

И.Ю. Ивченко*Одесский национальный политехнический университет***АПРОБАЦИЯ ИМИТАЦИОННО-ОПТИМИЗАЦИОННОГО ПОДХОДА НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ СИНХРОНИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ**

Решена задача синхронного планирования оптимальной производственной и инвестиционной деятельности промышленного предприятия, основанная на детализированной динамической имитационной модели функционирования предприятия с дискретным временным шагом и проанализированы варианты субоптимальных управляющих решений. Дана краткая характеристика полученного оптимального управления.

Ключевые слова: синхронизация, производственная деятельность, инвестиционная деятельность, промышленное предприятие, оптимальное управление.

Вирішена задача синхронного планування оптимальної виробничої і інвестиційної діяльності промислового підприємства, яка заснована на деталізованій динамічній імітаційній моделі функціонування підприємства з дискретним часовим кроком, і проаналізовані варіанти субоптимальних керуючих рішень. Дана коротка характеристика отриманого оптимального управління.

Ключові слова: синхронізація, виробнича діяльність, інвестиційна діяльність, промислове підприємство, оптимальне управління.

Solved the problem of simultaneous scheduling of optimal production and investment activities of an industrial enterprise, based on detailed dynamic simulation model of the functioning of the enterprise with a discrete time step. Options for sub-optimal management decisions are analyzed. A brief description of the resulting optimal control is given.

Key words: synchronization, production activity, investment activity, production enterprise, optimal control.

В условиях инновационной экономики проблема управления предприятием приобретает комплексный характер, который в общем случае включает в себя синхронное управление производственной, инновационно-инвестиционной деятельностью и их совместным финансированием. Поскольку в настоящее время комплексные модели предприятия, решающие в полном объеме данную задачу, отсутствуют, проблема разработки данной задачи является актуальной.

Анализ современного состояния науки в данной предметной области показывает, что разработан большой спектр математических моделей и методов для описания и управления хозяйственной деятельностью предприятия. К ним относятся модели на базе производственных функций, методы "затраты – выпуск", оптимизационные модели, теория расписаний, задачи календарного планирования, сетевые модели [1; 3]. Наилучшее решение в этих моделях находят путем осуществления специально разработанных алгоритмических преобразований. Но такие математические модели обычно носят либо слишком агрегированный характер, либо наоборот решают узкие частные задачи.

Моделирование же инвестиционной деятельности опирается на методы проектного менеджмента и на методы выгодности инвестиционных проектов [2], для анализа которых часто применяют имитационное моделирование [4]. Однако, наряду с достаточно большим обзором представленных в современной литературе методов и моделей управления предприятием, следует отметить, что примеры их применения и практической апробации в условиях, приближенных к действительности, практически отсутствуют.

Ставится задача на примере гипотетического промышленного предприятия с ис-

пользованием статистических данных продемонстрировать работоспособность имитационно-оптимизационного подхода к комплексному моделированию предприятия и посмотреть, насколько реально отражает модель синхронизации производственной и инвестиционной деятельности результаты работы предприятия.

На базе разработанной и изложенной в статьях автора [5; 6] динамической имитационно-оптимизационной модели синхронного планирования инновационно-инвестиционной и производственной деятельности было осуществлено комплексное исследование функционирования предприятия. Разработанная модель является многокритериальной частично-целочисленной задачей динамической оптимизации. Модель инвариантна относительно критериев оптимальности, что позволяет не ограничиваться жестким заданием определенного перечня критериев оптимальности. Для решения задачи синхронного планирования в модель включены две целевые функции (максимин чистой прибыли и максимальной средней прибыли за весь период планирования) и комплекс ограничений как на управляющие переменные, так и на параметры деятельности предприятия. Целевые показатели и ограничения определяются как результат имитации деятельности предприятия с помощью имитационной модели [5; 6].

На основе данных, предоставляемых официальной статистической информацией [1; 7] рассматривается гипотетическое промышленное предприятие, которое решает задачу оптимальной синхронизации своей хозяйственной и инвестиционной деятельности и их финансирования в течение некоторого планового периода. В результате проведения статистических испытаний всевозможных траекторий управляющих параметров были получены траектории всех целевых и прочих показателей, необходимых для формирования и проверки ограничений, налагаемых на процесс функционирования предприятия. Основные результаты проведенных испытаний изложены ниже.

Производственная деятельность. Поскольку планирование производственной программы предприятия является ключевой составляющей общей задачи синхронизации производственной и инновационно-инвестиционной деятельности, то в первую очередь был рассмотрен случай, когда предприятие осуществляет только производство продукции.

В рамках проведенных экспериментов были получены оптимальные траектории управляющих переменных на всем периоде планирования ($t=1, \dots, T$) для синхронизации производственной деятельности и воспроизводства фондов в рамках простого воспроизводства. В ситуации инновационно-пассивного предприятия такое управление предполагает использование следующего набора оптимальных траекторий управления в каждый момент времени: 100%-ная интенсивность использования технологии производства продукции ($u_{pt}^* = 1, \forall t, t \in T$); отказ от директивного выведения фондов ($\alpha_{kt}^* = 0, \forall t, t \in T$); направление на восстановление всего объема физически изнашиваемых фондов ($\beta_{kt}^* = 1, \forall t, t \in T$); 100% интенсивность использования технологии восстановления фондов ($\chi_{kt}^* = 1, \forall t, t \in T$); осуществление всех процессов на предприятии только за счет собственных средств ($\lambda_{gt}^* = 1, \forall t, t \in T$).

Предложенное оптимальное управление предполагает выпуск продукции в постоянном объеме на всем периоде планирования и полное восстановление изнашиваемых фондов. При этом наблюдается снижение амортизационных отчислений, которое в свою очередь приводит к уменьшению постоянных затрат. Причиной

этого является падение балансовой стоимости фондов во времени (на 35%). Уменьшение доли амортизационных отчислений приводит к увеличению прибыли предприятия (на 30%). Показатели прибыли, полученные при выбранном оптимальном управлении, характеризуют предприятие как прибыльное.

На основе построенных математических моделей синхронного планирования производственной и инновационно-инвестиционной деятельности [6] был так же проведен анализ влияния условий функционирования предприятия (значений параметров внешней и внутренней экономической среды, их динамики) на выбор оптимального управления производственной деятельностью. Исследование поведения предприятия проводилось для ситуаций уменьшения спроса на продукцию, уменьшения цен на продукцию, увеличения цен на ресурсы, увеличения затрат на восстановление ОПФ, изменения соотношения собственных и заемных средств.

В рассматриваемых ситуациях оптимальное управление было изменено лишь в случае низкого спроса на продукцию. Здесь в соответствии с предложенным оптимальным управлением предлагается загружать фонды только на 90%. Кроме того, за весь исследуемый период директивно выводится 2% от общего количества фондов. Однако следует отметить, что, несмотря на уменьшение объема выпускаемой продукции, предприятие остается прибыльным. Прирост чистой прибыли связан, как и в предыдущей ситуации, с уменьшением амортизационных отчислений (в результате падения балансовой стоимости фондов) и как следствие, с уменьшением совокупных затрат. При этом следует отметить, что наблюдается естественное уменьшение значения обеих целевых функций по сравнению с исходной ситуацией (с высоким спросом на продукцию), что демонстрирует, что метод работает правильно и выдает ожидаемые результаты.

Таким образом, задавая всевозможные траектории параметров внешней и внутренней среды с помощью разработанной динамической модели предприятия, было продемонстрировано, что модель синхронизации производственной и инновационно-инвестиционной деятельности реагирует адекватно на управляющие воздействия в производственной сфере и дает реальные результаты. Модель так же показала, что ухудшение экономических условий функционирования предприятия приводит к ухудшению основных экономических показателей деятельности предприятия и тем самым стимулирует инновационные процессы развития производства.

Инновационно-инвестиционная деятельность. Инновационно-инвестиционные мероприятия по воспроизводству фондов имеют общие с производственной сферой факторы производства и ресурсы (в том числе и финансовые). Это ставит проблему оптимальной синхронизации анализируемых видов деятельности. Поэтому следующим шагом было рассмотрение ситуации, когда предприятие параллельно с производством продукции осуществляет инновационно-инвестиционную деятельность по воспроизводству фондов. В этом случае, помимо описанных ранее управляющих переменных производственной деятельности, использовались управляющие переменные инвестиционной деятельности, описанные в статье автора [6].

Изначально для решения задачи управления, связанной с выбором инвестиционных проектов, входящих в инновационно-инвестиционную программу, предварительно были выбраны наилучшие по критерию чистого дисконтированного дохода (NPV) проекты.

Многокритериальный подход позволил получить следующие оптимальные значения управляющих переменных:

1. Для производственной деятельности значения управляющих переменных остались без изменения.

2. Для инновационно-инвестиционной деятельности были получены следующие оптимальные значения: инвестиционный проект, включенный в программу, запускается в максимально возможном объеме ($\delta = 1$); время начала запуска ИП соответствует первому такту ($\tau_1=1, \tau_0=0$, где $\tau=2, \dots, T$); заемные средства не используются ($\eta_{gt}=0, \forall t \in T, \forall g \in G; z_{gt}=0, \forall t \in T, \forall g \in G$) и финансирование происходит только за счет собственных средств ($\lambda_t=1, \forall t \in T$).

Таким образом, результатом управления в инвестиционной деятельности является осуществление инвестиционной программы, начиная с первого момента времени ($t=1$). В эксплуатацию вводятся фонды в размере, соответствующем максимальному масштабу инвестиционного проекта. В соответствии с полученным оптимальным решением к моменту полного ввода в эксплуатацию фондов, их количество возросло в 2 раза.

Результатом оптимального управления в производственной деятельности стал равномерный рост выпуска продукции (на 3% ежемесячно), что связано с вводом в эксплуатацию дополнительного количества основных производственных фондов. Это позволило увеличить производственную программу в 2 раза к моменту окончания реализации инвестиционной программы (вплоть до достижения величины рыночного спроса на продукцию, так как превышение рыночного спроса недопустимо по условиям задачи).

Предложенное в оптимальном решении синхронное управление производственной и инновационно-инвестиционной деятельностью предприятия привело к естественному росту затрат и повышению себестоимости продукции. При этом и после выхода ИП на проектную мощность наблюдается рост прибыли пропорционально росту производственной программы. Траектория показателя чистой прибыли так же имеет тенденцию к постепенному повышению (на 12%) и представлена на рис. 1.

Таким образом, генерируемое моделью оптимальное управление позволило улучшить финансовые результаты работы предприятия за счет реализации инвестиционной программы.

Проведенный на модели анализ влияния условий функционирования предприятия (значений параметров внешней экономической среды и их динамики) на выбор оптимального управления синхронной инновационно-инвестиционной и производственной деятельностью предприятия показал, что модель позволяет решать поставленную задачу в полном объеме. Для этого было исследовано, как поведет себя предприятие в ситуации уменьшения спроса на продукцию, а так же в ситуации включения в инвестиционную программу проектов, имеющих не оптимальное значение NPV.

Предложенное оптимальное управление в ситуации низкого спроса позволяет отрегулировать производственную программу относительно спроса на продукцию. Поскольку в соответствии с ограничениями модели предприятие может реализовать продукцию в объеме, не превышающем величину рыночного спроса, то, очевидно, возникнет необходимость уменьшения масштаба внедряемого инвестиционного проекта. Парето-оптимальное решение в условиях пониженного спроса на продукцию позволило найти единственное наилучшее решение из имеющихся альтернатив. Оно предполагает, что управляющие воздействия в основной деятельности останутся прежними, а относительно инновационно-инвестиционной деятельности принято решение внедрять ИП в объеме, соответствующем 60% от максимально возможного масштаба ($\delta_{gt}=0,6$). При этом прибыль предприятия возросла к концу исследуемого периода и в среднем составила 3,5 млн. грн., что, как и следовало ожидать, меньше значения чистой прибыли в базовом оптимальном варианте.

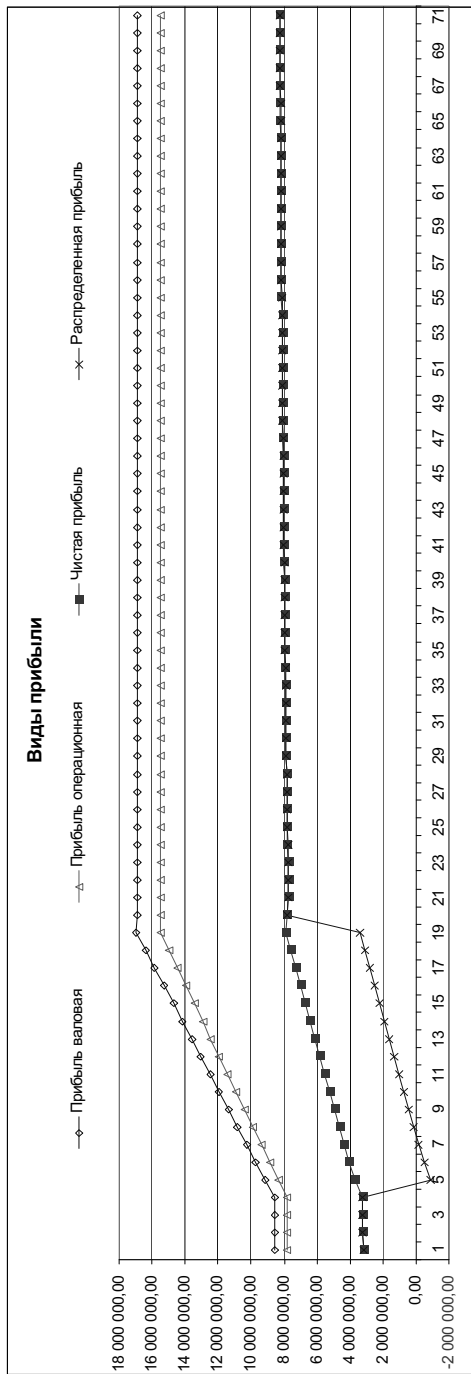


Рис. 1. Траектории прибыли при выбранном оптимальном управлении инновационно-инвестиционной и производственной деятельностью

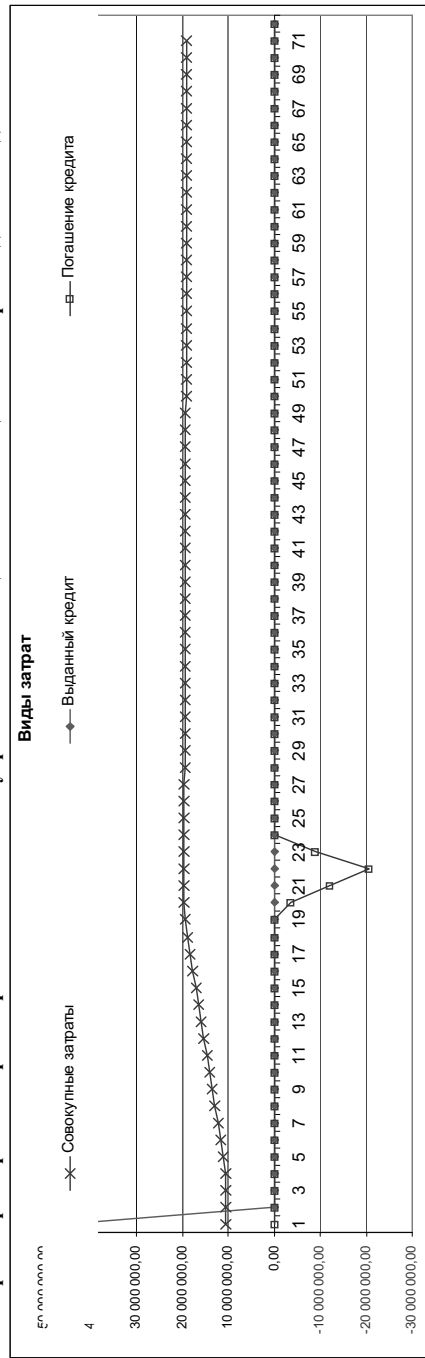


Рис. 2. Виды затрат при использовании кредитной схемы

Финансирование. Исследование вариантов синхронного финансирования производственной и инновационно-инвестиционной деятельности продемонстрировало, что непосредственно формирование производственной программы (определение объемов выпускаемой продукции) не зависит от источников финансирования, однако привлечение альтернативных источников финансирования по-разному отражается на затратах, являющихся основой формирования себестоимости продукции и, соответственно, прибыли предприятия. В связи с этим, прогнозируемый финансовый результат (прибыль) напрямую зависит от формирования затрат, отличающихся (в зависимости от выбранной схемы финансирования) механизмом и размерами выплат процентов по кредиту. А необходимость параллельного внедрения инновационно-инвестиционной программы создает дополнительные затраты в каждый момент времени на реализацию соответствующей стадии инвестиционного проекта. Затраты на выпуск продукции, восстановление изношенных фондов в рамках основной деятельности и затраты на инвестиционную программу представлены на рис.2. Как видно, по сравнению с оптимальным решением без кредитования, затраты возросли на величину процентов по кредиту.

Путём исследований на имитационно-оптимизационной модели синхронизации инновационно-инвестиционной и производственной деятельности удалось продемонстрировать и подтвердить адекватность математической модели. Использование имитационного моделирования для данного процесса позволило произвести исследование комплексного влияния различных параметров рассматриваемых видов деятельности на основные экономические показатели работы предприятия. Проведенный анализ продемонстрировал, что модель адекватно реагирует на управляющие воздействия и дает реальные, логичные результаты, а синхронное управление производственной, воспроизводственной и инвестиционно-инновационной деятельностью предприятия, согласованное с финансированием, позволяет находить решение конкретных производственно-воспроизводственных задач и их финансирования в различных условиях хозяйствования.

Библиографические ссылки и примечания

1. Вагнер Г.М. Основы исследований операций. Т. 1. / Г.М. Вагнер. – М.: Мир, 1972. – 333 с.
2. Волков И.М. Проектный анализ / И.М. Волков, М.В. Грачёва. – М.: ИНФРА-М, 2009. – 496 с.
3. Гранберг А.Г. Математические модели социалистической экономики / А.Г. Гранберг. – М.: Экономика, 1978. – 351 с.
4. Емельянов А.А. Имитационное моделирование экономических процессов: учеб. пособ. / А.А. Емельянов, Е.А. Власова, Р.В. Дума. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.
5. Ивченко И.Ю. Моделирование предприятия в задачах оптимальной синхронизации производства и инновационной деятельности и их финансирования / И.Ю. Ивченко, А.Б. Алёхин // Вісник Хмельницького університету. – 2008. – Т.1.: Економічні науки. – № 4. – С. 18–22.
6. Ивченко И.Ю. Управление в модели синхронизации производственной, воспроизводственной, инновационно-инвестиционной и финансовой деятельности предприятия // Вісник Хмельницького університету. – 2009. – Т.2. Економічні науки. № 4. – С. 198-205.
7. Статистичний щорічник України за 2009 рік / за ред. О.Г. Осауленка. – К.: Інформаналіт. агентство, 2010. – 566 с.

Поступила в редакцию 19.05.2011