

УДК 519.825.3, 330.45

## КОМПЛЕКСНАЯ МОДЕЛЬ ФИНАНСОВО-ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ: ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ, ЗАДАЧА ОПТИМИЗАЦИИ, ПОСТАНОВКА ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Д.Б.Потапов

*В статье кратко представлена комплексная модель финансово-хозяйственной деятельности предприятия (Модель ФХД), описывающая его производственную и финансово-экономическую подсистемы. Для модели ставится и решается задача оптимизации, приводится постановка вычислительных экспериментов.*

Научный руководитель: д-р физ.-мат. наук, профессор **Максимов В.П.**

### Введение

Рост конкуренции на внутреннем и внешнем рынках ужесточает требования к качеству принимаемых управленческих решений на всех уровнях экономики и в первую очередь на уровне предприятий как основном субъекте коммерческих отношений. Вместе с тем в современной экономике растет объем информации, которую необходимо принимать во внимание при принятии решений. В связи с вышесказанным представляется актуальным разработка методов и программных продуктов, обеспечивающих поддержку принятия решений с применением аппарата математического моделирования и оптимизации, чему и посвящена настоящая статья. К сожалению, ограниченный объем настоящей публикации не позволяет привести строгую математическую постановку Модели ФХД и подробно описать алгоритм ее линеаризации. С отдельными элементами модели заинтересованный читатель может ознакомиться в статье [1], модель производственной подсистемы подробно описана в [2].

### Общее описание модели, постановка задачи оптимизации

С точки зрения классификации моделей, описывающих деятельность предприятия, предложенной в [3, стр. 108], Модель ФХД можно отнести к моделям, объединяющим уровни 1-2. Т.е. Модель ФХД, с одной стороны, может использоваться для поддержки решений, связанных с «изменением производственной структуры объекта, объемов и ассортимента продукции (стратегическое планирование)», а с другой - для «оптимизации производственной программы предприятия для выбора выпускаемых в рассматриваемом периоде продуктов

(текущее управление)». Объединение вышеуказанных уровней в одной модели делает задачу поддержки принятия решений более гибкой с точки зрения учета «времени жизни решения от момента принятия до исполнения, когда состоялось воздействие решения на управляемый процесс» при этом увеличивает вычислительную сложность задачи оптимизации.

Рассматривая типологии позиционирования продукта и технологического процесса [4], модель производственной подсистемы, входящую в состав Модели ФХД, можно характеризовать следующим образом:

- с точки зрения стратегии позиционирования продукта [4, стр.46] модель может использоваться для любого из трех типов стратегии позиционирования (производство на склад, сборка на заказ, производство на заказ);

- с точки зрения типов технологического процесса [4, стр.50] модель может быть применима для следующих типов производственного процесса: поточное производство, серийное универсальное производство, где зависимость расхода факторов производства от объема производства имеет кусочно-линейный характер.

Наибольший эффект от использования Модели ФХД может быть получен в универсальном серийном производстве дискретного типа с большим удельным весом подготовительно-заключительных работ при использовании стратегии позиционирования продукта «сборка на заказ» и «производство на заказ».

Основой для модели производственной подсистемы послужил подход, изложенный в [3, гл.7, 8]. Модель является детерминированной динамической с дискретным временем; производственный процесс описывается в терминах потоков продуктов.

Наиболее существенными нововведениями автора являются следующие:

1. При формировании технологических маршрутов в Модели ФХД предусматривается возможность указания альтернативных маршрутов, т.е. маршрутов, результатом на выходе которых является один промежуточный либо конечный продукт. Таким образом, в результате решения оптимизационной задачи выбирается наиболее «выгодный» (с точки зрения задан-



ного критерия при условии выполнения всех ограничений) технологический маршрут среди альтернативных.

2. Одной из основных особенностей универсального производства и некоторых разновидностей поточного производства являются высокие затраты (машинного времени, трудозатраты) на переналадку оборудования или подготовительно-заключительные работы. В модели такие затраты выделены отдельно, т.е. если определенным промежуточный продукт производится на каком-то временном промежутке, необходимо понести затраты ресурсов на подготовительно-заключительные работы. Поэтому при условии выполнения всех ограничений возможно выгоднее наработать полуфабрикат в счет потребности будущих периодов и хранить его, чтобы снизить удельные затраты.

3. При небольших партиях обработки существенную долю себестоимости могут составлять материалы, определяемые по нормативам (количество единиц продукции, которые можно изготовить с использованием единицы материала), например, оснастка высокотехнологичного оборудования, поэтому расход таких материалов должен определяться как целочисленные переменные.

Модель финансовой подсистемы строится на основе аппарата поточно-финансовых структур (ПФС) с дискретным временем. Упрощенная схема такой ПФС приведена на рис. 1 (полная ПФС предприятия, используемая при моделировании, содержит 17 состояний и 45 типов потоков). На схеме в качестве блоков представлены счета активов либо пассивов предприятия, стрелки, соединяющие блоки отражают потоки, характеризующие операции финансово-хозяйственной деятельности. Соответственно, все операции, описанные в натуральных показателях в модели производственной подсистемы, находят свое отражение в ПФС. Перечислим исходные данные для Модели ФХД.

1. В подсистеме потоков, моделирующих производство в натуральных показателях:

а. Технологические маршруты (маршруты движения промежуточных продуктов, с указанием используемых рабочих центров, с указанием альтернативных маршрутов);

б. Нормы и нормативы расхода материалов по номенклатуре в разрезе промежуточных продуктов;

в. Нормы расхода машинного времени на подготовительно-заключительные операции и штучное время обработки по типам машин в разрезе промежуточных продуктов;

г. Нормы расхода трудовых ресурсов на подготовительно-заключительные операции и

штучное время обработки по профессиям в разрезе промежуточных продуктов;

е. Нормы расхода энергоресурсов на подготовительно-заключительные операции и на штучное время обработки по видам энергоресурсов в разрезе промежуточных продуктов;

ф. Постоянный (не зависящий от объема производства) объем расхода материалов, трудовых и энергетических ресурсов;

г. Длительность производственного цикла по промежуточным продуктам;

h. Располагаемый фонд машинного времени по типам машин;

i. Располагаемый фонд рабочего времени, максимальный фонд сверхурочных работ по профессиям;

j. Спрос по номенклатуре конечной продукции;

к. Остатки конечных продуктов, промежуточных продуктов, материалов на начало горизонта планирования;

1. Наличие производственных мощностей и трудовых ресурсов на начало горизонта планирования;

м. Ограничения по объемам поставки материалов, связанные с внешними условиями;

п. Ограничения по количеству вводимых производственных мощностей, связанные с внешними и внутренними условиями;

о. Ограничения по количеству нанимаемых и увольняемых работников, связанные с внешними и внутренними условиями.

2. В подсистеме потоков, описывающих финансово-экономическую деятельность:

а. Стоимость готовой продукции, материалов, трудовых ресурсов, энергоресурсов, оборудования, постоянные затраты;

б. Процентные ставки по привлекаемым и размещаемым средствам;

в. Порядок оплаты (процент предоплаты, период предоплаты, период погашения задолженности) в разрезе контрактов по всем поступлениям и платежам по операционной деятельности и приобретению оборудования;

г. Себестоимость остатков конечных продуктов, промежуточных продуктов, стоимость материалов, на начало горизонта планирования;

е. Стоимость основных средств, включая производственные мощности, и капитальных вложений на начало горизонта планирования;

ф. Остатки (сальдо) денежных средств, дебиторской и кредиторской задолженности, капитала на начало горизонта планирования.

В модели используются следующие типы ограничений:

1. В подсистеме потоков, моделирующих производство в натуральных показателях:



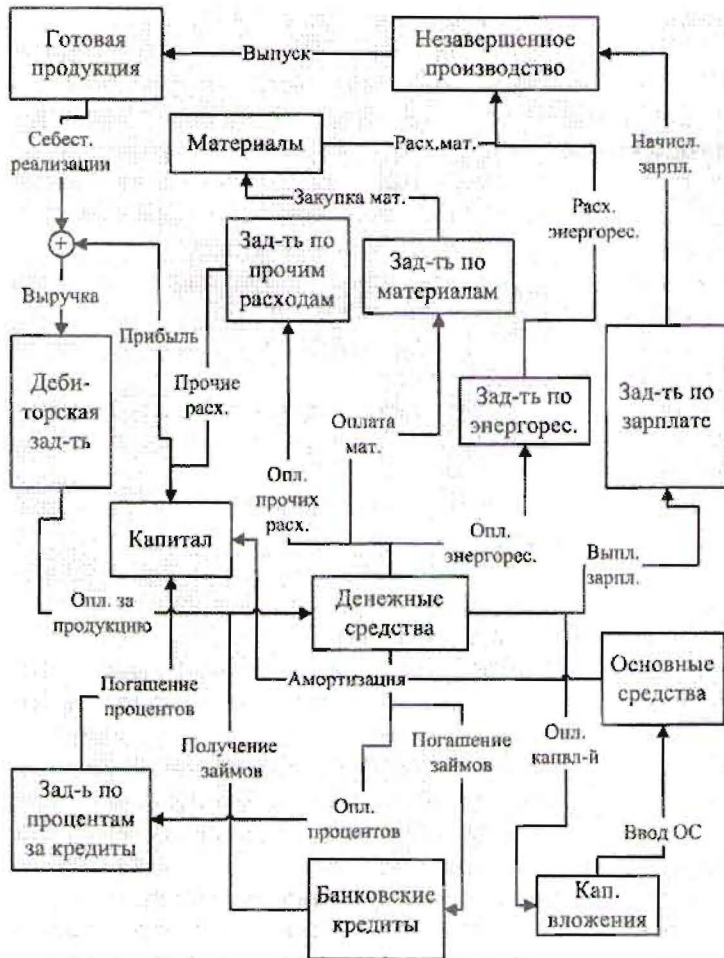


Рис. 1. Упрощенная поточно-финансовая структура промышленного предприятия

- а. Технологические маршруты (с учетом альтернативных);
- б. Ограничения на фонд машинного времени, фонд рабочего времени, объемы сверхурочных работ;
- с. Ограничения по спросу на конечные продукты;
- д. Балансовые уравнения, описывающие движение конечных продуктов, промежуточных продуктов, материалов;
- е. Уравнения, описывающие расход материальных и энергетических ресурсов;
- ф. Ограничения на объемы поставки материалов;
- г. Динамика производственных мощностей и трудовых ресурсов.

2. В подсистеме потоков, описывающих финансово-экономическую деятельность:

- а. Уравнения, описывающие взаимосвязь между потоками в натуральных показателях и финансово-экономическими потоками ПФС;
  - б. Уравнения финансовых потоков ПФС;
  - с. Балансовые уравнения ПФС.
3. Дополнительные ограничения:

а. В качестве дополнительных ограничений могут использоваться любая линейная комбинация счетов и потоков ПФС, что позволяет в качестве ограничений задавать ши-

рокий спектр распространенных показателей финансово-хозяйственной деятельности (рентабельность, ликвидность, оборачиваемость и т.д.).

В качестве целевой функции также рационально использовать линейную комбинацию счетов и потоков ПФС, например, накопленная прибыль, денежный поток и прочие.

Основной целью моделирования деятельности промышленного предприятия ставилось разработка следующих оптимальных планов:

- продаж, производства, и снабжения;
- закупки оборудования;
- увеличение и сокращения численности производственных рабочих;
- размещения свободных средств;
- привлечения инвестиций.

В настоящее время для решения подобных задач достаточно хорошо разработаны алгоритмы линейного частично-целочисленного программирования. Препятствием для использования вышеназванных методов являются нелинейные связи в Модели ФХД:

1. Взаимосвязь между объемом производства  $QGP$  и затратами отдельных факторов производства  $QR$  (рис. 2а), а также между объемом производства и стоимостью изготовления этого объема  $C$  (рис. 2б) являются линейными кусочно-непрерывными функциями. Скачки  $\Delta QR$ ,  $\Delta C$  связаны с необходимостью учета стоимости подготовительно-заключительных операций, скачки  $\Delta C_i$  связаны с расходом в производство материалов, определяемых по нормативам.

2. Себестоимость изготовления промежуточного продукта зависит от технологического маршрута и от изменения цен на ресурсы, так как включает средневзвешенную стоимость используемых материалов и полуфабрикатов, поэтому до определения программы производства она не может быть вычислена.



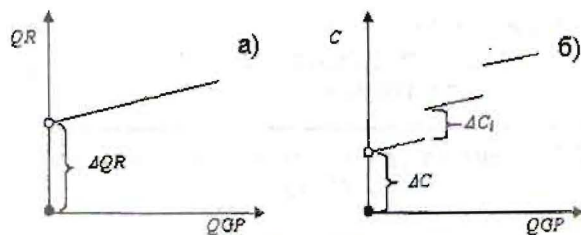


Рис. 2. Взаимосвязь между затратами и объемом производства

Модель ФХД при помощи введения дополнительных целочисленных переменных и некоторых искусственных приемов была избавлена от вышеуказанных нелинейных взаимосвязей без потери информативности.

**Постановка вычислительных экспериментов**

Моделирование потоков проводилось в математическом пакете MatLab7, представляющем с одной стороны широкие возможности матричных вычислений, с другой стороны - доступ к ядру пакета Maple, позволяющему проводить символьные вычисления. Задача оптимизации решалась в пакете LpSolve5.5 [5], предназначенном для решения задач частично-целочисленного линейного программирования с поддержкой работы с частично-непрерывными переменными. Передача модели из Matlab в LpSolve проводилась с использованием интерфейсов прикладных программ (API), предлагаемого разработчиками пакета LpSolve.

Моделирование производилось на примере производства высокозащищенной полиграфической продукции. Технология производства одного конечного продукта схематично представлена на рис. 3.

На рисунке пунктиром обозначена альтернативная операция (на операции 4 может использоваться как полуфабрикат 2, так и полуфабрикат 3).

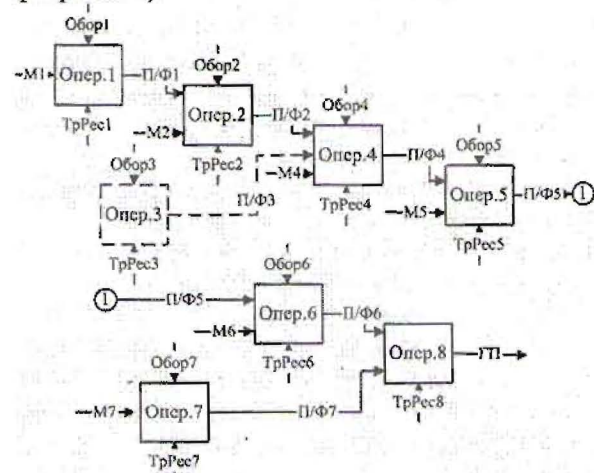


Рис. 3. Схема технологического процесса

Параметры исследуемой модели ФХД представлены в табл. 1.

Таблица 1

Параметр	Значение
Количество периодов	1-9
Количество конечных продуктов	8
Количество промежуточных полуфабрикатов	48
Количество видов материалов	97
Количество видов оборудования	8
Количество профессий	11
Количество контрактов	1
Количество видов прочих расходов	1
Количество видов энергии	0

Полноценные результаты были получены только для эксперимента 1. Время решения задачи (процессор P-4, 2.66ГГц, ОЗУ 768 МБ) составило при этом от 15 секунд до 5 минут в зависимости от начальных условий и параметров. Для экспериментов 2-4 задача не была решена в связи с длительным временем расчета. При этом решение задач 2-4 без ограничений целочисленности переменных подтвердило правильность динамических взаимосвязей в модели. Основным направлением дальнейших исследований является уменьшение времени поиска оптимального решения для модели с несколькими периодами.

Вычислительные эксперименты были проведены для 4 горизонтов планирования: месяц (1 период), квартал - ежемесячно (3 периода), полугодие - ежемесячно (6 периодов), квартал - подекадно (9 периодов). Размерность задачи и время расчетов представлены в табл. 2.

Таблица 2

Параметры	Эксп.1	Эксп.2	Эксп.3	Эксп.4
Количество периодов	1	3	6	9
Количество ограничений	1409	3387	6354	9474
Количество переменных	1376	3536	6776	10016
в т.ч. целочисленных	38	114	228	342
бинарных	48	144	288	432

**Список использованных источников**

1. Потапов Д.Б. Модель промышленного предприятия на основе поточно-финансовой структуры. - Информационные технологии моделирования и управления, 2006, 5(30), с.566-575.

2. Потапов Д.Б. Об одном подходе к моделированию деятельности промышленного предприятия: модель производственной под-



системы на примере технологии защищенной полиграфии. - Материалы III международной конференции по проблемам управления, М.: ИПУ РАН, 2006. В печати.

3. Плещинский А.С. Оптимизация межфирменных взаимодействий и внутрифирменных управленческих решений. - М.: Наука, 2004, 252 с.

4. Гаврилов Д.А. Управление производ-

ством на базе стандарта MRP II. - СПб.: Питер, 2005, 416 с.

5. <http://www.geocities.com/lpsolve/>,  
<http://lpsolve.sourceforge.net>

Пермский государственный университет,  
г. Пермь

УДК 519.8

## ДИАЛОГОВАЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ТОРГОВЫХ СИСТЕМ

А.С.Рыков, А.А.Шахназарян

*В работе приведено многокритериальное описание торговых систем. Предложены разные постановки задач выбора лучшей торговой системы, использующие комбинирование принципов оптимальности.*

### Введение

Рассмотрим инвестиционный процесс, как совокупность действий связанных с управлением финансовыми активами на фондовом или валютном рынках. Под финансовыми активами будем понимать ценные бумаги, стандартизированные производные инструменты, валюты разных стран. Управление финансовыми активами предполагает совершение определенных торговых действий в течение периода, в котором осуществляются инвестиции направленные на достижение поставленной экономической цели. Финансовые активы, которыми обладает инвестор в течение инвестиционного периода, составляют портфель инвестиций.

Совокупность правил однозначно регламентирующих основные торговые действия, такие как – открытие позиции (покупка или продажа финансового актива), закрытие позиции, фиксация прибыли или убытка и т.д. будем называть торговой системой. Для управления портфелем инвестиций может быть создана одна или несколько торговых систем. Набор торговых систем применяемых инвестором определяет инвестиционную стратегию управления финансовыми активами.

Различают два способа управления портфелем инвестиций – пассивное и активное управление [1]. Пассивное управление характеризуется созданием диверсифицированного портфеля ценных бумаг и поддержанием его состава в неизменном состоянии в течение длительного времени. Активное управление подразумевает постоянное «присутствие» на рынке, отслеживание краткосрочных и среднесрочных

тенденций, частое совершение торговых операций.

Основное внимание уделим активному управлению портфелем ценных бумаг как наиболее часто используемому участниками фондового и валютного рынка.

Процесс формирования и управления портфелем инвестиций состоит из следующих основных этапов:

- выработка инвестиционных целей инвестора;
- конструирование торговых систем;
- оптимизация портфеля инвестиций;
- оценка полученных результатов.

Каждый из перечисленных этапов может рассматриваться как отдельная подсистема в системе инвестиционного процесса.

### Конструирование торговых систем.

Конструирование торговой системы (ТС) представляет собой процесс, состоящий из нескольких взаимосвязанных этапов. К основным этапам относятся: создание идеи торговой системы; формализация правил заложенных в ТС; выбор критериев описывающих качество ТС; тестирование и оптимизация ТС; использование ТС при реальном управлении финансовыми активами. Ниже представлена схема диалогового алгоритма создания торговой системы.

Шаг 1: Отбор финансовых активов. Выбор горизонта инвестирования;

Шаг 2: Создание идеи ТС. Формализация правил совершения торговых операций;

Шаг 3: Формализация критериев описывающих качество торговой системы;

Шаг 4: Тестирование ТС;

Шаг 5: Если качество ТС, удовлетворительно, то перейти к 10, иначе шаг 6;

Шаг 6: Проверка на возможность оптимизации ТС. Если оптимизация возможна, перейти к 7 иначе к 8;

Шаг 7: Оптимизация ТС. Перейти к шагу 4;