

УДК 658.1.011.5

В. А. Кутергин, доктор технических наук, профессор
Институт прикладной механики УрО РАН, Ижевск
Р. В. Сухих, аспирант
Ю. В. Турыгин, доктор технических наук, профессор
ИжГТУ имени М. Т. Калашникова

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Одним из самых эффективных инструментов анализа предприятий является его имитационная модель, однако построение модели само по себе – сложный процесс. В статье представлен способ описания производственного предприятия с целью построения его имитационной модели. Описана структура модели предприятия, приведен набор исходных данных для построения модели.

Ключевые слова: производственная система, имитационное моделирование, системный подход.

Введение

Производственное предприятие – это сложная организационная человеко-машинная система, включающая в себя огромное количество факторов производства и связей между ними, которые определяют характеристики бизнес-процессов, функционирующих в системе. Все предприятие невозможно рассмотреть как целостную систему ввиду ее сложности, поэтому оно существует в представлении менеджеров как система, состоящая из подсистем. Каждая подсистема имеет свои цели, задачи, структуру, ресурсы, мотивацию. У каждой подсистемы своя среда, условия функционирования, ограничения, и эти внутренние особенности влияют на действия человека при решении проблемных ситуаций. Нередко принимаемые решения не согласуются с целями всего предприятия в целом.

Когда в процесс вовлечен человек, система значительно усложняется и становится неопределенной за счет того, что он постоянно должен принимать решения по своим, часто не связанным с общей целью предприятия, критериям. Это происходит за счет того, что человек находится в своей информационно локализованной среде, и зачастую у него нет возможности принять решение, согласующееся с целью системы.

Возникает необходимость построения и оценки системы взаимосвязанных бизнес-процессов, возможность их воспроизведения, изменения, контроля, с помощью которой можно анализировать причинно-следственные связи между локальным решением и эффектом, который будет результатом принятия этого решения.

Описание, построение, преобразование основных управленческих бизнес-процессов позволит строить, отслеживать, оценивать и постоянно совершенствовать цепочку причинно-следственных отношений, определяющую главную цель и базовые потребительские свойства предприятия.

Предприятие представляет собой набор элементов, функций, технологий и ресурсов, однако физических связей между ними нет. Связи между ними появляются тогда, когда предприятие получает заказы на определенную номенклатуру изделий, формирует планы их выполнения [1, 2]. В этот момент

предприятие начинает функционировать, задействовать все необходимые свои и не свои структурные элементы, организует их определенным образом. Некоторые элементы оказываются более задействованными, другие менее, третьи вообще выпадают из цепочки бизнес-процессов. То, как реально будет функционировать предприятие, можно понять только после того, как будет получен практический результат и произведена его оценка. Но в таком случае не известно, были ли альтернативы у реализованных планов, что предприятие как система потеряло или не достигло. Целостное понимание функционирования предприятия как динамической системы можно получить лишь тогда, когда появляется возможность построить имитационную модель бизнес-процессов предприятия и провести с ней многовариантный анализ процессов изменения состояния. Описательная модель предприятия предлагает способ построения такой модели.

Предприятие как система

Предприятие как система – совокупность элементов и связей между ними, проявляющая в определенной среде такие внешние свойства, присущие ей, но не ее элементам, которые являются существенными с точки зрения поставленной цели.

В определении выделяются пять признаков системы:

- у системы имеются внешние свойства, не присущие ее элементам;
- формируемые внешние свойства используются для достижения цели;
- каждый элемент системы существенен с точки зрения хотя бы одного из внешних свойств;
- внешние свойства проявляются отношениями между элементами системы;
- любая система проявляет свои характерные свойства только в определенной среде.

Отсюда следует ключевое системное свойство: предприятие выступает как искусственная система в том и только в том отношении, в каком его внешнее проявление (свойство, функция) используется для достижения цели. Эта внешняя функция задается специально разработанным для него внутренним устройством – структурой.

Изучение предприятия начинается с описания проблемы. Нет системы без проблемы. Цель вытекает из возникшей проблемы и дает объективный критерий для оценки того или иного решения проблемной ситуации [3].

Как и любая система, предприятие может изучаться снаружи или изнутри. Изучение системы снаружи (со стороны внешней среды) означает рассмотрение функций системы, изучение системы изнутри означает изучение ее структуры, отвечающей за выполнение той или иной функции.

С точки зрения внешней среды предприятие – открытая система, которая функционирует в условиях изменяющейся среды, поэтому в зависимости от того, что требуется на выходе от системы, формируются требования к состоянию входов системы и внутренней организации. Требования к выходу могут быть разными и зависят от целей функционирования и исследования предприятия:

- 1) увеличение потока прибыли;
- 2) сокращение цикла производства;
- 3) снижение замороженных средств;
- 4) достижение заданного качества продукции;
- 5) повышение оборачиваемости средств и др.

Предприятие рассматривается как функционирующая система, состоящая из основных бизнес-процессов: снабжение, производство, сбыт; существуют поддерживающие бизнес-процессы. Каждый из бизнес-процессов разбивается на подпроцессы и связи между ними. Такое разложение может быть достаточно подробным, глубина описания зависит от степени влияния каждого конкретного процесса на результат и определенности характеристик процесса.

Модель операции

На каждом уровне описания предприятия любой процесс может быть представлен в виде модели операции. Модель операции – это описание процесса во времени в виде черного ящика, который преобразует материю или информацию на входе и преобразует в результат, использует для этого необходимые ресурсы и управляется некоторым воздействием. Схема модели операции представлена на рис. 1.



Рис. 1. Модель операции

Входом операции считаются любые сущности, которые видоизменяются в процессе операции и преобразуются в результат (материалы, заготовки, ин-

формация, энергия, документы и т. п.). Отвечают на вопрос: «Из чего делать?»

Под выходом операции понимают результат преобразования: полуфабрикаты, детали, изделия, информация, документы и т. п. Отвечает на вопрос: «Что делать?»

Ресурсами операции являются любые сущности, которые необходимы для протекания процесса, но при этом могут участвовать не в одной, а в нескольких операциях (персонал, оборудование, инструмент, транспорт и т. п.). Отвечают на вопрос: «С помощью чего делать?»

Под управляющим воздействием обычно понимается задание на выполнение операции. Отвечает на вопрос: «Когда делать?»

В случае, когда внутреннее устройство процесса прозрачно и не требует детализации, считаем, что мы достигли максимальной детализации описания. Иначе процесс может быть разбит на совокупность подпроцессов. С точки зрения описываемой операции эта совокупность подпроцессов отвечает на вопрос: «Как делать?»

Процессы в системе связаны между собой и образуют сеть взаимодействий. Связи между операциями могут быть организационными (синхронизация процессов между собой) и условными (определяющие возможность проведения операции). Организационные связи между операциями устанавливаются посредством управляющих воздействий и являются, прежде всего, результатом планирования и организации процессов. Входы операций и ресурсы являются ограничениями на выполнение операции (их конфликт тоже может повлиять на выполнение операции), то есть образуют условные связи.

Модель операции инвариантна процессам, описываемым с помощью нее. Таким образом, с помощью такой модели можно описать как верхний уровень предприятия, когда оно представляет из себя одну операцию «получение прибыли», так и самый нижний уровень описания, как каждый передел технологической операции.

Структура модели производственного предприятия

На каждом уровне описания предприятия можно выделить:

- элементы системы (статические сущности, например подразделение, ресурс);
- потоки информации и вещества между элементами (динамические сущности, например партия, заказ, задание, отчет);
- процессы, происходящие в системе;
- правила взаимодействия элементов системы.

На рис. 2 представлена структурная схема предприятия. На верхнем уровне предприятие представлено одним элементом. На входе подаются планы продаж, материалы, комплектующие, оборудование, трудовые ресурсы и т. д. На выходе с предприятия получаем прибыль. Опускаясь на уровень ниже, предприятие описывается тремя элементами: снабжение, производство, сбыт. Снабжение, работая по планам продаж, принимает на входе мате-

риалы и комплектующие, обеспечивает своевременное наличие комплектации на производстве. Производство потребляет материалы и комплектующие и, руководствуясь планами продаж, производит продукцию. Сбыт получает на входе готовые изделия и обеспечивает их продажу. На выходе получаем прибыль.

На уровне описания производства система представляет собой совокупность подразделений и складов. Склады обеспечивают наличие комплектации производственных заданий, то есть хранят и поставляют в подразделения материалы и комплектующие. Подразделения, работая по своим планам, сформированным из плана продаж, производят ДСЕ (детали и сборочные единицы), полуфабрикаты и изделия.

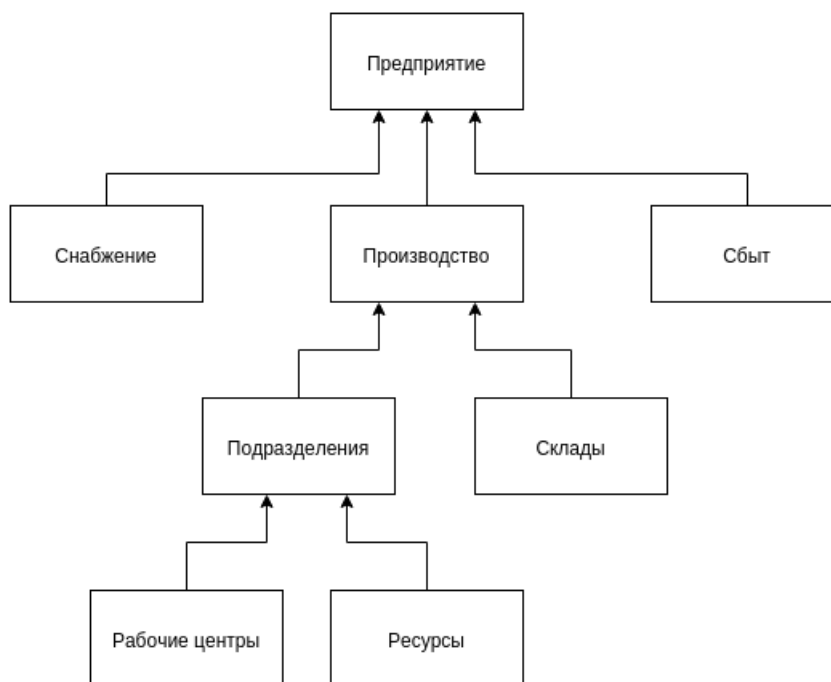


Рис. 2. Структура модели предприятия

Если рассмотреть производственное подразделение более подробно, то с точки зрения модели оно включает в себя набор рабочих центров и ресурсов, с помощью которых выполняются технологические производственные операции.

Процессы, протекающие в модели на каждом уровне детализации, регламентированы правилами организации бизнес-процессов:

- правила планирования (отвечающие на вопрос: «Что и когда делать?»);
- правила логистики (определяют непроизводственные потери времени);
- правила мотивации (устанавливают заинтересованность исполнителя операции, от чего зависит эффективность ее выполнения).

Применение описательной модели

Анализ предприятия и его возможностей проводится на основе его имитационной модели. Однако процесс построения самой модели достаточно трудоемкий: необходимо сфокусироваться на цели исследования, выделить значимые элементы и процессы, собрать большое количество информации об объекте исследования, формализовать имеющееся представление о системе. Описательная модель предприятия определяет, какая информация используется при построении его имитационной модели.

Структура предприятия и связи его элементов чаще всего описаны нормативными документами. Когда речь идет о производстве, то такими документами являются:

- спецификации изделий и ДСЕ;
- маршрутные карты изготовления ДСЕ;
- список имеющегося оборудования;
- численность и сменность персонала;
- структура предприятия;
- правила управления предприятием: правила планирования, правила логистики, правила мотивации (организации рабочих мест).

Спецификации ДСЕ включают поля:

- наименование ДСЕ;
- шифр;
- состав ДСЕ (набор материалов и комплектующих в некотором количестве).

Маршрутные карты изготовления ДСЕ включают:

- наименование ДСЕ;
- шифр;
- код операции;
- цех/участок;
- операция;
- времена операции (штучное время, подготовительно-заключительное время, время переналадки);
- ресурсы операции (ресурс в некотором количестве).

Список оборудования включает:

- наименование оборудования;
- шифр;
- цех/участок;
- количество.

Численность персонала определяет:

- наименование профессии;
- шифр;
- цех/участок;
- количество;
- режим сменности.

Структура предприятия определяет иерархию подразделений и, как правило, включает до 3 уровней вложенности:

- производство;
- цех;
- участок.

Правила управления не могут быть описаны формально ввиду своей специфики, поэтому они будут для каждого предприятия уникальными. Однако можно выделить инвариантные для разных предприятий правила, такие как:

- приоритет выполнения заданий (какое из производственных заданий более важное);
- способ формирования партий заготовок (как определить размер партии в определенных условиях);
- правила логистики (т. е. когда и как происходит транспортировка материальных ресурсов) и др.

На основе приведенного описания была разработана имитационная модель предприятия ООО «Модуль», которое занимается производством трансформаторных подстанций. Она позволяет моделировать как производственный процесс в состоянии «как есть», так и изменение состояния предприятия как целостной системы при изменении технологических и организационных аспектов системы [4].

Заключение

Методика анализа производственного предприятия на основе имитационного моделирования – гибкий и универсальный способ изучения, исследования предприятия, многовариантного анализа и оценки принимаемых управленческих решений. Однако процесс построения имитационной модели довольно ответственный. При недостаточном описании предприятия можно упустить причинно-следственные связи процессов, происходящих в системе. При из-

быточном описании анализ будет излишне трудоемким и степень адекватности имитационной модели будет недостаточной. Описан способ построения имитационной модели.

Преимущества способа:

- Простота сбора информации: определен набор исходной информации, который, как правило, содержится в нормативных документах или может быть представлен в виде таких документов. Это позволяет автоматизировать сбор данных, не отходя при этом от производственной терминологии.
- Универсальность: масштабируемость модели позволяет описать исследуемую систему с тем уровнем детализации, который необходим для конкретной задачи.

Необходимо учитывать следующие особенности:

- Каждое предприятие имеет свои уникальные правила организации бизнес-процессов, и формализовать их не представляется возможным. Правила управления описываются с помощью логических конструкций.
- Абстрагированное представление предприятия в некоторых случаях может отражать не все, что происходит с предприятием в действительности [5]. Каждое предприятие имеет свою специфику, и приходится соблюдать баланс между универсальностью и адекватностью.

Библиографические ссылки

1. Мауэргауз Ю. Э. «Продвинутое» планирование и расписания (AP&S) в производстве и цепочках поставок. – М.: Экономика, 2012. – ISBN 978-5-282-03261-1. – 574 с.
2. Рязанова В. А., Люшина Э. Ю. Организация и планирование производства. – М.: Академия, 2010. – ISBN 978-5-7695-6252-5. – 272 с.
3. Кутергин В. А. Инженерные теории с конструктивной точки зрения. Множество геометрий и множество моделей искусственных объектов: монография. – СПб.: Лань, 2015. – ISBN 978-5-8114-1879-4. – 304 с.
4. Кутергин В. А., Сухих Р. В., Турыгин Ю. В. Автоматизация процесса принятия решений в управлении производственным предприятием // Интеллектуальные системы в производстве. – 2015. – № 1 (25).
5. Глухов В. В., Медников М. Д., Коробко С. Б. Математические методы и модели для менеджмента. – 3-е изд., стер. – СПб.: Лань. – ISBN 978-5-8114-0278-6, 2007. – 528 с.

Kuterin V. A., DSc in Engineering, Professor, Institute of Applied Mechanics UB RAS, Izhevsk

Sukhikh R. V., Post-graduate, Kalashnikov ISTU

Turygin Yu. V., DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov ISTU

An approach to development of enterprise simulation model

One of the most effective tools for the analysis of the enterprise is its simulation model, but the model building is itself a complex process. The article presents a way of describing the manufacturing enterprise in order to build its simulation model. It describes the structure of the enterprise model and brings the set of initial data to build the model.

Keywords: production system, simulation modeling, system approach.

Получено: 28.10.15