

УДК 005.521:303.094.7

ОБЗОР ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ В ПЛАНИРОВАНИИ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Бабина О.И.

*ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Институт управления бизнес-процессами
и экономики, Красноярск, e-mail: babina62@yandex.ru*

В настоящее время к планированию предъявляются всё более высокие требования, что связано с усложнением и совершенствованием технологических процессов, высоким уровнем динамики, плохой предсказуемостью, нестабильностью и неопределенностью развития внешних условий. Постоянно растущая конкуренция усложняет подготовку и принятие управленческих решений. Кроме того, наблюдается увеличение числа рассматриваемых альтернатив, эффективный анализ которых невозможен без компьютерной поддержки принятия решений. Все это приводит к необходимости расширения области использования моделей, относящихся к классу имитационных. В статье приведён обзор имитационных моделей в планировании на предприятии с указанием основных достоинств и недостатков. Выявлены основные задачи планирования, которые решаются с помощью технологии имитационного моделирования, а также описаны методы и программные средства, с помощью которых имитационные модели реализованы.

Ключевые слова: имитационное моделирование, модель, планирование, методы имитационного моделирования, программное обеспечение

THE REVIEW TO CREATION OF SIMULATION MODELS IN PLANNING AT AN ENTERPRISE

Babina O.I.

*Siberian Federal University, Institute of Business Management and Economics,
Krasnoyarsk, e-mail: babina62@yandex.ru*

Now more and more great demands are made of planning. It is connected with complication and improvement of technological processes, high level of dynamics, bad predictability, instability and uncertainty of external conditions development, constantly amplifying competition owing to preparation and adoption of administrative decisions becomes more and more difficult task. Besides, the increase of considered alternatives number, which effective analysis is impossible without computer support of decision-making, is observed. All this results belong to the expansion of simulation models use area. In the paper the review of simulation models is provided in planning at an enterprise, including the main advantages and disadvantages. The main problems of planning which are solved by means of simulation technology are revealed, and also methods and software are described by means of which simulation models are realized.

Keywords: simulation, model, planning, methods of simulation, software

Необходимость повышения эффективности деятельности предприятий как одного из факторов обеспечения экономической безопасности регионов и страны в целом [3] обуславливает поиск возможных путей ее оптимизации. В этой связи актуальными видятся вопросы применения современных IT-технологий в процессах планирования хозяйствующих субъектов.

Имитационное моделирование представляет собой эффективный метод решения задач, получивший распространение на всех уровнях планирования – от стратегического до оперативно-календарного. В планировании под имитационным моделированием понимают создание компьютерной программы, которая позволяет исследовать процесс функционирования реальной производственно-хозяйственной ситуации предприятия путём проведения экспериментов на компьютере в целях обоснования планового решения и, следовательно,

может считаться виртуальной версией данного предприятия [2, 5, 10]. Необходимость применения метода имитационного моделирования в решении задач планирования обусловлена тем, что материальные, информационные, финансовые потоки бизнес-процессов имеют характеристики, изменяющиеся во времени по случайным законам, в силу чего ресурсы могут использоваться неравномерно. Имитационное моделирование процессов планирования на предприятии позволяет проводить эксперименты с процессами предприятия при ограниченности его ресурсов, что дает возможность избежать возможных рисков в случае неудачного эксперимента [12].

В научной литературе существует описание достаточно широкого выбора имитационных моделей, применяемых для решения практических задач планирования на предприятии. Приведем краткую характеристику основных и обобщим их.

Модель 1. Целью создания имитационной модели является совместное планирование основного производства обоев и вспомогательного производства печатных форм. В работе использовались методы теории вероятностей и математической статистики для подготовки исходных данных, необходимых для реализации алгоритмов имитационного моделирования, метод объектно-ориентированного программирования. Модель разработана средствами новейшего инструментального средства имитационного моделирования GPSS World. Апробацию данная модель получила на предприятии по производству обоев ОАО «Саратовские обои». Проведённые расчёты с использованием имитационной модели на предприятии ОАО «Саратовские обои» показали, что производству печатных форм справляется с существующим потоком заявок. Однако при увеличении объёма производства обоев необходимо увеличить вдвое. Проведенная за период 4400 ед. модельного времени модель показала, что в этом случае 40% заявок на изготовление печатных форм не удовлетворяется [7].

Модель 2 характеризуется направленностью повышения эффективности управления производственными процессами металлообрабатывающих и машиностроительных предприятий. Задачами построения Модели 2 являются: оптимизация режимов работы оборудования, изменение размеров и формы заготовок для производства, внедрение новой системы мотивации рабочих, формирующей заинтересованность в экономии ресурсов. Разработанная имитационная модель рабочего процесса производственного участка включает следующие возможности: отображение динамики потребления электроэнергии оборудованием участка в рабочем режиме и при его недогрузках по технологическим и организационным причинам; оценка времени невынужденных простоев, а также перерывов в работе оборудования, обусловленных технологическим процессом; расчёт величины отходов производства и количества бракованных изделий на каждой из операций и в целом по участку при различных сценарных условиях его функционирования; отображение динамики производительности труда отдельно рабочего и коллектива участка в целом за любой отрезок времени; анализ экономии материальных ресурсов при различных моделях мотивации персонала. Модель разработана в программной среде AnyLogic. Апробация модели нашла своё применение на ОАО «АСМ-Запчасть» при организации рабочего процесса на участке по производству культиваторных лап. С по-

мощью имитационной модели удалось выделить следующие основные направления совершенствования рабочего процесса производственного участка на предприятии:

1) оптимизация режимов работы оборудования производственного участка;

2) изменение размеров и формы заготовок для производства культиваторных лап;

3) внедрение новой системы мотивации рабочих производственного участка, формирующей заинтересованность в экономии ресурсов предприятия. Эффект от реализации сформулированных предложений позволит снизить себестоимость единицы продукции [13].

В модели 3 рассматривается имитационная модель управления запасами на предприятиях оптовой торговли с целью оптимизации сбытового запаса в условиях неопределённости по заданному критерию; для повышения обоснованности принятия решений при планировании, контроле и анализе, разработке программ действий, направленных на улучшение действующей системы управления запасами. Итогом работы стало создание модуля «Управление запасом», позволяющего имитировать динамику показателей товарного запаса. Имитационная модель представлена в виде блок-схемы, формализована на языке А-систем пользователя (ЯАП) и реализована с помощью программного пакета GPSS World. Модель является дискретно-событийной и предназначена для широкого использования торговыми предприятиями. Модель может быть применена для определения возможных периодов дефицита товара и их длительности; уточнения значений нормируемых показателей минимального и максимального складского запаса; проведения оценки результативности принятия решений о закупках; анализа возможности снижения уровня запасов; организации рациональной системы контроля и пополнения складских запасов, а также при планировании закупок, платежей, составлении бюджетов и т.д. Результаты исследования нашли практическое применение в деятельности оптового предприятия ООО «ГрейдОптим», специализирующегося на продаже широкого ассортимента товаров народного потребления крупными партиями. На предприятии по результатам серии оптимизационных экспериментов с варьированием значения страхового запаса с помощью имитационной модели получены: оптимальное значение, обеспечивающее бездефицитную работу оптового предприятия; оптимальное среднее значение запаса в моделируемом периоде; построены диаграмма изменения складского запаса по дням моделирования

и диаграмма движения «товара в пути» со схемой размещения заказов поставщику, соответствующие оптимальному решению. Модель позволила предприятию увеличить оборачиваемость запасов по отдельным товарным группам на 4–7% [8].

Модель 4. Рассматриваемая в работе [9] имитационная модель посвящена решению научно-технической задачи, которая состоит в создании эффективного метода исследования производственных систем на стадии проектирования при наличии условий потенциальной техногенной опасности. Представлена разработка математических моделей функционирования производственных систем в условиях потенциальной опасности на основе анализа надежности характеристик функционирования оборудования. Имитационная модель разработана в PS.RESHEN. Результатом исследования стали модули для решения задач построения рациональной структуры производственных систем, которые апробированы в производственной деятельности предприятий ОАО «Электроаппаратура» и ОАО «Мозырьсоль». На этих предприятиях задача проектного моделирования состояла в оценке влияния на отклики имитационной модели производственной системы двух факторов потенциальной опасности: надежных характеристик оборудования (фактор 1), обеспеченности оборудованием (фактор 2). В результате был сделан общий вывод об изменении откликов, связанный с изменением фактора 2: с понижением обеспеченности ресурсами происходит существенный рост критического времени и интегральной стоимостной реализации.

Модель 5 предназначена для предприятия по производству светотеплозащитного листового стекла, учитывает производственные риски, связанные с аварийными ситуациями, а также рыночные риски, связанные с высокой волатильностью цен реализации выпускаемой продукции на соответствующем сегменте рынка. Для построения дискретно-событийной имитационной модели используется программный пакет имитационного моделирования GPSS World фирмы Minuteman Software. Модель 5 позволяет проводить расчёт случайной величины рентабельности R , оценивает степень риска принимаемых решений в стоимостном выражении, а также воспроизводит случайный процесс возникновения аварийных ситуаций и различного рода нештатных ситуаций на промышленном предприятии, приводящих к производственным рискам, с помощью объектов GPSS World: генератор «транзактов-аварий» и фиктивное устройство, имитирующее процесс устранения аварий.

Кроме того, в Модели 5 найдены достоверные зависимости математической оценки риска от средней рыночной цены реализации продукции предприятия. Проведенные расчёты с Моделью 6 для ОАО «СИС» показали, что бригады упаковки стекла недогружены (коэффициент занятости не превышает 0,7) и из-за неравномерной подачи стекла на участок упаковки некоторая часть кондиционного стекла (до 4%) попадает в бункер для брака, поскольку возникают моменты времени, когда бригады не успевают снять листы с конвейера и упаковать их [1].

С помощью **Модели 6** исследуется деятельность строительных предприятий Северо-Западного региона. Задачей разработки имитационной модели является планирование производственной мощности предприятий строительной отрасли путем привлечения инвестиций на основе альтернативных стратегических подходов для максимизации экономического эффекта функционирования предприятия. Методической основой разработки имитационной модели является представление стратегического планирования развития на основе ситуационного моделирования и управления. Для построения имитационной модели используется программный пакет GPSS World. В качестве метода имитационного моделирования используется дискретно-событийный подход. Имитационная модель определяет оптимальную стратегию обновления парка оборудования при заданном прогнозе структуры, объёмов работ и прогнозных капитальных вложениях на обновление парка по годам в планируемом периоде. В результате моделирования получаются оптимизированные значения целевой функции всего производственного цикла строительной продукции [4].

Модель 7. В работе [6] исследуются процессы формирования системы ситуационного управления предприятием на основе динамического моделирования. Целью создания модели является повышение эффективности деятельности промышленного предприятия в результате разработки и практической апробации динамической модели ситуационного управления. Ситуационное управление предприятием на основе динамического моделирования способствует росту качества и оперативности разрабатываемых управленческих решений, стабилизации и улучшению финансово-экономического состояния предприятия за счёт принятия рациональных упреждающих управленческих решений кратко-, средне- и долгосрочного характера. В качестве инструментария моделирования выбран программный продукт Ithink Analyst v 7.03.

Имитационная модель нашла своё применение в работе следующих компаний: ОАО «Электроагрегат» (г. Курск), ООО ГК «Агрохолдинг» (г. Курск), ЗАО «Провинция» (п. Коньшевка Курской области), ООО «Орел-технопарк» (г. Орел). Динамическая имитационная модель воспроизводит основные бизнес-процессы предприятия в условиях незамкнутой системы внешней среды и позволяет проводить эксперименты

при диагностике деятельности предприятия как сложной социально-экономической системы и определении направлений развития и количественной оценки их эффективности, расчета предпринимательских рисков и обоснования инвестиционных решений. Кроме того, с помощью модели можно находить оптимальные решения для формулировки кратко- и среднесрочной стратегии и тактики поведения предприятия.

Таблица 1

Преимущества и недостатки имитационных моделей

Номер модели	Преимущества	Недостатки
Модель 1	<ul style="list-style-type: none"> – Детальная проработка законов распределения в имитационной модели – Модель хорошо описана концептуально (детально описаны производственные процессы) – Четко выявлены случайные величины в производстве печатных форм – Представлена блок-схема алгоритма имитационной модели, описывающая работу цеха по производству печатных форм (валов) 	<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие алгоритма построения имитационной модели – Отсутствие возможности анимировать процесс моделирования – Явно не прописаны проводимые эксперименты с моделью – Нет пошаговой отладки модели
Модель 2	<ul style="list-style-type: none"> – Грамотная интерпретация результатов моделирования – Расширенная группа специалистов, задействованная в разработке модели – Проведение серии экспериментов с моделью 	<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие алгоритма построения имитационной модели – Нет точной проверки правильности модели
Модель 3	<ul style="list-style-type: none"> – Определение в модели основных факторов неопределенности, присутствующих в работе логистической цепи типового оптового предприятия – Решение задачи оптимизации уровня запасов предприятия в условиях неопределенности – Определение основного критерия оптимизации товарного запаса применительно к деятельности типовых оптовых предприятий – Методические рекомендации по эксплуатации созданной модели специалистами оптовых предприятий 	<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие алгоритма построения имитационной модели – Отсутствие возможности редактировать начальные данные модели
Модель 4	<ul style="list-style-type: none"> – Экспериментальная верификация модели – Анализ и обработка полученных результатов моделирования – Подробное описание реализации этапов имитации функционирования оборудования с учётом надёжности проектируемой производственной системы – Визуализация результатов моделирования 	<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие компьютерной анимации в модели – Нет интеграции с внешними программами – Отсутствие валидации модели
Модель 5	<ul style="list-style-type: none"> – Детальная проработка концептуальной модели (Схема производства листового стекла, Блок-схема алгоритма имитационной модели производства листового стекла) – Грамотная обработка статистических данных по предприятию 	<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие точной постановки задачи моделирования – Поверхностная проверка модели на адекватность – Отсутствие алгоритма построения имитационной модели – Недостаточная интерпретация результатов моделирования
Модель 6	<ul style="list-style-type: none"> – Точная постановка задачи моделирования – Детальная проработка концептуальной модели 	<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие алгоритма построения имитационной модели – Нет результатов моделирования и их интерпретации
Модель 7	<ul style="list-style-type: none"> – Имитационная модель снабжена дружеским графическим интерфейсом – Детальная верификация и валидация модели – Детальная проработка концептуальной модели 	<ul style="list-style-type: none"> – Отсутствие алгоритма построения имитационной модели – Не совсем ясно, какие стратегические и тактические задачи планирования можно решать с помощью модели

Выделим основные преимущества и недостатки анализируемых имитационных моделей (табл. 1). Следует отметить, что выделенные преимущества и недостатки не являются исчерпывающими: данный список может быть расширен.

Анализ основных преимуществ и недостатков имитационных моделей показал отсутствие единой методики применения метода имитационного моделирования для поддержки процессов планирования на предприятии, которая отличалась бы возможностью учёта специфики функционирования предприятий и ориентированностью на процессы планирования; детализированной проработкой каждого из этапов создания имитационной модели с ориентацией на новые функциональные возможности, появившиеся в современных программных пакетах имитационного моделирования, а также позволяющая снизить трудоемкость создания имитационной модели.

Далее рассмотрим Перечень основных задач планирования, решаемых с помощью технологии имитационного моделирования, методы и программные средства, с помощью которых имитационные модели реализованы, систематизированы и обобщены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что имитационное моделирование применяется в основном: при планировании сборочных операций, организации ремонта оборудования, работе пунктов обслуживания, анализе процессов перемещения грузов, планировании производственных процессов на предприятии, исследовании производительности использования оборудования, планировании снабженческо-сбытовой деятельности предприятия, оценки своевременности обслуживания заказов, планировании технологических процессов, проектировании нового производственного участка и др. Все эти сферы применения имитационного моделирования для процессов планирования предприятия направлены не только на улучшение технических характеристик системы, а прежде всего на экономическую составляющую – уменьшение экономических издержек.

Заключение

На основе проведенного анализа можно отметить, что при планировании деятельности таких сложных систем, как предприятие, необходимо не только наличие эффективных методов и моделей принятия решений, но и использование современных

Таблица 2

Применение метода имитационного моделирования для решения задач планирования

Направление планирования	Задача планирования	Метод моделирования	Инструментарий (программный пакет)
Оперативное планирование	– Планирование производственной программы – Прогноз возникновения «узких мест» производства в случае увеличения объемов выпуска продукции – Разработка сменно-суточного задания для персонала	В основном дискретно-событийный подход	GPSS World, Anylogic
Краткосрочное планирование	– Планирование запасов на предприятии – Построение графика производства на несколько дней – Формирование оптимальных технологических маршрутов движения техники на производстве	В основном дискретно-событийный подход	GPSS World, Anylogic
Среднесрочное планирование	– Оптимизация производственных процессов – Оценка текущего состояния предприятия и его эффективности	Дискретно-событийный подход, Системная динамика по Форрестору	GPSS World, Anylogic, iThink
Долгосрочное планирование	– Прогнозирование различных вариантов развития предприятия на больших временных интервалах – Модернизация производственного процесса – Создание нового производства	Дискретно-событийный подход, Системная динамика по Форрестору	GPSS World, Anylogic, iThink

информационных технологий. От этого во многом зависит качество принятия управленческих решений. В настоящее время во всем мире широко используются инструментальные средства, в основе которых лежит метод имитационного моделирования. Причина растущей популярности этой технологии связана с особой сложностью и высокой степенью неопределённости экономических и производственных процессов современного мира. Применение имитационного моделирования для поддержки процессов планирования позволяет рационально использовать имеющиеся ресурсы предприятия, наметить оптимальные стратегии развития, совершенствовать методы планирования, эффективнее проводить научно-техническую политику на предприятии, повышать производительность производства и улучшать финансовое состояние предприятия в целом.

Список литературы

1. Алексенцева О.Н. Разработка моделей и программных средств для оценки рисков промышленных предприятий на основе технологий имитационного моделирования: автореф. дис. ... канд. эконом. наук. – Волгоград, 2007. – 25 с.
2. Аристов С.А. Имитационные системы поддержки принятия решений // Экономика и математические методы. – 2007. – Т. 43. – № 3. – С. 74–84.
3. Белякова Г.Я., Владимирова О.Н. Формирование инновационной системы как фактор экономической безопасности региона // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. – 2011. – № 10. – С. 51–56
4. Буйнов А.В. Управление структурой основных фондов на предприятиях строительного комплекса: автореф. дис. ... канд. эконом. наук. – СПб., 2008. – 16 с.
5. Гамидов Г.С., Гераева Н.С. Особенности имитационного моделирования инновационной деятельности предприятий машиностроения // Инновации. Серия: Инновационная экономика. – 2008. – № 7 (117). – С. 74–76.
6. Дудко В.А. Динамическое моделирование ситуационного управления промышленным предприятием: автореф. дис. ... канд. эконом. наук. – Тамбов, 2004. – 22 с.
7. Ермошин Д.В. Разработка системы имитационного моделирования для решения задач управления промышленными предприятиями: автореф. дис. ... канд. эконом. наук. – Волгоград, 2007. – 25 с.
8. Зайковская Г.Г. Имитационное моделирование предприятий оптовой торговли: автореф. дис. ... канд. эконом. наук. – М., 2012. – 25 с.
9. Клименко А.В. Метод и средства имитационного моделирования вероятностных производственных систем: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Гомель, 2011. – 26 с.
10. Кууз В.А. Современные системы планирования ресурсов промышленных предприятий как инструмент повышения эффективности их менеджмента // Внешнеэкономический бюллетень. – 2005. – № 5. – С. 39–46.
11. Саломатин Н.А., Беляев Г.В., Петровиченко В.Ф., Прошлякова Е.В. Имитационное моделирование в оперативном управлении производством. – М.: Машиностроение, 1984. – 208 с.
12. Сорокин А.В. Повышение эффективности управления производственными процессами промышленных предприятий с использованием имитационного моделирования: автореф. дис. ... канд. эконом. наук. – Барнаул, 2010. – 20 с.

References

1. Aleksenceva O.N. Razrabotka modelej i programnyh sredstv dlja ocenki riskov promyshlennyh predpriyatij na osnove tehnologij imitacionnogo modelirovanija: Avtoref. dis. kand. jekonom. nauk. Volgograd, 2007. 25 p.
2. Aristov S.A. Imitacionnye sistemy podderzhki prinjatija reshenij // Jekonomika i matematicheskie metody. 2007. T. 43. no. 3. pp. 74–84.
3. Belyakova G.Ya., Vladimirova O.N. Formation of innovative system as factor of economic security of the region // National interests: priorities and safety. 2011. no. 10. pp. 51–56.
4. Bujnov A.V. Upravlenie strukturaj osnovnyh fondov na predpriyatijah stroitel'nogo kompleksa: Avtoref. dis... kand. jekonom. nauk. Sankt-Peterburg, 2008. 16 p.
5. Gamidov G.S., Geraeva N.S. Osobennosti imitacionnogo modelirovanija innovacionnoj dejatel'nosti predpriyatij mashinostroenija // Innovacii. Serija: Innovacionnaja jekonomika. 2008. no. 7 (117). pp. 74–76.
6. Dudko V.A. Dinamicheskoe modelirovanie situacionnogo upravlenija promyshlennym predpriyatijem: Avtoref. dis. kand. jekonom. nauk. Tambov, 2004. 22 p.
7. Ermoshin D.V. Razrabotka sistemy imitacionnogo modelirovanija dlja reshenija zadach upravlenija promyshlennymi predpriyatijami: Avtoref. dis. kand. jekonom. nauk. Volgograd, 2007. 25 p.
8. Zajkovskaja G.G. Imitacionnoe modelirovanie predpriyatij optovoj trgovli: Avtoref. dis. kand. jekonom. nauk. Moskva, 2012. 25 p.
9. Klimenko A.V. Metod i sredstva imitacionnogo modelirovanija verojatnostnyh proizvodstvennyh sistem: Avtoref. dis. kand. tehn. nauk. Gomel, 2011. 26 p.
10. Kuuz V.A. Sovremennye sistemy planirovanija resursov promyshlennyh predpriyatij kak instrument povyshenija jeffektivnosti ih menedzhmenta // Vneshnejekonomicheskij bjulleten. 2005. no. 5. pp. 39–46.
11. Salomatina N.A., Beljaev G.V., Petrochenko V.F. Proshljakova E.V. Imitacionnoe modelirovanie v operativnom upravlenii proizvodstvom. M: Mashinostroenie, 1984. 208 p.
12. Sorokin A.V. Povysenie jeffektivnosti upravlenija proizvodstvennymi processami promyshlennyh predpriyatij s ispolzovaniem imitacionnogo modelirovanija: Avtoref. dis. kand. jekonom. nauk. Barnaul, 2010. 20 p.