

## РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ ЗАМЕНЫ АКТИВНОЙ ЧАСТИ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Розроблений комплексний підхід до рішення задачі заміни активної частини основних фондів. Виділені основні етапи і інформація процесу ухвалення інвестиційного рішення, що управляє. Визначені математичні методи рішення відповідних підзадач, що підвищують ефективність управлінських рішень і що знижують інвестиційні ризики. Розроблена інформаційна модель процесу ухвалення рішення на основі технології функціонального моделювання IDEF0.

Разработан комплексный подход к решению задачи замены активной части основных фондов. Выделены основные этапы и управляющая информация процесса принятия инвестиционного решения. Определены математические методы решения соответствующих подзадач, повышающие эффективность управленческих решений и снижающие инвестиционные риски. Разработана информационная модель процесса принятия решения на основе технологии функционального моделирования IDEF0.

The complex approach to the decision-making of renewal of an active part of a capital assets is developed. The basic stages and the control information of process of making of the investment decision are specified. Mathematical methods of the solution of the corresponding subproblems, raising efficiency of administrative decisions and lowering investment risks are determined. The information model of decision-making process is developed on the basis of the technology of functional modeling IDEF0.

Одним из основных направлений инновационно-инвестиционной политики любого хозяйствующего субъекта в настоящее время является расширение деятельности по модернизации и замене применяемых машин и механизмов, оборудования, технологий, повышения квалификации обслуживающего персонала и т. д. Поэтому актуальным является разработка новых математических методов и моделей, позволяющих в условиях ограниченности собственных средств повысить эффективность принимаемых решений по обновлению активной части основных фондов, к которым кроме прочего относится и оборудование.

В практике решения задач о замене оборудования широко используются модели сетевой оптимизации, которые можно свести к задаче о кратчайшем пути, игровые методы обоснования решений, в том числе на основе критериев Вальда, Сэвиджа, Гурвица, модели линейного, стохастического программирования, динамические модели [1].

Однако все подходы ограничиваются рассмотрением отдельных вопросов, большинство решений, полученных при использовании указанных методов, имеют обобщенный характер. Отсутствие целостного научного подхода к формированию концепции и анализу экономического содержания процесса обновления активной части основных фондов предприятий

приводит к принятию неэффективных управленческих решений. Этим объясняется актуальность разработки комплексного подхода к решению поставленной задачи, который призван обеспечить лицо, принимающее решение (ЛПР) всей необходимой информацией для принятия эффективных управленческих решений.

Таким образом, целью данного исследования является разработка комплексного подхода обновления активной части основных фондов предприятий, направленного на повышение эффективности инвестиционных процессов в экономике.

### Классическая постановка динамической задачи замены оборудования

Основным преимуществом динамических моделей замены оборудования является представление объекта как открытой, сложной, динамической системы, что значительно повышает гибкость и оперативность принимаемых решений на всем протяжении ее (производственной системы) жизненного цикла.

Рассмотрим классическую постановку задачи замены оборудования в рамках теории динамического программирования [2].

Требуется определить оптимальную стратегию замен в плановом периоде  $[0..T]$ . Критерием оптимальности будет минимум ожидае-

мых затрат или максимум ожидаемой прибыли за некоторый период времени. В начале планового периода из  $T$  лет имеется оборудование возраста  $t$  лет. Для каждого года планового периода известны стоимость  $r(t)$  произведенной продукции с использованием имеющегося оборудования и затраты  $u(t)$ , связанные с его эксплуатацией. Эти характеристики зависят от возраста  $t$  объекта. Известны также его остаточная стоимость  $s(t)$ , зависящая от его возраста, и цена  $p$  единицы нового оборудования, не меняющаяся в рассматриваемом плановом периоде. Требуется разработать оптимальную политику в отношении имеющегося объекта замены, т. е. в начале каждого года планового периода нужно установить, сохранить в этом году или продать его по остаточной стоимости  $s(t)$  и купить новое по цене  $p$ , с тем, чтобы ожидаемая прибыль  $F_T(t_0)$  за  $T$  лет достигла максимальной величины.

Общее функциональное уравнение для условно-оптимальной прибыли  $F_k(t)$  за  $k$  последних лет будет иметь вид (1):

$$F_k(t) = \max_t \begin{cases} r(t) - u(t) + F_{k-1}(t+1) \\ s(t) - p + r(0) - u(0) + F_{k-1}(1) \end{cases} \quad (1)$$

где  $F_k(t)$  – прибыль на  $k$ -м шаге;  $r(0)$  – стоимость продукции, выпущенной на новом оборудовании;  $u(0)$  – эксплуатационные расходы для нового оборудования.

$$u(t) = u(0) \cdot (t+1); \quad (2)$$

$$s(t) = s(0) \cdot 2^{-t}, \quad (3)$$

где  $s(0) = p$  – стоимость нового оборудования.

Определим условия, при котором принимаются соответствующие решения о сохранении или замене оборудования. Замена оборудования возраста  $t$  лет осуществляется, когда прибыль от нового оборудования на последнем периоде больше, чем от старого, т. е. при условии (4):

$$r(t) - u(t) \leq s(t) - p + r(0) - u(0). \quad (4)$$

Данная постановка (1)-(4) является упрощением реальной задачи замены. Так, очевидно, что стоимость нового оборудования  $p(t)$  не является постоянной величиной и зависит от времени. Кроме этого в задаче не исследуются возможные варианты оснащения с учетом предложений рынка оборудования и имеющихся

ресурсов. То есть решение о выборе того или иного оборудования при замене старого осуществляется интуитивно на основе предпочтений ЛПП, без анализа как технико-экономических показателей различных вариантов, так и различных вариантов инвестирования.

Следует отметить, что другие математические методы и модели, которые могут быть использованы при решении задачи о замене оборудования, так же обладают рядом недостатков. Основным из которых является решение лишь одной определенной подзадачи, например:

1) определение сроков замены оборудования (методы динамического программирования, сетевые методы [3] и др.);

2) выбор из множества возможных вариантов замены оборудования оптимального (сетевые методы, методы параметрической оптимизации и др.);

3) распределение ограниченных ресурсов между различными вариантами замены (методы динамического программирования, линейной оптимизации и др.) [4];

4) определение наиболее эффективного метода вложения средств в инвестиционный проект по замене оборудования (методы линейной, нелинейной оптимизации, игровые методы обоснования решений и др.) [5].

Очевидно, что принятие решения об осуществлении инвестиционной деятельности по замене оборудования на основе решения лишь одной из указанных подзадач невозможно, без решения остальных.

В данной работе автором разработан комплексный, систематизированный подход к решению исследуемой задачи, состоящий из ряда этапов, на которых решаются различные подзадачи на основе экономико-математических методов и моделей.

Для этого предлагается полученное в динамической задаче о замене оборудования решение дополнить анализом различных вариантов замены на основе информации о предложениях рынка, ресурсных возможностях предприятия, осуществляющего замену оборудования, а также рассмотрения различных вариантов инвестирования финансовых средств с целью снижения рисков инвестиционной деятельности.

### **Инжиниринг бизнес-процесса принятия решения на основе комплексного подхода к задаче о замене оборудования**

Разработка комплексного подхода заключается в разбиении процесса принятия решений на этапы, в которых решаются различные под-

задачи с использованием соответствующих экономико-математических методов. Такой подход по сути предполагает проведение инжиниринга [6; 7] соответствующего бизнес-процесса по формированию информации для ЛПР, на основе которой осуществляется принятие решений о необходимости замены и выбора ее оптимальных вариантов.

Определим основные этапы принятия решения, управляющую информацию, на основе которой должно приниматься решение об инвестировании средств в новое оборудование и средства и методы ее получения на основе теории принятия решений.

В процессе принятия решений выделяют три этапа [8]:

- 1) постановка задачи – определение критического объекта замены;
- 2) формирование решения – определение альтернативных вариантов замены;
- 3) выбор решения – выбор варианта замены.

На первом этапе в нашем случае будут выполняться следующие задачи:

1.1. Исследование состояния наличного оборудования.

1.2. Исследование предложений на рынке оборудования (определение «аналогов» для замены, условия предоставления оборудования).

1.3. Определение сроков замены оборудования.

1.4. Определение критического объекта замены.

Входящей информацией при реализации данного этапа будут данные о наличном оборудовании: номенклатура активной части основных фондов в разделе оборудование, данные о сроках службы, эксплуатационных расходах, остаточной стоимости. А также данные о предложениях оборудования на рынке: стоимость аналогов, их технико-экономические характеристики и условия предоставления (лизинг, аренда, отсрочка платежа и др.).

На основе полученных данных при исследовании состояния оборудования решается рассмотренная ранее задача динамического программирования для определения оптимальных сроков замены и составления плана замены оборудования. При анализе полученного плана определяется критический объект замены. То есть оборудование, которое должно быть заменено в ближайшей перспективе для обеспечения эффективной работы производственной системы.

Таким образом, исходящей информацией первого этапа является: информация об оборудовании, подлежащем замене (критический объект замены), технико-экономические показатели вариантов замены (альтернативного

оборудования), а также условия предоставления оборудования поставщиками.

На втором этапе процесса принятия решения решаются следующие задачи:

2.1. Формирование альтернативных вариантов замены оборудования.

2.2. Исследование рынка инвестиционных ресурсов.

2.3. Формирование альтернативных вариантов инвестирования.

Входящей информацией для второго этапа являются: критический объект замены, технико-экономические показатели альтернативного оборудования, данные рынка инвестиционных ресурсов (условия кредитования и др.) и условия предоставления оборудования.

На основе этой информации с использованием теории графов, учитывая специфику исследуемого объекта, его роль и взаимосвязь с другими объектами производственной системы осуществляется построение графа альтернативных решений замены оборудования. А также осуществляется формирование альтернативных вариантов вложения средств в инвестиционный проект.

На третьем этапе принятия решения на основе полученных данных на предыдущих двух этапах путем решения задачи параметрической оптимизации осуществляется выбор варианта замены оборудования, а также на основе динамической модели планирования финансовых ресурсов с учетом показателя риска и ограничений на средний срок погашения инвестиционного фонда решается задача инвестиционного планирования.

Входящей информацией для последнего этапа принятия решения будут являться данные о возможных вариантах замены оборудования и варианты инвестирования. Исходящей информацией является решение о замене оборудования, которое предлагается на рассмотрение для ЛПР.

В рамках данного исследования было осуществлено функциональное моделирование рассмотренного ранее процесса принятия решения о замене оборудования на основе технологии IDEF0 с помощью CASE-средства (программной системы) VPwin. Укрупненная схема разработанного бизнес-процесса представлена на рисунке.

Законодательство РБ, маркетинговые методы исследования рынка, аналитический метод, методы динамического программирования, теория графов, методы параметрической оптимизации являются управляющими воздействиями, на основе которых осуществляется реализация рассмотренных этапов процесса принятия решения.

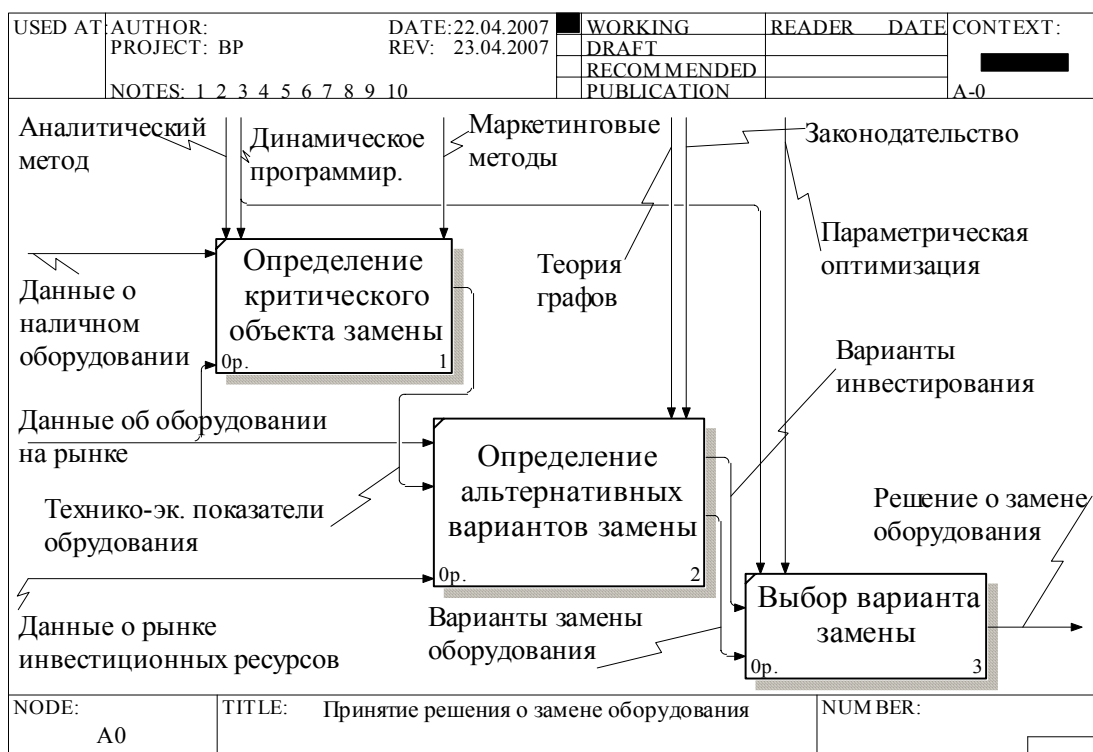


Рис. Укрупненная схема бизнес-процесса принятия решения о замене оборудования

В исследуемом бизнес-процессе принятия решения о замене оборудования ключевыми процессами являются определение критического объекта замены и выбор варианта замены (см. рисунок). Как было отмечено ранее, решение первой подзадачи осуществляется на основе задачи динамического программирования (1)–(4).

В данном исследовании постановка задачи обоснования метода инвестирования формулируется следующим образом. Для выбора инновационно-инвестиционных стратегий или задач замены объектов создается целевой фонд, предназначенный для инвестиций. При этом ставятся три основные цели:

1) при данных возможностях инвестирования и утвержденного графика выплат должна быть разработана либо стратегия, минимизирующая наличную сумму денег, которая составляет первоначальную основу целевого фонда, либо стратегия, максимизирующая денежную наличность к концу периода;

2) при разработке оптимальной стратегии средний индекс риска инвестиционных фондов в течение каждого периода не должен превышать заданной величины;

3) в начале каждого периода (после того как сделаны новые инвестиции) средняя продолжительность погашения инвестированных средств не должна превышать заданной величины.

На основе решения поставленной задачи для каждого объекта замены, составляется инвестиционный план. При этом ЛПП должен организовать процесс инвестирования, определив оптимальные направления использования ресурсов, так, чтобы среди потенциально реализуемых проектов выбрать наиболее экономически эффективные. При этом проекты с повышенным риском должны компенсироваться менее рисковыми, а долгосрочные проекты должны выполняться одновременно с краткосрочными.

Таким образом, в рамках данного исследования был разработан комплексный подход к решению задачи обновления активной части основных фондов предприятия на основе динамической задачи о замене оборудования и моделирования финансовых ресурсов.

На основе построения информационной модели по технологии функционального моделирования IDEF0, реализованной в программной системе BPwin 4.0, осуществлен инжиниринг процесса принятия решений поставленной задачи. Для чего были выделены основные этапы, управляющая информация и определены экономико-математические методы, с помощью которых осуществляется решение соответствующих подзадач. Предложенный подход может быть эффективно применен для решения инвестиционных задач модернизации любой сложности.

В заключение следует отметить, что разработанный подход к решению задачи обновления активной части основных фондов предприятия, позволяет комплексно решать возникающие при реализации соответствующего инвестиционного проекта подзадачи и обеспечивает преємственность управляющей информации, возникающей на различных ее этапах.

Однако реализация такого подхода вследствие обработки большого количества информации невозможна без разработки и применения специальных программных комплексов, реализующих разработанные методы оптимизации, снабжающие ЛПР необходимой информацией при принятии соответствующих решений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Друкер П. Эффективное управление. Экономические задачи и оптимальные решения: Пер. с англ. М. Котельниковой. - М: ФАИР-ПРЕСС, 2003. - 288 с. - (Университеты бизнеса).
2. Кузнецов А. В. Высшая математика: Мат. программир.: Учеб. - 2-е изд., перераб. и доп. / А. В. Кузнецов, В. А. Сакович, Н. И. Холод;

Под общ. ред. А. В. Кузнецова. - Мн: Выш. шк., 2001. - 351 с.: ил.

3. Вагнер Г. Основы исследования операций. Т. 1 / Пер. с англ. Б. Т. Вавилова. - М.: Мир, 1972. - 335 с.
4. Дик В. В. Методология формирования решений в экономических системах и инструментальные среды их поддержки. - М.: Финансы и статистика, 2000. - 300 с.
5. Виленский П. Л. Оценка эффективности инвестиционных проектов: Теория и практика: Учеб. пособ.. - 2-е изд., перераб. и доп. / П. Л. Виленский, В. Н. Лившиц, С. А. Смоляк. - М.: Дело, 2002. - 888 с.
6. Андерсен Бьёрн. Бизнес-процессы. Инструменты совершенствования. - М.: РИА «Стандарты и качество», 2003. - 272 с.
7. Тельнов Ю. Ф. Реинжиниринг бизнес-процессов. Компонентная методология. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Финансы и статистика, 2005. - 320 с.
8. Железко Б. А. Реинжиниринг бизнес-процессов: Учеб. пособ. / Б. А. Железко, Т. А. Ермакова, Л. П. Володько; Под ред. Б. А. Железко. - Мн.: Книжный Дом; Мисанта, 2006. - 216 с.

Поступила в редколлегию 17.05.2007.