

# ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫМ ПРОЦЕССОМ В РАМКАХ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СТРУКТУРЫ

Ю.В. Косачев

Рассмотрена задача оптимального управления процессом внедрения на заданном интервале времени инноваций, осуществляемых в рамках вертикально интегрированной финансово-промышленной структуры. С помощью математической модели взаимодействия финансового и промышленного капитала исследована возможность повышения эффективности внедрения инноваций на основе оптимизации управления динамикой инвестирования участниками структуры в венчурный капитал. При этом, одновременно оптимизируется процесс инвестирования производителя с целью повышения экономической эффективности путем снижения издержек, как на этапе коммерциализации инноваций, так и при выпуске новейшей продукции.

**Ключевые слова:** оптимальное управление, динамическая управляемая система, инновационный процесс, инвестиционное взаимодействие, коммерциализация инноваций, интегрированная финансово-промышленная структура.

## ВВЕДЕНИЕ

В современных условиях рыночной экономики крупные интегрированные компании, корпорации вынуждены включаться в олигополистическую конкурентную борьбу, которая ведется не столько за доли рынков или сырья, сколько за открытие новых рынков, путем разработки и внедрения инноваций. Эту смену основных направлений конкурентной борьбы можно отнести к числу наиболее существенных особенностей нынешнего «инновационного» периода. Проявляется это, прежде всего, в расширении инвестирования в интеллектуальный капитал. Выиграть в такой инновационной борьбе не просто, и одна из основных проблем заключается в необходимости вложения огромных финансовых ресурсов в дорогостоящую, рискованную и достаточно длительную коммерциализацию инноваций. Важно отметить, что несравнимо большая часть всех затрат на реализацию инноваций идет именно на их коммерциализацию, т. е. на то, чтобы разработать новейший продукт или технологию и вывести их на рынок для коммерческого использования.

К основным затратам, связанным с внедрением в производственный цикл инноваций, можно, в соответствии с работой [1], отнести: расходы на приобретение научно-технического знания, относящегося к новшеству, которым субъект, внедряющий инновации, ранее не обладал; расходы на «ноу-хау» в области организации, управления, маркетинга; издержки по приспособлению к внешним условиям; инвестиционные затраты на строительство зданий, приобретение и наладку оборудования; наконец, издержки, обусловленные поисковым (рисковым) характером самого инновационного процесса.

Подобные значительные затраты существенно усложняют возможность эффективного внедрения инноваций. Возникает необходимость такой организации процесса вложения финансовых ресурсов, которая позволит достичь каких-то вполне определенных целей относительно развития структуры. В связи с этим, будем рассматривать динамику вложения инвестиций как *управляемый инвестиционный процесс*. Под оптимальным управлением процесса вложения инвестиций понимается такая организация взаимодействия инвесторов, которая способна обеспечить максимальную эф-



фективность экономической структуры, внедряющей в производственный цикл инновации.

В этом смысле наиболее подходящими экономическими субъектами, способными осилить инновационный процесс, являются достаточно крупные интегрированные компании, например, финансово-промышленные корпоративные структуры или группы, обладающие повышенным инвестиционным потенциалом. Это свойство интегрированных структур позволяет им легче преодолевать барьеры при внедрении инноваций. Именно такая вертикально интегрированная финансово-промышленная структура рассматривается в работе в качестве компании, реализующей инновации.

На важность инвестирования в инновационный процесс, а также в долгосрочную динамику было указано еще в работе [2], в которой также определена роль нововведений не только как обеспечивающих экономический рост, но и как придающих ему неравномерный характер. Эту неравномерность можно соотнести со сменой фаз жизненного цикла продукции, технологии или отрасли, имеющих ключевое значение для раскрытия условий эффективной коммерциализации научно-технического достижения. Анализ этих условий включает в себя, в числе прочих, исследование инвестиционных мотиваций субъектов-инвесторов на различных стадиях жизненного цикла.

Основной стратегической целью взаимодействия предприятий и организаций — участников компании, реализующей инновации, должно быть оптимальное распределение инвестиционных усилий между решением краткосрочных и перспективных задач. Простое наращивание операционной прибыли не эффективно в долгосрочной динамике, если не служит созданию новых преимуществ.

Здесь важно ответить на вопрос: как оптимально управлять инвестиционными возможностями компании в долгосрочном периоде, чтобы максимизировать ее экономическую эффективность? Очевидно, что этого невозможно достичь, если не учитывать длительные мотивации инвесторов. Это означает, что стратегия компании на достаточно большом интервале времени должна основываться не на простом наращивании инвестиций, а на оптимальном их распределении во времени. При этом учет долгосрочных мотиваций приводит к необходимости рассмотрения инвестиционного процесса как *нестационарного*.

Отметим, что в современных условиях для увеличения эффективности компании простого сокращения производственных или транзакционных издержек явно недостаточно. Представляется необходимой разработка такой стратегии обеспечения оптимального соотношения действующих и новейших производств компании, которая позво-

лит максимизировать добавленную стоимость уже благодаря внедрению инноваций.

В работе исследуется на модельном уровне задача оптимального управления долговременной динамикой вложения инвестиций в венчурный капитал участниками вертикально интегрированной финансово-промышленной структуры, внедряющей в производственный цикл инновации. Одновременно предполагается оптимизировать управление нестационарным процессом инвестирования производителя корпоративной продукции с целью повышения эффективности структуры путем снижения издержек, причем, как на этапе коммерциализации инноваций, так и на этапе выпуска новейшей конкурентоспособной продукции.

Под оптимальным управлением нестационарным инвестиционным процессом на заданном конечном интервале времени понимается такое распределение множества подинтервалов вложения финансовых ресурсов различными участниками-инвесторами в развитие производства, которое обеспечивает достижение максимальных значений заданных критериев эффективности.

Отметим, что если в статическом аспекте инновация представляет собой конечный результат реализации инновационного проекта, то в динамическом аспекте необходимо рассматривать инновационный процесс. Период, который начинается с выполнения теоретических и прикладных исследований, включает в себя затем последующую разработку и освоение новой научно-технической идеи, разработку новой техники или технологии, наконец, реализацию и распространение новой конкурентоспособной продукции, а заканчивается моментом падения спроса на эту продукцию, будем называть *жизненным циклом инновационного процесса*. Инновационный процесс можно представить как комплекс последовательных работ, содержащих следующие этапы:

- в *фазе создания новаций* анализируется рынок, отбираются инновационные идеи, исследуется возможность их реализуемости с учетом предварительного анализа затрат и рисков, выбирается вариант новой продукции, проводятся соответствующие НИОКР, создаются опытные образцы, предварительно оценивается соотношение между возможной ценой и издержками производства, формируется бизнес-план;
- в *фазе внедрения* осуществляется строительство зданий и сооружений, приобретается или выпускается требуемое оборудование, производится его установка и наладка, осуществляется обучение персонала, выпускается пробная продукция, уточняются издержки, подготавливается полномасштабное производство, координируется деятельность по всей технологической цепочке; с началом фазы внедрения начинается

этап коммерциализации инновации, который заканчивается с последней фазой жизненного цикла;

- в *фазах роста* осуществляется выход продукта на рынок и запуск полномасштабного производства, формируются сбытовые каналы, расширяется производство, проводятся маркетинговые, рекламные и другие мероприятия, устанавливаются конкурентоспособные цены, выбираются способы дистрибуции, продвижения продукции;
- *фаза насыщения* характеризуется устойчиво высоким уровнем производства новой высококачественной продукции, повышением эффективности производства, высокими доходами компании;
- *фаза спада* характеризуется насыщением рынка продукции и падением спроса.

Приведенные фазы процесса реализации инноваций подтверждают вывод о необходимости значительных затрат, а также о том, что реализацию мероприятий по фазам жизненного цикла инновационного процесса необходимо начинать как можно раньше, так как этот процесс еще и достаточно длительный.

Дальнейшее исследование указанных процессов проводится с использованием динамической оптимизационной модели, представляющей собой формализованное представление объекта управления.

## 1. ИСХОДНЫЕ ПРЕДПОСЫЛКИ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Взаимодействие финансового и промышленного капитала способно при его оптимизации повысить эффективность инвестиционного процесса, особенно в случаях капиталоемких процессов, к которым можно уверенно отнести реализацию инновационных проектов. В качестве основы для исследования этих процессов рассматривается базовая экономико-математическая модель финансово-промышленной структуры [3]. Она включает в свой состав производственное предприятие  $A$ , производящее основную продукцию «а», производственное предприятие  $B$ , которое потребляет эту продукцию, создавая с предприятием  $A$  вертикально интегрированную связь, и коммерческий банк  $B$ , владеющий частью собственности предприятия  $B$  и осуществляющий целевое кредитование производителя  $A$  в развитие производства и снижение издержек в расчете на единицу продукции. В качестве функции производственных затрат рассматривается нелинейная неоднородная функция затрат падающей эффективности.

В структуре компании создается венчурное предприятие  $C$ , основной задачей которого является разработка инновационного проекта (ИП).

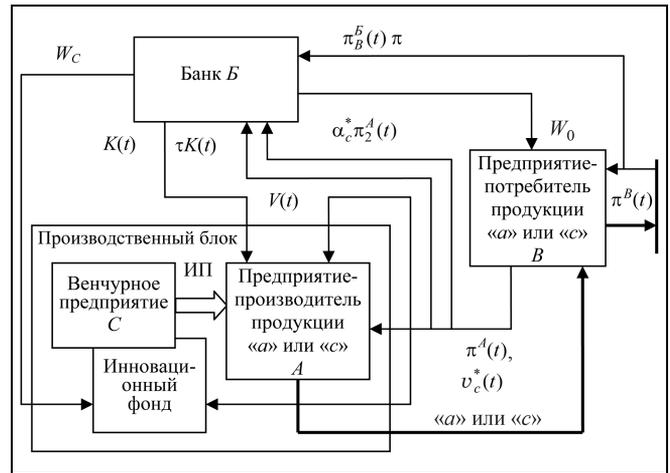


Рис. 1. Схема взаимодействия участников интегрированной структуры

Для осуществления финансирования внедрения инноваций в рамках структуры создается инновационный фонд (ИФ), цель которого состоит в накоплении денежных средств. Эти накопления могут осуществляться за счет внешних и внутренних источников. В дальнейшем в качестве основных инвесторов в модели рассматриваются предприятие-производитель  $A$  и банк-кредитор  $B$ . Схема взаимодействия участников структуры показана на рис. 1.

Производитель  $A$  продает свою продукцию предприятию  $B$  по внутренней трансфертной цене  $p$ , которая ниже рыночной. Предприятие  $B$  использует ее для выпуска своей продукции либо реализует ее на рынке продукта по рыночной цене  $p_0$ . Для увеличения прибыли предприятию  $A$  необходимо снижать удельные издержки, например, расширяя свое производство или совершенствуя используемые технологии. Прибыль можно также увеличить благодаря диверсификации производства путем внедрения инноваций, позволяющих выпускать новую продукцию «с», обладающую высокой конкурентоспособностью и платежеспособным рыночным спросом. Оба подхода для своей реализации требуют инвестиций. В рассматриваемой модели указанные подходы применяются совместно.

## 2. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Считаем, что задан достаточно длительный планируемый интервал  $[t_0, T]$ , где  $t_0$  и  $T$  — время начала и окончания исследуемого процесса. Структура рассматривается как управляемая динамическая система, когда ее состояние может изменяться



под действием некоторых управлений. Под управлениями понимаются целевые инвестиции в развитие производства либо в развитие инновационного процесса. В качестве основных инвесторов, управляющих динамическим процессом, рассматриваются: предприятие-производитель  $A$ , выпускающий в момент  $t$  основную продукцию в объеме  $y(t)$  и отчисляющий от своей прибыли величину  $V(t)$  в развитие своего же производства; банк  $B$ , выделяющий, если это требуется в момент  $t$ , целевой кредит  $K(t)$  производителю по внутренней кредитной ставке  $\tau$ , которая ниже рыночной  $\rho$ . Состояние системы в текущий момент времени  $t \in [t_0, T]$  характеризуется скалярным параметром  $x(t)$  — уровнем накопления суммарных инвестиционных вложений на момент  $t$ . При этом  $x(t) = x^p(t) + x^h(t)$ , где  $x^p(t)$  — инвестиции в развитие производства,  $x^h(t)$  — финансовые вложения в реализацию инновационного процесса. Изменяясь во времени, параметр  $x(t)$  описывает траекторию изменения состояния системы.

Обозначим вектор инновационных параметров  $u(x_i^h(t))$ . Он определяет объемы финансовых вложений каждым  $i$ -м участником структуры в инновационный фонд в момент  $t \in [t_0, T]$ ,  $i = 0; 1$ . (Здесь индекс  $i = 1$  относится к производителю  $A$ ,  $i = 0$  — к банку  $B$ ). Это могут быть регулярные финансовые инвестиции, разовые вложения, банковские целевые кредиты и т. д. В данном конкретном случае будем считать, что банк  $B$  на долевой основе осуществляет единовременное финансовое вложение в ИФ в объеме  $W_c = \alpha_c Q_c$ , где  $Q_c$  — требуемое значение уровня наполнения ИФ,  $\alpha_c$  — доля заполнения фонда банком. Производитель  $A$  в каждый момент  $t$  отчисляет в инновационный фонд от своей прибыли в объеме  $V_c(t)$ . Таким образом, можно записать:  $x_0^h = W_c(\alpha_c)$ ,  $x_1^h(t) = V_c(t)$ .

Изменение состояния системы описывается нелинейным дифференциальным уравнением  $\dot{x}(t) = f(K(x(t)), V(x(t)), \alpha_c(x(t)), V_c(x(t)), y(x(t)))$ . Здесь  $K(x(t))$  и  $\alpha_c(x(t))$  — управления банка  $B$ ,  $V(x(t))$ ,  $V_c(x(t))$  и  $y(x(t))$  — управления производителя  $A$ .

Общую постановку задачи оптимального динамического управления системой можно сформулировать следующим образом. С помощью управляющих параметров требуется на интервале  $[t_0, T]$  перевести систему из начального состояния  $x(t_0) = x_0$  в конечное состояние  $x(T)$  таким образом, чтобы максимизировать заданные критерии эффективности. Если указанные оптимизационные задачи

разрешимы, то траекторию состояния системы на планируемом интервале будем называть *равновесной*, а динамическую систему *реализуемой*.

### 3. ДЕКОМПОЗИЦИЯ ОБЩЕЙ ЗАДАЧИ

Сформулированная общая задача динамического управления представляет собой, по существу, комплекс взаимосвязанных оптимизационных и игровых задач динамического взаимодействия финансового и промышленного капитала интегрированной структуры, решение которых позволит максимизировать экономическую эффективность, и сводится к совместному решению следующих задач.

- Формирование модели накопления инновационного фонда.
- Разработка критериев эффективности, учитывающих характеристики динамического взаимодействия финансового и промышленного капитала в рамках рассматриваемой интегрированной структуры.
- Решение дифференциальной игровой задачи взаимодействия участников при наличии неопределенностей и неконтролируемых параметров.
- Решение задач оптимального управления динамикой инвестиционного взаимодействия участников на заданном интервале при фиксированном значении вектора  $u(x_i^h(t))$ .
- Расчет равновесных траекторий, оптимизация инновационных параметров.

#### 3.1. Модель накопления инвестиционного фонда

Рассматривается линейная модель с постоянным приростом и известным пороговым значением объема фонда  $Q_c$ . Принимается, что если в момент времени  $T^* \in [t_0, T]$  достигается пороговое значение уровня накопления фонда, то работы по внедрению инноваций в момент  $T^*$  завершаются, и производитель переходит к выпуску новейшей продукции «с», реализуя ее на новом потребительском рынке. Таким образом, весь интервал  $[t_0, T]$  разбивается на два этапа: на первом этапе  $[t_0, T^*]$  производитель выпускает «традиционную» продукцию «а» и одновременно внедряет инновации; на втором этапе  $[T^*, T]$  производится уже новая конкурентоспособная продукция «с».

#### 3.2. Критерии эффективности

Качество управления инвестициями определяется экстремальными значениями специально разрабатываемых критериев, представляющих собой интегральные на интервале  $[t_0, T]$  максимальные

гарантированные дисконтированные доходы каждого участника.

Критерий экономической эффективности предприятия-производителя выражается функционалом:

$$J^A(T) = \int_{t_0}^T [\pi^A(x(t, \mathbf{u}), y(t, \mathbf{u}), \mathbf{u}) - V(t, \mathbf{u})] e^{-\mu_1 t} dt \rightarrow \max_{y(t, \mathbf{u}) \in Y, V(t, \mathbf{u}) \in U}.$$

Критерий банка:

$$J^B(T) = \int_{t_0}^T \pi^B(x(t, \mathbf{u}), y(t, \mathbf{u}), \mathbf{u}) e^{-\mu_0 t} dt \rightarrow \max_{K(t, \mathbf{u}) \in K}.$$

Предприятие-потребитель в базовой модели не является инвестором, поэтому для него ограничимся функционалом, определяющим его интегральный доход на заданном интервале:

$$J^B(T) = \int_{t_0}^T \pi^B(x(t, \mathbf{u}), y(t, \mathbf{u}), \mathbf{u}) e^{-\mu_2 t} dt.$$

Здесь  $\pi^B$ ,  $\pi^A$  и  $\pi^B$  — функции доходов в момент  $t$  соответственно банка  $B$ , производителя  $A$  и потребителя  $B$ , учитывающие все структурные и динамические характеристики исследуемой системы и рассчитываемые при фиксированном значении вектора  $\mathbf{u}(x_i^u(t))$ ;  $\mu_0$ ,  $\mu_1$  и  $\mu_2$  — ставки дисконтирования, соответственно банка, производителя и потребителя; ограничения на фазовую переменную:  $x(t) \in X$ , где  $X$  — открытое ограниченное множество; ограничения на управления:  $y(t) \in Y$ ,  $K(t) \in K$ ,  $V(t) \in U$ , где  $Y$  — открытое ограниченное множество,  $K$ ,  $U$  — компактные множества.

### 3.3. Дифференциальная игровая задача

В исследуемом взаимодействии инвесторов возможны конфликтные ситуации, так как участники имеют собственные цели (критерии), необязательно совпадающие друг с другом, что приводит к появлению неопределенностей. Кроме того, в критериях участников имеются неконтролируемые параметры. Все это приводит к необходимости исследования взаимодействия участников ( $A$  и  $B$ ) в виде коллективной двухкритериальной игровой задачи, которая рассматривается как дифференциальная бескоалиционная игра с противоположными интересами [4]. Рассматривается субъективное описание игры с точки зрения банка  $B$ , так как он наиболее информированный участник и может иметь представление о множестве  $U$  выборов стра-

тегий предприятия  $A$ . Это позволяет банку снизить неопределенность своего знания о последствиях своего выбора. Банк предлагает производителю  $A$  некую стратегию его кредитования, которая рассматривается как *программная* стратегия  $K_t$  на интервале  $[t_0, T]$ , зависящая только от времени  $t$ :

$$K_t = \{K(t, \mathbf{u}), t_0 \leq t \leq T, K(t, \mathbf{u}) \in K\}.$$

Банк понимает, что производитель  $A$  с учетом стратегии  $K_t$  выберет свою стратегию  $V_t$ , исходя из требования максимизации на заданном интервале своего критерия  $J^A(T)$ , причем, выбор будет осуществляться не из начального множества выборов  $U$ , а из суженного множества  $R(K_t) \subset U$ . Множество  $R(K_t)$  ответных стратегий  $V_t$  производителя  $A$  будет иметь вид:

$$R(K_t) = \{V_t | J^A(x(t, \mathbf{u}), K_t, V_t) \geq J^A(x(t, \mathbf{u}), K_t, Z) \forall Z \in U\}.$$

Зная, с определенной точностью, такой выбор производителя  $A$ , банк  $B$  окончательно формирует свою стратегию с использованием гермейеровского обобщенного принципа гарантированного результата, максимизируя свой гарантированный доход  $J^B(T)$ :

$$J_0^B = \sup_{K_t \in K} \inf_{V_t \in R(K_t)} J^B(x(t, \mathbf{u}), K_t, V_t).$$

Таким образом, окончательное решение дифференциальной игровой задачи тесно связано с необходимостью решения ряда оптимизационных задач.

### 3.4. Динамические оптимизационные задачи

Данные задачи решаются с помощью вариационных методов при наличии ограничений на управление. Последовательность решения этих задач с использованием базовой модели можно представить следующим образом.

- При заданной в общем виде стратегии банка  $K_t$  и заданном интервале  $[t_0, T]$ , в соответствии с принципом максимума Понтрягина определяется функция  $t_1(x(t, \mathbf{u}))$  времени переключения оптимального управления производителя  $A$ , при котором достигается максимальное значение критерия предприятия-производителя  $J^A(T)$ .
- Для полученных двух интервалов оптимального управления  $A$  определяются параметрические функции  $t_0^*(x(t, \mathbf{u}))$  и  $t_1^*(x(t, \mathbf{u}))$  моментов переключения оптимального управления банка  $B$ , доставляющие максимум критерию  $J^B(T)$ .



- Найденные таким образом точки оптимального переключения управлений  $A$  и  $B$  определяют в аналитическом виде границы четырех интервалов *оптимальной программы инвестирования* производителя. На каждом интервале определяется семейство равновесных траекторий в виде функций от состояния системы  $x(t)$  при фиксированном значении  $u(x_j^i(t))$ . Выполнение оптимальной программы обеспечивает достижение максимальных гарантированных значений заданных критериев эффективности банка  $B$  и производителя корпоративной продукции  $A$ .

### 3.5. Определение оптимальных значений инновационных параметров

С учетом начального условия  $x(t_0) = x_0$  выделяется искомая равновесная фазовая траектория. В результате решения задач Коши определяются в явном виде точки переключения интервалов оптимальной программы управления, а также показатели эффективности в виде функций от инновационных параметров  $\alpha_c$  и  $V_c$ . Оптимальные значения  $\alpha_c^*$  и  $V_c^*$ , определяющие максимальную эффективность инновационного процесса, рассчитываются как  $\alpha_c^* = \arg\{\max[J^B(\alpha_c)J^A(\alpha_c)]\}$ ,  $V_c^* = (1 - \alpha_c^*)Q_c/T^*$ .

Описание алгоритмов решения указанных выше задач приведено в работе [5].

## 4. АНАЛИЗ НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Для расчетного варианта приняты следующие основные исходные данные. Рассматривается базовая динамическая модель финансово-промышленной структуры, в которой имеются кредитно-акционерные связи участников (см. рис. 1).

Планируемый интервал:  $t_0 = 0$ ,  $T = 11$  лет. Начальное условие фазовой траектории:  $x(t_0) = 0$ . Рыночные цены:  $p_a = 2,0$  условных денежных единиц,  $p_c = 2,1$  ед. Внутренняя банковская кредитная ставка  $\tau = 17\%$ , рыночная кредитная ставка  $\rho = 25\%$ . Начальный объем кредитного ресурса банка  $B$ :  $W = 19$  ед. Доля акций предприятия  $B$ , которой владеет банк:  $\alpha_0 = 0,24$ . Акционерная стоимость предприятия  $B$ :  $Q = 75$  ед. Пороговое значение ИФ:  $Q_c = 60$  ед. Ставки дисконтирования:  $\mu_0 = 0,3$ ;  $\mu_1 = 0,4$ ;  $\mu_2 = 0,4$ . Момент времени  $T^* = 5$  лет. Удельные затраты производителя  $A$  определяются нелинейной функцией затрат падающей эффективности вида:  $\varepsilon_j(x, y) = [A_j \exp(-a_j x) + b_j] y^{\beta_j} + P_j / y$ , где  $j$  — номер этапа,  $j = 1; 2$ ;  $P$  — постоянные затраты,  $P_1 = 5$  ед.,  $P_2 = 5,5$  ед.,  $A_j$ ,  $a_j$  и  $b_j$  — постоянные коэффициенты.

1. Один из основных результатов расчетов заключается в оптимальной программе инвестиционного взаимодействия на заданном интервале финансового и промышленного капитала. Инвестиции направляются как на развитие производственного процесса и, как следствие, повышение его эффективности, так и на обеспечение эффективной реализации коммерциализации инноваций.

Возможность выполнения такой программы зависит, в частности, от времени, отводимого на разработку инновационного проекта, который должен быть завершен не позднее критического момента  $T^*$ , характеризуемого началом падения спроса на действующую продукцию. Именно в этот момент заканчивается 1-й этап ( $j = 1$ ) и происходит диверсификация производства с выходом на начальную фазу нового жизненного цикла ( $j = 2$ , 2-й этап) по выпуску более конкурентоспособной продукции.

Программа содержит восемь интервалов, границами которых служат моменты переключения оптимального управления кого-либо из участников. Для приведенных выше исходных данных значения этих моментов (в годах):

$$\begin{aligned} t_0 &= 0; & t_{01}^* &= 1,5, & t_{11} &= 3,28; & t_{11}^* &= 3,36; \\ T^* &= 5,0; & t_{02}^* &= 6,58; & t_{12} &= 8,81; & t_{12}^* &= 9,25; \\ & & & & T &= 11,0. \end{aligned}$$

Характеристики изменения параметров оптимальной инвестиционной программы, рассчитанной для обоих этапов, показаны на рис. 2.

Времена переключения рассчитаны при фиксированном значении начального объема кредита банка  $W = 19$  ед. и уровня отчисления банка в инновационный фонд  $\alpha_c = 0,13$ . Предприятие-производитель  $A$  в каждую единицу времени способно отчислять от своей прибыли в развитие инновационного процесса величину  $V_c = 10$  ед. а доля собственности предприятия  $B$ , которой владеет банк  $B$ , принята равной  $\alpha_0 = 0,24$ .

Как видно из графиков, в фазах внедрения жизненных циклов продукции «а» и «с» (соответствующих интервалам управления  $[t_0, t_{01}^*]$  и  $[T^*, t_{02}^*]$ ) идет активное наращивание масштабов деятельности обоих инвесторов. Основное значение здесь имеют кредиты банка, так как собственные средства производителя  $A$  еще слишком слабы.

В фазах роста (интервалы  $[t_{01}^*, t_{11}]$  и  $[t_{02}^*, t_{12}]$ ) интересы партнеров усложняются. Расширившиеся возможности самофинансирования предприятия  $A$  из масштабной уже прибыли ослабляет его зависимость от кредитов банка  $B$ , поэтому кредитование на этих интервалах прекращается.

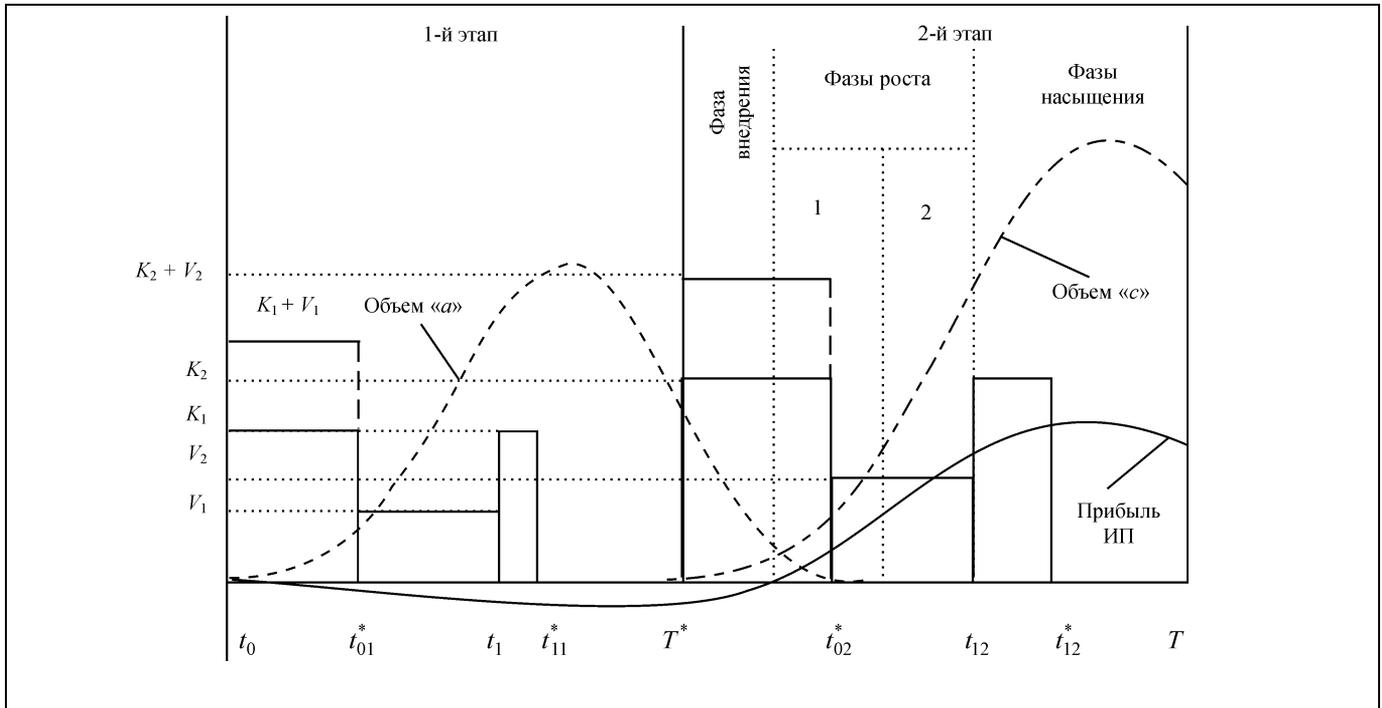


Рис. 2. График оптимальной инвестиционной программы, совмещенной с фазами жизненных циклов

Фазы насыщения ( $[t_{11}, T^*]$  и  $[t_{12}, T]$ ) характерны высокими доходами и заинтересованностью производителя в изъятии значительной части прибыли. Момент  $T^*$  характеризуется, с одной стороны, все еще высокими доходами, но, с другой, началом падения спроса на устаревающую продукцию «а». В интересах компании более тщательная оценка момента  $T^*$  как ориентира к началу внедрения инноваций. Рассматриваемый подход позволяет оценить его значение, обусловленное учетом долгосрочных мотиваций участников.

2. Весьма существенное влияние на эффективность исследуемой системы оказывает инноваци-

онный параметр — доля  $\alpha_c$  инновационного фонда, покрываемая банком в виде единовременного отчисления, с правом долевого участия в прибылях производителя на последующих этапах.

На рис. 3 показаны графики изменения максимальных интегральных гарантированных доходов участников, суммарно по двум этапам, в зависимости от изменения доли  $\alpha_c$ .

В качестве оптимального значения  $\alpha_c$ , доставляющего максимум интегральным критериям  $J^B$ ,  $J^A$  и  $J^B$ , как видно из рисунка, можно принять величину  $\alpha_c \approx 0,13$ , которая соответствует его исходному значению.

3. К параметрам, способным оказывать значительное влияние на эффективность финансово-промышленной структуры и на ее инновационное развитие, относятся также те параметры, которые характеризуют степень интеграции банковского и промышленного капиталов. Это, в частности, доля  $\alpha_0$ , определяющая объем пакета акций потребителя  $B$ , которым располагает банк  $B$ , а также начальный финансовый ресурс банка  $W$ , который направляется целевым образом на кредитование производителя  $A$ .

На рис. 4 показаны графики изменения суммарных по двум этапам максимальных доходов участников структуры в зависимости от доли  $\alpha_0$ .

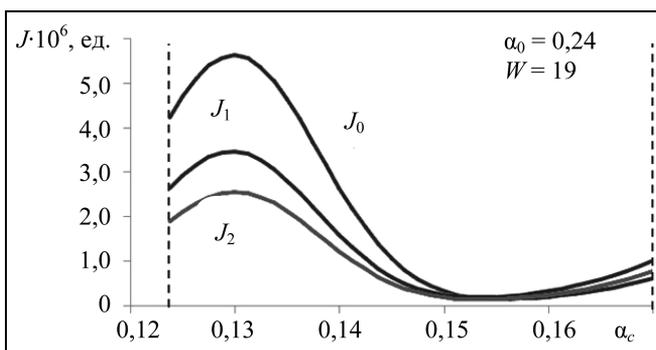


Рис. 3. Графики изменения интегральных дисконтированных гарантированных доходов участников в зависимости от параметра  $\alpha_c$

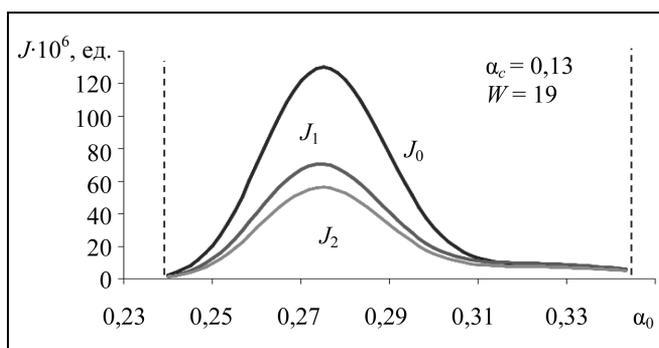


Рис. 4. Графики изменения интегральных дисконтированных гарантированных доходов участников в зависимости от параметра  $\alpha_0$

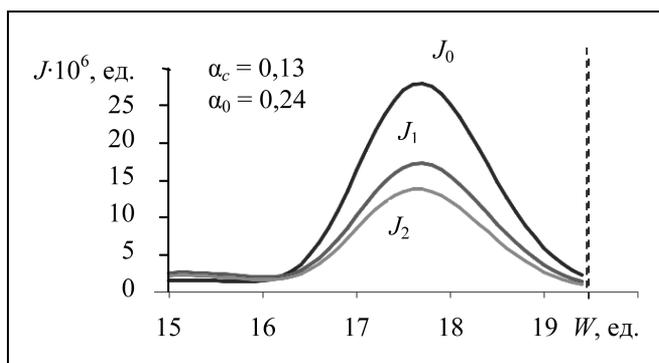


Рис. 5. Графики изменения суммарных максимальных гарантированных дисконтированных доходов участников при изменении ресурса  $W$

В соответствии с рис. 4, максимальные значения критериев приходятся на значение  $\alpha_0 \approx 0,275$ .

График зависимости интегральных критериев эффективности от начального ресурса банка  $W$  представлен на рис. 5. Отметим, что на 1-м этапе часть этого ресурса банк направляет в развитие инновационного фонда, в результате чего, на 2-м этапе, он получает дополнительную прибыль в виде отчислений от прибыли производителя  $A$  (пропорционально  $\alpha_c$ ), а также в виде дивидендов по акциям потребителя  $B$  (пропорционально  $\alpha_0$ ). Если производитель в момент  $t$  принимает решение отказаться от банковских кредитов, то в исследуемой модели принимается, что свой ресурс  $W$  банк может использовать для приобретения дополнительной доли акций потребителя в расчете на увеличение будущих дивидендов.

Как видно из графиков, наилучшее значение  $W \approx 17,5$  ед., при котором рассматриваемые интегральные критерии эффективности приобретают близкие к максимальным значения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог, отметим, что рассмотренная методика оптимального динамического управления инновационным процессом на основе оптимизации внутрикорпоративного инвестиционного взаимодействия участников интегрированной структуры, внедряющей в производственный цикл инновации, позволяет определить те условия, при выполнении которых обеспечивается повышение эффективности как процесса коммерциализации инноваций, так и структуры в целом.

Полученные результаты показывают, что внедрение инноваций, их успешная коммерциализация являются весьма сложным, трудоемким и затратным процессом. При этом качество процесса существенно зависит как от характеристик и параметров системы, внедряющей инновации, так и от оптимальной организации процессов взаимодействия финансового и промышленного капитала структуры. Интегрированная структура играет здесь особую роль, поскольку именно оптимизация внутрикорпоративного инвестиционного взаимодействия финансового и промышленного капиталов структуры способствует образованию тех синергетических эффектов, которые приводят к росту экономической эффективности. Эти возможности интегрированной структуры можно, в частности, интерпретировать, как способность повышать эффективность обеспечения финансовыми ресурсами сферу инновационной деятельности, ведущей к повышению конкурентоспособности отечественной продукции при соблюдении необходимого баланса интересов всех участников.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Дементьев В.Е. Длинные волны экономического развития и финансовые пузыри. — М.: ЦЭМИ РАН, 2009. — С. 28—31.
2. Шумпетер Й.А. Теория экономического развития. — М.: Директ-Медиа, 2007. — 400 с.
3. Косачев Ю.В. Математическое моделирование интегрированных финансово-промышленных систем. — М.: Логос, 2008. — С. 50—70.
4. Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами. — М.: Наука, 1976. — С. 83—107.
5. Косачев Ю.В., Скиба А.К., Хачатуров В.Р. Исследование и оптимизация параметров инновационного развития интегрированной структуры. — М.: ВЦ РАН, 2009. — С. 20—27.

Статья представлена к публикации членом редколлегии Р.М. Нижегородцевым.

Юрий Владимирович Косачев — д-р экон. наук, профессор, Российский государственный гуманитарный университет, г. Москва, ✉ kosayuri@yandex.ru.