

# ІНФОРМАЦІЙНЕ ТА МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ

## INFORMATION AND MATHEMATICAL SUPPORT OF ECONOMIC PROCESSES

УДК 658

### ОСОБЕННОСТИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРЕДПРИЯТИЯ КАК СЛОЖНОЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

И.Ю. Ивченко, к.е.н., доцент

М.А. Ноздрачева

*Одесский национальный политехнический университет, Одесса, Украина*

*Ивченко І.Ю., Ноздрачева М.О. Особливості моделювання підприємства як складної економічної системи.*

Дано огляд існуючих підходів до моделювання складних систем, проведено аналіз методів побудови моделі промислового підприємства. Проведено дослідження системного підходу до моделювання складних систем для подальшої розробки динамічної моделі функціонування промислового підприємства з метою підвищення ефективності виробництва.

*Ключові слова:* виробнича діяльність, промислове підприємство, модель підприємства, методи моделювання, системний підхід, складна економічна система

*Ивченко И.Ю., Ноздрачева М.О. Особенности моделирования предприятия как сложной экономической системы.*

Дан обзор существующих подходов к моделированию сложных систем, проведен анализ методов построения модели промышленного предприятия. Проведено исследование системного подхода к моделированию сложных систем для дальнейшей разработки динамической модели функционирования промышленного предприятия с целью повышения эффективности производства.

*Ключевые слова:* производственная деятельность, промышленное предприятие, модель предприятия, методы моделирования, системный подход, сложная экономическая система

*Ivchenko I.Yu., Nozdracheva M.O. Features modeling of the enterprise as a complex economic system.*

A review of existing approaches to the modeling of complex systems, the analysis of model building methods of the industrial enterprise. A study of a systematic approach to modeling complex systems to further develop a dynamic model of operation of industrial enterprises to improve production efficiency.

*Keywords:* manufacturing activity, enterprise, enterprise model, modeling, system approach, complex economic system

Системный подход предлагает рассматривать предприятие как функционирующую управляемую, производящую систему, состоящую из взаимосвязанных элементов. При выделении системы обычно задается множество отношений или связей между элементами. Экономическая система характеризуется структурным разнообразием элементов и связей, что свидетельствует о ее сложности. У системы всегда есть цель, и все элементы системы рассматриваются с точки зрения достижения цели.

Одним из основных инструментов научного познания предприятия как системы является модель. Модель представляет собой условный образ объекта исследования или управления. Объектом данного исследования является функционирование промышленного предприятия. Моделирование функционирования промышленного предприятия позволяет наиболее точно отразить необходимые процессы и явления и является важным элементом управления производственной деятельностью. Моделирование необходимо каждому предприятию, желающему идти в ногу со временем и иметь высокие показатели эффективности производства.

#### Анализ последних исследований и публикаций

Функционирование производственного предприятия как объекта математического моделирования и оптимизации представляет собой объединение принципиально разнородных процессов и мероприятий. Для описания таких процессов в экономико-математической литературе разработаны специальные, так же разнородные экономико-математические модели и методы.

В моделировании предприятий выделяют изолированные и комплексные (агрегированные) модели. Существующие комплексные модели в

основном являются обобщенными. Поэтому при их построении исследователи в первую очередь сталкиваются с проблемами, связанными с принципиальными различиями в методах описания производственной, вспомогательной и инвестиционной деятельности производственного предприятия. Для увязки таких процессов в рамках одной модели используют приемы обобщения и агрегирования при описании предприятия, что в свою очередь приводит к упрощению действительности.

Изолированные модели обычно используются для моделирования конкретных процессов или мероприятий, происходящих на предприятии. В изолированном моделировании выделяют: моделирование финансовой деятельности предприятия, моделирование производственных процессов (процессов производства продукции, модели динамики производственных фондов, модели управления запасами, модели распределения ресурсов и производственных мощностей), методы и модели анализа инвестиционных проектов (рис. 1).

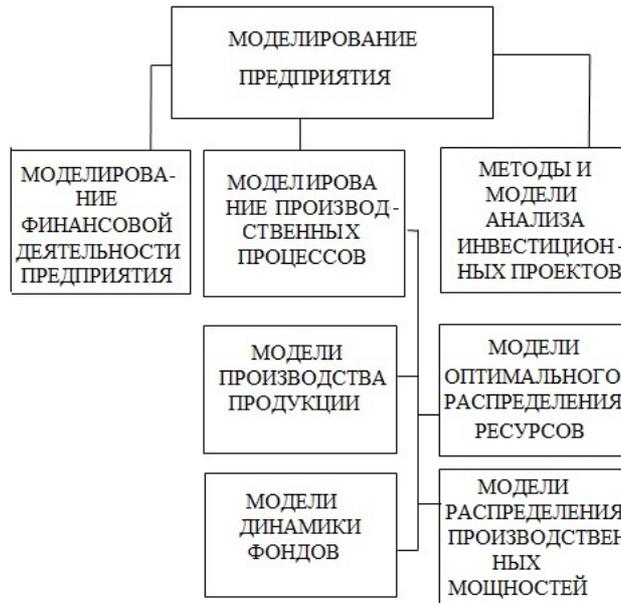


Рис. 1. Виды моделей предприятия

Однако модели, которые применяются для решения частных вопросов (к ним так же относятся, например, модели выбора технологических способов производства заданного ассортимента продукции, распределительные задачи и т.п.) преимущественно являются узкоспециализированными и не позволяют взглянуть на проблемы управления предприятием в целом. Кроме того, преимущественно частные модели разработаны лишь для статических задач, и соответственно являются достаточно упрощенными.

Для построения моделей предприятия, которые будут точно и согласованно отражать рассматриваемые в каждом конкретном исследовании процессы, существует множество моделей и методов. Наибольший интерес среди них представляют оптимизационные модели [1]. Оптимизационные модели основаны на методах математического программирования – линейного и нелинейного, статического и динамического. Однако в отличие от описательных моделей, в них находится оптимальное решение с помощью поиска экстремума заранее выбранных критериальных параметров.

В оптимизационных моделях строится целевая функция и задается критерий оптимальности. А для описания важнейших условий функционирования предприятия и взаимосвязи его параметров строятся соответствующие условия-ограничения. В зависимости от вида функций, участвующих в формировании цели и ограничений, различают линейные и нелинейные, целочисленные и смешанные модели [2]. В оптимизационных моделях имеется возможность получать множество решений, удовлетворяющих условиям задачи при известных исходных параметрах. Затем, в соответствии с принятым критерием (критериями) оптимизации, осуществляется выбор оптимального решения.

Примерами таких моделей являются модели определения оптимальной производственной программы, модели оптимального смешивания компонентов, оптимального раскроя материала, оптимального размещения предприятий на заданной территории, транспортные модели, поиск наилучших маршрутов и др. Большинство разработанных и используемых на практике оптими-

зационных моделей являются моделями планирования и имеют один критерий оптимальности.

Однако с помощью линейных математических выражений и последующей их оптимизации невозможно полноценно отразить сложные процессы функционирования и развития экономического потенциала. Причиной этого является необходимость упрощения и обобщения описания процессов, происходящих на предприятии. Соответственно, применение таких моделей достаточно ограничено [3].

К оптимизационным моделям относятся так же игровые модели принятия решений в условиях неопределенности. Исходными данными для моделей, разрабатываемых в теории игр, выступают показатели эффективности работы предприятия, которые записываются в платежную матрицу. Строки платежной матрицы соответствуют стратегиям развития ситуации, которая моделируется, а столбцы описывают различные условия функционирования предприятия. Оптимальные минимаксные или максиминные стратегии выбираются на основании различных критериев пессимизма и оптимизма, например, на основании критериев Вальда, Сэвиджа, Гурвица, Лапласа. [1]. Следует заметить, что недостатком статистических и стратегических игровых моделей, так же как и в описанных выше моделях, является то, что с их помощью производственное предприятие можно описывать очень обобщенно. Достоинством же таких игровых моделей является возможность принятия решения в ситуации неопределенности благодаря разработанному в теории игр механизму поиска минимаксных и максиминных стратегий.

Существуют и другие подходы к моделированию сложных систем. Так, например, для описания зависимости между ресурсами и объемами выпуска готовой продукции широко используется аппарат производственных функций (ПФ) [4]. При моделировании производственных процессов с помощью производственных функций используется один из основных принципов экономической кибернетики – представление сложной системы в виде «черного ящика». Производственные функции могут быть как статические, так и динамические. Динамические ПФ более точно описывают производство, поскольку позволяют увязать объемы выпуска продукции с затратами производственных ресурсов и основного капитала в каждый момент времени. Большое разнообразие ПФ дает возможность моделировать разные по своему типу и описанию виды предприятий. Но, аналогично оптимизационным моделям, существенным недостатком производственных функций является агрегированное описание процессов производства продукции и факторов производства. Этот факт служит причиной ограниченного применения аппарата ПФ в рамках рассматриваемой проблемы.

Достаточно широкое применение в научной экономической литературе при построении описа-

тельных моделей предприятия получили эконометрические модели. Они обычно основываются на методах и моделях регрессионного и корреляционного анализа. В эконометрических моделях взаимосвязи результатов работы предприятия с различными факторами (расходами ресурсов, объемами капитальных вложений, количеством и возрастом оборудования и т.д.) воспроизводятся с помощью регрессионных уравнений [5]. Для построения регрессионных уравнений необходима соответствующая статистика. Однако сложность получения исходных статистических данных так же создает препятствия для математико-статистического моделирования производственного предприятия.

Описанный выше недостаток был решен в модели В.В. Леонтьева «затраты – выпуск» [3]. Это классическая модель, позволяющая описывать структуру производства (технологии), взаимосвязь ресурсов и готовой продукции. Эту модель используют как в макроэкономике (для анализа национальной экономики), так и в микроэкономике (для анализа работы отдельного предприятия). В качестве затрат в этой модели используется показатели, характеризующие потребление в процессе производства. Выпуск – результат производственного процесса. В моделях «затраты – выпуск» ключевыми характеристиками технологий служат коэффициенты прямых затрат (технологические коэффициенты). Именно технологии определяют зависимости выпуска продукции и затрат производственных ресурсов. Решение модели «затраты – выпуск» сводится к решению системы соответствующих линейных уравнений, которые устанавливают баланс между используемыми технологиями, выпуском продукции и затратами факторов производства.

Результатом проведенного анализа существующих методов и моделей предприятия стал вывод, что, несмотря на их преимущества, ни один из них в чистом виде не позволяет построить модель необходимой точности и детализации. Существующие методы и модели, посвященные проблемам моделирования промышленного предприятия, обладают или излишне обобщенным взглядом на изучаемую проблему или имеют излишнюю детализацию и являются сложными с точки зрения сбора исходных данных.

### **Выделение нерешенных ранее частей общей проблемы.**

Основное внимание в данном исследовании уделено вопросам моделирования предприятия с целью повышения эффективности производства. При этом ставится задача, чтобы как объект, так и его модель обладали системными признаками. Системный подход позволит решить проблему построения модели сложной системы с учетом всех факторов и взаимосвязей, пропорционально их значимости на всех этапах исследования системы и построения модели. Анализ модели позволит понять роль различных факторов и

процесов в розвитку цих систем, визначити динаміку поведінки або встановити етапи управління системою.

В даному дослідженні основною задачею є вибір і описання тих параметрів системи, які необхідно проаналізувати або спрогнозувати. Тому спочатку стоїть задача формування концепції моделі. Концепція повинна ґрунтуватися на загальних принципах, лежачих в основі формального описання виробничих процесів. Складність тут полягає в тому, що виробничі процеси мають різну природу. Відповідно, вони вимагають спеціальних підходів і інструментів моделювання. Тому головна складність на початковій стадії моделювання вибору полягає в виборі загального математичного інструментарію для моделювання процесів, властивих підприємству. Це в свою чергу ускладнює процес створення моделі підприємства, що об'єднує різноманітні виробничо-господарські явища.

*Цілью* даної роботи є дослідження системного підходу до моделювання складних систем для подальшої розробки динамічної моделі функціонування промислового підприємства з метою підвищення ефективності виробництва.

Характерною для складних систем є те, що незалежно від природи досліджуваної системи, при розв'язанні завдань управління використовуються одні і ті ж абстрактні моделі. Однак, як було відзначено вище, це переважно або узкоспеціалізовані моделі, що розв'язують конкретні завдання і не дозволяють поглянути на проблему в цілому, або навпаки дуже укрупнені агреговані моделі з очевидними недоліками.

Системний підхід до моделювання вимагає в першу чергу визначення цілей моделювання. Для цього слід проаналізувати фактори, що впливають на виробничий процес на підприємстві і потім виділити найбільш актуальні проблеми і розробити модель, найбільш підходящу для розв'язання проблем управління підприємством. Крім того, слід визначитися з структурою системи. З цією метою вимагається вибрати найбільш впливові для розв'язання поставленої задачі елементи, з яких буде складатися розглядавана система і перерахувати сукупність зв'язків між елементами системи.

#### **Ізложення основного матеріалу дослідження**

Проблема моделювання функціонування промислового підприємства достатньо обширна. Це пов'язано з тим, що розроблювана модель повинна включати в себе велику кількість факторів, що впливають на ефективність виробництва. Математичне моделювання факторної системи господарської діяльності ґрунтується на визначених економічних критеріях і параметрах, що дозволяють описувати виробництво. В

зв'язі з цим моделювати господарську діяльність, здійснювати комплексний пошук внутрішньогосподарських резервів з метою підвищення ефективності виробництва можна, ґрунтуючись на заздалегідь вибраних факторах. Виділяють фактори внутрішні і зовнішні. Внутрішні фактори, це фактори, які залежать від діяльності самого підприємства і характеризують роботу підприємства:

К внутрішнім факторам належать:

- матеріально-технічні (використання передових технологій, вдосконалення основних фондів і нового більш продуктивного технологічного обладнання, модернізація і реконструкція матеріально-технічної бази підприємства);
- економічні (економічне стимулювання виробництва, фінансове і податкове планування, пошук нових резервів зростання прибутку);
- організаційно-управлінські (освоєння нових видів продукції, розробка інформаційного забезпечення процесів прийняття рішень);
- соціальні фактори (створення кращих умов праці для працівників, покращення кваліфікації працівників, організація побуту, оздоровлення і відпочинку для працівників підприємства).

Зовнішні фактори не залежать від діяльності підприємства. Однак зовнішні фактори так само впливають на рівень використання як виробничих, так і фінансових ресурсів розгляданого підприємства.

К зовнішнім факторам належать:

- господарсько-правові (податкова політика країни, регулювання тарифів і цін на продукцію з боку держави);
- ринкові (корекція цін на поставлену продукцію і послуги в разі інфляції або дефляції, організація ефективної реклами підприємства і його продукції, підвищення конкурентоспроможності підприємства, формування зовнішньоекономічних зв'язків);
- адміністративні (правові акти, постановлення і положення, регламентують діяльність організації).

Моделювання функціонування промислового підприємства, а також моделювання основних видів діяльності можливо з точки зору кожного з цих факторів. Це в свою чергу повинно привести до певного підвищення ефективності виробництва.

В основі системного підходу до вивчення виробничого підприємства лежить визначення структури економічної системи. Під структурою системи в даному дослідженні ми розуміємо елементи системи і сукупність зв'язків між ними, а також їх взаємоузгоджені дії. Після того, як буде створена структура розгляданого підприємства, її слід дослідити. Існує кілька під-

ходов исследованию структуры системы с ее свойствами. К ним в первую очередь относят структурный и функциональный подходы:

1) Система может изучаться извне. В этом случае она рассматривается с точки зрения состава отдельных подсистем и отношений между ними (структурный подход).

2) Система может изучаться изнутри. Тогда анализируются некоторые свойства системы, с помощью которых предприятие сможет достигать заданной цели (в этом случае изучаются функции системы).

При структурном подходе проявляются состав выделенных элементов системы  $S$  и связи между ними. Структура системы это совокупность элементов и связей между ними. В зависимости от цели исследования систему можно описывать на разных уровнях анализа. В наиболее общем случае описание структуры – это связанное описание, позволяющее определить составные части системы.

При функциональном подходе рассматриваются отдельные функции, которые выполняет система, то есть алгоритмы поведения системы. При этом под функцией подразумевают свойство, приводящее к достижению цели.

В системном подходе модель создается под поставленную проблему, а моделирование заключается в проблеме построения модели, поиске цели, а так же в проблемах работы с моделью. Правильно разработанная модель должна выявлять лишь те закономерности, которые нужны исследователю, и не рассматривает свойства системы, не существенные для данного исследования.

Для построения модели предлагается рассмотреть производственный процесс как совокупность взаимосвязанных основных, вспомогательных и обслуживающих процессов, в результате которых исходные материалы превращаются в готовые изделия.

В производстве различают процессы, которые по своему назначению относят к основным, вспомогательным и обслуживающим.

К основным производственным процессам на предприятии относятся процессы производства продукции и мероприятия, направленные на развитие производственных возможностей предприятия. Совокупность основных производственных процессов представляет собой комплекс мероприятий по изготовлению готовой продукции. Продукция выпускается в соответствии со специализацией предприятия. Продукция заданного качества выпускается в соответствии с имеющейся на предприятии производственной программой выпуска, в которой оговариваются номенклатура, количество и сроки.

К вспомогательным процессам относят мероприятия, связанные с изготовлением вспомогательной продукции для нужд данного предприятия, которая затем используется в основном производстве. К ним относятся, например:

изготовление и ремонт производственных фондов, ремонт зданий и сооружений, производство и передача энергии всех видов и др.

Обслуживающие процессы на предприятии это, как правило, мероприятия по оказанию услуг основному производству. К ним относятся транспортные услуги, складирование и отпуск материалов и полуфабрикатов в производство, сбор, хранение и обработка научно-технической информации, проверка точности работы приборов и инструментов, используемых как в основных, так и во вспомогательных мероприятиях.

Взаимосвязь основных производственных, вспомогательных и обслуживающих процессов образуют структуру производственного процесса.

В экономической литературе существует разбиение основных и вспомогательных процессов на простые и сложные. К простым процессам относят мероприятия по изготовлению простых предметов труда, а также отдельно взятые процессы, например процесс сборки продукции (изготовление деталей, сборка механизмов, машин и т.д.). В качестве сложных процессов рассматривают совокупность координированных во времени простых процессов.

Задавая всевозможные траектории параметров внешней среды с помощью соответствующих динамических моделей предприятия можно проследить влияние важнейших экзогенных факторов и разнообразных сценариев их развития на процесс функционирования предприятия.

Для целей математического моделирования вся хозяйственная деятельность предприятия по своему характеру подразделяется на две качественно различные группы:

- постоянно повторяемые процессы;
- определенные последовательности разнородных действий (мероприятий).

Процессы первой группы это процессы производства продукции, обслуживания и ремонта основных производственных фондов (простое воспроизводство производственного аппарата предприятия), процессы ресурсного (включая финансовое) обеспечения деятельности предприятия.

Процессы второй группы в современной теории и практике рассматриваются обычно в терминах проектной деятельности. Примерами таких мероприятий могут служить мероприятия по модернизации оборудования, реконструкции и расширению производства, внедрению новой техники и освоению новых видов продукции, прочие инвестиционные и инновационные мероприятия.

Современные условия функционирования производственных предприятий вынуждают их ежедневно конкурировать между собой. Поэтому важным моментом является синхронное управление всеми основными процессами, происходящими на предприятии в каждый момент времени с целью повышения эффективности производства. Это обуславливает необходимость разработки

динамической экономико-математической модели предприятия (модели, описывающей экономику в развитии).

Обычно экономико-математическая модель предприятия содержит блоки для расчета затрат, прибыли, потока денежных средств и финансового баланса. В качестве исходных параметров для этих расчетов обычно используются объем производства продукции, объемы продаж продукции, сроки и размеры инвестиционных вложений, источники и размеры финансирования, а так же показатели, описывающие технологию производства. Важнейшим этапом в процессе моделирования деятельности предприятий является разработка производственной программы, то есть обоснование объема изготовления продукции, конкретной номенклатуры и ассортимента в соответствии с потребностями рынка.

На рис. 2 представлены основные блоки в разрабатываемой модели.

По мере надобности, в зависимости от набора исходных данных, уровня детализации моделируемых процессов и используемых методов расчетов, модель может дополняться новыми блоками.

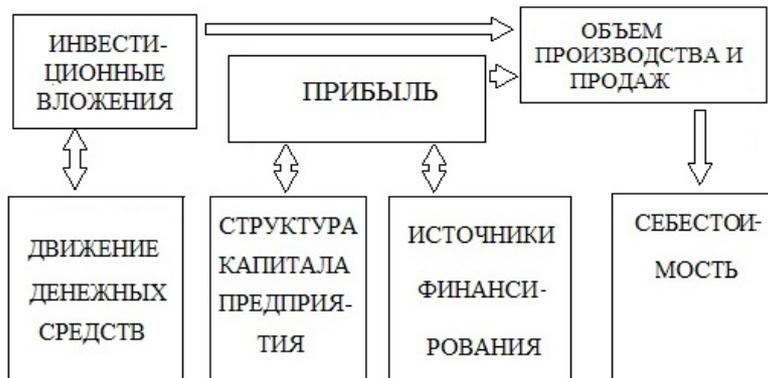


Рис. 2. Схема структурных блоков экономико-математической модели функционирования предприятия

Экономико-математическая модель, как правило, включает три основные составные части: целевую функцию – математическое выражение цели; систему ограничений, определяющих пределы изменения исследуемых характеристик объектов, процессов или явлений; систему параметров модели, закрепляющих ситуации проведения модельного эксперимента (система норм и нормативов, параметры реального времени, системного времени, начальные условия и т.п.).

#### Выводы и перспективы дальнейших исследований

В современных условиях любое предприятие ощущает острую конкуренцию и находится в процессе непрерывных изменений. В противном

Общая модель системного описания предприятия как динамического экономического субъекта:

$$Y(t) = F(x(t), \omega(t), \alpha), \quad (1)$$

где  $Y$  – эндогенные, или зависимые переменные;  $F$  – функциональная зависимость;  $x$  – экзогенные переменные, управляемые переменные;  $\omega$  – неуправляемые переменные;  $\alpha$  – параметры системы.

Модель строится так, чтобы воспроизвести основные характеристики описываемой системы (свойства, взаимосвязи, структурные или функциональные параметры и т.п.), существенные для целей исследования [6].

Чтобы задать систему, должны быть известны следующие сведения:

- элементы системы – универсальные (функциональные) составные единицы;
- связи между элементами системы;
- структура системы, а также система связей между такими основными элементами системы;
- совокупность «пограничных» элементов, которые имеют способность «отграничивать» внутренность системы от окружающей среды.

случае его способность к выживанию в динамичной обстановке ставится под угрозу. Характер изменений и охватывает не только аналитическую и прогностическую деятельность предприятия, но и требует разработки и выбора соответствующей стратегии с учетом основных параметров деятельности предприятия. Однако, в связи с неоднородным характером деятельности предприятий, для решения существующих проблем предприятия достаточно сложно подобрать такой математический аппарат, который не будет требовать соответствующей адаптации к конкретному предприятию.

При построении модели сложной экономической системы – предприятия, рекомендуется воспользоваться основными принципами системного моделирования: последовательное движение

по этапам создания модели; согласование ресурсных, информационных и других характеристик; точное соотношение различных уровней построения модели; целостность различных стадий проектирования модели. Это позволит построить

модель управления предприятием с целью прогноза состояния производственного процесса при имеющихся или выбираемых управлениях и синтезировать оптимальные законы управления.

### Список литературы:

1. Кузнецов Ю.Н. Математическое программирование [Текст] : учебное пособие для студентов экономических специальностей вузов / Ю.Н. Кузнецов, В.И. Кузубов, А.Б. Волощенко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1980. – 300 с.
2. Багриновский К.А. Экономико-математические методы и модели (микроэкономика) : [Учеб. пособие для вузов по экон. спец.] / К.А. Багриновский, В.М. Матюшок. – М. : РУДН, 1999. – 183 с.
3. Ивченко И.Ю. Существующие подходы к моделированию предприятия и проблема синхронного планирования производства, инноваций и финансирования / И.Ю. Ивченко // *Actualne problemy nowoczesnych nauk – 2008 : materialy Miedzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, 16–30 июня 2008 г.* – Przemysl : Nauka i studia. – Т. 4. – С. 77-81.
4. Гранберг А.Г. Моделирование социалистической экономики [Текст] : учеб. для вузов по спец. «Экон. кибернетика» / А.Г. Гранберг. – М. : Экономика, 1988. – 487 с.
5. Браверман Э.М. Математические модели планирования и управления в экономических системах : [Учеб. пособие для вузов] / Э.М. Браверман; Под ред. С.В. Емельянова. – М. : Наука, 1976. – 366 с.
6. Тимонин Ю.А. Экономическая кибернетика / Ю.А. Тимонин. – Донецк: ДонГУ, 1999. – 397 с.

Надано до редакції 25.08.2013

Ивченко Ирина Юріївна / Irina Yu. Ivchenko

Ноздрачева Марина Олександрівна / Marina O. Nozdracheva  
*brulian@ukr.net*

### *Посилання на статтю / Reference a Journal Article:*

*Особенности моделирования предприятия как сложной экономической системы [Электронный ресурс] / И.Ю. Ивченко, М.А. Ноздрачева // Экономика: реалії часу. Науковий журнал. – 2013. – № 3 (8). – С. 187-193. – Режим доступу до журн.: <http://economics.opu.ua/files/archive/2013/n3.html>*