размеру временного периода, рассматриваемого при анализе инвестиционного проекта.

Так как инвестиционные проекты растянуты во времени, а деньги имеют способность к обесцениванию, то необходима единая точка отсчета денег, т.е. учет их

временной стоимости. Учет временной ценности денег основан на операциях наращивания и дисконтирования. Эти операции используют формулу сложных процентов [83, 84, 85].

Если первоначальная сумма инвестиций и  $r$  – процентная ставка на рассматриваемый отрезок времени  $\Delta t$ , то стоимость инвестиций через время  $\Delta t$  будет:

$$FV_1 = PV(1+r).$$

Если рассматривается  $n$  последовательных периодов времени  $\Delta t$ , то:

$$FV_n = PV(1+r)^n.$$

В случае процентной ставки, изменяющейся во времени, стоимость инвестиций через  $n$  периодов будет равна:

$$FV_n = PV \prod_{k=1}^n (1+r_k).$$

С использованием данных формул проводится оценка будущего дохода с начальной точки отсчета:

$$PV = \frac{FV_n}{(1+r)^n}$$

или

$$PV = \frac{FV_n}{\prod_{k=1}^n (1+r_k)}.$$

Если при анализе инвестиционного проекта рассматриваются денежные потоки в разные периоды времени  $Q_k$ , то изменение их временной стоимости также учитывается [50]. Обычно считается, что поступление происходит либо в начале временного периода  $[t_k, t_{k+1}]$  (поток пренумерандо), либо в конце (постнумерандо) [32]. Как правило, применяются потоки постнумерандо в соответствии с принятой схемой оценки финансовых результатов в конце очередного периода времени. Стоимость наращенных денежных поступлений через  $n$  периодов, определяемая как постнумерандо, равна при постоянной ставке:

$$FV_n = \sum_{k=1}^n Q_k (1+r)^{n-k}.$$

Финансовые средства, привлекаемые для инвестиций, имеют свою стоимость. Каждому источнику финансирования соответствует его стоимость. Общая сумма средств, которую нужно уплатить за использование определенного объема ресурсов, называется стоимостью капитала [32]. В случае нескольких финансовых источников рассматривается средневзвешенная стоимость капитала:

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^m K_i V_i}{\sum_{i=1}^m V_i} = \sum_{i=1}^m K_i w_i,$$

где

$$w_i = \frac{V_i}{\sum_{i=1}^m V_i} \text{ – весовые коэффициенты;}$$

$V_i$  – объем финансирования;

$m$  – количество источников.

### Количественные показатели инвестиционного проекта

Чистая приведенная стоимость  $NPV$

Основной целью инвестиционного проекта является увеличение чистой экономической прибыли. Стоимость определяется соотношением исходных инвестиций с общей суммой приведенных чистых денежных поступлений, вызванными данными инвестициями в течение определенного срока. Поток денежных поступлений, изменяющийся в течении рассматриваемого времени, дисконтируется с использованием процентной ставки  $r$ . Если начальные инвестиции  $IC$  обеспечивают денежные поступления  $C_1, \dots, C_m$  в течение  $m$  периодов, то общая накопленная величина дисконтированных доходов будет равна:

$$PV = \sum_{i=1}^m \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

или

$$PV = \sum_{i=1}^m \frac{C_i}{\prod_{k=1}^i (1+r_k)}.$$

Чистая приведенная стоимость определяется как разность:

$$NPV = PV - IC = \sum_{i=1}^m \frac{C_i}{(1+r)^i} - IC. \quad (1)$$

- Если  $NPV > 0$ , то ценность предприятия увеличилась, и инвестиционный проект прибыльный.
- При  $NPV < 0$  проект убыточный, стоимость предприятия уменьшается.
- Для  $NPV = 0$  необходимо привлекать дополнительные показатели деятельности предприятия.
- При  $NPV = 0$  могут вырасти основные средства предприятия, увеличиться фонд заработной платы, что также является положительными сторонами проекта.

Близость величины  $NPV$  к нулю свидетельствует о неустойчивости инвестиционного проекта. Небольшие изменения в окружающей среде могут привести к его убыточности.

Для инвестиций, разнесенных по времени, формула для чистой приведенной стоимости принимает вид:

$$NPV = \sum_{i=1}^m \frac{C_i}{(1+r)^i} - \sum_{j=1}^n \frac{IC_j}{(1+d)^j}.$$

Так как величина чистой стоимости приведена к единой точке отсчета на начало проекта, то  $NPV$  различных проектов можно суммировать и сравнивать между собой.

Индекс рентабельности инвестиций  $PI$ . Индекс  $PI$  является относительной величиной:

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{(1+r)^i}}{IC}$$

или

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{(1+r)^i}}{\sum_{j=1}^n \frac{IC_j}{(1+d)^j}}.$$

Условия

$$NPV > 0; NPV < 0; NPV = 0,$$

соответствуют

$$PI > 1; PI < 1; PI = 1.$$

Индекс рентабельности показывает эффективность вложений, т.е. уровень доходов на единицу затрат. Его целесообразно применять совместно с показателем *NPV*. При одинаковых значениях *NPV* преимущество имеет инвестиционный проект с большим значением *PI*.

Внутренняя норма прибыли инвестиций *IRR*. Внутренняя норма прибыли соответствует средней ставке дисконтирования, при которой значение чистой приведенной стоимости равно нулю из решения уравнения (1), записанного в виде:

$$\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{(1+IRR)^i} = IC. \quad (2)$$

Уравнение (2) является нелинейным, но может решаться каким-либо итерационным методом, например, методом Ньютона:

$$IRR(q+1) = IRR(q) + \frac{\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{(1+IRR(q))^i} - IC}{\sum_{i=1}^m \frac{iC_i}{(1+IRR(q))^{i+1}}}, \quad (3)$$

где  $q = 1, 2, \dots$  – номер итерации.

При начальном приближении  $q(0) = 0$  решение по схеме (3) находится за несколько итераций.

#### Срок окупаемости инвестиций *PP*

Определяется как минимальное значение времени  $t_m$ , при котором доходы начинают превышать начальные инвестиции:

$$\sum_{i=1}^m \frac{C_i}{(1+r)^i} \geq IC.$$

Показатель *PP* может округляться до целого значения. Более точно его можно определить из условия равномерного распределения поступлений в течение временного отрезка. Этот показатель не учитывает доходы, получаемые после достижения срока окупаемости, не имеет свойства аддитивности. Его целесообразно применять для оценки рискованных проектов с небольшими сроками окупаемости и для проектов, имеющих цель повысить ликвидность капитала.

#### Средневзвешенный срок жизненного цикла инвестиционного проекта (дюрация *D*)

Дюрация определяет эффективное время действия проекта, в течение которого он приносит доход:

$$D = \frac{\sum_t tPV_t}{\sum_t PV_t}, \quad PV_t = \frac{C_t}{(1+r)^t}.$$

#### Коэффициент эффективности инвестиций *ARR*

Этот показатель рассчитывается без учета временной зависимости стоимости денег и использует показатель чистой прибыли *PN*. Коэффициент эффективности инвестиций или учетная прибыль определяется формулой:

$$ARR = \frac{2PN}{(IC + RV)},$$

где *RV* – остаточная или ликвидная стоимость.

## 1.2. Методы моделирования процесса инвестиционной деятельности

Инвестиционная деятельность предполагает вложение средств, как правило долгосрочное, в экономическую систему с целью получения дохода [5]. Каждый инвестор надеется на положительный исход своих действий – реальный доход превысит объем вложенных средств, но всегда существует риск, что эти надежды не оправдаются. Для уменьшения инвестиционного риска необходимо спрогнозировать ситуацию и на основе ее анализа принять некоторое решение [19]. Анализ сложившегося состояния и прогноз на будущее проводятся с использованием методов моделирования, с привлечением опытных экспертов, на интуитивном уровне [59]. В любом случае это использование опыта – накопленных знаний в области деятельности экономической системы. Применение математического моделирования требует подробного описания взаимосвязей элементов рассматриваемой системы, что невозможно без определенного опыта в данной области. Формализация описания, составление математической модели, выбор метода решения задачи также требует опытного специалиста. В случае привлечения экспертов их опыт реализуется непосредственно. Принятие интуитивных решений также основано на опыте, может быть косвенным. Но хорошая интуиция – это видимая часть айсберга опытных знаний. Интуиция малоопытных людей очень часто приводит к нежелательным последствиям.

Есть еще один способ использования опыта в предметной области – интеллектуальные обучающиеся системы, способные заменить экспертов после наполнения их опытными знаниями. На всех этапах инвестиционного проекта целесообразно применять комбинацию из методов прямого математического моделирования (решение систем дифференциальных уравнений, решение оптимизационных задач и т.п.) и интеллектуальных методов извлечения знаний из данных (data mining).

Приведем одну из формулировок инвестиционного проекта [32]. Инвестиционный проект – это «последовательность действий, связанных с обоснованием объемов и порядка вложения средств, их реальным вложением, введением мощностей в действие, текущей оценкой целесообразности поддержания и продолжения проекта и итоговой оценкой результативности проекта по его завершении». Данная формулировка предполагает рассмотрение инвестиционного проекта в динамике, с прохождением нескольких этапов.

#### Первый этап развития инвестиционного проекта

Первый этап определяется словами «последовательность действий, связанных с обоснованием объемов и порядка вложения средств». На этом этапе формируется тип инвестиционного проекта по назначению инвестиций. Инвестиции могут быть направлены:

- на расширение производственных фондов;
- на улучшение производства;
- на создание нового производства при расширении области деятельности предприятия;
- на научные исследования и создание новейших технологий;
- на решение экологических проблем;
- на социальные нужды.

Тип предназначения инвестиций определяет тип предполагаемого эффекта. Затем инвестиционные

проекты классифицируются по величине капиталовложений (большие, малые), по типу отношений (зависимые, независимые, взаимоисключающие), по типу финансового потока, по степени риска.

На первом этапе развития инвестиционного проекта необходимо провести прогнозно-аналитические исследования и определиться с видом проекта, объектом инвестирования, установить уровень и очередность инвестиций. Следовательно, на этом этапе решается многокритериальная задача выбора [2, 3]. Как уже отмечалось, для решения этой задачи возможно привлечение экспертов [4, 9]. Более перспективным является применение интеллектуальных информационных систем [16, 72, 73, 74] и, в частности, систем, основанных на аппарате нечеткой логики [20].

Математический аппарат теории нечетких множеств позволяет построить модель объекта, основываясь на нечетких рассуждениях и правилах [67]. В случаях, когда знания об исследуемом объекте сосредоточены у экспертов и возникают трудности при построении математической модели традиционными методами, нечеткое моделирование – эффективный способ решения поставленной проблемы [28].

Характеристикой нечеткого множества выступает функция принадлежности. Наибольшее распространение получили: треугольная, трапецеидальная и гауссова функции принадлежности.

Нечеткие знания формулируются в виде нечетких продукционных правил вывода, задаваемых в форме «если – то»:

если

$x$  это  $A$ ,

то

$y$  это  $B$ ,

где  $A$  и  $B$  – это лингвистические переменные и соответствующие им функции принадлежности, построенные в пространстве входных значений  $x$  и выходных  $y$ . Левая часть правила называется условием, или предпосылкой, правая часть – следствием, или заключением.

База правил вместе с базой данных образуют базу знаний системы нечеткого вывода [52]. Основой для проведения операции нечеткого логического вывода является база знаний нечеткой системы, содержащая правила, названия термов и функции принадлежности термов. Результатом нечеткого вывода является четкое значение переменной  $\tilde{y} \in Y$  на основе заданных четких значений:

$$\tilde{x}_j \in X, j = \overline{1, n}.$$

В общем случае механизм логического вывода включает четыре этапа: введение нечеткости (фазификация), нечеткий вывод, композиция и приведение к четкости, или дефазификация.

Основной задачей при использовании нечеткого вывода является построение базы правил, являющейся в данном случае базой знаний. Один из способов получения правил – привлечение экспертов и задание ими функций принадлежности. В этом случае система нечеткого вывода выступает в роли экспертной системы.

Можно привести пример правила в упрощенном виде.

Если

**«Предназначение инвестиций – расширение производства (0.7)»**

и

**«Объем инвестиций – небольшой (0.5)»**

и

**«Кредиторская задолженность предприятия – средняя (0.8)»**

и

**«Инфляция – высокая (0.6)»,**

то

**«Полученный доход – небольшой отрицательный (0.7)».**

В скобках указана степень принадлежности к соответствующему множеству. Таких правил формируется в количестве, достаточном для покрытия всех примеров из обучающей выборки.

Система нечеткого вывода обрабатывает параллельно все имеющиеся правила, сглаживает противоречия между правилами, т.е. ведет себя как эксперт, в совершенстве владеющий информацией из имеющейся базы данных. Правила могут строиться для каждой выходной характеристики в отдельности, а также для любой комбинации совместного их появления. Применение обученной системы нечеткого вывода может значительно снизить инвестиционный риск выбранного проекта.

Параллельно с применением интеллектуальной системы для оценки инвестиционного проекта целесообразно применить методы прямого математического моделирования [94].

Оптимизационные задачи можно решать при распределении ресурсов между несколькими проектами [75, 76]. В общем случае задача распределения ресурсов имеет вид:

$$F(x) \rightarrow \max (4); G(x) \geq 0 (5); H(x) = 0,$$

где функция (4) целевая, а (5) – ограничения на область допустимых значений переменных  $x$ . Если целевая функция и ограничения линейные, то имеем задачу линейного программирования, решаемую симплекс – методом [48]. В зависимости от типа переменных (целые, булевы) имеются задачи целочисленного и булева программирования. При нелинейных функциях задача переходит в разряд нелинейного программирования, для решения которых также имеется хорошо развитый математический аппарат [37]. Для вероятностных систем решается задача стохастического программирования, а при нечетком представлении переменных и ограничений – задача нечеткого программирования [68].

Важную помощь в оценке инвестиционных проектов на долгосрочный период могут оказать динамические модели экономических и социальных систем [7, 8, 58, 66, 70, 80, 86]. Развитие нескольких конкурирующих экономических объектов (товаропроизводителей) описывается системой обыкновенных дифференциальных уравнений типа Лотки-Вольтерра [71]:

$$\frac{dX_i}{dt} = X_i \left( b_i - \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \right), \quad i = \overline{1, n},$$

где

$X_i$  – количественная мера взаимодействующих объектов – объем выпускаемой продукции;

$a_{ij}, b_i$  – коэффициенты, характеризующие эволюцию и конкурентное взаимодействие.

На основе решения данной системы уравнений можно предсказать тенденцию распределения рыночного пространства между конкурирующими товаропроизводителями.

Модель экономического цикла использует нелинейное уравнение второго порядка [69,95]:

$$\frac{d^2Y}{dt^2} = (v - 1 - s) \frac{dY}{dt} - \frac{v}{3} \left( \frac{dY}{dt} \right)^3 - sY,$$

где

$Y$  – доход;

$v, s$  – коэффициенты, определяющие инвестиции и сбережения.

Эта модель позволяет оценить циклы деловой активности хозяйствующего субъекта и дать оценку предполагаемых доходов от инвестиций.

В дифуравнениях присутствуют коэффициенты, которые можно разделить на две группы. Первую группу составляют коэффициенты, с помощью которых можно управлять процессом. Их варьирование необходимо на последующих этапах развития инвестиционного проекта. Во второй группе находятся коэффициенты, идентифицирующие математическую модель [15]. Эти коэффициенты устанавливаются из анализа имеющихся опытных данных.

Моделирующие уравнения запишем в общем виде:

$$\frac{dx}{dt} = f(x, a, u, t), \tag{6}$$

где

$x = (x_1, \dots, x_n)$  – вектор переменных;

$a = (a_1, \dots, a_q)$  – вектор параметров системы (коэффициенты второй группы);

$u = (u_1, \dots, u_m)$  – вектор управляющих воздействий (коэффициенты первой группы).

Пусть известно поведение системы  $x(t)$  (например, из опыта). Необходимо подобрать коэффициенты  $a = (a_1, \dots, a_q)$  таким образом, чтобы отклонение поведения системы, определенного из решения уравнений (6), от заданного  $x_r(t)$  было бы минимальным, т.е.:

$$\int_0^T [x(t, a) - x_r(t)]^2 dt \rightarrow \min. \tag{7}$$

В этом случае формулируется следующая задача оптимального управления: найти минимум критерия (7) при наличии уравнений (6), описывающих производственный процесс.

### Второй этап развития инвестиционного проекта

Этот этап предусматривает капитальные вложения, распределение активов и ввод по графику производственных мощностей. На этом этапе основной математической задачей является задача оптимального распределения и использования ресурсов (4), (5). На этом этапе также целесообразно использовать систему нечеткого вывода с другой базой данных, содержащей более подробные данные о предприятии и, соответственно, с другой базой правил.

### Третий этап развития инвестиционного проекта (эксплуатационный)

На этом этапе анализируются появившиеся результаты производственной деятельности. Важной задачей является оптимальное управление производственным процессом, процессами сбыта и поставок. Для этого этапа формулируется следующая задача оптимального управления.

Выбирается некоторый критерий качества, характеризующий динамическую экономическую систему [81]. Например, получение максимального дохода, установление минимальной цены, достижение заданного состояния системы за минимальное время. Это может быть критерий – функционал вида:

$$J = \int_{t_0}^{t_F} F(x, u) dt. \tag{8}$$

Задача состоит в выборе оптимального управления  $u = (u_1, \dots, u_m)$ , обеспечивающего  $J \Rightarrow \text{ext}$  для уравнений (6) при заданных ограничениях на область допустимых управлений  $G_j(u) \leq 0, j = \overline{1, g}$  при условии, что коэффициенты  $a = (a_1, \dots, a_q)$  определены.

Задача (6), (8), также решается методом редукции разностного представления дифференциальных уравнений к задаче нелинейного программирования вида (4), (5).

На эксплуатационном этапе должна решаться задача определения оптимального срока использования проекта. Обоснование продолжительности действия проекта можно осуществлять уже рассмотренными методами оптимального управления проектом, а также с применением метода динамического программирования [22]. В качестве критерия эффективности можно взять  $NPV$  – чистую приведенную стоимость.

На данном этапе базы данных и правил для системы нечеткого вывода расширяются, увеличивая ее возможности для выбора правильных управляющих решений.

### Четвертый этап развития инвестиционного (ликвидационно-аналитический)

Согласно работе [32], здесь решаются три основные задачи.

- Первая – ликвидируются вредные последствия заканчивающегося проекта. Здесь главную роль при оценке последствий и затрат играет интеллектуальная нечеткая информационная система, обученная на подобных примерах.
- Вторая задача заключается в эффективном использовании освободившихся средств и переключении на новый проект. Здесь необходимую информацию можно получить из решения задач оптимального управления и динамического программирования.
- Третья задача состоит в оценке эффективности используемого методического обеспечения. Здесь же проводится уточнение параметров математических моделей (задача (6), (7)) и пополнение баз данных и правил для нечетких информационных систем, применявшихся на всех предыдущих этапах развития инвестиционного проекта.

### 1.3. Возможности снижения рисков реальных инвестиций

Инвестиционный проект предполагает вкладываемую величину средств инвестора  $I$  и ожидаемый доход  $X$ . Если под  $X$  понимать дисконтированный доход, то естественное желание инвестора получить  $X \geq I$ , т.е. обеспечить увеличение средств или, по крайней мере, сохранить их. Фактическая величина дохода при реализации инвестиционного проекта будет  $X_f$ . Положительная разность между ожидаемыми и фактическими доходами и дает величину риска:

$$R = X - X_f.$$

Так как экономические системы относятся к классу сложных систем [33], т.е. характеризуются большим количеством элементов и взаимосвязей между ними при

существенной неопределенности связей, то предсказать величину с высокой точностью крайне сложно. Чем больше степень неопределенности системы, тем больше ошибка прогнозирования  $X - X_F$  и, следовательно, тем больше возможность увеличения риска  $R$  [29].

На рис. 1 представлена схема инвестиционного проекта в виде системы с входами, выходами и управлением [91, 93]. Входом в систему является количество инвестиций, разделенных на собственные и привлеченные средства. Пусть выходом системы будет прибыль. Управляющие воздействия осуществляются на величину и структуру инвестиций, а также на организацию производственного процесса.



Рис. 1. Схема инвестиционного проекта

Кроме того, на систему – инвестиционный проект действуют внешние факторы или среда. В результате воздействия внешних факторов, управления производством и сбытом продукции реализуется некоторое значение выходной характеристики. Управление инвестиционным проектом может реагировать на внешние факторы и на отклонение поведения выходной характеристики от желаемого значения [34]. Представленная схема соответствует видам инвестиционного риска, описанным в [32].

#### Предпринимательский риск

«Предпринимательский риск — это степень неопределенности доходов от предпринимательской деятельности, под которой здесь понимаются любые виды деятельности, связанные с производством и реализацией товаров и оказанием разного рода услуг (производство, торговля, транспорт, банковские услуги, консалтинг и т.д.).»

В любой фирме расходы могут оказаться больше, чем предполагаемые. В любом виде деятельности возможны ошибки работников, убытки от кражи и порчи имущества, перебои в энергоснабжении, потери информации и т.д. Фирма может понести убытки или даже обанкротиться. В результате фирма может прекратить оплачивать долговые обязательства и выплачивать дивиденды по акциям.

Предпринимательский риск связан с конкретным видом деятельности и зависит от целого ряда факторов.

- Во-первых, от спроса на продукцию или услуги. Чем стабильнее спрос, тем меньше предпринимательский риск.
- Во-вторых, от стабильности цен на продукцию. Чем стабильнее цены на продукцию фирмы, тем меньше фирма подвергается риску.
- В-третьих, от изменения цен на сырье и материальные ресурсы. Чем неопределеннее эти цены, тем выше степень предпринимательского риска.
- В-четвертых, от возможностей фирмы регулировать цены на свою продукцию в зависимости от изменения затрат на ресурсы. Чем больше такая возможность, тем меньше степень предпринимательского риска.

- В-пятых, от скорости устаревания продукции.
- В-шестых, от доли постоянных расходов в составе затрат фирмы. Чем выше эта доля, тем выше степень предпринимательского риска, так как даже незначительное снижение объема реализации может привести к существенному снижению доходов фирмы. (Действие этого фактора особенно остро проявляется на предприятиях капиталоемких и наукоемких отраслей.)

#### Кредитный риск

Кредитный риск (риск неплатежа или невыполняемых обязательств) – это вероятность потерь вложений в ценные бумаги, связанная с тем, что эмитент, выпустивший ценные бумаги, может оказаться неплатежеспособным, т.е. не сможет выплачивать проценты и основную сумму долга по долговым обязательствам, не сможет выплачивать дивиденды по акциям, в результате ценные бумаги обесценятся и не принесут ожидаемого дохода. Если заемщик оказывается неплатежеспособным, то для предприятий дебиторская задолженность может быть не погашена, а банкам могут быть возвращены кредиты. Принято считать, что государственные облигации являются безрисковыми инструментами.

#### Финансовый риск

Финансовый риск – это степень неопределенности, связанная с привлечением заемных средств. Чем больше доля заемных средств у фирмы, тем выше риск вложений в данную фирму. В определенный момент времени фирма может иметь трудности в выплате процентов по облигациям, погашению основной суммы долга и выплате дивидендов по акциям.

#### Риск покупательной способности

Риск, связанный с инфляцией, или риск покупательной способности. В период инфляции общий уровень цен возрастает. Это означает, что покупательная способность денежной единицы падает. В этой ситуации несут потери владельцы облигаций и привилегированных акций, имеющих фиксированные доходы (проценты и дивиденды), поэтому более предпочтительны инвестиционные инструменты, чьи стоимости или доходы движутся в одном направлении с общим уровнем цен. Таковыми могут быть облигации с плавающей процентной ставкой, обыкновенные акции, недвижимость.

#### Валютный риск

Риск связан с неблагоприятным изменением курса иностранной и национальной валюты. Так, вложения в иностранные облигации могут принести меньшую прибыль, если произошла девальвация этой валюты.

#### Процентный риск

Риск связан с изменением уровня процентных ставок. С ростом процентных ставок падают курсы ценных бумаг с фиксированным доходом. Уменьшение процентных ставок приводит к росту курсов таких бумаг. Происходит это потому, что ценная бумага должна приносить такой же уровень дохода, как и вновь выпускаемые ценные бумаги при существующей ставке процента. Этому риску подвержены не только ценные бумаги с фиксированной ставкой процента, но и другие инвестиционные инструменты, в том числе обыкновенные акции и имущественные вложения. Общая зависимость здесь такова: чем выше процентная ставка, тем ниже курс акций или стоимость имущества, и наоборот, при снижении процентных ставок происходит рост курсовой стоимости и приносящей доход недвижимости.

**Риск ликвидности**

Риск связан с невозможностью дать инвестиционный инструмент в нужный момент по соответствующей цене. Хотя вложения в ценные бумаги означают, что инвестор вкладывает деньги на какое-то (иногда довольно значительное) время, из-за неопределенных обстоятельств инвестору не могут потребоваться деньги, и он попытается реализовать бумаги раньше окончания срока их действия. В этом случае важным фактором для инвестора является возможность превратить бумаги в деньги, т.е. ликвидность ценных бумаг. Среди долговых бумаг ценные бумаги государства являются наиболее ликвидными. Муниципальные облигации имеют значительно более ограниченный вторичный рынок. Что касается корпоративных ценных бумаг (акций и облигаций), то их ликвидность варьируется очень широко. Акции и облигации крупных компаний, имеющие высокий кредитный рейтинг и котирующиеся на фондовых биржах, являются достаточно ликвидными.

**Рыночный риск**

Риск вызывается действием факторов, которые оказывают влияние на все виды вложений, хотя их действие оказывается неодинаковым на разные инвестиции. Доходность и стоимость вложений изменяется под влиянием политических и общественных событий, экономической ситуации, а также под воздействием изменений во вкусах и структуре потребления инвесторов, их отношения к качеству жизни. Направление и степень этих колебаний неодинаково сказываются на объектах инвестирования, их стоимости и доходности. Например, даже инвестиции в недвижимость, несмотря на то, что они подвержены меньшему влиянию рыночных факторов, могут потерять привлекательность инвесторов вследствие повышения требований к качеству жилья, его местоположению и т.д. В результате их стоимость и доходность снизятся. Особенно сильное влияние разного рода политические и экономические факторы оказывают на курс акций. Рыночный риск приводит к тому, что курсы ценных бумаг испытывают постоянные колебания, и доходы инвесторов могут оказаться ниже ожидаемого уровня. При этом убытки могут быть неодинаковыми по отношению к разным ценным бумагам.

**Случайный риск**

Риск связан с неожиданным событием, которое обычно оказывает немедленное воздействие на стоимость и доходность инвестиций. В частности, поглощение или выкуп компании за счет заемного капитала могут привести к падению курсов ценных бумаг. Случайные события могут вызвать как снижение, так и рост курса данных бумаг. К случайному риску может быть отнесен и риск, вызванный форс-мажорными обстоятельствами, т.е. обстоятельствами непреодолимой силы (стихийное бедствие, революция, военные действия и т.д.). При наступлении таких обстоятельств одна из сторон может не выполнить условия соглашения, но при этом она освобождается от ответственности. Другая сторона в результате может понести убытки.

**Отраслевой риск**

Риск связан с тем, что изменения, происходящие в политической, экономической и общественной жизни, по-разному сказываются на развитии отдельных отраслей. Например, спад в экономике может быть больше или меньше, чем в отдельной отрасли. Может случиться и так, что спад во всей экономике будет сопровож-

даться ростом производства в отдельной отрасли. И наоборот, отдельная отрасль может испытывать спад, несмотря на подъем экономики страны. Следовательно, инвестиции в ценные бумаги и прежде всего в акции будут подвержены отраслевому риску. (Естественно, этому риску будут подвержены и реальные вложения). Ухудшение финансового положения эмитентов депрессивных отраслей будет оказывать влияние не только на курс акций, но и на курс долговых бумаг.

**Страновой риск**

В условиях международного переплетения капиталов и возможности осуществлять инвестиции не только в стране, но и за рубежом инвесторы будут подвергаться страновому риску. Страновой риск — это степень неопределенности (или возможность потерь), связанная с особенностями функционирования капитала в той или иной стране. Дело в том, что на условия ведения бизнеса оказывают влияние общественно-политические, правовые и экономические факторы. В разных странах различные политические режимы, разное государственное устройство, есть различие в религиях, в степени решения этнических проблем, неодинакова степень разработки законодательной и нормативной базы, степень свободы предпринимательства и государственного регулирования экономики, разная инфляция, величина внешнего долга, неодинаковые запасы иностранной валюты, разный, налоговый режим, разные темпы роста валового внутреннего продукта. Страновой риск зависит и от криминогенной обстановки в стране, наличия (или отсутствия) военных действий, религиозных разногласий, развития бюрократии. Все эти обстоятельства в их совокупности и обуславливают неодинаковую, возможность потерь при осуществлении инвестиций в разных странах.

Оценка риска инвестиционных проектов является сложной задачей [21]. Для проведения оценок привлекаются методы математической статистики [2, 3, 62], имитационное моделирование [100], методы нечеткой логики [99], нейросетевые технологии [98]. Одним из возможных методов оценки инвестиционного риска является метод статистических испытаний.

Метод статистических испытаний. Принято считать [32], что величина риска количественно определяется отклонением от некоторого значения, а в статистическом смысле дисперсией. Для нахождения этой дисперсии используется метод статистических испытаний.

Рассмотрим систему – инвестиционный проект (см. рис. 1). Пусть имеется некоторая математическая модель данной экономической системы вида:

$$X = F(I, A, \xi, u), \tag{9}$$

где

*I* – величина средств инвестора;

*X* – ожидаемый дисконтированный доход;

*A* – набор параметров (коэффициентов), определяющих функционирование предприятия, реализующего инвестиционный процесс;

$\xi$  – вектор внешних воздействий;

*u* – управление системой.

Эта математическая модель может описываться системой алгебраических уравнений, системой дифференциальных уравнений [36]. Модель системы может также быть когнитивной картой, описываться набором некоторых правил. Главным является то, что в зави-

симости от величины входного сигнала  $I$ , от значений внутренних  $A$  и внешних  $\xi$  параметров реализуется некоторое значение выходной характеристики  $X$ .

На основе математической модели (9) можно проводить серию численных экспериментов с варьированием всех или некоторых влияющих параметров, что и составляет существо метода статистических испытаний [61]. Данный подход относится к классу методов статистического моделирования. Метод статистических испытаний основан на изменении влияющих факторов по какому-либо случайному закону с последующим вычислением выходной характеристики  $X$  и обработки серии таких реализаций с помощью аппарата математической статистики. В результате, может быть получено наиболее вероятное значение выхода  $X$  и статистические характеристики зависимости:

$$X = F(I, A, \xi, u).$$

Метод статистических испытаний обладает универсальностью для любой системы, для которой известна формализованная модель (9) [43]. Метод позволяет исследовать сложные системы, характеризующиеся высокой степенью неопределенности, и получать для них некоторые обобщающие результаты.

Будем называть испытанием  $k$  реализацию:

$$X_k = F(I, A, \xi_k, u).$$

В математической модели (9) основную неопределенность вносят внешние факторы  $\xi = [\xi_1, \dots, \xi_m]$ . Каждый внешний фактор  $\xi_j, j = \overline{1, m}$  имеет свою дифференциальную функцию распределения  $\varphi_j(\xi_j), j = \overline{1, m}$ . Величину инвестиций  $I$  можно считать известной, вид управления  $u$  также задан.

После проведения  $K$  испытаний имеем выборочную совокупность значений:

$$\{X_k\}, k = \overline{1, K}.$$

Предварительная оценка требуемого числа испытаний  $K$  может быть получена с использованием известного в теории вероятностей неравенства Чебышева [61].

Неравенство Чебышева для некоторой скалярной неотрицательной случайной величины  $z$  записывается в виде:

$$P(z \geq \alpha) \leq \frac{M[z]}{\alpha}, \alpha > 0,$$

Вероятность того, что случайная величина  $z$  больше или равна заданному значению  $\alpha$  и не превышает отношения математического ожидания  $M[z]$  к самой величине  $\alpha$ . Математическое ожидание случайной величины  $z$ :

$$M[z] = \int_{-\infty}^{\infty} zf(z)dz$$

где  $f(z)$  – плотность распределения вероятности случайной величины  $z$ .

С использованием дисперсии случайной величины

$$z D[z] = \int_{-\infty}^{\infty} (z - M[z])^2 f(z)dz$$

неравенство Чебышева (9) принимает вид:

$$P(|z - M[z]| \geq \alpha) \leq \frac{D[z]}{\alpha^2}, \alpha > 0.$$

Определим через  $y$  характеристику, которая должна быть определена методом статистических испытаний, а через  $\bar{y}$  – ее значение, уточняемое по мере увеличения числа испытаний. Зададим  $\varepsilon$  – погрешность определения величины  $y$  методом статистических испытаний. Вероятность того, что отличие рассчитанного в результате  $K$  испытаний значения  $\bar{y}$  от величины  $y$  не превышает заданную погрешность  $\varepsilon$ , обозначим:

$$P(|y - \bar{y}| < \varepsilon).$$

Так как

$$P(|z - M[z]| \geq \alpha) = 1 - P(|z - M[z]| < \alpha),$$

то неравенство (10) принимает вид:

$$P(|y - \bar{y}| < \varepsilon) \geq 1 - \frac{D[\bar{y}](K)}{\varepsilon^2}.$$

Величина дисперсии зависит от количества испытаний  $K$ . С учетом обозначения

$$p_\varepsilon = P(|y - \bar{y}| < \varepsilon)$$

(вероятность удовлетворения заданной погрешности) выражение принимает вид:

$$(1 - p_\varepsilon)\varepsilon^2 \leq D[\bar{y}](K).$$

Величина дисперсии по конечной выборке определяется формулой:

$$D[\bar{y}](K) = \frac{\sum_{k=1}^K (y_k - M[\bar{y}])^2 f_k}{K} \sim \frac{\beta}{K}.$$

С применением этой формулы получим оценку необходимого числа испытаний  $K$ , обеспечивающего выполнения погрешности  $\varepsilon$  величины  $y$  с вероятностью  $p_\varepsilon$ :

$$K \leq \frac{\beta}{(1 - p_\varepsilon)\varepsilon^2}.$$

Коэффициент  $\beta$  обычно берут  $\beta = 0.25$ .

Зависимость числа испытаний от погрешности является квадратичной, т.е. достаточно сильной. Естественно, что в величину  $\varepsilon$  не входит погрешность, обусловленная математической моделью.

Алгоритм метода статистических испытаний можно построить следующим образом.

Пусть проведено  $N < K$  испытаний. По их результатам строится функция плотности распределения вероятности величины  $X$ . Определяются границы диапазона:

$$X \in [X_{min}, X_{max}].$$

Диапазон разбивается на  $m$  отрезков:

$$\Delta X = \frac{X_{max} - X_{min}}{m}, X_i = X_{min} + i\Delta X, i = \overline{0, m}.$$

Определяется количество попаданий (частот  $w_i$ ) величины  $X_k$  в каждый интервал и находится вероятность попадания величины  $X_k$  в эти интервалы:

$$p_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^m w_i}, i = \overline{1, m}.$$

По найденным значениям определяется аппроксимирующая функция плотности вероятности  $f(X)$ .

По формуле

$$M[X] = \frac{\sum_{i=1}^m X_i f(X_i)}{m}$$

находится математическое ожидание, затем

$$D[X] = \frac{\sum_{i=1}^m (X_i - M[X])^2 f(X_i)}{m}.$$

Если  $K > N$ , то испытания продолжаются. В результате расчета определяется наиболее вероятное значение  $\bar{X}$  и разброс этой величины  $D[\bar{X}]$ . Если ожидаемое  $X_F$  принимается как наиболее вероятное значение, полученное по модели, то величина риска приравнивается среднеквадратичному отклонению  $\sqrt{D[\bar{X}]}$ .

Снижение рисков инвестиционного проекта. Так как показатели инвестиционного проекта сложно предсказать с высокой точностью, то существует вероятность снижения основных параметров проекта по сравнению с ожидаемыми значениями [53]. Для уменьшения отрицательных последствий от возможной неудачной реализации инвестиционного проекта применяются методики создания некоторого запаса [32, 60], обеспечивающего неубыточность проекта. Для этого вносятся поправки в какие-либо коэффициенты, участвующие в расчетных оценках.

Например, делается поправка на риск ставки дисконтирования. В соответствии с формулой для чистой приведенной стоимости (1) увеличение процентной ставки приводит к снижению  $NPV$  и оценка инвестиционного проекта становится более пессимистической. В результате инвестиционный риск снижается. Сначала устанавливается первоначальная средневзвешенная стоимость капитала:

$$K_w = \frac{\sum_{i=1}^m K_i V_i}{\sum_{i=1}^m V_i}.$$

Затем путем экспертных оценок устанавливается премия за риск для рассматриваемых проектов  $\delta_j$ .

Для проекта  $j$  принимается ставка дисконтирования:

$$r_j = K_w + \delta_j.$$

Вычисляются показатели чистой приведенной стоимости:

$$NPV_j = \sum_{i=1}^m \frac{C_i}{(1+r_j)^i} - IC_j.$$

Среди рассматриваемых проектов выбирается с лучшим показателем  $NPV$ .

Варианты расчета трех значений  $NPV$  – оптимистического, пессимистического и наиболее вероятного могут быть определены по результатам экспертных оценок других параметров инвестиционного проекта. Оцениваются вероятности осуществления каждого варианта:

$p_1$  – для пессимистического  $NPV_1$ ;

$p_2$  – для наиболее вероятного  $NPV_2$ ;

$p_3$  для оптимистического  $NPV_3$ .

Находится средневзвешенное значение:

$$\overline{NPV} = \sum_{i=1}^3 p_i NPV_i$$

и среднеквадратичное отклонение:

$$\sigma(NPV) = \sum_{i=1}^3 (NPV_i - \overline{NPV})^2 p_i.$$

Проект с меньшим значением  $\sigma$  считается менее рисковым.

Рассмотренные методы оценки инвестиционных проектов и соответствующие инвестиционные риски имеют общую черту: необходимые для расчета величины денежных потоков существенно зависят от изменения внешних влияющих факторов. Неопределенность увеличивается с удлинением сроков реализации инвестиционных проектов. Для повышения достоверности прогнозируемых показателей необходимо привлечение дополнительной информации о закономерностях развития инвестиционных проектов. Эта информация может быть получена путем построения адекватных моделей процесса развития инвестиционных проектов. Одной из возможностей является применение динамических моделей на основе производственных функций [1, 80].

## 2. ОРГАНИЗАЦИЯ ДВИЖЕНИЯ ФИНАНСОВЫХ РЕСУРСОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

### 2.1. Оптимизация стратегии использования заемных средств

При выделении средств на развитие предприятия кредитор должен быть уверен в их правильном распределении с тем, чтобы свести к минимуму риск невозврата платежей. Субъект-инвестор также заинтересован в эффективном использовании вкладываемых в предприятие денежных средств [1, 35]. Для этого необходимо провести оценку эффективности инвестируемого производства [6]. Важную роль при оценке деятельности играет правильное и эффективное управление предприятием [87]. Во-первых, кредитор или инвестор должен иметь информацию об экономическом положении предприятия и о стратегиях развития. Во-вторых, желательно иметь объективную оценку эффективности управленческих решений. Одной из задач управления является правильное распределение заемных средств [25].

Привлечение заемных средств сопряжено с определенным риском [23], но без него трудно обеспечить рост производства [11, 12]. Показателем использования заемных средств может служить эффект финансового рычага [96]. Эффект финансового рычага выражается в том, что рентабельность собственных средств предприятия увеличивается при привлечении займов [25, 26].

В соответствии с работой [96] рассмотрим предприятие, получающее прибыль от использования собствен-

ных и заемных средств. Отношение  $\frac{Z_c}{C}$  называется плечом финансового рычага, где  $Z_c$  – заемные средства, а  $C$  – величина собственных средств. Предприятие имеет на балансе средства  $A$  – актив баланса. Часть этих средств, вовлекаемых в процесс получения прибыли, обозначим  $M_c$ , так что  $M_c = \beta A$ . Оставшаяся часть будет:

$$\bar{M}_c = (1 - \beta)A.$$

На текущий период времени предприятие имеет кредиторскую задолженность  $K_z$ . Другие пассивы (задолженность по заработной плате, задолженность по налогам и пр.) обозначим  $D_p$ . Тогда заемные средства представляют сумму из кредиторской задолженности, других пассивов и взятых кредитов  $X$ :

$$Z_c = X + K_z + D_p. \quad (10)$$

За отчетный период предприятие получило балансовую прибыль  $B_p$ . На эту прибыль начислен налог  $h_p$ . Среднюю ставку за кредит обозначим  $\delta$ . Тогда эффект финансового рычага рассчитывается по формуле [96]:

$$E_F = (1 - h_p)(E_R - \delta) \frac{Z_c}{C}, \quad (11)$$

где  $E_R$  – экономическая рентабельность активов.

Экономическая рентабельность активов определяется полученной прибылью, величиной активов и кредитами:

$$E_R = \frac{B_p - X\delta}{A - K_z}. \quad (12)$$

Уровень рентабельности собственных средств определяется выражением:

$$E_c = (1 - h_p)E_R + E_F. \quad (13)$$

Оптимальное использование полученных кредитов предполагает максимальную величину эффекта финансового рычага, т.е.  $E_F \rightarrow \max$ . С учетом (10) – (13) целевая функция принимает вид:

$$(1 - h_p) \left( \frac{B_p - \delta X}{A - K_z} - \delta \right) \frac{X + K_z + D_p}{C} \rightarrow \max \quad (14)$$

На величину получаемых кредитов накладывается условие неотрицательности, т.е.

$$X \geq 0. \quad (15)$$

Кроме того, имеется ограничение сверху на величину плеча финансового рычага. Величина ограничения определяется отношением  $\frac{M_c}{M_c}$  части актива, вовлекаемой в процесс получения прибыли  $M_c$ , к оставшейся

части  $\bar{M}_c$ , так что

$$\frac{Z_c}{C} \leq \frac{M_c}{\bar{M}_c}. \quad (16)$$

Ограничение (16) перепишем в виде:

$$X \leq C \frac{\beta}{1 - \beta} - K_z - D_p. \quad (17)$$

Имеем оптимизационную задачу с квадратичной целевой функцией (14) и линейными ограничениями (15), (17) [44]. Достаточно простой вид этой задачи позволяет получить выражение для оптимального значения величины кредитов  $X$ .

Целевая функция (14) имеет один экстремум, определяемый условием:

$$\frac{dE_F}{dX} = 0.$$

Положение экстремума определяется формулой:

$$X^0 = \frac{B_p - A - D_p}{2\delta}.$$

Верхнюю границу величины кредитов, определяемую ограничением (17) обозначим  $X^s$

$$X^s = C \frac{\beta}{1 - \beta} - K_z - D_p.$$

На рис. 2 приведен вид целевой функции и допустимая область решений.

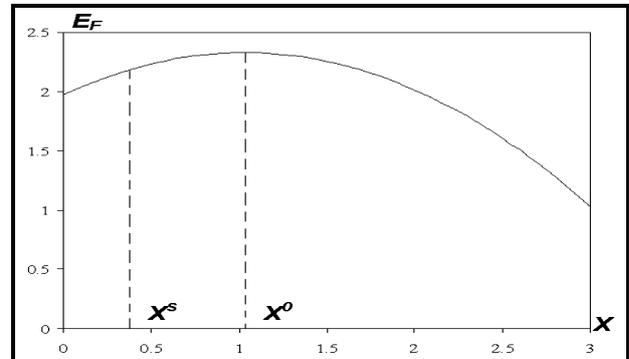


Рис. 2. Целевая функция оптимизационной задачи

Оптимальное значение величины  $X$  определяется выражением

$$X^{opt} = \begin{cases} X^s, & \text{if } X^s \leq X^0 \\ X^0, & \text{if } X^s > X^0 \end{cases}$$

Рассмотрим следующую оценку стратегии заемных средств.

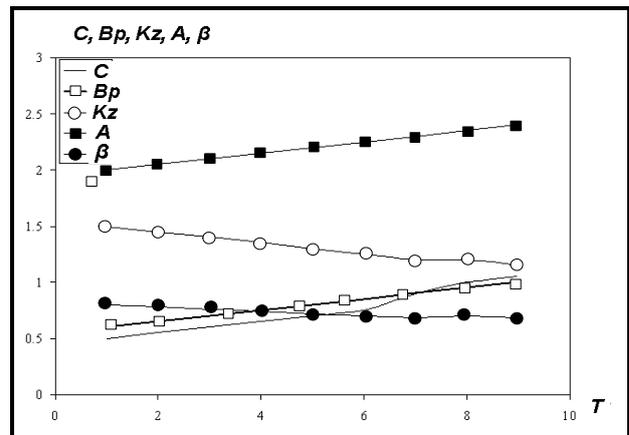


Рис. 3. Динамика изменения экономических показателей предприятия во времени

В течение некоторого временного отрезка фиксируются основные экономические показатели предприятия (рис. 3):

$C$  – величина собственных средств;

$B_p$  – балансовая прибыль;

$K_z$  – кредиторская задолженность;

$A$  – актив баланса;

$\beta$  – доля средств  $A$ , вовлекаемых в процесс получения прибыли.

На рис. 4 показаны величины взятых кредитов  $X_n$  и соответствующие им рассчитанные по формуле (11) значения эффекта финансового рычага  $E_{Fn}$ .

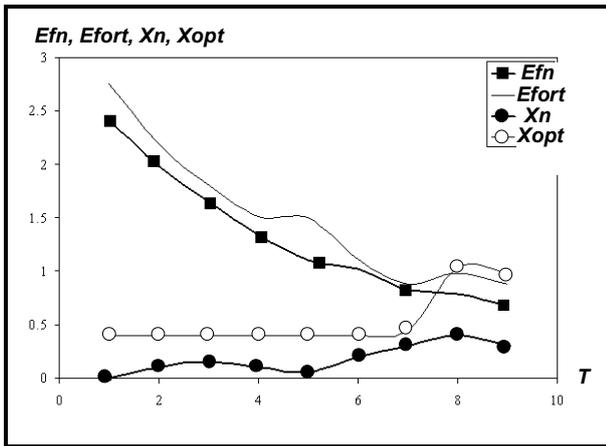


Рис. 4. Оптимальные и неоптимальные стратегии использования заемных средств

Из решения оптимизационной задачи (14), (15), (17) получены оптимальные значения кредитов  $X_{opt}$  и соответствующие им значения эффекта финансового рычага  $E_{f, opt}$ . Расхождение  $\Delta$  между величинами  $E_{f, opt}$  и  $E_{f, n}$  характеризует степень компетентности менеджмента данного предприятия [51].

Рассмотренная в работе [96] методика оценки эффективности финансового рычага не предусматривает погашения кредиторской задолженности во времени. Между тем, непогашение кредиторской задолженности приводит к ее увеличению вследствие начисления процентов. Большая величина задолженности приводит также к увеличению инвестиционного риска и к затруднениям при взятии новых кредитов. Поэтому приведем модель оценки эффективности финансового рычага в предположении о том, что часть новых кредитов может направляться на погашение кредиторской задолженности [24].

Обозначим  $X_0, X_1, \dots, X_t$  величины кредитов, взятых в моменты времени  $0, 1, \dots, t$ . Через  $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_t$  обозначим долю этих средств, направляемых на погашение кредиторской задолженности в данные моменты времени. Тогда величина задолженности к моменту времени  $t$  будет определяться по формуле:

$$K_z(t) = K_{z0} (1 + \delta)^t - \sum_{i=0}^t \alpha_i X_i (1 + \delta)^i.$$

В качестве целевой функции рассмотрим суммарное значение эффекта финансового рычага за рассмотренный период времени, что эквивалентно среднеарифметическому значению за этот же период времени. Целевая функция имеет вид:

$$\frac{1}{t+1} \sum_{i=0}^t (1 - h_{pi}) \left( \frac{B_{pi} - \delta X_i}{A_i - K_{zi}} - \delta \right) \frac{X_i + K_{zi} + D_p}{C_i} \rightarrow \max. \quad (18)$$

Переменными данной оптимизационной задачи являются  $X_0, X_1, \dots, X_t, \alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_t$ . Ограничения на переменные имеют вид:

$$X_i \geq 0, \quad i = \overline{0, t}; \quad (19)$$

$$\alpha_i \geq 0, \quad i = \overline{0, t}; \quad (20)$$

$$\alpha_i \leq 1, \quad i = \overline{0, t}; \quad (21)$$

$$X_i \leq C_i \frac{\beta_i}{1 - \beta_i} - K_{zi} - D_{pi}, \quad i = \overline{0, t}; \quad (22)$$

Целевая функция в оптимизационной задаче (18)-(22) уже не является квадратичной. Число переменных в задаче, подлежащих определению, равно  $2(t+1)$ . Данную задачу требуется решать методами нелинейного программирования, например, средствами Excel (поиск решения) [78, 92].

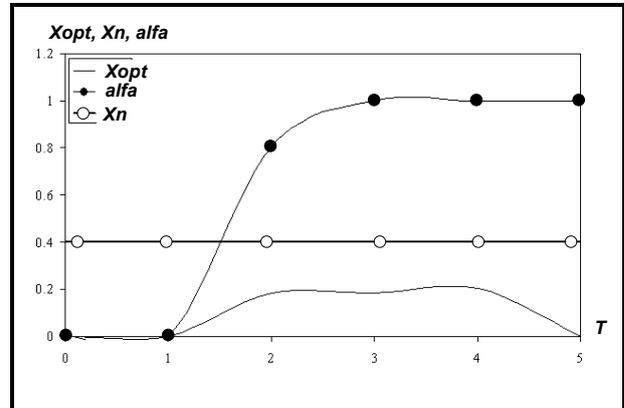


Рис. 5. Распределение кредитов во времени

На рис. 5 приведены результаты решения данной задачи при следующих исходных данных:

$$C = 0.5; h_p = 0.3; B_p = 0.5; \delta = 0.12; A = 2; D_p = 0.1; K_z = 1.5.$$

Там же нанесено значение  $X_n = 0.4$ , полученное из решения задачи (14), (15), (17) без учета погашения долгов.

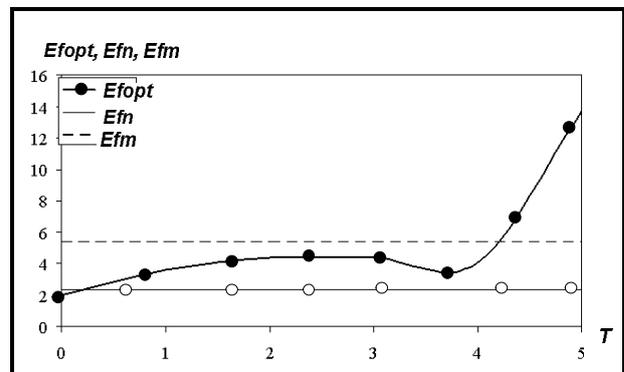


Рис. 6. Поведение эффекта финансового рычага с учетом погашения кредиторской задолженности

Величины эффекта финансового рычага с учетом погашения кредиторской задолженности  $E_{f, opt}$  и без этого учета  $E_{f, n} = 2.33$  приведены на рис. 6. Штриховой линией показано среднее значение эффекта финансового рычага с учетом погашения кредиторской задолженности  $E_{f, m} = 5.34$ .

Из представленных результатов следует, что учет погашения задолженности приводит к существенному увеличению эффекта финансового рычага.

## 2.2. Политика долгосрочного кредитования предприятия на основе модели экономической системы с запаздывающими параметрами

Процесс вложения финансовых средств в производство характеризуется наличием инвестиционных лагов. Инвестиционный лаг – период от начала проектирования производственных объектов до ввода их в действие на полную мощность. Рассмотрим некоторую динамическую экономическую систему, развивающуюся во времени. Экономическая система характеризуется некоторыми свойствами, которым сопоставляются переменные  $V = [v_i], i = \overline{1, n}$ . Эти свойства определены на некотором параметрическом множестве, в качестве которого выступает время  $t$  [39]. Следовательно, поведение экономической системы зависит от времени  $SE(V(t))$ . Некоторые свойства системы влияют на ее поведение с временной задержкой. Причинами задержки отдачи при вложении финансовых средств в производственных системах являются необходимость проведения проектных работ, строительных работ на первых этапах жизненного цикла товара [49]. Также требуется время на приобретение оборудования, обучение и повышение квалификации рабочего персонала. Обозначим временную задержку  $\tau_{ij}, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, k}$  и рассматриваемая система будет иметь поведение, зависящее не только от  $t$ , но и от  $\tau_{ij}, i = \overline{1, n}; j = \overline{1, k}$ , т.е.

$$SE = SE(v_i(t - \tau_{ij})), i = \overline{1, n}; j = \overline{1, k}.$$

Если производственно-экономическая система описывается дифференциальными уравнениями, то в этом случае имеем уравнения с отклоняющимся аргументом, например:

$$\frac{dx}{dt} = f(t, x(t), x(t - \tau_1), x(t - \tau_2), \dots, x(t - \tau_k)).$$

Для построения математической модели экономической системы широко применяется теория производственных функций [1]. Применение производственной функции позволяет связать между собой основные переменные системы:

- объем выпускаемой продукции;
- объемы производственных фондов;
- численность занятых работников.

Кроме того, производственная функция позволяет строить модели, охватывающие процессы расширения и улучшения производства при наличии инвестиций. Широкое распространение получили производственные функции вида:

$$Y = F(K, L),$$

где

$Y$  – объем выпущенной продукции;

$K$  – объем основного капитала;

$L$  – трудовые затраты.

Двухфакторная зависимость вида

$$Y = AK^\alpha L^\beta \tag{23}$$

где  $\alpha \in (0, 1); \beta \in (0, 1); \alpha + \beta = 1$ , носит название функции Кобба-Дугласа. Для удобства обычно переходят к удельным переменным:

$y = \frac{Y}{L}$  – средняя производительность труда (отношение стоимости произведенного продукта к стоимости затраченного труда);

$k = \frac{K}{L}$  – фондовооруженность труда (объем основных фондов, приходящихся на одного работника);

$z = \frac{Y}{K}$  – средняя фондоотдача.

В случае функции Кобба-Дугласа показатели степени  $\alpha, \beta$  являются коэффициентами эластичности. Коэффициент эластичности по фондам  $\alpha = \frac{\partial Y}{\partial K} \frac{K}{Y}$  и коэффициент эластичности по труду  $\beta = \frac{\partial Y}{\partial L} \frac{L}{Y}$ . В удельных переменных производственная функция (23) принимает вид:

$$y = F\left(\frac{K}{L}, 1\right) = f(k)$$

и

$$\alpha = k \frac{df}{dk}, \quad \beta = 1 - k \frac{df}{f}.$$

Применение производственных функций позволяет наглядно учесть научно-технический прогресс. Под научно-техническим прогрессом обычно понимается возрастание объема выпущенной продукции во времени. Научно-технический прогресс, учитываемый производственной функцией, бывает двух типов. Экзогенный прогресс – технологические усовершенствования учитываются как внешние по отношению к модели изменения. При эндогенном научно-техническом прогрессе рассматривается влияние средств, выделенных на улучшение производства, на рост объема производства. Производственные функции для экзогенного научно-технического прогресса могут иметь вид:

$$Y = A(t)F(K, L), \quad Y = F(A(t)K, L), \quad Y = F(K, A(t)L).$$

В случае зависимости  $Y(t) = A(t)F(K, L)$  научно-технический прогресс является нейтральным по Хиксу [1]. Множитель  $A(t)$  понимается как показатель технического уровня производства и называется мультипликатором прогресса. В экзогенной модели увеличение  $A(t)$  не связано с переменными рассматриваемой производственной системы. В эндогенной модели мультипликатор прогресса определяется количеством финансовых вложений  $Q$  в улучшение производства, т.е.

$$A = A(Q).$$

Так же, как производственные функции, удовлетворяющие неоклассическим условиям:

$$\frac{df}{dk} > 0; \frac{d^2f}{dk^2} < 0, \neq(0) \quad 0; \lim_{k \rightarrow \infty} f(k) = \infty;$$

$$\lim_{k \rightarrow 0} \frac{df}{dk} = \infty; \lim_{k \rightarrow \infty} \frac{df}{dk} = 0,$$

функция мультипликатора прогресса должна удовлетворять подобным условиям:

$$\frac{dA(Q)}{dQ} > 0; \frac{d^2 A(Q)}{dQ^2} < 0; A(0) = 1; \lim_{Q \rightarrow \infty} A(Q) = \infty;$$

$$\lim_{Q \rightarrow 0} \frac{dA}{dQ} = \infty; \lim_{Q \rightarrow \infty} \frac{dA}{dQ} = 0. \tag{24}$$

Будем рассматривать агрегированную модель производственно-технической системы [79]. Под объемом выпускаемой продукции понимается полный объем производимых предприятием товаров и услуг. Численный состав занятых работников считается постоянным. Произведенная товарная продукция направляется на расширение производства, на улучшение производства (на эндогенный прогресс) и на потребление. Принимаем, что норма потребления является фиксированной величиной и составляет заданную долю  $s$  от произведенной продукции. Учитывается износ производственных фондов с коэффициентом амортизации  $\mu$ . Доля средств после отчислений на потребление  $(1-s)Y$  делится на две части:

- часть  $(1-s)Yu$  направляется на увеличение основных фондов (расширение производства), коэффициент  $u$  аналогичен норме накопления;
- другая часть  $(1-s)Y(1-u)$  направляется на научно-технический прогресс (улучшение производства).

В отличие от модели, рассмотренной в работе [1], будем полагать, что существуют инвестиционные лаги как для расширения производства  $\tau_k$ , так и для улучшения и совершенствования технологического процесса  $\tau_q$ .

С учетом сделанных предположений математическая модель развития производственной системы примет вид:

$$\frac{dk}{dt} = (1-s)uy(t-\tau_k) - \mu k; \tag{25}$$

$$\frac{dq}{dt} = (1-s)(1-u)y(t); \tag{26}$$

$$y = A(q)k^\alpha; \tag{27}$$

где  $q = \frac{Q}{L}$ .

Функция мультипликатора прогресса в (27) взята в виде:

$$A(q) = 1 + a(q(t-\tau_q))^r, \tag{28}$$

удовлетворяющем условиям (24).

Начальное состояние системы:

$$k(0) = k_0; q(0) = q_0. \tag{29}$$

Коэффициенты  $a, \gamma, \alpha$  и  $\tau_k, \tau_q$  считаются известными. Норма накопления  $u(t)$  является функцией, зависящей от времени.

Систему обыкновенных дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом (25), (26) с начальными условиями (29) можно решить численным методом при заданной функции  $u(t)$  на отрезке времени  $t \in [0, T]$ . Более содержательной задачей является нахождение управляющей функции  $u(t)$ , обеспечивающей экстремум какого-либо показателя (критерия) производственно-экономической системы.

Рассмотрим задачу достижения максимального объема производственных фондов за фиксированное время  $T$ , т.е.

$$k(T) \rightarrow \max. \tag{30}$$

Задача максимизации функционала (30) при уравнениях состояния (25), (26) является задачей оптимального управления (задача Майера). Так как уравнения состояния – система дифференциальных уравнений с запаздывающим аргументом, то аналитическое ее решение с применением принципа максимума Понтрягина является затруднительным. Так же как в работе [65], применим численный метод решения, основанный на редукации задачи оптимального управления к задачам нелинейной оптимизации.

Реализация вычислительной схемы требует конечноразностной аппроксимации задачи (25), (26). На отрезке  $[0, T]$  вводится разностная сетка:

$$t_i = i * \Delta t = \Delta t \frac{T}{N}, i = \overline{0, N}$$

и управляющая функция  $u(t)$  заменяется кусочно-постоянными управлениями  $u_i = u(t_i)$

Дифференциальные уравнения (25), (26) заменяются дискретным аналогом с использованием простейшей разностной схемы Эйлера

$$k_{i+1} = k_i + \Delta t [(1-s)u_i y(t_i - \tau_k) - \mu k_i];$$

$$q_{i+1} = q_i + \Delta t [(1-s)(1-u_i)y(t_i)];$$

$$i = \overline{0, N}; k_0 = k(0), q_0 = q(0). \tag{31}$$

Задача редуцируется к задаче нелинейного программирования [42]:

$$k(T) = k_N(u_1, \dots, u_N) \rightarrow \max, \tag{32}$$

при ограничениях на управляющие параметры  $u_i \in [0, 1], i = \overline{0, N}$ .

Дискретное оптимальное управление  $u$ , находится как решение задачи (31), (32).

Для численного решения применим простейший градиентный метод:

$$u_i(p+1) = u_i(p) + \eta \frac{\partial k_N(p)}{\partial u_i}; i = \overline{1, N}; p = \overline{0, 1, \dots},$$

где  $p$  – номер итерации;

$\eta = 0.01 - 0.5$  – итерационный параметр.

В соответствии с рекомендациями работы [38] вычисление компонент вектора градиента:

$$\frac{\partial k_N(p)}{\partial u_i}; i = \overline{1, N}$$

целевой функции проводится по конечно-разностной формуле.

На рис. 7 приведен пример численного решения задачи оптимального управления при следующих значениях коэффициентов:

$$a = 2; \gamma = 0.5; s = 0.5; \mu = 0.1; \alpha = 0.25;$$

$$k_0 = 1; q_0 = 0; \tau_k = 0.15; \tau_q = 0.1; T = 1.$$

Оптимальное управление заключается в том, что до момента времени  $t = 0.2$  все средства направляются на подготовку к улучшению производства. После достижения уровня вложений в улучшение производства

$q = 0.14$  все средства направляются на расширение производства. Управляющая функция – норма накопления изменяется по закону:

$$u(t) = \begin{cases} 0, & t < 0.2; \\ 1, & t > 0.26. \end{cases}$$

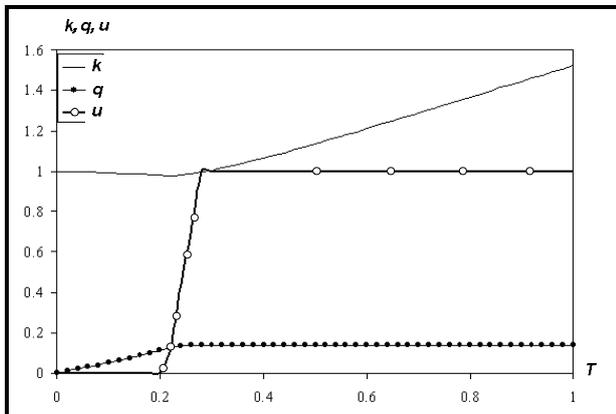


Рис. 7. Оптимальное управление системой с запаздыванием

Величина производственных фондов снижается из-за амортизации до значения 0,98, а затем монотонно растет до  $k(T) = 1.52$ .

Для случая  $\tau_k = 0, \tau_q = 0$ , т.е. без запаздывания действия инвестиций результаты расчетов приведены на рис. 8. В этом случае эффективность финансовых вложений выше, конечное значение производственных фондов получилось выше и  $k(T) = 1.63$ .

На основе математической модели (25-30) можно решать задачу идентификации с нахождением неизвестных параметров системы  $u(t), \alpha, a, s$  для производственного объекта с известной зависимостью  $k_f(t)$  и заданными  $\tau_k, \tau_q$ . В этом случае формулируется следующая задача оптимального управления: найти минимум функционала.

$$\int_0^T [k(t, u(t), s, a, \alpha) - k_f(t)]^2 dt \rightarrow \min. \quad (33)$$

при наличии уравнений (25), (26), описывающих процесс. Задача (33) решается аналогично первой задаче.

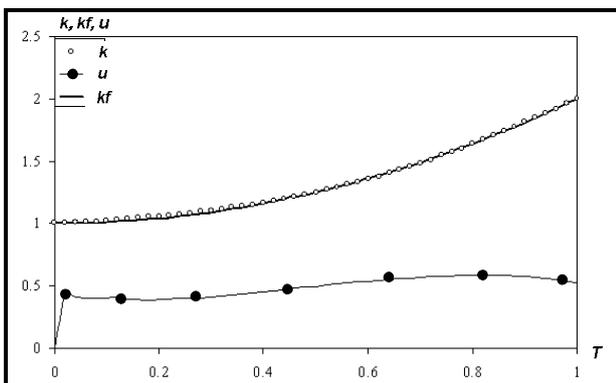


Рис. 8. Идентификация параметров системы,  $u(t)$

Задано изменение объема производственных фондов во времени в виде:

$$k_f(t) = 1 + (k_T - 1)(t/T)^2.$$

Значения инвестиционных лагов:

$$\tau_k = 0, \tau_q = 0.1.$$

Рассчитанная зависимость  $k(t)$  с высокой точностью совпадает с заданной  $k_f(t)$  (рис. 8). Значения  $u(t)$  изменяются от 0,4 до 0,58. Значения найденных коэффициентов:  $a = 2.2; s = 0.14; \alpha = 0.59$ . Эти значения параметров полностью идентифицируют рассматриваемую систему.

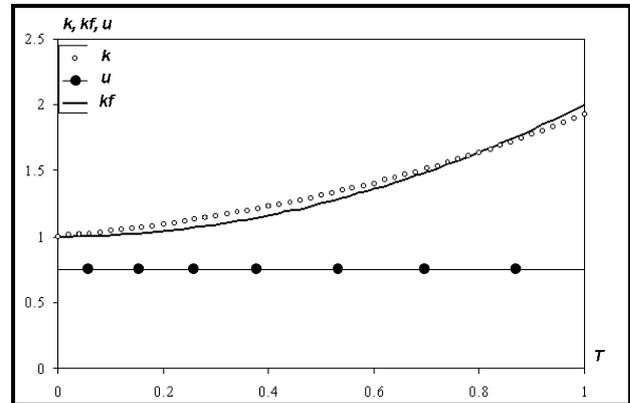


Рис. 9. Идентификация параметров системы,  $u = 0,75$

Более простой задачей является нахождение параметров системы  $a, s, \alpha$  при заданном значении  $u$ . Результаты расчетов показаны на рис. 9. Видно, что тремя постоянными параметрами труднее обеспечить совпадение кривых  $k(t)$  и  $k_f(t)$ . При этом получились следующие значения коэффициентов:

$$a = 2.22; s = 0.33; \alpha = 0.78.$$

Изложенный подход к моделированию производственно-экономических систем можно использовать при оценке инвестиционных проектов. Зная изменение основных показателей предприятия, можно построить адекватную математическую модель. Расчеты по этой модели позволяют сделать оценку эффективности вложений в расширение и улучшение производства. Кроме того, имея построенную модель можно оценить компетентность менеджмента предприятия путем сравнения оптимального управления распределением средств  $u(t)$  с имеющимся и дать рекомендации по улучшению управления.

### 3. МОДЕЛЬ РАЦИОНАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ ТОВАРОПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

#### 3.1. Постановка задачи

Рассмотрим односекторную агрегированную модель экономики, описывающую поведение некоторой товаропроизводящей отрасли, например, региональной легкой промышленности. Задача состоит в исследовании рационального поведения товаропроизводителей в процессе производства.

Основные предположения в модели.

1. Для развития производства используются как собственные, так и заемные средства.

2. Развитие производства осуществляется как экстенсивным (увеличение объема основных производственных фондов), так и интенсивным (улучшение производства) путями.
3. Объем собственных средств определяется реализацией произведенного товара, зависящей от объема рынка сбыта.
4. Имеющиеся в распоряжении средства направляются на накопление и потребление.
5. Процесс производства описывается производственной функцией типа Кобба – Дугласа.

Задача управления производственным процессом во времени заключается в распределении имеющихся средств на расширение, улучшение производства, а также на потребление таким образом, чтобы улучшались экономические показатели рассматриваемой системы:

- объемы производства и реализации;
- заработная плата работников;
- расширение рабочих мест [64].

Обозначим  $W$  – объем средств, полученных от реализации произведенной продукции  $Y$ . Эти средства, за вычетом платы за кредиты и хранение нереализованной продукции ( $\Delta W$ ), направляются на развитие и улучшение производства ( $I_0$ ), на заработную плату ( $z$ ), на непроизводственные накопления ( $b$ ) таким образом, что:

$$I_0 = \alpha_1(W - \Delta W), z = \alpha_2(W - \Delta W), b = \alpha_3(W - \Delta W)$$

и

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1. \tag{34}$$

Величина вычета определяется соотношением:

$$\Delta W = B^-(T_k, \sigma) + c_s S,$$

где

$B^-(T_k, \sigma)$  – расчет в текущем периоде времени за кредиты, полученные на время  $T_k$  со ставкой  $\sigma$ ;

$S$  – количество нереализованного товара, хранящееся на складе за плату  $c_s$ .

Инвестиции  $I$  на развитие и улучшение производства и сбыта, кроме величины  $I_0$ , включают внешние заимствования (кредиты):

$$B^+(t, \tau),$$

где

$t$  – время получения кредита;

$\tau$  – период реализации  $I = I_0 + B^+(t, \tau)$ .

Эти средства направляются на расширение производства ( $I_1$ ), на его улучшение ( $I_2$ ), на увеличение рынка сбыта ( $I_3$ ) так, что

$$I_1 = \beta_1 I, I_2 = \beta_2 I, I_3 = \beta_3 I$$

и

$$\sum_{i=1}^3 \beta_i = 1. \tag{35}$$

Производственная функция с учетом эндогенного научно-технического прогресса имеет вид:

$$Y = A(I_2) K^\alpha L^{1-\alpha},$$

где

$K$  – объем основных производственных фондов;

$L$  – объем трудовых ресурсов;

$A(I_2)$  – мультипликатор прогресса, показывающий эффективность средств  $I_2$ , затрачиваемых на улучшение производства.

В данной модели рассматривается ситуация, когда улучшение производства происходит по мере вложения средств (приобретение и освоение новых технологий), что типично для товаропроизводителей. Накопление эффекта от вклада в научные исследования в этом случае не происходит.

Принимая во внимание, что основные фонды изнашиваются с коэффициентом амортизации  $\mu$  и за кредиты необходимо рассчитываться, уравнение для изменения величины капитала принимает вид:

$$\frac{dK}{dt} = I_1 - \mu K, \tag{36}$$

Величины  $Y, W, S$  связаны соотношениями:

$$W = \begin{cases} Y + S & | Y + S \leq V_s \\ V_s & | Y + S > V_s \end{cases}, S = \int_0^t (Y - V_s) dt,$$

где  $V_s$  – объем рынка сбыта.

Мультипликатор прогресса описывается функцией:

$$A(I_2) = 1 + a_2 I_2^{\eta_1},$$

удовлетворяющей неоклассическим условиям. Изменение количества занятых в производственном процессе трудовых ресурсов определяется предельной нормой замены трудовых ресурсов основными фондами и начальной фондовооруженностью

$$\frac{dL}{dK} = \frac{\alpha}{(1-\alpha)} \frac{L_0}{K_0}. \tag{37}$$

Трудовые ресурсы ограничены сверху величиной  $L \leq L_{max}$ . Количество занятых рабочих мест отождествляется с величиной  $L$ .

При оценке объема рынка сбыта принимается во внимание, что его величина характеризуется следующими факторами:

- численностью населения региона;
- уровнем дохода населения;
- качеством производимой продукции.

Влияние этих факторов на рынок сбыта предлагается описывать следующей зависимостью:

$$V_s = V_{s0} + d_1 [1 - (1 - d_2) \exp(-d_3 I_2)]^{\eta_2} * \\ * N_0 \left(1 + d_4 \frac{I_3}{N_0}\right) (1 + D_t t).$$

Первый и второй факторы учитываются выражением:

$$d_1 N_0 \left(1 + d_4 \frac{I_3}{N_0}\right) (1 + D_t t),$$

где  $N_0$  – население регионов, потребляющее выпускаемую продукцию;

коэффициент  $d_1$  характеризует часть доходов населения, затрачиваемую на приобретение данного вида товара;

$$\left(1 + d_4 \frac{I_3}{N_0}\right) - \text{относительное увеличение спроса,}$$

связанное с дополнительной информацией потребителей о свойствах товара;

$D_t$  – темп прироста доходов населения во времени.

Третий фактор – качество товара – связан с улучшением производства. Новые технологии, помимо увеличения объема выпуска продукции, обеспечивают и более высокое качество произведенного товара, следо-

вательно, и более высокую конкурентоспособность. Увеличение спроса на конкурентоспособный товар описывается логистической функцией вида:

$$\left[1 - (1 - d_2) \exp(-d_3 I_2)\right]^{1/2},$$

изменяющейся от начального уровня спроса  $d_2$  (уровень потребления любого товара) до единицы (полное освобождение рынка от конкурирующих товаров). Коэффициенты  $d_3, d_4, \gamma_2, V_{s0}$  – эмпирические, подбираемые в процессе адаптации модели.

Развитие экономической системы происходит во времени  $t \in [0, T]$  при начальных условиях:

$$Y(0) = Y_0, K(0) = K_0, L(0) = L_0. \quad (38)$$

В качестве показателей эффективности исследуемой системы рассмотрим следующие:

$$\bar{K} = \frac{1}{T} \int_0^T K dt - \text{средний за рассматриваемый период}$$

времени  $T$  объем основных фондов;

$$\bar{Z} = \frac{1}{T} \int_0^T \frac{z}{L} dt - \text{средний уровень заработной платы}$$

одного работника;

$$\bar{W} = \frac{1}{T} \int_0^T W dt - \text{средний объем реализованной про-}$$

дукции.

Кроме того, количество занятых рабочих не должно снижаться, т.е.  $\frac{dL}{dt} \geq 0$ .

В результате получена задача оптимального управления по максимизации критерия качества  $F(K, \bar{Z}, \bar{W})$  при наличии ограничений на фазовые переменные (34), (35), (36), (37) выбором управляющих воздействий:

$$\alpha_i(t), \beta_i(t), i = 1, 3, T_k(t).$$

Управляющая политика состоит в оптимальном перераспределении средств и в выборе оптимальных сроков кредитов.

### 3.2. Результаты численного моделирования

#### Тестовая задача

Для проверки численного метода рассмотрим в качестве тестовой задачу об эндогенном научно-техническом прогрессе [1]:

$$\frac{dK}{dt} = UY, \quad \frac{dQ}{dt} = (1 - U)Y,$$

где  $Q$  – суммарный объем капиталовложений в научно-технический прогресс;

$U$  – норма накопления;

$$Y = A(Q)K^\alpha L^{1-\alpha} = A(Q)g(K)h(L).$$

Задача оптимального управления состоит в достижении заданной величины  $K_T$  за минимальное время  $T$  за счет перераспределения средств  $U(t)$ .

Эту задачу можно решить с применением принципа максимума Понтрягина [1].

Вводится гамильтонова функция:

$$H = p_1 UY + p_2 (1 - U)Y,$$

где сопряженные переменные удовлетворяют системе дифференциальных уравнений:

$$\frac{dp_1}{dt} = -p_1 UY_K - p_2 (1 - U)Y_K;$$

$$\frac{dp_2}{dt} = -p_1 UY_Q - p_2 (1 - U)Y_Q$$

при

$$p_1(T) = 1, \quad p_2(T) = 0.$$

Максимум гамильтоновой функции достигается при выполнении условия:

$$U = \begin{cases} 0 & \varphi < 0; \\ 1 & \varphi > 0, \end{cases} \quad \varphi(t) = p_1(t) - p_2(t).$$

В случае  $\varphi = 0$  имеем условие  $Y_K = Y_Q$ , определяющее особую кривую. На рис. 11 особая кривая – левая ветвь сплошной линии до максимума. Ниже особой кривой  $U < 0$ , выше  $U > 0$ . На особой кривой управление подчиняется уравнению:

$$\frac{dQ}{dK} = \frac{(1 - U)}{U}.$$

Кривая переключения (правая ветвь кривой после максимума) описывается уравнением:

$$g(K) \int_K^{K_T} \frac{dK}{g(K)} = \frac{A(Q)}{A_0(Q)}.$$

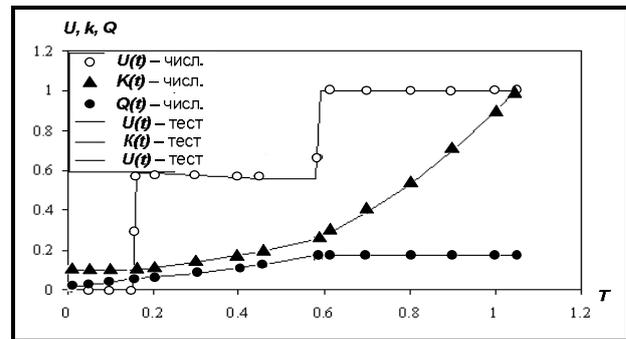


Рис. 10. Оптимальное управление НТП (тестовая задача)

Оптимальный процесс, начинающийся с некоторой точки  $(K_0, Q_0)$ , расположенной ниже особой кривой (рис. 10 и рис. 11), предполагает  $U = 0$  до выхода на кривую. Затем управление подчиняется условию:

$$U = \frac{1}{1 + \frac{dQ}{dK}}$$

и после достижения общей точки особой кривой и кривой переключения становится  $U = 1$ , при этом  $Q = const$ .

Сравнение численного решения с тестовым показано на рис. 10 и рис. 11. Поведение рассчитанных численным методом фазовых переменных  $K(t), Q(t)$  во времени совпадают с тестовым. Рассчитанная управляющая функция немного отличается на отрезке, что не приводит к отличию в зависимостях  $K(t), Q(t)$ . Рассчитанное минимальное время достижения заданного значения  $K_T = 1, T = 1.04459$  с высокой точностью совпадает с тестовым  $T = 1.04457$ .

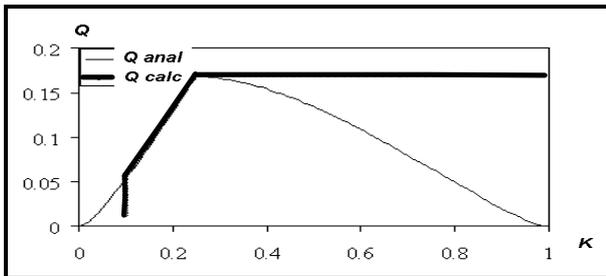


Рис. 11. Фазовая траектория оптимального процесса

Задача оптимального управления (34), (35), (36), (37) решалась в два этапа. На первом этапе зависимости:

$$\alpha_i(t), \beta_i(t), i = \overline{1, 3}, T_k(t), K_r(t), Y_r(t), W_r(t), L_r(t)$$

считаются известными из ретроспективных наблюдений за поведением экономической системы.

Из решения задачи (36) с функционалом:

$$\int_0^T (K(t, d) - K_r(t))^2 dt \rightarrow \min$$

находятся значения параметров системы:

$$d = (d_1, d_2, d_3, d_4, \gamma_2, V_{s0}, a_1, \gamma_1, \alpha)$$

На втором этапе решается задача оптимального управления по определению:

$$\alpha_i(t), \beta_i(t), i = \overline{1, 3}, T_k(t)$$

Доля непромышленных накоплений принимается заданной  $\alpha_3 = a_0$ . На отрезке интегрирования  $[0, t_f]$  в качестве неизвестных управляющих воздействий  $U$  принимаются:

$$\alpha_i^i, \beta_i^i, \beta_2^i, T_k^i, i = \overline{0, N-1}$$

Из ограничений определяются:

$$\alpha_2^i = 1 - \alpha_3^i - \alpha_1^i - \beta_3^i \quad 1 - \beta_2^i - \beta_1^i$$

Кроме того, на величину нормы накопления накладывается ограничение  $\alpha_1 \leq \alpha_{10}$ , чтобы в режиме однозначного приоритета развития производства все средства не ушли на увеличение производственных фондов.

Развитая экономическая система характеризуется высоким уровнем производительных сил, большим объемом выпуска и реализации продукции, а также высоким уровнем потребления (зарплатной платой) и занятостью населения. Рассмотрим аддитивной критерий качества, или

$$F = (1-r)K + rZ,$$

состоящий из среднего объема производственных фондов и средней заработной платы за рассматриваемый период, где  $r$  – весовой коэффициент. Задача решается при

$$F = (1-r)K + rZ \rightarrow \max$$

Также ставится условие, чтобы число рабочих мест не уменьшалось, т.е.

$$\frac{dL}{dt} \geq 0$$

Рассмотрим три варианта развития системы в благоприятных условиях: свободный рынок сбыта ( $V_{s0} = 1$ ); относительно высокий уровень доходов населения ( $d_r = 0.03, D_t = 0.05$ ).

1.  $r = 0$  – однозначный приоритет развития производства.
2.  $r = 1$  – однозначный приоритет потребления.
3.  $r = r_0$ , где величина  $r_0$  определяется дополнительным условием не снижения уровня производственных фондов:

$$\frac{dK}{dt} \geq 0$$

Результаты численного моделирования развития на 10 лет представлены на последующих рисунках.

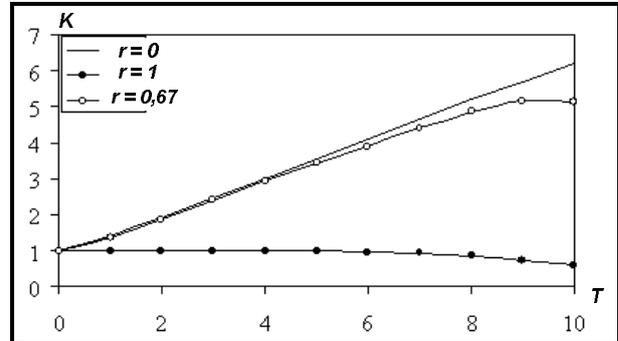


Рис. 12. Зависимость производственных фондов от времени для трех вариантов развития

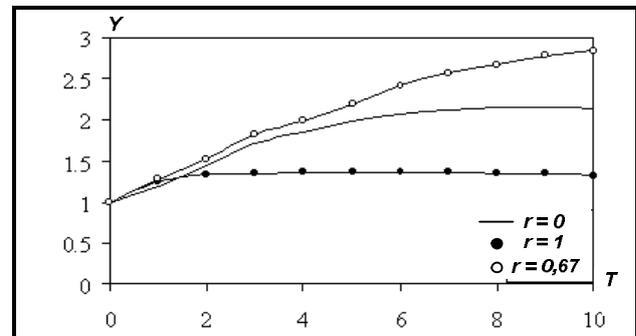


Рис. 13. Изменение выпуска продукции во времени для трех вариантов развития

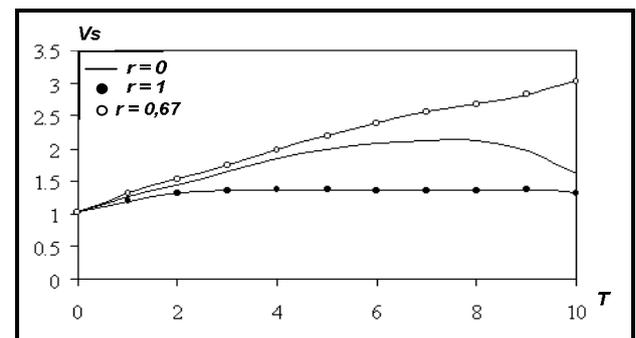


Рис. 14. Поведение рынка сбыта для трех вариантов развития

Первый вариант развития характеризуется ростом производственных фондов практически с постоянным темпом (рис. 12). Однако выпуск продукции выходит на постоянный уровень с тенденцией к снижению (рис. 13). Это связано с тем, что рынок сбыта перестает увеличиваться (рис. 14) и наступает перепроизводство товаров, приводящее к накоплению нереализованной продукции (рис. 15). Затоваривание приводит к сокращению темпов выпуска продукции.

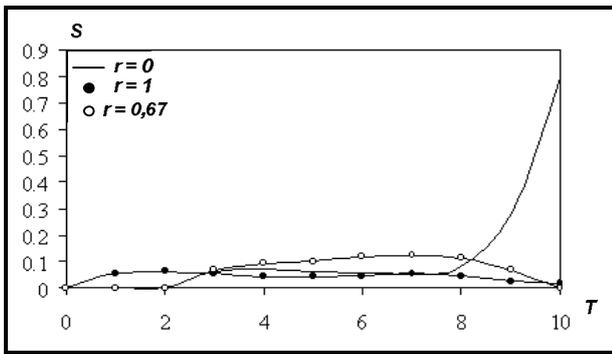


Рис. 15. Накопление продукции на складе для трех вариантов развития

Снижение реализации продукции приводит к сокращению заработной платы (рис. 16). Выделенные средства в первую очередь направляются на увеличение объемов производственных фондов (коэффициент  $\alpha_1$  на рис. 17 и  $\beta_1$  на рис. 18), а на улучшение производства средства почти не выделяются ( $\beta_2$  на рис. 19).

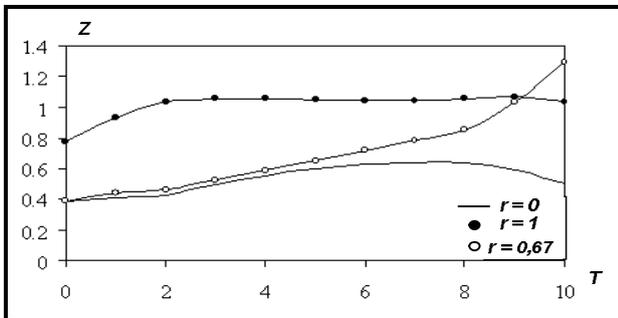


Рис. 16. Зависимость заработной платы от времени для трех вариантов развития

Как видно из представленных результатов, первый вариант развития не является перспективным даже в условиях изначально свободного рынка сбыта.

Рассмотрим второй вариант развития – приоритет потребления. Эта ситуация также не является полностью благоприятной. Наблюдается снижение объема производственных фондов («проедание» капитала) (см. рис. 12). Выпуск продукции остается на постоянном уровне после небольшого увеличения, связанного со значительным выделением средств повышение эффективности производства ( $\beta_2$  на рис. 19).

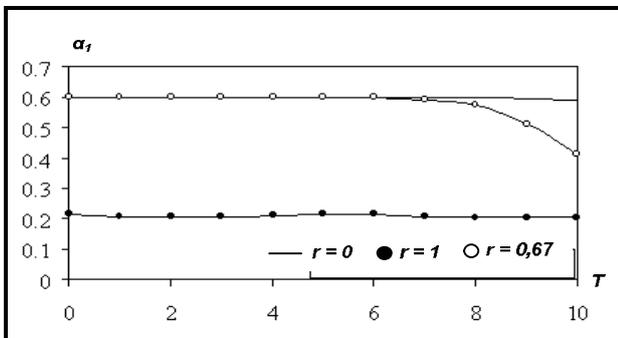


Рис. 17. Оптимальное поведение нормы накопления для трех вариантов развития

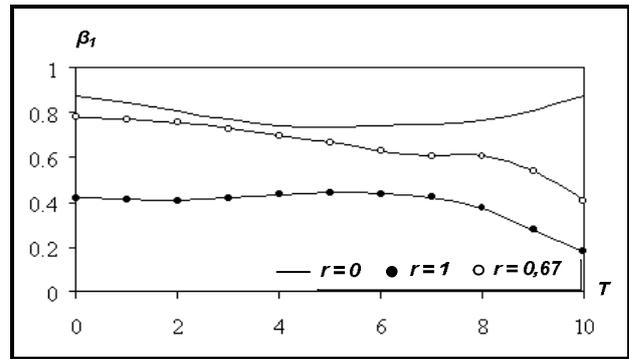


Рис. 18. Оптимальное управление долей средств на развитие производства для трех вариантов развития

Рынок сбыта существенно не расширяется, так как имеющегося уровня достаточно для реализации сравнительно небольшого количества произведенной продукции и затоваривания складов не наблюдается. Заработная плата выходит на достаточно высокий уровень, но перспектив ее увеличения не наблюдается (см. рис. 16). При этом варианте развития число рабочих мест не увеличивается. Если производителю дать свободу в количестве занятой рабочей силы, т.е. убрать ограничение  $\frac{dL}{dt} \geq 0$ , то это приведет к значительному уменьшению  $L$ . При постоянном значении  $L$  происходит снижение фондовооруженности труда.

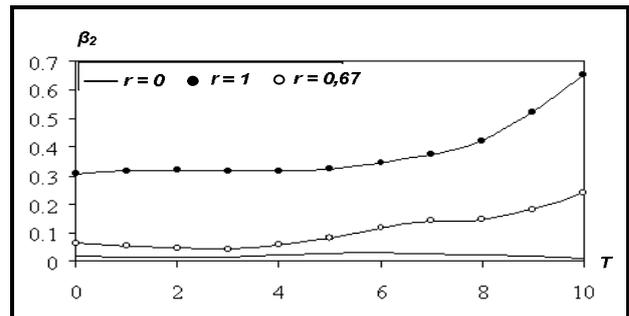


Рис. 19. Оптимальное управление долей средств на улучшение производства для трех вариантов развития

Третий вариант развития основан на выборе весового коэффициента  $r = r_0$ , обеспечивающего оптимальный баланс между развитием производственных фондов при  $\frac{dK}{dt} \geq 0$  и потреблением (зарплатой). Из рассмотрения предыдущих рисунков следует, что этот вариант обеспечивает рост производственных фондов (см. рис. 12), постоянный рост объема выпускаемого продукта (см. рис. 13), рост заработной платы с увеличивающимся темпом (см. рис. 16) при  $r = r_0 = 0.67$ .

Рынок сбыта при данном варианте развития также постоянно увеличивается (см. рис. 14), так как выделяются значительные средства  $\beta_3$  на его расширение (рис. 20). Накопления продукции на складе не происходит (см. рис. 15), реализация товара хорошая и имеется возможность постоянного улучшения производственных технологий (выделение средств  $\beta_2$  на рис. 19).

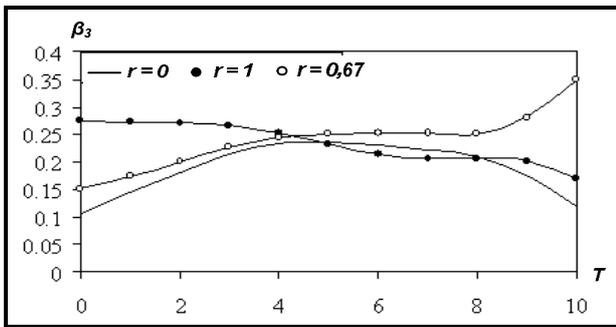


Рис. 20. Оптимальное управление долей средств на расширение рынка сбыта для трех вариантов развития

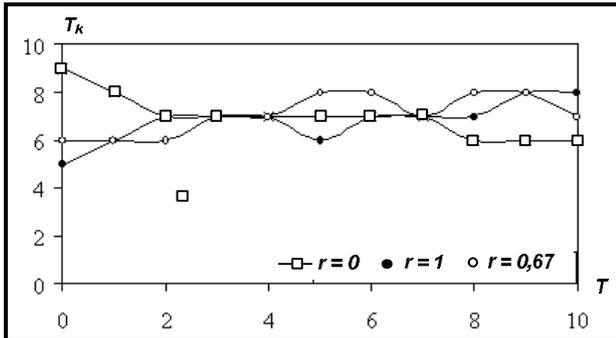


Рис. 21. Оптимальные сроки погашения кредитов для трех вариантов развития

Оптимальные сроки погашения кредитов для третьего варианта составляют в среднем  $7 \pm 1$  лет (рис. 21).

Экономические показатели  $\bar{K}, \bar{Z}, \bar{W}$  рассматриваемой системы для трех вариантов представлены в табл. 1.

Таблица 1

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ

Вариант	$\bar{K}$	$\bar{Z}$	$\bar{W}$
1	3,86	0,55	1,42
2	0,92	1,04	1,34
3	3,63	0,73	1,72
$U(t) = const$	3,75	0,64	1,65
$V_s \approx \left(1 + \frac{Z}{Z_0}\right)$	3,9	0,84	1,88

Рассчитанные варианты развития системы соответствуют выбору управляющих воздействий:

$$U(t) = (\alpha_i(t), \alpha_2(t), \beta_i(t), i = \overline{1, 3}, T_k(t)),$$

изменяющихся во времени. Рассмотрим случай постоянных на всем рассмотренном промежутке времени значений  $U(t) = const$  для оптимального варианта с  $r = 0.67$ .

Сравнение результатов представлено на рис. 22. Случай  $U(t) = const$  является менее выигрышным по величине заработной платы и реализованной продукции. Экономические показатели также приведены в табл. 1.

Полученные результаты показывают, что экономические показатели системы зависят от реализации товарной продукции, т.е. от объема рынка сбыта. Рассмотрим, как влияет начальный объем  $V_{s0}$  на основ-

ные показатели развития (рис. 23) при  $d_t = 0.015$ . Видно, что показатели становятся очень низкими и никакие усилия по расширению рынка не приводят к ощутимым результатам.

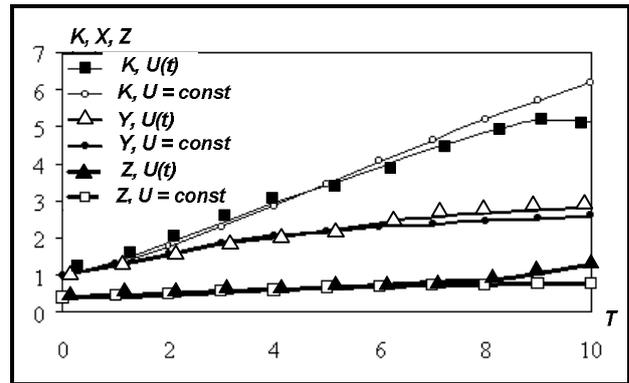


Рис. 22. Сравнение развития экономической системы при динамическом и стационарном управлении

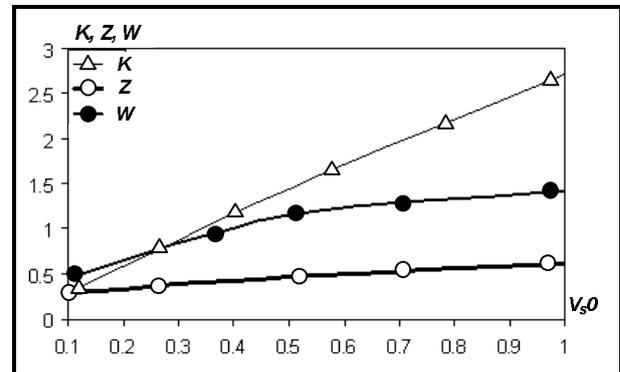


Рис. 23. Зависимость экономических показателей от начального объема рынка сбыта

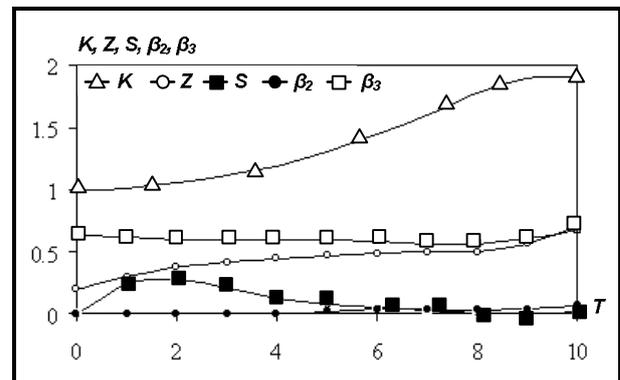


Рис. 24. Изменение оптимальных управляющих функций и переменных процесса во времени

Это хорошо видно на рис. 24. Доля средств, направляемых на завоевание рынка  $\beta_3$ , достигает 70%, прирост капитала невелик, заработная плата также находится на низком уровне. Средств на улучшение производства  $\beta_2$  почти не находится. Данные результаты свидетельствуют о важной роли протекционизма и защиты местного производителя.

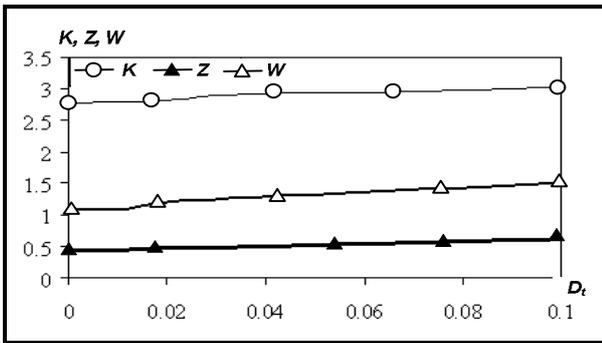


Рис. 25. Зависимость экономических показателей от темпа прироста доходов населения

Влияние темпа прироста доходов населения  $D_t$  на экономические показатели показано на рис. 25. Как и ожидалось, увеличение темпов прироста доходов приводит к монотонному увеличению всех показателей.

Менее очевидным является факт влияния восприимчивости экономической системы к технологическим инновациям  $I_2$ , определяемый функцией:

$$A(I_2) = 1 + a_2 I_2^{a_1}.$$

Зависимость экономических показателей развития от коэффициента  $a_2$ , который пропорционален  $\frac{\partial Y}{\partial I_2}$ , показана на рис. 26. Увеличение  $a_2$  приводит к росту реализованной продукции  $\bar{W}$  и к значительному увеличению заработной платы. А вот производственные фонды при этом уменьшаются, так как выпуск продукции обеспечивается в основном улучшением технологических процессов. Качество продукции, определяемое функцией:

$$[1 - (1 - d_2) \exp(-d_3 I_2)]^{a_2},$$

также повышается, что снимает проблемы реализации товара.

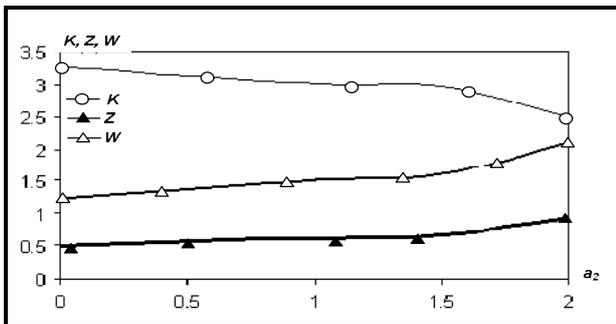


Рис. 26. Влияние восприимчивости экономической системы к технологическим инновациям на экономические показатели

В заключение рассмотрим экономически более замкнутый вариант, который соответствует укрупненной системе (например, региональной экономике). Примем, что увеличение доходов населения непосредственно связано с ростом заработной платы. Вместо коэффициента  $1 + D_t t$  в формуле для объема рынка сбыта введем  $1 + \frac{Z}{Z_0}$ .

Зависимости основных показателей  $K, Y, Z$  от времени показаны на рис. 27. Средние экономические показатели  $\bar{K}, \bar{W}, \bar{Z}$  для этого варианта развития представлены в таблице и превосходят аналогичные показатели незамкнутой системы.

Структура распределения средств  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  приведена на рис. 28. Улучшение экономических показателей при зависимости покупательной способности от уровня зарплаты связано с возрастающим темпом инвестиций в улучшение производства. За счет повышения качества товара не прилагаются значительные дополнительные усилия по рекламе товара  $\beta_3$ . Доля средств на экстенсивное расширение производства снижается почти в два раза. Учет большего числа взаимосвязей в экономической системе позволяет строить более рациональные модели развития.

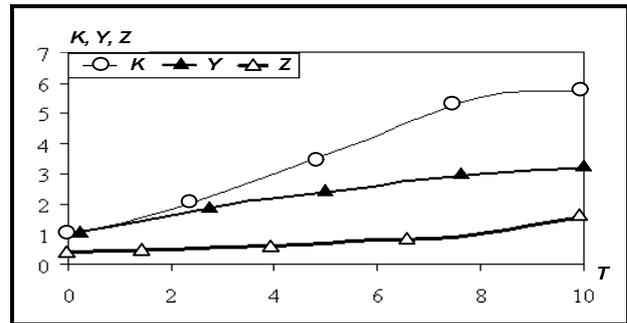


Рис. 27. Развитие замкнутой экономической системы во времени

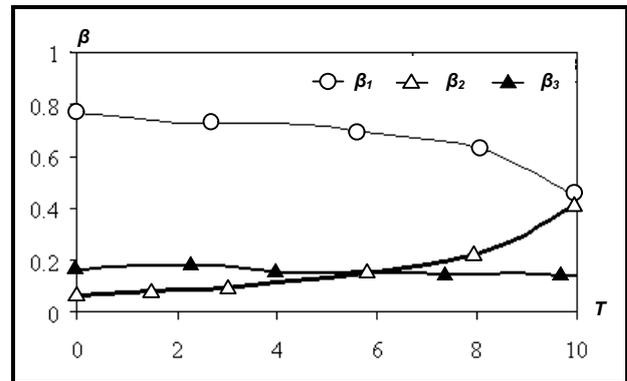


Рис. 28. Оптимальное управление замкнутой системой

## 4. УПРАВЛЕНИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ ПРОЕКТАМИ С ВЕНЧУРНЫМ ФИНАНСИРОВАНИЕМ

### 4.1. Схема венчурного финансирования инвестиционных проектов

Для реализации инвестиционного проекта необходимо определиться с источником и типом финансирования [57]. Венчурное финансирование инвестиционных проектов имеет свои отличительные особенности. Сам термин «венчурное» происходит от английского слова venture – рискованное предприятие и говорит о наличии риска при осуществлении инвестиционного

проекта. Наличие риска не является признаком венчурного инвестирования, так как та или иная степень риска присуща большинству инвестиционных проектов. К характерным особенностям венчурного финансирования, выделяющим его из общего класса проектного финансирования, относятся следующие [32].

1. Финансовые средства, направляемые на формирование или расширение уставного капитала, идут на оплату проектных капитальных затрат с самого начала инвестиционного проекта. За счет этих средств финансируются самые ранние и, следовательно, самые рискованные стадии инвестиционного проекта.
2. Инвестор, предоставляющий свои финансовые, а иногда и материальные средства, с самого начала предполагает последующую продажу своей доли в предприятии в тот момент, когда он сочтет это необходимым по своим экономическим соображениям.
3. Инновационные проекты, способные привлечь внимание венчурного инвестора, связанные с передовыми технологиями и новейшими достижениями научно-технического прогресса [31]. Это может быть производство новых видов товаров и услуг, обеспеченных платежеспособным спросом. Типичным является освоение новых технологических процессов, обеспечивающих либо существенное повышение качества производимой продукции без значительного возрастания производственных издержек, либо снижение себестоимости продукции при сохранении его качества при наличии развивающегося спроса на эту продукцию.
4. Для продвижения инвестиционного проекта с венчурным финансированием учреждается новая компания.

Для организации венчурного инвестирования применяются две схемы: классическая и альтернативная [30]. Классическая схема венчурного инвестирования предполагает наличие развитого фондового рынка. Для реализации инвестиционного проекта прежде всего учреждается новая компания по типу закрытого акционерного общества. Венчурный инвестор может выступать соучредителем этой компании на самом первом этапе организации и внести свою долю в уставной капитал. Таким образом, он является владельцем части акций вновь организованного предприятия (рис. 29). Возможно привлечение инвестора после создания компании. В этом случае для него выпускаются дополнительные акции. При любом варианте венчурный инвестор является собственником части новой компании.

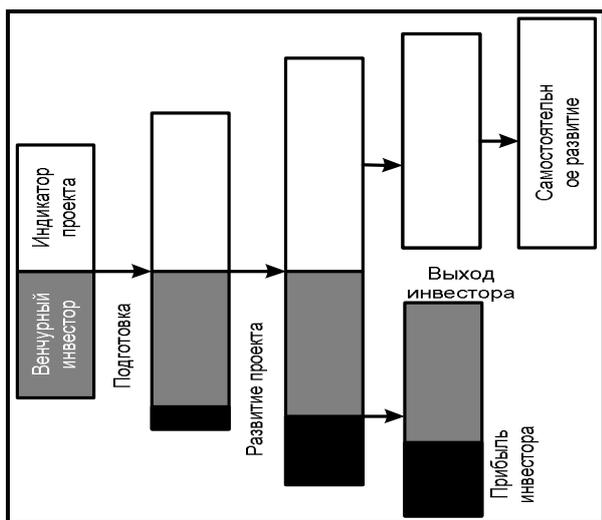


Рис. 29. Схема венчурного финансирования

С тем, чтобы обеспечить себе свободу действий для максимального извлечения выгоды из проекта, венчур-

ный инвестор сразу выкупает существенную часть организованного предприятия. Это позволяет ему контролировать управление предприятием, направлять инвестируемые средства на развитие проекта и строить процесс увеличения стоимости компании к нужному для себя моменту дивестиования (вывода) средств.

Как инициатор инвестиционного проекта (учредитель), так и венчурный инвестор (соучредитель) заинтересованы в быстром росте стоимости созданной компании. Так как венчурные инвестиционные проекты направлены на освоение новой продукции, использование передовых технологий, то стоимость бизнеса начинает возрастать при выходе первых партий продукции на рынок (см. рис. 29). При этом принципиально важно привлечь внимание участников фондового рынка к успехам данного предприятия. С учетом прогноза перспективы развития инвестиционного проекта, акции компании, размещенные на фондовом рынке, могут существенно вырасти в цене [27, 55]. Если цели венчурного инвестора по достижению желаемой прибыли от данного проекта оправдываются, то на том этапе он может продать свою долю в предприятии и прекратить свое участие в проекте (см. рис. 29).

Альтернативная схема венчурного инвестирования отличается от классической способом выхода инвестора из предприятия и не требует наличия фондового рынка и размещения на нем акций компании. По этой схеме к этапу выхода создается дочерняя компания, куда передается функциональная часть имущественного комплекса, позволяющая самостоятельно осуществлять производственную деятельность [32]. После некоторого времени работы дочерней компании ее имущественный комплекс продается и на полученные средства выкупается соответствующая доля у венчурного инвестора. Дочерняя фирма после этого ликвидируется.

Условия венчурного финансирования инвестиций в настоящее время являются подходящими для Российской Федерации. Растущая платежеспособность населения открывает возможность продажи высокотехнологичной продукции при явной нехватке собственных конкурентоспособных товаров. Освоение сопоставимых по качеству с импортными, но более дешевых из-за низкой стоимости рабочей силы товаров может служить основой для многих инвестиционных проектов [88]. Схема венчурного финансирования с выходом инвестора из предприятия в сравнительно короткие сроки также является привлекательной для некоторых инвесторов, которых смущает долгосрочная неопределенность развития политики и экономики в РФ.

#### 4.2. Формализованная модель развития венчурного инвестиционного проекта

Как уже отмечалось, венчурный инвестиционный проект предполагает начало нового производства. Уставной капитал новой компании составляют собственные средства инициатора проекта и привлеченные средства венчурного инвестора. Для дальнейшего развития проекта возможно привлечение заемного капитала в виде кредитов.

Обозначим:

$Z_p^0$  – собственные средства инициатора проекта на начальном этапе;

$Z_v^0$  – средства венчурного инвестора, привлекаемые в проект;

$Z_{IV}^0$  – собственные средства, создаваемого под проект предприятия, определяемые как

$$Z_{IV}^0 = Z_{IP}^0 + Z_V^0.$$

Собственные средства  $Z_{IV}^0$  направляются на капитальные вложения и организацию инвестиционного проекта.

На освоение нового технологического процесса до выпуска первых образцов продукции требуется некоторое время  $\tau_{TP}$ . В этот период времени уже могут понадобиться дополнительные средства на подготовку производства, которые формируются из взятых на некоторый срок кредитов с процентной ставкой  $\Delta_c$ .

Обозначим:

$C(t, T_t)$  – величина кредита, взятого в момент времени  $t$  на срок  $T_t$ .

Рассматриваем агрегированную модель производственно-технической системы, соответствующую вновь образованной компании [47]. В объем выпускаемой продукции  $Y$  входит полное количество производимых предприятием товаров и услуг. Численный состав занятых работников считается постоянным. Как во всякой развивающейся экономической системе, часть произведенной товарной продукции направляется на расширение производства и на потребление [64]. Так как спецификой венчурного инвестиционного проекта является освоение новых видов продукции и передовых технологий, то, очевидно, что часть вырученных средств должна направляться на улучшение производства или на эндогенный научно-технический прогресс. Для упрощения модели сделаем допущение о том, что норма потребления является фиксированной величиной и составляет заданную долю  $s$  от произведенной продукции. Это допущение не является принципиальным в модели венчурного инвестирования, так как здесь основным критерием является достижение инвестором максимальной выгоды. В общем случае учитывается износ производственных фондов с коэффициентом амортизации  $\mu$ .

Развитие инвестиционного проекта основывается на теории производственных функций [1]. Будем применять производственную функцию вида:

$$Y = F(K, L),$$

где

$Y$  – объем выпущенной продукции;

$K$  – объем основного капитала;

$L$  – трудовые затраты.

Для функции Кобба-Дугласа

$$Y = A(Q)K^\alpha L^\beta,$$

где

$$\alpha \in (0, 1); \beta \in (0, 1); \alpha + \beta = 1;$$

$A(Q)$  – мультипликатор научно-технического прогресса определяется количеством финансовых вложений  $Q$  в улучшение производства.

Будем считать, что плата за кредит разбита на равные доли на весь срок выдачи значения:

$$\Delta C(t_j, T_j) = C(t_j, T_j) \frac{(1 + \Delta_c)^{T_j} \Delta_c}{(1 + \Delta_c)^{T_j} - 1},$$

где  $t_j$  – время получения кредита на срок  $T_j$ .

Суммарные выплаты по кредитным обязательствам к моменту времени  $t$  составят:

$$B(t) = \sum_{t_j=1}^t \Delta C(t_j, T_j)$$

при условии, что

$$\Delta C(t_j, T_j) = \begin{cases} C(t_j, T_j) \frac{(1 + \Delta_c)^{T_j} \Delta_c}{(1 + \Delta_c)^{T_j} - 1} & | t \in [t_j, t_j + T_j] \\ 0 & | t \notin [t_j, t_j + T_j] \end{cases}.$$

Особенность венчурного инвестиционного проекта состоит в том, что на этапе развития не ставится задача достижения максимального потребления. Венчурный инвестор, обладающий решающим влиянием в управлении компаний, заинтересован в быстрейшем развитии производства. Поэтому все привлекаемые средства направляются в первую очередь на капитальные вложения и на улучшение технологического процесса. Потребление до тех пор, пока не начинается реализация товарной продукции, составляет фиксированную величину и обеспечивается взятыми кредитами. После начала реализации произведенной продукции норма потребления составляет заданную величину  $s$ .

Временную задержку освоения капитальных вложений обозначим  $\tau_k$ . Будем также считать, что существует инвестиционный лаг, как для расширения производства, так и для улучшения и совершенствования технологического процесса  $\tau_q$ .

Перейдем к удельным переменным, отнеся объем выпущенной продукции  $Y$  и объем основного капитала  $K$  к трудовым затратам:

$$y = \frac{Y}{L} \text{ – средняя производительность труда (отношение стоимости произведенного продукта к стоимости затраченного труда);}$$

$k = \frac{K}{L}$  – фондовооруженность труда (объем основных фондов, приходящихся на одного работника);

$$q = \frac{Q}{L} \text{ – научно-техническая обеспеченность труда}$$

(объем финансовых вложений в улучшение производства, приходящийся на одного работника).

Начальное состояние инвестиционного проекта определяется величиной собственных средств  $Z_{IV}^0$ . Эта величина направляется непосредственно на капитальные вложения  $k(0) = k_0$  и на освоение технологического нового процесса  $q(0) = q_0$  следующим образом:

$$k_0 = \frac{Z_{IV}^0}{L} u_0;$$

$$q_0 = \frac{Z_{IV}^0}{L} (1 - u_0).$$

В течение времени  $t \in (0, \tau_{TP}]$  выпуска продукции нет и  $y(t) = 0$ . Привлекаемые в это время средства за счет кредитов  $C(t, T_t)$  направляются на потребление (заработную плату)  $Z$ , а также на капитальное строительство:

$$\delta k(t + \tau_k) = \frac{C(t, T_t) - Z}{L} u(t)$$

и на научно-техническое совершенствование технологического процесса

$$\delta q(t + \tau_q) = \frac{C(t, T_t) - Z}{L} (1 - u(t)),$$

где функция  $u(t)$  соответствует норме накопления.

После времени  $t \geq \tau_{TP}$  начинается выпуск товарной продукции. Доля средств, полученных при реализации выпущенной продукции после отчислений на потребление  $(1 - s)Y$ , делится на три части:

- часть  $(1 - s)Yu$  направляется на увеличение основных фондов (расширение производства);
  - вторая часть  $(1 - s)Yd$  идет на выплату дивидендов;
  - оставшаяся часть  $(1 - s)Y(1 - u - d)$  направляется на научно-технический прогресс (улучшение производства).
- Таким образом, математическая модель развития инвестиционного проекта примет вид:

- $t = 0$ :

$$k(0) = \frac{Z_{IV}^0}{L} u_0, \quad (39)$$

$$q(0) = \frac{Z_{IV}^0}{L} (1 - u_0).$$

- $t \in (0, \tau_{TP})$ :

$$\frac{dk}{dt} = \frac{C(t - \tau_K, T_{t - \tau_K}) - Z}{L} u(t - \tau_K) - \mu k - B(t), \quad (40)$$

$$\frac{dq}{dt} = (1 - u(t)) \frac{C(t, T_t) - Z}{L},$$

- $t \geq \tau_{TP}$ :

$$\begin{aligned} \frac{dk}{dt} &= (1 - s)y(t - \tau_K)(u(t - \tau_K) - d(t)) + \\ &+ \frac{C(t - \tau_K, T_{t - \tau_K})}{L} u(t - \tau_K) - \mu k - B(t), \end{aligned} \quad (41)$$

$$\frac{dq}{dt} = (1 - s)(1 - u(t))y + (1 - u(t)) \frac{C(t, T_t)}{L},$$

$$y = A(q)k^\alpha.$$

Функция мультипликатора прогресса учитывает временную задержку освоения вкладываемых в науку средств [75]:

$$A(q) = 1 + a(q(t - \tau_q))^\gamma, \quad (42)$$

Коэффициенты  $a, \gamma, \alpha$  и  $\tau_K, \tau_q, \tau_{TP}$  считаются известными. Норма накопления  $u(t)$  является функцией, зависящей от времени.

Для венчурного инвестора основной интерес представляет рыночная цена созданного предприятия, которую можно сопоставить с рыночной ценой акций [89, 90]. Будем рассматривать обыкновенные акции, выпущенные при учреждении новой фирмы под реализацию инвестиционного проекта. Как известно, обыкновенные акции имеют несколько стоимостей [32]. Номинал акции, или ее лицевая стоимость, не имеют значения при анализе рыночной стоимости предприятия. Более показательной является балансовая стоимость акции, рассчитываемая как отношение собственного капитала  $K$  к общему количеству выпущенных акций  $N_A$ :

$$P_B = \frac{K + Q}{N_A}.$$

Начальная балансовая стоимость акций при венчурном финансировании:

$$P_B^0 = \frac{Z_{IV}^0}{N_A}.$$

Основной интерес на фондовом рынке представляет рыночная цена, или курс акций (цена свободной продажи на рынке) [32]. Венчурного инвестора, как и любого другого инвестора, интересует именно эта характеристика. Рыночная цена акции определяется величиной капитализированных дивидендов, получаемых при направлении нераспределенной прибыли на развитие производства, величиной дивидендов, выплачиваемых акционерам из прибыли, а также характером спроса на акции [14]. При росте рыночной цены акции имеется разность между ценами в конце и в начале рассматриваемого периода.

Для оценки акции примем, что ее рыночная стоимость складывается из балансовой цены, цены выпускаемой продукции и, возможно полученных дивидендов, в течении некоторого периода времени  $\tau_d$ :

$$P_A = w_1 \frac{P_B(\tau_d)}{(1+r)^{\tau_d}} + w_2 Y + w_3 \sum_{j=1}^{\tau_d} \frac{D_j}{(1+r)^j}, \quad (43)$$

где  $D_j$  – дивиденды, полученные в  $j$ -м временном периоде;  $r$  – норма прибыли на акцию.

Величина дивидендов определяется по формуле:

$$D_j = D(\xi_j) (1 - s)Y(t_j)d(t_j).$$

На рыночную стоимость акций венчурного инвестиционного проекта может оказать существенное влияние фактор динамичности развиваемого предприятия. При высокой положительной динамике роста выпуска и продаж новой продукции, а также при росте дивидендов может возникнуть дополнительный спрос на акции данного предприятия в надежде получить в будущем значительную прибыль. Поэтому формулу (43) перепишем в виде:

$$\begin{aligned} P_A(t) &= w_1 \frac{P_B(\tau_d)}{(1+r)^{\tau_d}} + w_2 Y + \\ &+ w_3 \sum_{j=1}^{\tau_d} \frac{D_j}{(1+r)^j} + w_4 \frac{dD}{dt}, \end{aligned} \quad (44)$$

где  $w_i, i = \overline{1, 4}$  – весовые коэффициенты.

Задачей венчурного инвестора является построение такого управления проектом, при котором рыночная цена акций предприятия должна быть максимально высокой.

При этом можно рассматривать две формулировки задачи:

- получение заданной величины прибыли от продажи своей части акций за минимально возможное время;
- получение максимальной прибыли при выходе из инвестиционного проекта в фиксированный момент времени.

Управление инвестиционным проектом заключается в распределении средств на развитие проекта и на продвижение акций на фондовый рынок. В соответствии с полученной моделью развития инвестиционного проекта это соответствует определению величин норм накопления  $u_0, u(t), d(t)$ , а также размеров необходимых кредитов  $C(t, T_t)$ .

Сдерживающим фактором будут действия инициатора проекта, который заинтересован в развитии предприятия на более длительный период. Он должен обеспечивать соответствующий уровень заработной платы, заботиться о расширении рынка сбыта продукции в более отдаленном времени, следить за кредиторской задолженностью. Тем не менее, конечные цели венчурного инвестора и инициатора проекта не являются антагонистическими и достигаются при движении в одном направлении.

Математическая модель развития венчурного инвестиционного проекта, описываемая системой уравнений (39-44), является основой для решения задачи оптимального управления новой компанией, созданной под данный проект [41]. Критерии эффективности следуют из ранее сформулированных целей:

- **A** – получение максимальной прибыли проекта в фиксированный момент времени;
- **B** – получение заданной величины прибыли за минимально возможное время.

Первая цель **A** дает критерий:

$$P_A(\tau_d) \rightarrow \max. \quad (45)$$

Вторая цель **B** соответствует критерию

$$P_A(\tau_v) = P_A^v, \quad \tau_v \rightarrow \min. \quad (46)$$

Уравнения (39-45) описывают задачу оптимального управления на фиксированном временном интервале. Задача (39-44), (46) – задача на быстродействие.

### 4.3. Идентификация производственной функции товаропроизводящего предприятия

Для применения изложенной методики расчета рассмотрено предприятие – ОАО «Ижевский радиозавод», занимающееся выпуском радиотехнических приборов [45]. Имеется разработанный бизнес-план на выпуск изделия контрольно-измерительной техники, имеющего технические и качественные показатели европейского уровня при более низкой себестоимости. Для освоения выпуска новой продукции рассмотрена возможность привлечения венчурного инвестора, обеспечивающего до 50% начальных вложений в проект. Высокая доля участия инвестора в проекте предполагает большую его самостоятельность и влияние в управлении вновь образованной структуры для обеспечения инвестиционно-го проекта.

Для оценки чистой приведенной стоимости проекта по предлагаемой методике дополнительно проводится оценка возможной прибыли венчурного инвестора, получаемая за счет оптимального управления инвестиционным проектом.

Производственные возможности проекта оцениваются из опыта выпуска продукции на рассматриваемом предприятии. Под величиной **k** понимается стоимость основных фондов, занятых при производстве данной продукции с добавлением затрат на потребление и на уплату всех сопутствующих налогов. Величина **q** соответствует затратам, связанным с повышением уровня технологического процесса. Сюда отнесены издержки на обновление оборудования, дополнительное обучение персонала, приобретение программного обеспечения, улучшение условий труда. Величина **y** равна стоимости выпущенной продукции. Все величины выражены в условных денежных единицах, приходящихся на одного работника, заня-

того в производстве и обслуживании. Фактические значения  $y_j$ , аппроксимируются формулой:

$$y = 0.93 \left( 1 + 3.14 \left( \frac{q}{50} \right)^{0.38} \right) k^{0.33}.$$

С учетом полученных результатов по виду производственной функции, исходные данные, соответствующие дальнейшим расчетам, представлены в табл. 2.

Таблица 2

### ИСХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ

№	Название параметра	Значение
1	Доля собственных средств инициатора проекта на начальном этапе	0,5
2	Доля средств венчурного инвестора, привлекаемых в проект	0,5
3	Продолжительность периода подготовки производства	2
4	Инвестиционный лаг для расширения производства	2
5	Инвестиционный лаг для улучшения и совершенствования технологического процесса	1
6	Процентная ставка по кредитам	4
	Коэффициент амортизации основных фондов	0,05
7	$\alpha$	0,33
8	$a$	3,14
9	$\gamma$	0,38

### 4.4. Оптимизация управления инвестиционным проектом для получения максимальной прибыли за заданное время

Модель **A**. Проведем численное моделирование оптимального поведения венчурного инвестора, стремящегося получить максимальную прибыль в течение заданного интервала времени  $\tau_d$ .

Первоначальная доля венчурного инвестора в созданном предприятии:

$$\eta_v = \frac{Z_v^0}{Z_{ip}^0 + Z_v^0}.$$

Будем считать, что эта доля остается неизменной за весь рассматриваемый период времени. Тогда показатель чистой приведенной стоимости инвестиционного проекта венчурного инвестора будет равен [32]:

$$NPV_v = \eta_v \left[ \frac{P_A(\tau_d)}{(1 + \Delta_c)^{\tau_d}} + \sum_{t=\tau_{TP}}^{\tau_d} \frac{D(t)}{(1 + \Delta_c)^t} \right] - Z_v^0. \quad (47)$$

На рис. 30 приведены полученные численно значения основных характеристик инвестиционного проекта, изменяющиеся с течением времени при оптимальном управлении:

- **k** – фондовооруженность труда;
- **y** – отношение стоимости произведенного продукта к стоимости затраченного труда;
- **q** – научно-техническая обеспеченность труда.

Значения фондовооруженности отнесены к его начальному значению. Все остальные переменные также в этом случае являются относительными. Единицей времени является квартал. Поэтому процентная ставка по кредитам из табл. 2 соответствует 16% годовых.

В этом варианте величина средств, направляемых на оплату труда, равна  $Z = 0.2$ .

Как следует из рис. 30, уровень собственных средств наиболее интенсивно снижается в период подготовки

производства  $t \leq \tau_{TP}$ . После начала выпуска продукции темп снижения замедляется. Затем начинают выделяться средства на совершенствование технологического процесса и начинается рост капитальных вложений и средств, участвующих в процессе производства.

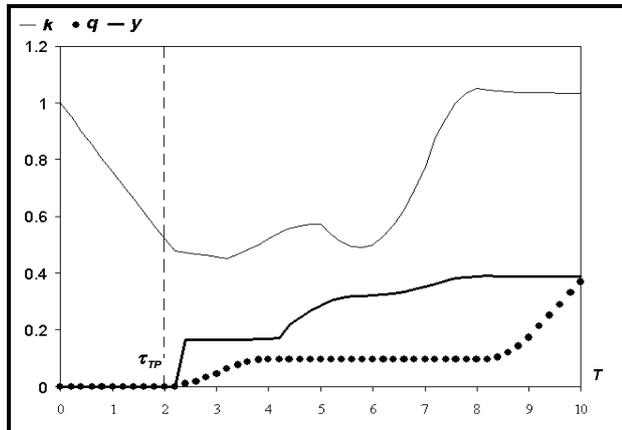


Рис. 30. Оптимальное развитие основных характеристик инвестиционного проекта

Осуществляемое оптимальное управление представлено на рис. 31. Вначале норма накопления равна единице, затем она начинает снижаться в пользу отчисления средств на научно-техническое развитие. После времени начала выпуска продукции  $t > \tau_{TP}$  происходит выплата дивидендов. Хотя финансовое состояние созданного под инвестиционный проект предприятия не является вполне устойчивым, факт выплаты дивидендов предназначен для привлечения потенциальных покупателей и убеждения их в перспективности данного инвестиционного проекта. Снижение нормы потребления в период времени  $2 < t < 4$  приводит к снижению роста величины  $k$  на отрезке  $4 < t < 6$ , так как существует временная задержка или инвестиционный лаг. Затем начинается интенсивное развитие предприятия. Растет выпуск продукции, происходит увеличение средств, направляемых на научно-техническое совершенствование производственного процесса. Происходит выплата дивидендов по акциям. Интенсивное развитие продолжается до момента выхода венчурного инвестора из проекта  $\tau_d = 8$ .

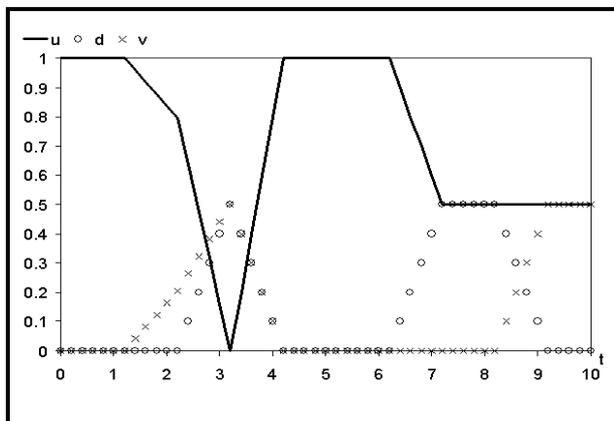


Рис. 31. Управление распределением средств инвестиционного венчурного проекта

Периоду интенсивного развития проекта предшествовало заимствование кредитов, как это показано на рис. 32.

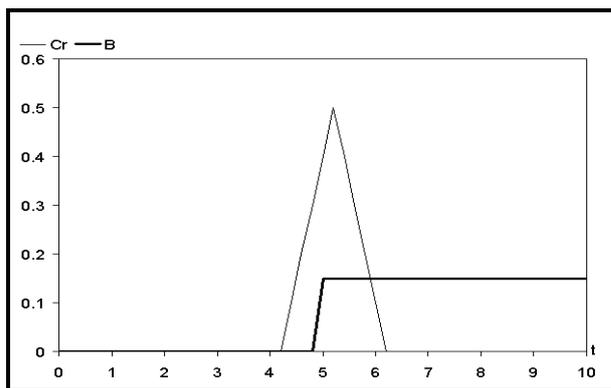


Рис. 32. Распределение кредитов и выплат во времени

Результаты расчетов предполагаемой стоимости инвестиционного проекта приведены на рис. 33. Первоначальная стоимость бизнеса в первые моменты времени  $t \leq \tau_{TP}$  снижается. Цена акций определяется балансовой или книжной стоимостью. После времени начала выпуска продукции  $t > \tau_{TP}$  происходит скачкообразное возрастание стоимости бизнеса. Это связано как с выходом на рынок новой продукции, так и с первой выплатой дивидендов по акциям. Затем наблюдается период относительно спокойного увеличения стоимости предприятия. Перед временем  $\tau_d$  выхода венчурного инвестора из проекта, благодаря его управленческой политике (см. рис. 31) снова происходит резкое возрастание цены акций венчурного инвестиционного проекта. Тем самым венчурный инвестор добился своей цели получения максимальной прибыли. В соответствии с формулой (47) норма полученной прибыли для него составила примерно 60% годовых.

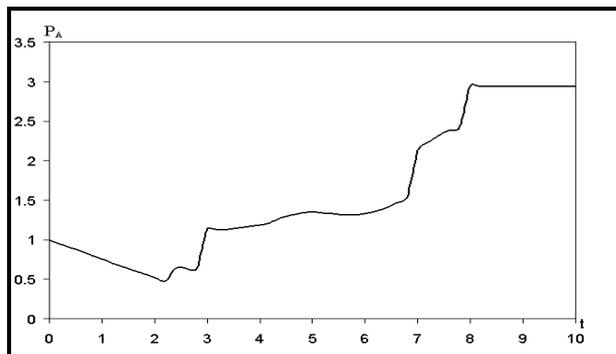


Рис. 33. Изменение стоимости венчурного инвестиционного проекта во времени

Инициаторы проекта, создавшие новое предприятие, также оказались в выигрыше.

- Во-первых, на момент разделения предприятия создана материально-техническая база для выпуска новой продукции.
- Во-вторых, налажен устойчивый выпуск пользующейся спросом продукции.
- В-третьих, произошло существенное увеличение вложения средств в научно-техническое обеспечение производства, что позволяет ему быть конкурентоспособным.

- В-четвертых, величина приведенной стоимости инвестиционного проекта для инициатора также является положительной.

Поэтому имеются все основания утверждать, что данный инвестиционный проект является обоюдовыгодным и перспективным для реализации. В дальнейшем, при смене управленческой политики в связи с уходом венчурного инвестора из проекта, цели развития проекта могут измениться.

Количественные данные, полученные на основе решения задачи оптимального управления, соответствуют качественному описанию венчурного инвестиционного проекта в работе [32], что подтверждает верность сделанных при формализации предположений.

#### 4.5. Результаты параметрического исследования развития инвестиционных венчурных проектов

На основе решения задачи оптимального управления проведем численный эксперимент по влиянию параметров экономической системы на поведение ее характеристик.

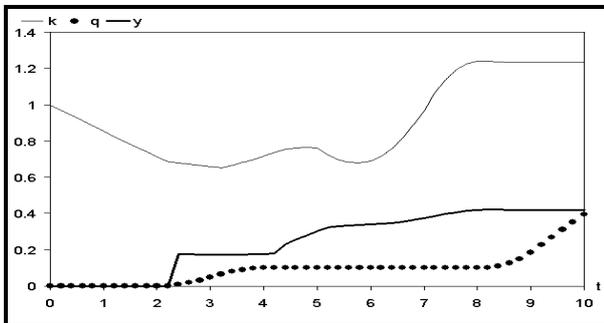


Рис. 34. Оптимальное развитие основных характеристик инвестиционного проекта

Уменьшим в два раза величину средств, направляемых на выплату заработной платы  $Z = 0.1$ . Сравнение рис. 31 и рис. 34 показывает, что динамика процесса не изменилась, увеличился лишь уровень величины капитальных вложений

Динамика развития стоимости инвестиционного проекта при уменьшенной заработной плате также не изменилась. Ее величина выросла до значения  $P_A = 3.2$  (рис. 35) по сравнению с величиной  $P_A = 2.9$  при  $Z = 0.2$  (см. рис. 33).

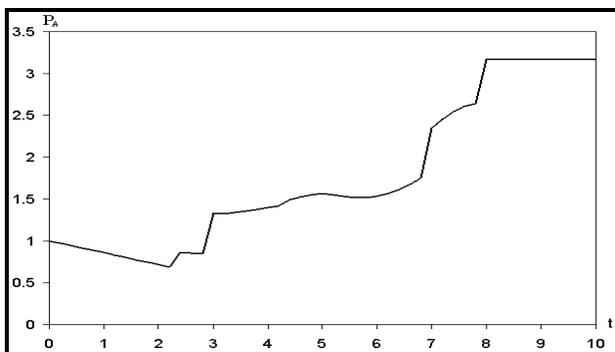


Рис. 35. Изменение стоимости венчурного инвестиционного проекта во времени при оптимальном управлении

Управленческая политика, как следует из рис. 31, 32 и рис. 36 также не изменилась при уменьшении уровня заработной платы.

В принципе в критерий качества управления можно ввести фактор заработной платы и учесть его в расчетах. Но на данном этапе исследований этот учет не проводится.

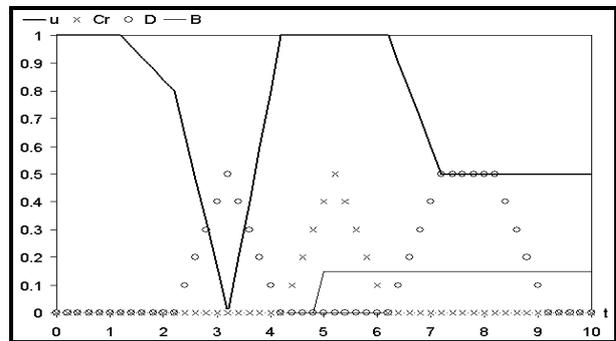


Рис. 36. Управление распределением средств инвестиционного венчурного проекта

Более важными параметрами являются сроки освоения капитальных вложений и средств, выделяемых на научно-техническое совершенствование технологического процесса, т.е. размер инвестиционных лагов  $\tau_k, \tau_q$ . Примем, что сроки освоения капитальных вложений уменьшились вдвое, т.е.  $\tau_k = 1$ , отдача от совершенствования технологического процесса происходит сразу при вложении соответствующих средств ( $\tau_q = 0$ ).

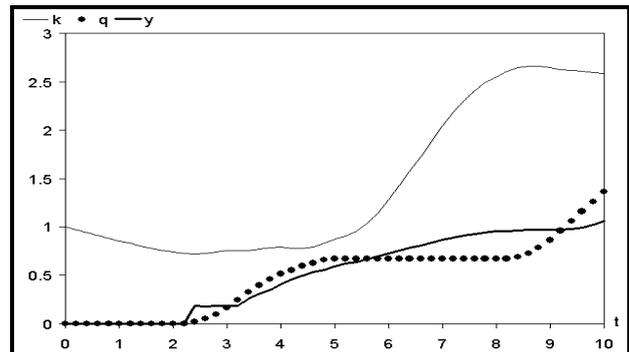


Рис. 37. Оптимальное развитие основных характеристик инвестиционного проекта ( $\tau_k = 1, \tau_q = 0$ )

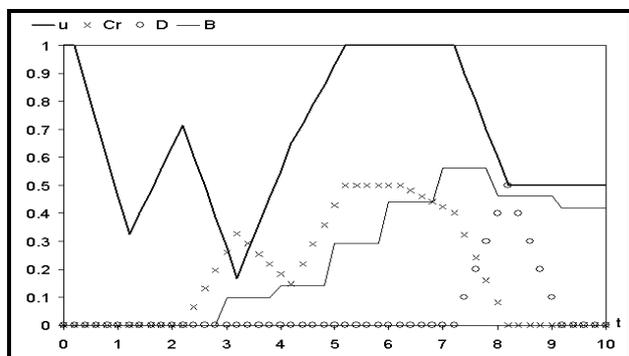


Рис. 38. Управление распределением средств инвестиционного венчурного проекта ( $\tau_k = 1, \tau_q = 0$ )

Уменьшение сроков освоения капитальных и научно-технических вложений существенно улучшает динамику развития инвестиционного проекта и количественные показатели (рис. 37). Величина капитальных вложений увеличилась в два раза, выпуск продукции вырос в три раза, в 2,5 раза увеличилось вложение в научно-технический прогресс.

Изменилось управление нормой производственного накопления (рис. 38). С первого этапа реализации венчурного инвестиционного проекта увеличилась доля средств, направляемая на научно-техническое развитие. Дивиденды не выплачиваются до тех пор, пока материально-техническая база не увеличится вдвое по сравнению с исходным капиталом. Так как производство стало более эффективным, то возросла и эффективность привлекаемых кредитов. Их величина существенно увеличилась, но кредиторская задолженность при этом начинает снижаться с течением времени.

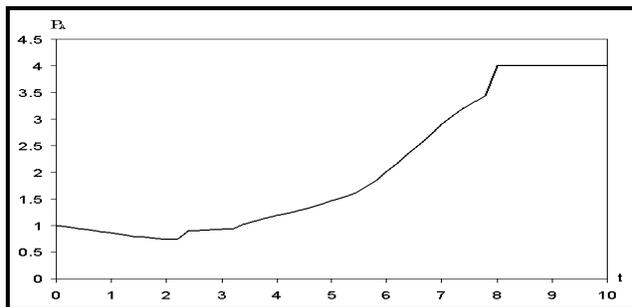


Рис. 39. Изменение стоимости венчурного инвестиционного проекта во времени при оптимальном управлении ( $\tau_k = 1, \tau_q = 0$ )

Оптимальное управление инвестиционным проектом при благоприятных сроках освоения вкладываемых средств приводит к четырехкратному увеличению рыночной стоимости предприятия (рис. 39). Норма прибыли венчурного инвестора составляет при этом 68% годовых.

Следующим влияющим параметром является время выхода венчурного инвестора из проекта  $\tau_d$ . Уменьшим его значение до  $\tau_d = 6$  и проследим влияние сокращения срока участия венчурного инвестора в проекте на характер развития инвестиционного процесса.

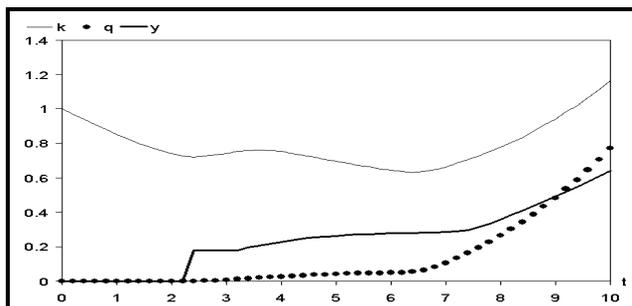


Рис. 40. Оптимальное развитие основных характеристик инвестиционного проекта ( $\tau_d = 6$ )

Как следует из рис. 40 и рис. 41, произошло снижение уровня капитальных вложений из-за перераспределения средств. Доля средств, обеспечивающая будущее интенсивное развитие производства, вследствие научно-технических разработок увеличилась, хотя к моменту выхода венчурного инвестора из проекта количественные

показатели проекта по объему основных фондов и выпускаемой продукции являются низкими.

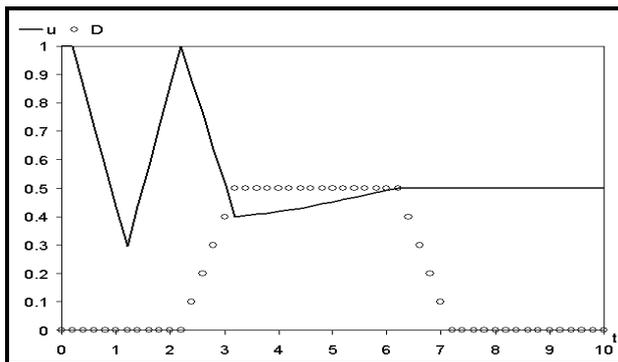


Рис. 41. Управление распределением средств инвестиционного венчурного проекта ( $\tau_d = 6$ )

Для поддержания имиджа инвестиционного проекта все время, начиная от времени начала выпуска продукции  $\tau_{TP}$  до выхода венчурного инвестора из предприятия, происходит непрерывная выплата дивидендов по акциям (рис. 41).

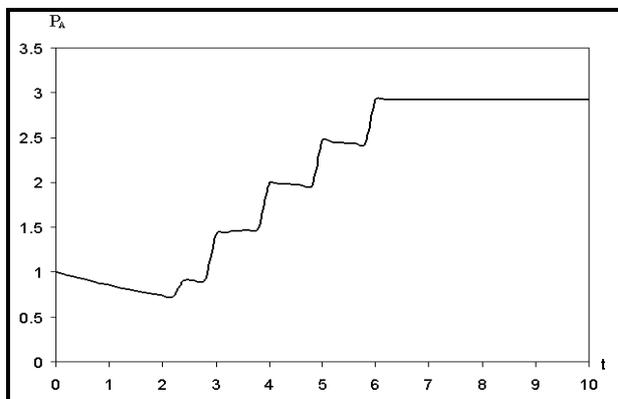


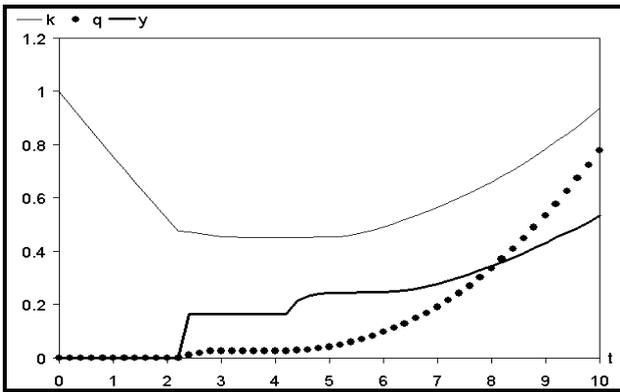
Рис. 42. Изменение стоимости венчурного инвестиционного проекта во времени при оптимальном управлении ( $\tau_d = 6$ )

Благодаря этому имиджу рыночная стоимость предприятия ступенчато возрастает до значительной величины  $P_A \approx 3$  (рис. 42). В результате венчурному инвестору снова удается за счет оптимального управления предприятием выжать из проекта максимальную норму прибыли до 75%.

4.6. Организация управления венчурным проектом для получения прибыли в кратчайшие сроки

Модель **B**. Задача оптимального управления (39-43) с критерием эффективности (46) является задачей на быстрое действие. Как следует из рассмотренных результатов, сроки выхода венчурного инвестора из проекта существенно влияют на управленческую политику. Поэтому модель **B** также должна быть содержательной задачей. Представление результатов в модели **B** такое же, что и в рассмотренной модели **A**. Разница заключается в том, что задается уровень желаемой прибыли  $P_A^*$  и отыскивается оптимальное управление, обеспечивающее этот уровень за кратчайшее время  $\tau_v$ .

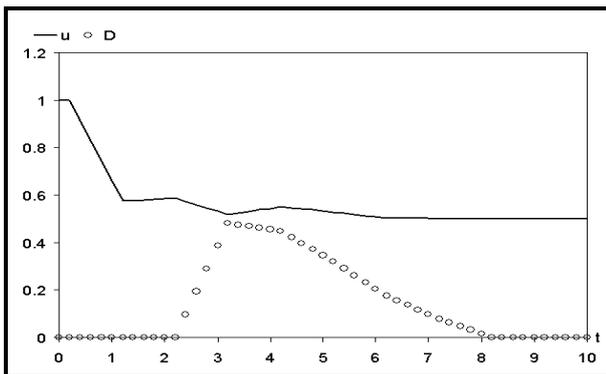
Исходные данные также соответствуют табл. 2, полученной на основе обработки данных.



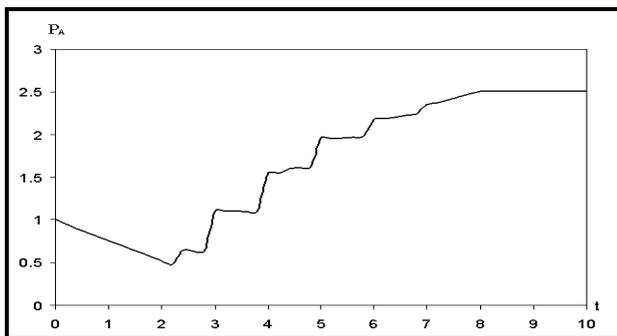
**Рис. 43. Оптимальное развитие основных характеристик инвестиционного проекта (модель B)**

В расчет заложены самые неблагоприятные данные:  $Z = 0.2$ ;  $\tau_k = 2$ ;  $\tau_q = 1$ . Требуемая величина стоимости предприятия  $P_A^y = 1.5$ .

Как видим из рис. 43, 44, 45, поведение переменных данной модели при заложенных исходных данных похоже на рассмотренный предыдущий вариант с временем  $\tau_d = 6$ . Заданная величина стоимости предприятия  $P_A^y = 1.5$  достигается за минимально возможное время  $\tau_v = 3.98$ .



**Рис. 44. Управление распределением средств инвестиционного венчурного проекта (модель B)**



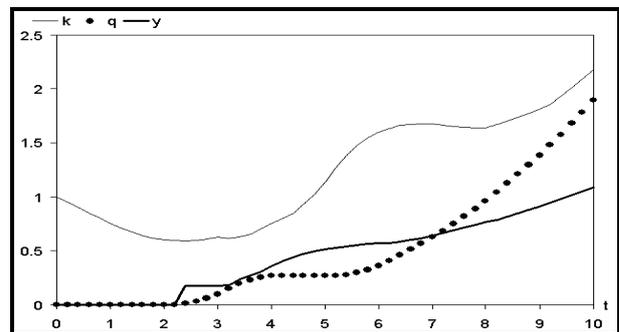
**Рис. 45. Изменение стоимости венчурного инвестиционного проекта во времени при оптимальном управлении по модели B**

Норма производственного накопления устанавливается на уровне  $u \approx 0.5$ . Остальная часть средств идет на выплату дивидендов и научно-техническое разви-

тие. Вследствие поддержки научно-технического прогресса после ухода венчурного инвестора устанавливается хорошая динамика развития с увеличивающимися темпами роста.

Стоимость предприятия наиболее интенсивно растет при участии в управлении венчурного инвестора. После его ухода темпы роста стоимости начинают снижаться.

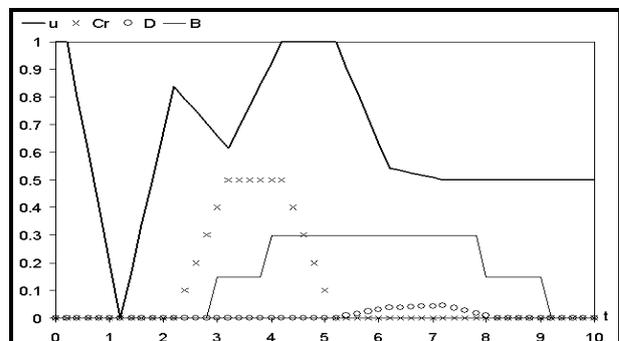
Увеличение требуемой стоимости предприятия до  $P_A^y = 2$  существенно не изменяет динамику и количественные показатели инвестиционного проекта. Время достижения величины  $P_A^y = 2$  становится равным  $\tau_v = 4.94$ . Если сравнивать данную управленческую политику с управлением по модели A с длинным сроком участия венчурного инвестора  $\tau_d = 8$ , то можно отметить, что минимальное время выхода существенно сократилось за счет обеспечения высоких темпов роста рыночной стоимости предприятия (примерно с  $\tau_v \approx 7$  до  $\tau_v \approx 5$ ).



**Рис. 46. Поведение основных характеристик инвестиционного проекта при минимизации времени выхода**

Теперь рассмотрим более благоприятные сроки освоения капиталовложений:  $\tau_k = 1$ ,  $\tau_q = 0$  при  $P_A^y = 2$ . Несмотря на то, что время достижения стоимости предприятия  $P_A^y = 2$  увеличилось до  $\tau_v = 5.55$ , общее состояние экономической системы является гораздо лучшим, чем в предыдущем варианте. Все количественные показатели по фондовооруженности, по выпуску продукции, по научно-техническому развитию выше в два раза (рис. 46). Темпы роста являются высокими и для последующего развития.

Для расширения и развития производства активно используются внешние заимствования (рис. 47).



**Рис. 47. Оптимальное управление распределением средств инвестиционного венчурного проекта по модели B**

Стоимость предприятия (рис. 48) по своей структуре имеет реальную цену, обусловленную высокими производственными показателями, а не ажиотажным спросом на доходные акции. При такой организации управления цели венчурного инвестора и инициатора проекта полностью согласуются между собой. Норма годовой прибыли для венчурного инвестора составляет 56%.

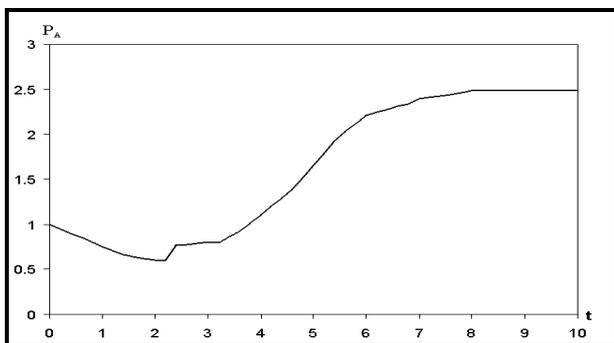


Рис. 48. Изменение стоимости венчурного инвестиционного проекта во времени при оптимальном управлении по модели  $B$  ( $\tau_K = 1, \tau_q = 0$ )

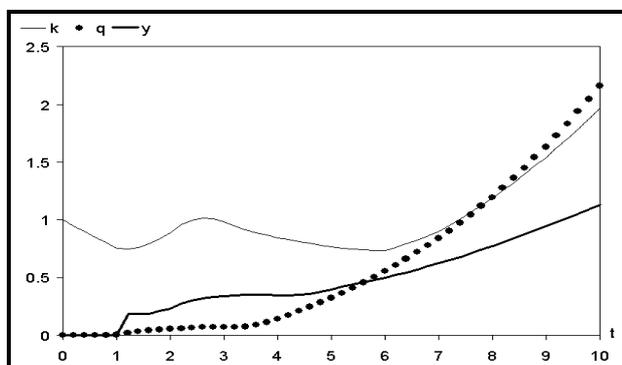


Рис. 49. Поведение основных характеристик инвестиционного проекта при минимизации времени выхода ( $\tau_{TP} = 1$ )

Сократим время освоения производства с  $\tau_{TP} = 2$  до  $\tau_{TP} = 1$ . Остальные параметры остаются на прежнем уровне:  $\tau_K = 1, \tau_q = 0, P_A^v = 2$ .

Так как время начала выпуска продукции уменьшилось, то у венчурного инвестора появился шанс извлечь запланированную прибыль за очень короткие сроки. Действительно, время достижения значения стоимости предприятия  $P_A^v = 2$  составило  $\tau_v = 2.87$  при оптимальном управлении. К этому моменту времени создана положительная динамика увеличения капитальных вложений и выпуска продукции, как это видно на рис. 49.

Это в значительной степени определяется взятыми в этот период времени кредитами (рис. 50). Благодаря увеличению капиталовложений в производство, а также начавшимся выплатами дивидендов, рыночная цена предприятия резко возрастает, как показано на рис. 51. Норма прибыли венчурного инвестора является очень высокой и превышает 100%.

Такие ранние сроки выхода венчурного инвестора из проекта не прошли бесследно для общего развития про-

екта в последующие периоды времени. Объем капиталовложений начал снижаться и только благодаря интенсивному вкладыванию средств в научно-технологическое совершенствование технологического процесса динамика роста становится положительной. Стоимость предприятия снова приближается к его балансовой цене.

Увеличение требуемой стоимости до  $P_A^v = 3$  растянуло весь переходный процесс во времени. Также выплачиваются кредиты и выплачиваются дивиденды. Время достижения  $P_A^v = 3$  при этом составило  $\tau_v = 5.86$ . Состояние предприятия после ухода венчурного инвестора остается хуже, чем в предыдущем варианте.

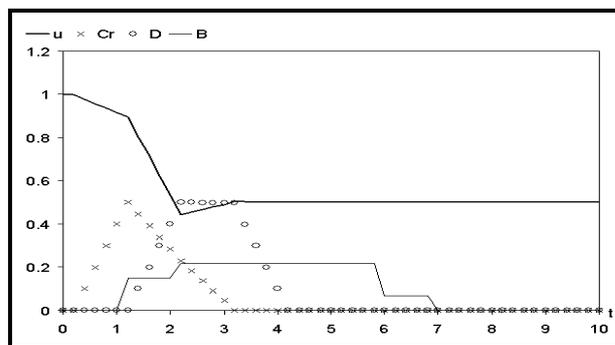


Рис. 50. Оптимальное управление распределением средств инвестиционного венчурного проекта по модели  $B$  ( $\tau_{TP} = 1$ )

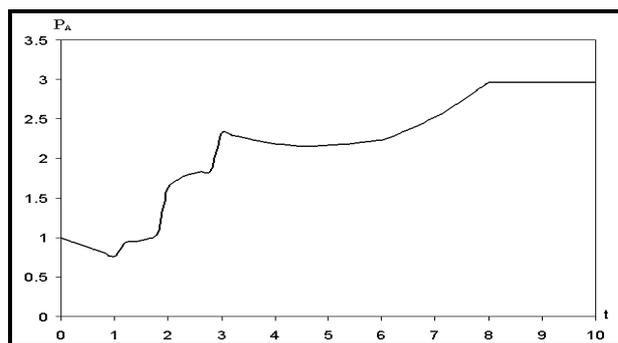


Рис. 51. Изменение стоимости венчурного инвестиционного проекта во времени при оптимальном управлении по модели  $B$  ( $\tau_{TP} = 1$ )

#### 4.6. Оценки риска венчурного инвестирования

Величину инвестиционного риска можно определить как разницу между ожидаемым значением прибыли и ее фактическим значением. Венчурные инвестиционные проекты относятся к рисковому типу. Как было показано в предыдущих параграфах, целесообразное управление инвестиционным проектом может принести венчурному инвестору значительные прибыли за достаточно короткий срок. Но возможность больших прибылей связана с большими рисками. Как уже отмечалось, кардинальным средством снижения риска в экономических проектах является уменьшение неопределенности с оценкой будущего состояния рассматриваемой системы [63]. На данном этапе исследования не будем рассматривать непосредственное влияние внешних условий, определяющих страновой риск,

валютный риск, процентный риск, инфляционный риск. Проведем оценку производственного риска осуществления венчурного инвестиционного проекта.

При реализации инвестиционного проекта, связанного с подготовкой производства для выпуска новой продукции, могут возникнуть непредвиденные трудности на микроэкономическом уровне. Могут быть сорваны сроки строительства и реконструкции производственных помещений. Возможно изменение сроков поставок нового оборудования и его монтажа. Могут произойти какие-либо события, увеличивающие срок освоения нового технологического процесса и сдвигающие время начала выпуска новой продукции  $\tau_{TP}$ . Этот временной параметр является определяющим при реализации венчурного инвестиционного проекта.

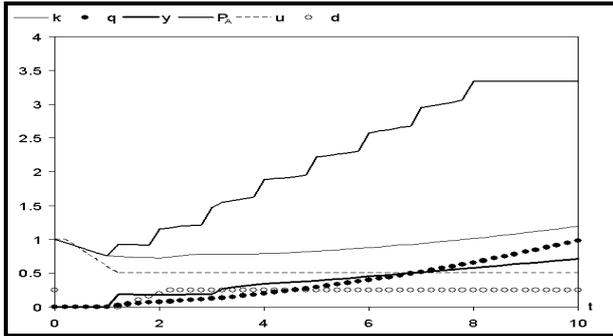


Рис. 52. Поведение основных характеристик инвестиционного проекта при неоптимальном управлении

Фактором, снижающим инвестиционный риск, является целенаправленное управление, реагирующее на возникшие неблагоприятные условия [56, 97]. Рассмотрим это на примере с исходными данными:  $Z = 0.2$ ;  $\tau_k = 2$ ;  $\tau_q = 1$ ;  $\tau_{TP} = 1$ . Результаты расчетов при постоянном управлении:  $u = 0.5, d = 0.25$  приведены на рис. 52. Даже при малом времени подготовки  $\tau_{TP} = 1$  темпы развития предприятия являются невысокими. Стоимость предприятия растет, в основном, за счет заинтересованности потенциальных покупателей акций в регулярной выплате дивидендов. Балансовая цена изменяется незначительно за весь рассматриваемый период времени.

С увеличением времени начала выпуска продукции ситуация еще более усугубляется. На рис. 53 показана зависимость балансовая стоимость от времени подготовки производства, рассчитанная при постоянном управлении  $u = 0.5, d = 0.25$ . Изменение рыночной цены предприятия приведено на рис. 54. На этих же рисунках показаны аналогичные зависимости (жирная линия) при оптимальном управлении в условиях изменения сроков подготовки производства. Если рыночные стоимости отличаются не столь значительно, то в балансовых ценах разность является более заметной.

Показатели чистой приведенной стоимости для инвестиционного проекта представлены на рис. 55 и 56, соответственно, на основе рыночной и балансовой стоимостей. Как видим, оптимальное управление проектом обеспечивает положительную величину NPV даже в условиях, когда рыночная цена акций совпадет с балансовой ценой при  $\tau_{TP} > 2$ . Инвестиционный риск снижается в случае оптимального управления примерно на 30%, что является достаточно значимой величиной.

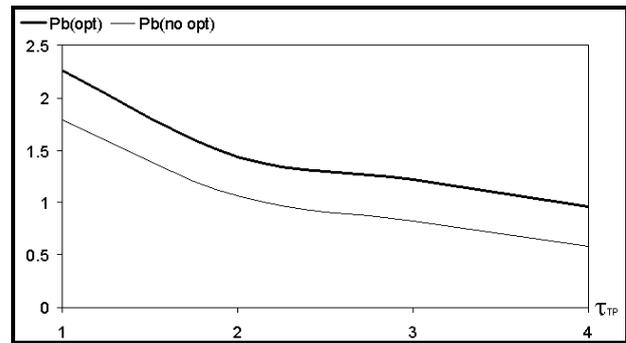


Рис. 53. Зависимость балансовой стоимости предприятия от времени подготовки производства

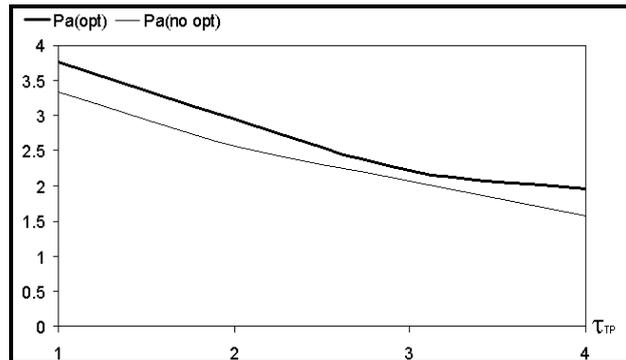


Рис. 54. Зависимость рыночной стоимости предприятия от времени подготовки производства

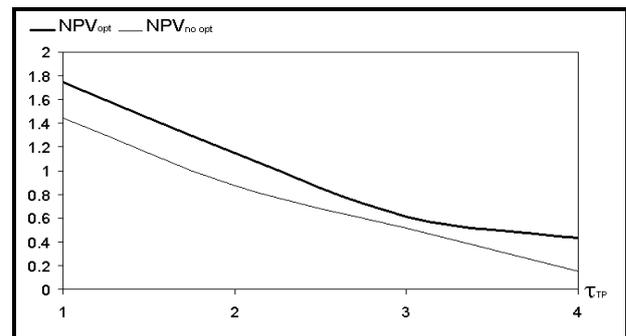


Рис. 55. Влияние времени подготовки производства на чистую приведенную стоимость проекта, определенную по предполагаемой рыночной оценке

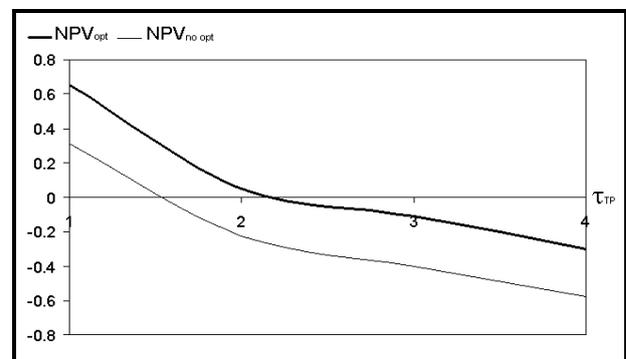


Рис. 56. Влияние времени подготовки производства на чистую приведенную стоимость проекта на основе балансовой цены

Если считать величину времени подготовки производства  $\tau_{TP} = 2$  базовой при оценке эффективности венчурного инвестиционного проекта, то максимальный риск, связанный с изменением сроков начала выпуска продукции, можно определить по разности чистой приведенной стоимости для некоторого значения  $\tau_{TP} > 2$  и  $\tau_{TP} = 2$  [40]. Так, для рассмотренных условий для  $\tau_{TP} = 3$  величина риска составляет 15% для оптимального управления и 45% для неоптимального. Для времени  $\tau_{TP} = 4$  она составляет 34% и 63%, соответственно.

## ВЫВОДЫ

1. На всех этапах инвестиционного проекта для повышения эффективности его реализации целесообразно применять комбинацию из методов прямого математического моделирования и интеллектуальных методов извлечения знаний из данных, дающую дополнительную информацию о закономерностях развития инвестиционных проектов и снижающую инвестиционный риск.
2. На основе протестированного численного метода решения задачи оптимального управления получены варианты поведения товаропроизводителя.
3. В зависимости от целей венчурного инвестора (достижение максимальной прибыли за фиксированной промежуток времени или получение фиксированной прибыли за кратчайшее время) разработаны два критерия эффективности, позволившие построить две модели управления инвестиционными проектами.
4. Основу рационального управления венчурным инвестиционным проектом составляет направление средств на развитие и совершенствование производственного процесса с переменной нормой накопления. Норма накопления должна быть снижена после времени начала выпуска новой продукции для выплаты дивидендов и выделения дополнительных средств на научно-техническое совершенствование технологического процесса. Дивиденды также необходимо начинать выплачивать в период, предшествующий времени выхода венчурного инвестора из проекта.
5. При оптимальном управлении предприятием стратегические цели венчурного инвестора и инициатора проекта совпадают. Рациональное управление венчурным инвестиционным проектом позволяет снизить величину инвестиционного риска для рассмотренных условий производства.

## Литература

1. Ашманов С.А. Введение в математическую экономику [Текст] / С.А. Ашманов. – М. : Наука, 1984.
2. Айвазян С.А., Бежаева Э.И., Староверов О.В. Классификация многомерных наблюдений [Текст] / С.А. Айвазян, Э.И. Бежаева, О.В. Староверов. – М. : Статистика, 1974.
3. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики [Текст] / С.А. Айвазян, В.С. Мхитарян. – М. : ЮНИТИ, 1998.
4. Андрейчиков А.В., Андрейчикова О.Н. Анализ, синтез, планирование решений в экономике [Текст] / А.В. Андрейчиков, О.Н. Андрейчикова. – М. : Финансы и статистика, 2000.
5. Абрамов С.И. Инвестирование [Текст] / С.И. Абрамов. – М. : Центр экономики и маркетинга, 2000.
6. Алавердов А.Р. Управление финансами предприятий [Текст] / А.Р. Алавердов. – М. : МЭСИ, 1998. – 40 с.
7. Автухович Э.В. и др. Математическая модель экономики переходного периода [Текст] / Э.В. Автухович, С.М. Гуриев, Н.Н. Оленев, А.А. Петров, И.Г. Поспелов, А.А. Шананин, С.В. Чуканов. – М. : ВЦ РАН, 1999.
8. Альбрехт Э.Г. Методика построения и идентификации моделей макроэкономических процессов [Электронный ресурс] / Э.Г. Альбрехт // Исследовано в России : Электронный журнал. – Режим доступа: <http://zhurnal.gpi.ru>

9. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок [Текст] / С.Д. Бешелев, Ф.Г. Гурвич. – М. : Статистика, 1974.
10. Баканов М.И., Шеремет А.Д. Теория анализа хозяйственной деятельности [Текст] / М.И. Баканов, А.Д. Шеремет. – М. : Финансы и статистика, 2000.
11. Банковское дело [Текст] / под ред. О.И. Лаврушина. – М., 1998.
12. Банки и банковские операции [Текст] / под ред. Е.Ф. Жукова. – М., 1997.
13. Блех Ю., Гетце У. Инвестиционные расчеты [Текст] / Ю. Блех, У. Гетце ; пер. с нем. ; под ред. А.М. Чуйкина, Л.А. Галютина. – Калининград, 1997.
14. Буренин А.М. Рынок ценных бумаг и производные финансовые инструменты [Текст] / А.М. Буренин. – М. : 1-я Федеративная книготорговая компания, 1998.
15. Багриновский К.А., Матюшок В.М. Экономико-математические методы и модели [Текст] / К.А. Багриновский, В.М. Матюшок. – М. : РУДН, 1999.
16. Бэстэнс Э. Нейронные сети и финансовые рынки. Принятие решений в торговых операциях [Текст] / Э. Бэстэнс, В.-М. Ван ден Берг, Д. Вуд. – М. : ТВП, 1997.
17. Бочаров В.В. Инвестиционный менеджмент [Текст] / В.В. Бочаров. – СПб. : Питер, 2000.
18. Бромвич М. Анализ экономической эффективности капиталовложений [Текст] / М. Бромвич. – М., 1996.
19. Бурков В.Н., Ириков В.А. Методы управления организационными системами [Текст] / В.Н. Бурков, В.А. Ириков. – М. : Наука, 1994.
20. Борисов А.Н. Принятие решений на основе нечетких моделей [Текст] / А.Н. Борисов, О.А. Крумберг, И.П. Федоров. – Рига : Зинатне, 1990.
21. Базен Р.С. и др. Информация и риск в маркетинге [Текст] / пер. с англ. – М. : Финстатинформ, 1993.
22. Беллман Р., Калаба Р. Динамическое программирование и современная теория управления [Текст] / Р. Беллман, Р. Калаба. – М. : Наука, 1969. – 458 с.
23. Балабанов И.Т. Риск-менеджмент [Текст] / И.Т. Балабанов. – М. : Финансы и статистика, 1996. – 192 с.
24. Бессонов В.А. Об измерении динамики российского промышленного производства переходного периода [Текст] / В.А. Бессонов // Экономический журнал ВШЭ. – 2001. – Т. 5. – №4. – С. 564-588.
25. Биван А.А. Факторы реструктуризации предприятий в переходных экономиках [Текст] / А.А. Биван, С. Эстрин, Е.С. Шаффер // Экономический журнал ВШЭ. – 2002. – Т. 6. – №1. – С. 3-27.
26. Бирман Г., Шмидт С. Экономический анализ инвестиционных проектов [Текст] / Г. Бирман, С. Шмидт ; пер. с англ.; под ред. Белых Л.П. – М. : Банки и биржи, ЮНИТИ, 1997.
27. Бланк И.А. Инвестиционный менеджмент [Текст] : учеб. курс / И.А. Бланк. – Киев, 2001.
28. Борисов А.Н. Обработка нечеткой информации в системах принятия решений [Текст] / А.Н. Борисов, А.В. Алексеев, Г.В. Меркурьева и др. – М. : Радио и связь, 1989. – 304 с.
29. Бузько И.В. Методология анализа и оценки экономического риска в инновационных процессах [Текст] : Автореф. дис. ... д-ра экон. наук. – Донецк, 1996. – 54 с.
30. Валдайцев С.В. Управление инновационным бизнесом [Текст] / С.В. Валдайцев. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
31. Валдайцев С.В. Оценка бизнеса и управление стоимостью предприятия [Текст] / С.В. Валдайцев. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001.
32. Валдайцев С.В. и др. Инвестиции [Текст] : учеб. / С.В. Валдайцев, П.В. Воробьев, В.В. Иванов ; под ред. В.В. Ковалева, В.В. Иванова, В.А. Лялина. – М. : Велби, Проспект, 2003. – 440 с.
33. Волков С.И. Построение и функционирование сложных экономических систем [Текст] / С.И. Волков, А.Н. Романов, Г.П. Григоренко. – М. : Финансы и статистика, 1982.
34. Владимиров В.А. и др. Управление риском [Текст] / В.А. Владимиров, Ю.Л. Воробьев, Г.Г. Малинецкий и др. – М. : Наука, 2000.

35. Воловник А.Д. Динамическое моделирование деятельности коммерческого банка [Текст] / А.Д. Воловник. – Мурманск – Ижевск : Изд-во Кольского НЦ РАН, 2006. – 297 с.
36. Лялин В.Е., Ляшенко В.И., Воловник А.Д. и др. Экономико-правовые механизмы поддержки и развития субъектов малого предпринимательства в странах Америки и Азии [Текст] / В.И. Лялин, В.И. Ляшенко, А.Д. Воловник и др. – Мурманск – Ижевск – Донецк : Изд-во Кольского НЦ РАН, 2005. – 243 с.
37. Воловник А.Д. Управление производственными запасами предприятия в условиях инфляции [Текст] / А.Д. Воловник // Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе : Мат-лы 31-й Междунар. конф. – М., 2004. – С. 123-124.
38. Воловник А.Д., Лялин В.Е. Оптимизация кредитной политики предприятия [Текст] / А.Д. Воловник, В.Е. Лялин // Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе : Мат-лы 31-й Междунар. конф. – М., 2004. – С. 125-126.
39. Воловник А.Д., Лялин В.Е. Оптимальное управление производством при наличии инвестиционных лагов [Текст] / А.Д. Воловник, В.Е. Лялин // Информационные технологии в науке, социологии, экономике и бизнесе : Мат-лы 31-й Междунар. конф. – М., 2004. – С. 127-128.
40. Воловник А.Д., Лялин В.Е. Модели снижения инвестиционного риска при оптимизации управления предприятием [Текст] / А.Д. Воловник, В.Е. Лялин // Аудит и финансовый анализ. – 2006. – №2. – С. 200-246.
41. Воловник А.Д. Модель оптимального управления инвестиционными проектами [Текст] / А.Д. Воловник // Вестник Белгородского университета потребительской кооперации. – 2006. – №2. – С. 80-85.
42. Воловник А.Д., Лялина Е.В. Моделирование ценовой политики кредитной организации в условиях конкуренции [Текст] / А.Д. Воловник, Е.В. Лялина // Вестник Московской Академии рынка труда и информационных технологий. – 2006. – №6. – С. 28-34.
43. Воловник А.Д., Семенов В.В. Решение задачи о замене оборудования методом статистических испытаний [Текст] / А.Д. Воловник, В.В. Семенов // Вестник Московской академии рынка труда и информационных технологий. – 2006. – №7. – С. 74-80.
44. Воловник А.Д., Лялин В.Е. Применение метода нелинейного программирования для оптимального управления инвестиционными проектами [Текст] / А.Д. Воловник, В.Е. Лялин // Известия ТулГУ. – Математика. Информатика. – Т. 11. – Вып. 4. Информатика. – Тула : Изд-во ТулГУ, 2005. – С. 26-43
45. Воловник А.Д., Рагозин Л.Н. Оценка финансовых рисков при кредитовании ОАО «Ижевский радиозавод» с учетом его финансово-хозяйственной деятельности в условиях посттрансформационной экономики [Текст] / А.Д. Воловник, Л.Н. Рагозин // Труды международной научно-технической конференции «Информационные технологии в инновационных проектах». – Ижевск : ИжГТУ, 1999. – С. 67-69.
46. Воловник А.Д. Инвестиционная политика банка «Фондсервис-банк» при финансировании перспективных проектов предприятий [Текст] / А.Д. Воловник // Всероссийская отраслевая науч.-практ. конф. Агентства «Росавиакосмос» по проблемам привлечения финансовых ресурсов от иностранных и российских инвесторов : сб. тезисов докладов. – Мытищи : Изд-во Московского госуниверситета леса, 2001. – С. 23-25.
47. Воловник А.Д., Тененев В.А. Инвестиционная политика кредитования венчурных проектов [Текст] / А.Д. Воловник, В.А. Тененев // Информационные технологии в инновационных проектах : труды Междунар. науч.-технической конф. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2003. – С. 73-76.
48. Воловник А.Д., Тененев В.А. Оптимизация движения производственных запасов на предприятии [Текст] / А.Д. Воловник, В.А. Тененев // Интеллектуальные системы в производстве : сб. науч. тр. ИжГТУ. – 2004. – №2. – Ижевск : Изд-во ИжГТУ, 2004. – С. 53-57.
49. Воловник А.Д. Формирование инвестиционных лагов для расширения производства и для совершенствования его технологического процесса [Текст] / А.Д. Воловник // Проблемы и перспективы российской экономики : мат-лы V Всероссийской науч.-практ. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2006. – С. 129-132.
50. Воловник А.Д. Достижение дополнительной прибыли предприятия за счет оптимизации объемов производственных запасов в условиях быстрого роста индекса цен [Текст] / А.Д. Воловник // Проблемы и перспективы российской экономики : мат-лы V Всероссийской науч.-практ. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2006. – С. 155-157.
51. Воловник А.Д., Лялина Е.В. Модель оценки эффективности финансового рычага в условиях погашения кредиторской задолженности за счет новых заемных средств [Текст] / А.Д. Воловник, Е.В. Лялина // Проблемы и перспективы российской экономики : мат-лы V Всероссийской науч.-практ. конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2006. – С. 133-135.
52. Воловник А.Д., Лялина Е.В. Моделирование этапов инвестиционных проектов [Текст] / А.Д. Воловник, Е.В. Лялина // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании : мат-лы XVII Междунар. науч.-технической конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2006. – С. 70-72.
53. Воловник А.Д. Оптимизация управления запасами в условиях неопределенности действия внешних факторов [Текст] / А.Д. Воловник // Математические методы и информационные технологии в экономике, социологии и образовании : мат-лы XVII Международной науч.-технической конф. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2006. – С. 91-94.
54. Воронцовский А.В. Инвестиции и финансирование [Текст] / А.В. Воронцовский. – СПб. : Изд-во СПбУ, 1998.
55. Горохов М.Ю., Малеев В.В. Бизнес-планирование и инвестиционный анализ [Текст] / М.Ю. Горохов, В.В. Малеев. – М. : Филинь. 1998. – 208 с.
56. Грабовый П.Г. и др. Риски в современном бизнесе [Текст] / П.Г. Грабовый, С.Н. Петрова и др. – М. : Аланс, 1994.
57. Гитман Л., Джонк М. Основы инвестирования [Текст] / Л. Гитман, М. Джонк ; пер. с англ. – М. : Дело, 1997.
58. Глухов В.В., Медников М.Д., Коробко С.Б. Экономико-математические методы и модели в менеджменте [Текст] / В.В. Глухов, М.Д. Медников, С.Б. Коробко. – СПб. : СПбГТУ, 2000.
59. Гейл Д. Теория экономических моделей [Текст] / Д. Гейл. – М. : Иностранная литература, 1963.
60. Гранатуров В.М. Экономический риск : сущность, методы измерения, пути снижения [Текст] : учеб. пособие / В.М. Гранатуров. – М. : Дело и сервис, 2002. – 160 с.
61. Дегтярев Ю.И. Системный анализ и исследование операций [Текст] / Ю.И. Дегтярев. – М. : Высшая школа, 1996. – 335 с.
62. Дубров А.М. Многомерный статистический анализ в экономических исследованиях [Текст] / А.М. Дубров, В.С. Мхитарян, Л.И. Трошин. – М., МЭСИ, 1988.
63. Дубров А.М. и др. Моделирование рисков ситуаций в экономике и бизнесе [Текст] / А.М. Дубров, Б.А. Лагоша, Е.Ю. Хрусталева, Т.П. Барановская. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Финансы и статистика, 2001.
64. Долгий Ю.Ф., Близуруков М.Г. Динамические системы в экономике с дискретным временем [Текст] / Ю.Ф. Долгий, М.Г. Близуруков // Экономика и математические методы. – 2002. – Т. 38. – №3. – С. 94-106.
65. Евтушенко Ю.Г. Методы решения экстремальных задач и их применение в системах оптимизации [Текст] / Ю.Г. Евтушенко. – М. : Наука, 1982. – 432 с.
66. Емельянов А.А. Структурный анализ и динамические имитационные модели в экономике [Текст] / А.А. Емельянов. – М. : Финансы и статистика, 1998.
67. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию решений [Текст] / Л. Заде. – М. : Мир, 1976. – 166 с.
68. Зайченко Ю.П. Исследование операций [Текст] / Ю.П. Зайченко. – Киев : Выща школа, 1988. – 550 с.

69. Занг В.-Б. Синергетическая экономика. Время и перемены в нелинейной экономической теории [Текст] / В.-Б. Занг. – М. : Мир, 1999.
70. Замков О.О. Математические методы в экономике [Текст] / О.О. Замков, А.В. Толстопятенко, Ю.Н. Черемных. – М. : Дело и сервис, 1997.
71. Ивченко Б.П. Управление в экономических и социальных системах [Текст] / Б.П. Ивченко, Л.А. Мартыщенко, М.Е. Табухов. – СПб. : Нордмед-Издат, 2001. – 248 с.
72. Искусственный интеллект [Текст] : в 3 кн. Кн. 1 : Системы общения и экспертные системы / под ред. проф. Э.В. Попова. – М. : Радио и связь, 1990. – 461 с.
73. Искусственный интеллект [Текст] : в 3 кн. Кн. 2 : Модели и методы / под ред. проф. Д.А. Поспелова. – М. : Радио и связь, 1990. – 304 с.
74. Искусственный интеллект [Текст] : в 3 кн. Кн. 3 : Программные и аппаратные средства / под ред. В.Н. Захарова, В.Ф. Хорошевского. – М. : Радио и связь, 1990. – 232 с.
75. Иванилов Ю.П., Лотов А.В. Математические модели в экономике [Текст] / Ю.П. Иванилов, А.В. Лотов. – М. : Наука, 1979.
76. Исследование операций в экономике [Текст] / под ред. Кремера Н.Ш. – М. : ЮНИТИ, 1997.
77. Ковелло Дж. А., Хетзелгрэн Б. Дж. Бизнес-план [Текст] : полное справочное руководство / Джозеф А. Ковелло, Бриан Дж. Хетзелгрэн ; пер. с англ. – М. : БИИОМ, 1997.
78. Курицкий Б.Я. Поиск оптимальных решений средствами Excel 7.0. [Текст] / Б.Я. Курицкий. – СПб. : BHV, 1997.
79. Колемаев В.А. Математическая экономика [Текст] / В.А. Колемаев. – М. : ЮНИТИ, 1998.
80. Колемаев В.А. Математические модели макроэкономики [Текст] / В.А. Колемаев. – М. : ГАУ им. С. Орджоникидзе, 1996.
81. Кротов В.Ф. и др. Основы теории оптимального управления [Текст] / В.Ф. Кротов, Б.А. Лагоша и др. ; под ред. В.Ф. Кротова. – М. : Высшая школа, 1990.
82. Кныш М.И. Стратегическое планирование инвестиционной деятельности [Текст] / М.И. Кныш, Б.А. Перекатов, Ю.П. Тютиков. – СПб. : Бизнес-пресса, 1998.
83. Ковалев В.В. Финансовый анализ [Текст] / В.В. Ковалев. – М. : Финансы и статистика, 1995.
84. Ковалев В.В. Методы оценки инвестиционных проектов [Текст] / В.В. Ковалев. – М. : Финансы и статистика, 1998.
85. Ковалев В.В. Введение в финансовый менеджмент [Текст] / В.В. Ковалев. – М. : Финансы и статистика, 1999.
86. Капица С.П. Синергетика и прогнозы будущего [Текст] / С.П. Капица, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий. – М. : Наука, 1997.
87. Литвин М.И., Кобыц Г.К. Об инвестициях в оборотные средства предприятий [Текст] / М.И. Литвин, Г.К. Кобыц // Финансы. – 1999. – №4.
88. Лялин В.Е. Экономико-правовые механизмы поддержки и развития субъектов малого предпринимательства в странах Америки и Азии [Текст] / В.Е. Лялин, В.И. Ляшенко, А.Д. Воловник и др. – Мурманск – Ижевск – Донецк : Изд-во Кольского НЦ РАН, 2005. – 243 с.
89. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов по их обороту для финансирования [Текст] : офиц. изд. – М. : Экономика, 2000.
90. Методика определения оптовых цен на новую машиностроительную продукцию производственно-технического назначения [Текст] / Госуд. комитет СССР по ценам ; утв. Госуд. комитетом по ценам СССР 30 окт. 1987 г. – 28 с.
91. Месарович М., Такахара Я. Общая теория систем [Текст] / М. Месарович, Я. Такахара. – М. : Мир, 1978.
92. Орлова И.В. Экономико-математические методы и модели. Выполнение расчетов в среде EXCEL [Текст] / И.В. Орлова. – М. : Финстатинформ, 2000.
93. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ [Текст] : учеб. пособие / Ф.И. Перегудов, Ф.П. Тарасенко. – М. : Высшая школа, 1989.
94. Петров А.А. Опыт математического моделирования экономики [Текст] / А.А. Петров, И.Г. Поспелов, А.А. Шананин. – М. : Энергоиздат, 1996.
95. Пу Т. Нелинейная экономическая динамика [Текст] / Т. Пу. – Ижевск : Удмуртский ун-т, 2000. – 200 с.
96. Романов А.Н., Одинцов Б.Е. Советующие информационные системы в экономике [Текст] / А.Н. Романов, Б.Е. Одинцов. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 487 с.
97. Соколов Н.А. Учет факторов неопределенности в моделировании экономических процессов [Текст] / Н.А. Соколов. – М. : МЭСИ, 1998.
98. Тельнов Ю.Ф. Интеллектуальные информационные системы в экономике [Текст] / Ю.Ф. Тельнов. – М. : МЭСИ, 1998. – 187 с.
99. Фиронов А., Люшина Е. Нечеткая логика в анализе корпоративных клиентов [Текст] / А. Фиронов, Е. Люшина // Банковские технологии. – 2003. – №5. – С. 23-31.
100. Экономико-математические методы и прикладные модели [Текст] / под ред. Федосеева В.В. – М. : ЮНИТИ, 2000.

**Ключевые слова**

Финансовый рычаг; чистый приведенный доход; оптимизация; структура капитала; венчурный капитал; инвестиционный проект; риск-менеджмент; стоимость капитала; инфляция; основные средства.

*Воловник Александр Давидович*

*Уланов Сергей Викторович*

*Опарин Дмитрий Жоржевич*

**РЕЦЕНЗИЯ**

В условиях мирового кризиса, при выделении средств на развитие предприятия кредитор должен быть уверен в их правильном распределении с тем, чтобы свести к минимуму риск невозврата платежей. Субъект-инвестор также заинтересован в эффективном использовании вкладываемых в предприятие денежных средств. Для этого необходимо провести оценку эффективности инвестируемого производства. Важную роль при оценке деятельности играет правильное и эффективное управление предприятием. Во-первых, кредитор или инвестор должен иметь информацию об экономическом положении предприятия и о стратегиях развития. Во-вторых, желательно иметь объективную оценку эффективности управленческих решений. Одной из задач управления является правильное распределение заемных средств. Получить решение в нестандартной или даже экстремальной ситуации, вызванной нестабильностью мировой системы можно лишь смоделировав поведение отдельных подсистем предприятия. Упреждающие воздействия по управлению финансовыми ресурсами позволяют, не только оставаться в стабильном положении на рынке, но и привлекать дополнительные заемные средства и как следствие занимать большую долю на рынке. Рациональное управление венчурным инвестиционным проектом позволяет снизить величину инвестиционного риска. Возможность быстрого выхода из проекта, зачастую является ключевым фактором привлекающим краткосрочных инвесторов, нежелающих вкладывать средства на долгосрочную перспективу, когда экономическая обстановка нестабильна.

Научная новизна проведенного исследования заключается в том, что авторами разработан ряд математических моделей, которые создают научно-обоснованные методы для оптимального управления финансовыми ресурсами предприятий. Применение данных моделей на практике позволяет добиваться повышения финансовой устойчивости предприятия, а также показателей ликвидности, что позволит улучшить показатели финансового благополучия предприятия и что особо актуально в условиях кризиса. Разработанные модели могут быть полезны как для финансовых директоров компаний, так и для кредитных организаций желающих смоделировать поведение кредитруемых ими организаций.

В статье сделан ряд допущений о виде некоторых функций, что может не соответствовать действительности в те или иные промежутки времени. Однако данные допущения являются общеиспользуемыми в практике экономического моделирования и в целом весьма приемлемы.

В целом, работа серьезная, заслуживает положительной оценки, тема, затронутая авторами, является весьма актуальной, работа может быть рекомендована к изданию.

*Лялин В.Е., д.т.н., д.э.н., профессор, проректор ИжГТУ, зав. кафедрой «Интеллектуальные информационные технологии в экономике» ИжГТУ, заслуженный изобретатель РФ*

### 8.3. OPTIMIZATION METHODS IN FINANCIAL RESOURCES MANAGEMENT

A.D. Volovnik, Dr. Sci., FundServiceBank;  
C.V. Ulanov, Cand. Sci., JSC «Development laboratory electronics XXI century»;  
D.J. Oparin, postgraduate, ISTU

We suggest scientifically based optimization methods in financial resources management on the enterprise with the venture investing. The optimization model for strategy of the use of debt funds is offered. An optimum case a venture investment project frame is developed. This model reduces the size of investment risk on 30% for the considered terms. It is certain, that it is expedient to apply combination from the methods of direct mathematical design and intellectual methods of extraction of knowledge from information. This model is applicable on all stages of investment project for the increase of efficiency of his realization. It gives additional information about conformities to law of development of investment projects and reduces an investment risk.

#### Literature

1. S.A. Ashmanov Introduction in mathematical economy. M, the Science, 1984.
2. S.A. Aivazyan, E.I. Bezhaeva. Classification of conservatives of multidimensional supervision. M, Statistics, 1974.
3. S.A. Aivazyan, V.S. Mhitarayan. The applied statistics and bases ekonometriki. M, JUNITI, 1998.
4. A.V. Andreichikov, O.N. Andreichikova. The analysis, synthesis, planning of decisions in economy. M: FiS, 2000.
5. S.I. Abrams. Investment. – M: The economy and marketing center, 2000.
6. A.R. Alaverdov Management the finance of the enterprises. M: MESI 1998. – 40 p.
7. E.V. Avtuhovich, S.M. Guriev, N.N. Olenev Mathematical model of a transitional economy. M: VTS The Russian Academy of Sciences. 1999.
8. E.G. Albrecht. Technique of construction and identifications of models of macroeconomic processes // Electronic magazine «It is investigated in Grew-theses», 2002.
9. S.D. Beshelev, F.G. Gurvich. Matematical methods of expert estimations. M.Statistika, 1974.
10. M.I. Bakanov, A.D. Sheremet. Theory of the economic activities analysis. M: the Finance and statistics, 2000.
11. The Banking / ed. of O.I. Lavrushina – M: 1998.
12. Banks and bank operations / under the editorship of E.F. Zhukova. – M: 1997.
13. U. Bleh, U. Gettse. Investment / ed. of A.M.Chuikina, L.A.Galiutina, Kaliningrad, 1997.
14. A.M. Burenin Securities market and derivative financial tools. M: 1st Federal book-selling company, 1998
15. K.A. Bagrinovski, V.M. Matiushok. Economic-mathematical methods and models, M: RUDN, 1999.
16. E. Bestens, Van den Berg, D. Wood Neural networks and the financial markets. Decision-making in trading operations. Scientific publishing house «TPV», Moscow, 1997.
17. V.V. Bocharov Investment management. – SPb.: Peter, 2000.
18. M. Bromvich. Analysis of economic efficiency of capital investments. – M, 1996.
19. V.N. Burkov, V.A. Irikov. Management methods organizational system. – M: the Science, 1994.
20. A.N. Borisov, O.A. Krumberg, I.P. Feodors. Decision-making on the basis of fuzzy models. Riga: Zinatne, 1990.
21. R.S. Bazen The Information and risk in marketing / of the Lane with English – M: joint-stock company Finstatinform, 1993.
22. R. Bellman, R. Kalaba. Dynamic programming and the modern theory of management. M: the Science, 1969. – 458p.
23. I.T. Balabanov. Risk. – M: the Finance and statistics, 1996. – 192 p.
24. V.A. Bessonov About measurement of dynamics of the Russian industrial production of a transition period // Economic magazine VSHE.-2001. – T.5. – №4. – p. 564-588.
25. A.A. Bivan, S. Estrin, E.S. Shaffer Factor of re-structuring of the enterprises in transitive economy // Economic magazine VSHE. – 2002. T.6, №1. – p. 3-27.
26. G Birman, S. Schmidt. Economical the analysis of investment project./lanes with English / under the editorship of White L.P. M: Banks and stock exchanges, JUNITI, 1997.
27. I.A. Blank. Investment's Form management. A training course. Kiev, 2001.
28. A.N. Borisov, A.V. Alekseev, G.V. Merkureva. Processing of the indistinct information in decision-making systems. – M: Radio and communication, 1989. – 304 p.
29. I.V. Buzko. Methodology of the analysis and an estimation of economic risk in innovative processes: avtoref... dokt.ekonom.nauk. – Donetsk, 1996. – 54 p.
30. S.V. Valdaitsev. Management innovative business. M: it JUNITI-IS given, 2001.
31. S.V. Valdaitsev. Estimate of business and enterprise management in cost. M: it JUNITI-IS given, 2001.
32. S.V. Valdaitsev, V.V. Ivanov. Investments. The textbook / ed. of V.V. Kovaleva, V.V. Ivanov, V.A. Lyalina. M.:TK Velbi, publishing house the Prospectus, 2003. – 440 p.
33. S.I.Volkov, A.N. Romanov, G.P. Grigorenko Functioning of difficult economic systems. – M: the Finance and statistics, 1982.
34. V.A Vladimirov, J.L. Sparrows, G. Malinetsky. Management rice. M: the Science. 2000.
35. A.D. Volovnik. Dynamic modelling of activity of commercial bank. Murmansk – Izhevsk: Publishing house Kola NTS the Russian Academy of Sciences, 2006. – 297.
36. V.E. Lyalin, V.I. Lyashenko, A.D. Volovnik. Economic-legal mechanisms supports and developments of subjects of small business in the countries of America and Asia. – Murmansk – Izhevsk – Donetsk: Publishing house Kola NTS the Russian Academy of Sciences, 2005. – 243 p.
37. A.D. Volovnik. Management industrial stocks of the enterprise in the conditions of inflation//the Information technology in a science, sociology, economy and business: Materials of 31 Intern. conf. – Ukraine, Crimea, Yalta – Gurfuz: «Open formation», M, 2004 – p. 123-124.
38. A.D. Volovnik, V.E. Lyalin. Optimization of a credit policy of the enterprise//the Information technology in a science, sociology, economy and business: Materials of 31 Intern. conf. – Ukraine, Crimea, Yalta – Gurfuz: ZH «Open formation». M, 2004 – P. 125-126.
39. A.D. Volovnik, V.E. Lyalin. Optimum control of manufacture in the presence of investment logs//the Information technology in a science, sociology, economy and business: Materials of 31 Intern. conf. – Ukraine, Crimea, Yalta – Gurfuz: ZH «Open formation». – p. 127-128.
40. A.D. Volovnik, V. E. Lyalin. Models of decrease in investment risk by optimization of operation of business//Audit and the financial analysis. – 2006. – №2. – p. 200-246.
41. A.D. Volovnik. model of optimum control of investment projects / the Bulletin of the Belgorod university of consumers' co-operative society. – 2006. – 32 (17) – p. 80-85.
42. A.D. Volovnik, E.V. Lyalin. Modelling of the price policy of the credit organization in the conditions of a competition//the Bulletin of the Moscow Academy of a labor market and an information technology. – 2006. – №6 (28) – 2006. – p. 28-34.
43. A.D. Volovnik, V.V. Semenov. Decision of a problem about replacement of the equipment with a method of statistical tests//the Bulletin of the Moscow academy of a labor market and an information technology. – №7 (29). – 2006. – p. 74-80.
44. A.D. Volovnik, V.E. Lyalin. Application of a method of nonlinear programming for optimum control of investment projects// Izvestija TulGu. A series. Mathematics. Mechanics. Computer

- science. – Т. 11. N. 4. Computer science. – Tula: Publishing house TulGu, 2005. – p. 26-43.
45. A.D. Volovnik, L.N. Ragozin. Estimation of financial risks at Open Society crediting «The Izhevsk radio factory» taking into account its financial and economic activity in conditions economy / Works of the international scientific and technical conference «the Information technology in innovative projects». – Izhevsk: IzhGTU, 1999. – P. 67-69.
  46. A.D. Volovnik Investment of the politician of bank "Fund-servisebank" at financing of perspective projects of the enterprises//the All-Russia branch scientifically-practical conference of Agency «Rosaviakosmos» on problems of attraction of financial resources from foreign and Russian investors / the Collection of theses of reports. – Mytischki: Publishing house of the Moscow state university of wood, 2001. – P. 23-25.
  47. A.D. Volovnik, V.A. Tenenev. The investment policy crediting of venture projects the Information technology in innovative projects: Works of the International scientific and technical conference (Izhevsk, 2003). – Izhevsk: Publishing house ISTU, 2003. – P. 73-76.
  48. A.D. Volovnik, V.A. Tenenev. Optimisation of movement of industrial stocks at the enterprise//Intellectual systems in manufacture: Sb. sc. tr. ISTU. – 2004. – № 2. – Izhevsk: Publishing house ISTU, 2004. – P. 53-57.
  49. A.D. Volovnik. Formation of investment logs for expansion of manufacture and for perfection of its technological process//Problems and prospects of the Russian economy: Materials of V All-Russia scientifically-practical conference. – Penza: Publishing house PGU, 2006. – P. 129-132.
  50. A.D. Volovnik. Achievement of additional profit of the enterprise at the expense of optimisation of volumes of industrial stocks in the conditions of fast growth of a price index//Problems and prospects of the Russian economy: Materials of V All-Russia scientifically-practical conference. – Penza: Publishing house PGU, 2006. – P. 155-157.
  51. A.D. Volovnik, E.V. Lyalin. Model of an estimation of efficiency of the financial lever in the conditions of repayment of creditor debts at the expense of new extra means//Problems and prospects of the Russian economy: Materials of V All-Russia scientifically-practical conference. – Penza: Publishing house PGU, 2006. – P. 133-135.
  52. A.D. Volovnik, E.V. Lyalin. Modelling of stages of investment projects//Mathematical methods and an information technology in economy, sociology and formation: Materials of XVII International scientific and technical conference. – Penza: Publishing house PGU, 2006. – P. 70-72.
  53. A.D. Volovnik. Optimization of storekeeping in the conditions of uncertainty of action of external factors//Mathematical methods and informational technologies in economy, sociology and formation: Materials of XVII International scientific and technical conference. – Penza: Publishing house PGU, 2006. – P. 91-94.
  54. A.V. Vorontsovsky. Investment and financing. SPb.: Publishing house SpbU, 1998.
  55. M.J. Gorokhov, V.V. Malev. Business-planing and the investment analysis. M: Filin. 1998 – 208 p.
  56. P. G Grabov, S.N. Petrova Risks in modern business. M: "Alans", 1994.
  57. L. Gitman, M. Dzhonk. Basis of the investment.lane with English M: Business, 1997.
  58. V.V. Gluhov, M.D. Mednikov, S.B. Korobko. Economic-mathematical methods and models in management. SPb., SPbGTU, 2000.
  59. D. Gayl. The theory of economic models. M, SILT, 1963
  60. V.M. Granaturov. Economical risk: essence, methods of measurement, a decrease way: the Manual. – M: Publishing house «Business and Service», 2002. – 160p.
  61. J.I. Degtyariov. system the analysis and research of operations. M: Vyssh.shk., 1996.-335p.
  62. A.M. Dubrov, V.S. Mhitaryan, L.I. Troshin. Multidimensional the statistical analysis in economic researches. M, MESI, 1988.
  63. A.M. Dubrov, Lagosha B.A., Hrustalev E.J. Baranovsky. Modelling of brave situations in economy and business. The edition the second, added. – M.Finansy and statistics, 2001.
  64. J.F. Dolgii, M.G. Blizorukov Dinamic of system in economy with discrete time//Economy and mathematical methods. – 2002. – т. 38. – №3. – p. 94-106.
  65. J.G. Evtushenko. Method of the decision of extreme problems and their application in optimisation systems. M: the Science, 1982. – 432 p.
  66. A.A. Yemelyanov. Structural the analysis and dynamic imitating models in economy. – M: the Finance and statistics, 1998.
  67. L. Zade. Concept of a linguistic variable and its application to decision-making. M: the WORLD, 1976.-166p.
  68. J.P. Zaichenko. Research of operations. – Kiev: Vyshcha school, 1988. – 550 p.
  69. V. Zang. Synergy economy. Time and changes in the nonlinear economic theory. M: the World 1999.
  70. O.O. Zamkov, A.V. Tolstoplyatenko, U.N. Cheremnykh. Mathematical methods in economy. M: joint-stock company «DIS», 1997.
  71. B.P. Ivchenko, L.A. Martyshchenko, M.E.Tabuhov. Management in economic and social systems. SPb.: Nordmed-Izdat, 2001. – 248 p.
  72. The Artificial intellect. The book 1. Systems of dialogue and expert system./Under the editorship of prof. E.V. Popova. – M: radio and communication, 1990. – 461 p.
  73. The Artificial intellect. The book 2. Models and methods / Under the editorship of prof. D.A. Pospelova. – M: radio and communication, 1990. – 304 p.
  74. The Artificial intellect. The book 3. Program and hardware. / V.N.Zaharova, V.F. Horoshevskogo. – M: radio and communication, 1990. – 2320 p.
  75. J.P. Ivanilov, Lotov A.V. Mathematical models in economy. M, the Science, 1979.
  76. Research of operations in economy. / ed. of Kremer N.SH. M, JUNITI, 1997.
  77. Joseph A Kovelto, J. Brian. Hetzelgren The business plan: the Full help management / the lane with English – M.:BIIOM, 1997.
  78. B.J. Kuritsky. Search of optimum decisions means Excel 7.0. SPb, BHV, 1997.
  79. V.A. Kolemaev. Mathematical economy. M. JUNITI, 1998.
  80. V.A. Kolemaev. Mathematical models of macroeconomic. M. GAU of S.Ordzhonikidze, 1996
  81. V.F. Krotov, B.A. Lagosha, etc. Bases of the theory of optimum control. / ed. of V.F.Krotova. – TH.: the higher school, 1990.
  82. M.I. Knysch, Perekatov B.A., Tiutikov JU.P. Strategic planning of investment activity. SPb: Izd. «The Business press» house, 1998.
  83. V.V. Kovalev. Financial the analysis. – M: the Finance and statistics, 1995.
  84. V.V. Kovalev. Methods of an estimation of investment projects. – M: the Finance and statistics, 1998.
  85. V.V. Kovalev. Introduction in financial management. M: the Finance and statistics, 1999.
  86. P.P. Kapitsa, P.P. Kurdyumov, G.G. Malinetsky. Synergetic and future forecasts. M: the Science 1997.
  87. M.I. Litvin, Kobyts. About investments into circulating assets of the enterprises. The finance № 4, 1999
  88. V.E. Lyalin, V.I. Lyashenko, A.D. Volovnik, etc. Economic-legal mechanisms supports and developments of subjects of small business in the countries of America and Asia. – Murmansk – Izhevsk – Donetsk: Publishing house Kola NTS the Russian Academy of Sciences, 2005. – 243 p.
  89. Methodical recommendations according to efficiency of investment projects on their turn for financing. The Official publication. M «Economy» 2000.
  90. The Technique of definition of wholesale prices for a new machine-building industrial and technological production. The state committee of the USSR on the prices. Goskomtsen of the USSR 30.10.87g. – 28 p. is confirmed.

91. M. Mesarovich, J. Takahara. Common theory of systems. – M: the World, 1978.
92. I.V. Orlova. Economic-mathematical methods and models. Performance in the environment of EXCEL. M: Joint-Stock Company «Fin-statinform», 2000.
93. F.I. Peregodov, F.P. Tarasenko. Introduction in the system analysis: the Manual. – M: the Higher school, 1989.
94. A.A Petrov, A.G. Pospelov , A.A. Shananin. Experience of mathematical modelling of economy. M.Energoizdat.: 1996.
95. T. Pu Non-linear economic dynamics. – Izhevsk: Izd.dom «Udm. University», 2000. – 200 p.
96. A.N. Romanov, Odintsov B.E. Advis information systems in economy. M: it JUNITI-IS given, 2000. – 487 p.
97. N.A. Sokolov. Account of factors of uncertainty in modelling of economic processes. – M: MESI, 1998.
98. J.F. Telnov. Intellectual information systems in economy M: MESI, 1998. 187p.
99. A. Fironov, E. Lyushina. Fuzzy of the logician in the analysis of corporate clients //Bank technologies. – 2003. – №5. – p. 23-31.
100. Economic-mathematical methods and applied models. / ed. of V.V. Fedoseyev M, JUNITI, 2000.

### Keywords

Financial leverage; net resulted profit; optimization; capital structure; venture capital; investment project; risk-management; cost of capital; inflation; fixed assets.