



# Применение методов имитационного моделирования в рамках управления финансовой устойчивостью предприятий мясоперерабатывающей отрасли

*Чернякова И.С.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Луганский национальный аграрный университет, Луганск, Россия

## **АННОТАЦИЯ:**

В статье описан принцип решения задачи формирования и оптимизации объемов запасов товарно-материальных ценностей с учетом оценки надежности системы снабжения, с использованием методологии статистического моделирования. Представлен алгоритм определения оптимального объема безопасного резерва (приемлемого риска дефицита), сформирована оптимальная схема расчета объемов поставок мясного сырья на базе использования метода Монте-Карло.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** устойчивость развития, финансовая устойчивость, управление, оптимизация, статистическое моделирование, имитационное моделирование

## **Application of the methods of imitation modeling within the framework of the management of the financial stability of the enterprises of meat processing industry**

*Chernyakova I.S.*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Luhansk National Agrarian University, Russia

### **Постановка проблемы**

Деятельность предприятия мясоперерабатывающей отрасли определяется в большей мере процессом производства продукции с использованием различных ресурсов, представленных совокупностью материальных, финансовых средств и интеллектуальных возможностей, которые потенциально могут быть использованы в процессе создания продукции. Кроме того, все процессы, протекающие на предприятии – от стадии создания продукции до функционирования в целом, имеют различную природу и целевое назначение, поэтому обеспечение возможностей управления и оптимизации требует определения универсального измерителя. Традиционный подход к данному вопросу ограничивается типологизацией процессов в соответствии

с принятыми в концепции устойчивого развития составляющими: экономические, социальные, экологические и пересекающиеся типы (например, социально-экономические и так далее). Усовершенствование данного подхода предусматривает использование системы, отражающей движение ресурсов в процессе выполнения различного рода функций, связанной не только с производственными задачами, но и задачами деятельности предприятия в целом.

## Результаты исследования

**В** текущих условиях становления экономики региона фундаментальным компонентом устойчивого развития предприятия мясоперерабатывающей отрасли является его финансовая устойчивость, которая, формируясь в процессе производственно-хозяйственной деятельности, определяет сбалансированность финансовых потоков и отображает стабильность процесса превышения доходов над расходами. При этом данный вид устойчивости определяет возможность свободного маневрирования денежными средствами предприятия, обеспечивая тем самым бесперебойность процесса производства и реализации продукции [1, 2] (*Glazev, 1999; Vartanova, 2018*).

Важность определения пределов финансовой устойчивости предприятия является наиболее значимой из экономических проблем, так как ее недостаточный уровень приводит к отсутствию у предприятия средств, необходимых для развития производ-

### ABSTRACT:

The article describes the principle of solving the problem of formation and optimization of stocks of inventory, taking into account the assessment of the reliability of the supply system, using the methodology of statistical modeling. An algorithm for the determination of the optimal amount of reserve safe (acceptable risk of shortage) is given, an optimal scheme for calculation of volumes of deliveries of meat raw materials using state-of-Monte-Carlo is formed.

**KEYWORDS:** development sustainability, financial sustainability, management, optimization, statistical modeling, simulation modeling

**JEL Classification:** C15, L66, L70

**Received:** 20.12.2018 / **Published:** 30.06.2019

© Author(s) / Publication: CREATIVE ECONOMY Publishers  
For correspondence: Chernyakova I.S. [chernyakova-71@mail.ru]

### CITATION:

Chernyakova I.S. [2019] Primenenie metodov imitatsionnogo modelirovaniya v ramkakh upravleniya finansovoy ustoychivostyu predpriyatiy myasopererabatyvayushey otrasli [Application of the methods of imitation modeling within the framework of the management of the financial stability of the enterprises of meat processing industry]. *Ekonomika, predprinimatelstvo i pravo*. 9. (2). – 81-92. doi: [10.18334/epp.9.2.40904](https://doi.org/10.18334/epp.9.2.40904)

ства, и к снижению уровня платежеспособности, а превышение уровня приводит к увеличению затрат в части излишков по запасам и резервам [3] (Ansoff, 1989).

Исходя из того, что наличие источников формирования запасов является позитивным фактором финансовой устойчивости, а величина запасов негативным фактором, то пополнение источников формирования запасов и оптимизация их структуры, с возможным обоснованным снижением их уровня, являются наиболее целесообразными способами решения задачи преодоления неустойчивого и кризисного финансовых состояний [4, 5] (Vovna, Loksha, Petrova, 2018; Karlik, Grishpun, 2000) (рис.).



Рисунок. Блоки системы управления запасами (интерпретация автора)

Система планирования по остаткам предусматривает реализацию неиспользованных товарно-материальных ценностей, при этом предупреждая формирование сверхплановых запасов, так как данный фактор порождает замораживание оборотного капитала, замедляя его оборачиваемость, что в результате приводит к снижению уровня финансовой устойчивости.

Поэтому формирование дополнительных возможностей оптимизации запасов как предпосылок финансово-экономической устойчивости определяет необходимость применения методологии имитационного моделирования с целью выявления оптимальных параметров по запасам [6] (Varfolomeev, Nazarov, Nazarov, 2004).

#### ОБ АВТОРЕ:

Чернякова Ирина Станиславовна, ассистент кафедры бизнес-информатики, аспирант кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита [chernyakova-71@mail.ru]

#### ЦИТИРОВАТЬ СТАТЬЮ:

Чернякова И.С. Применение методов имитационного моделирования в рамках управления финансовой устойчивостью предприятий мясоперерабатывающей отрасли // Экономика, предпринимательство и право. – 2019. – Том 9. – № 2. – С. 81–92. doi: 10.18334/epp.9.2.40904

Основываясь на практике научных исследований, метод имитационного моделирования целесообразно использовать для оценки вариантов структурного построения складских систем с целью оптимизации параметров и функционально-стоимостных характеристик, в рамках определенных ограничений по затратам [7] (*Emelyanov, Vlasova, Duma, 2002*). При этом целью имитационного моделирования является воспроизведение поведения исследуемой экономической системы на базе результатов анализа наиболее значимых взаимосвязей между ее элементами, то есть разрабатывается симулятор исследуемой предметной области для проведения различных экспериментов [8] (*Dubrovin, Semenov, 2005*). Имитационная модель рассматривается в виде множества правил (дифференциальных уравнений, автоматов, сетей и т.п.), определяющих параметры перспективного состояния системы, при переходе из заданного текущего состояния в будущее состояние.

В имитационной модели, так же как и в математической, формулируются основные вопросы о поведении сложной системы:

- производится декомпозиция системы, что обеспечивает возможность рассмотрения исследуемой системы как сложной и состоящей из взаимосвязанных подсистем, которые, в свою очередь, также могут быть расчленены на части;
- производится формулировка закономерностей и гипотез касательно поведения системы в целом и ее отдельных частей;
- производится введение системного времени, моделирующее ход времени в реальной системе;
- задаются в виде формализации необходимые сущностные свойства системы и ее отдельных частей;
- производится сопоставление случайным параметрам, фигурирующим в модели, некоторые их реализации, сохраняющиеся постоянными в течение одного или нескольких тактов системного времени.

Одним из наиболее часто используемых методов имитационного моделирования является Монте-Карло симуляция, в котором при расчете какой-либо системы воспроизводится и исследуется поведение всех ее компонентов. Данный метод относится к методам статистического моделирования и заключается в испытании модели множеством случайных сигналов с заданной плотностью вероятности с целью статистического определения выходных результатов [9] (*Afanasev, Suvorov, 2003*). Суть данного метода состоит в моделировании процесса при помощи генератора случайных величин, с многократным повтором операции и вычислением на базе полученных случайных данных, вероятностных характеристик решаемой задачи. При этом принципиальное значение предельных теорем состоит в том, что они гарантируют высокое качество статистических оценок при значительном числе испытаний.

Таким образом, с целью выявления дополнительных возможностей оптимизации запасов как предпосылок финансово-экономической устойчивости целесообразно применение вышеозначенного метода имитационного моделирования. При этом

задача состоит в разработке методики оценки параметров поставки сырьевой продукции, обеспечивающих минимизацию фиксации финансовых ресурсов в запасах, а также устойчивости реализации товаров на потребительском рынке.

Ситуационная модель условного взаимодействия между мясоперерабатывающим предприятием и поставщиком мясного сырья представлена следующим образом.

Согласно статистике работы мясоперерабатывающего предприятия, в день перерабатывается на мясную и колбасную продукцию около 20 т мясного сырья различных видов (говядина, свинина, курятина и т.д.), при этом стандартное отклонение дневной потребности в сырье составляет 5 тонн. Реализация продукции, близкой по цене и качеству, производится по цене 350 руб./кг. Учитывая, что себестоимость производства мясной и колбасной продукции составляет 200 руб./кг, то на каждом упущенном килограмме мясоперерабатывающее предприятие теряет 150 руб.

Незначительность инфраструктурного обеспечения в части складских помещений для сырья обуславливает максимальный размер объема партии заказа сырья у регионального поставщика в размере 160 тонн (различного сортового состава) с интервалом один раз в 14 дней и временем доставки в течение трех дней после получения поставщиком заказа. При этом безопасный резерв предусмотрен в размере 20 тонн, однако оптимальность данного показателя не определена. Издержки хранения безопасного резерва составляют 60 % себестоимости производства. Отдел снабжения мясоперерабатывающего предприятия, руководствуясь общепринятой методикой, рассчитывает объем заказа как разницу между 360 тоннами и текущим запасом сырья. На основании вышеприведенных данных необходимо рассчитать оптимальный объем безопасного резерва, а точнее приемлемого риска дефицита, и сформировать оптимальную схему для расчета объемов поставки мясного сырья.

Очевидно, что с целью минимизации числа упущенных клиентов необходимо снижение риска дефицита и соответственно увеличение безопасного резерва. Однако увеличение безопасного резерва повлечет за собой увеличение издержек хранения, поэтому должно выполняться соотношение: при некоторой величине безопасного резерва должен определяться минимум суммарных издержек (хранения безопасного резерва и потерь денежных средств по причине упущенных клиентов), что обуславливает необходимость построения модели, удобной при проведении расчетов всех интересующих нас величин. То есть фактически необходимо смоделировать расход товара со склада.

Смоделированное время исчерпания запаса позволяет рассчитать риск дефицита и число упущенных клиентов. Расчет риска дефицита предусматривает определение достаточности сырья до поставки новой партии через 17 дней, при этом среднее значение риска будет равно вероятности дефицита. Используем методологию статистического моделирования, определив в качестве целевого объекта показатель риска дефицита. Результаты моделирования системы по методу Монте-Карло представлены в таблице 1.

Таблица 1.

## Результаты моделирования риска дефицита

Показатель	Значения
Среднее значение	16,23 %
Стандартное отклонение	0,37
Стандартное отклонение оценки среднего значения	0,0037 %
Максимум	1,00
Минимум	0,00

Источник: составлено автором

Согласно данным, приведенным в таблице, отметим, что в принятой модели заказа дефицит возникает с вероятностью 16 %, при существующих 26 циклах заказа в год (365/14) приблизительно 4 раза возникает недостаточность продукции. Основываясь на показателях времени исчерпания заказа, оценим величину возможного дефицита или число упущенных клиентов, вычислив промежуток времени до поступления новой партии продукции, если он был исчерпан ранее указанного срока. Остаток времени равен разнице между суммой срока исполнения заказа и периода между поставками и временем исчерпания заказа. При умножении данного остатка времени на средний спрос определим значение недостаточности товара.

По результатам моделирования, системой определено среднее количество клиентов, упущенное за период цикла заказа (14 дней), с учетом вероятности возникновения дефицита (дефицит отмечается периодически), то есть нулевые потери также включаются в расчет среднего.

На основании данных по количеству упущенных клиентов необходимо оценить уровень обслуживания (сервисный уровень, service level), определяемый как процент обслуженных клиентов (среди заинтересовавшихся товаром, с учетом вариаций спроса). При этом доля необслуженных клиентов равна отношению количества потерянных клиентов за период между заказами к среднему спросу за эти 14 дней. Соответственно, сервисный уровень будет определяться как остаток обслуживаемых клиентов.

Результаты имитационного моделирования по методу Монте-Карло с определением в качестве целевых ячеек показателей риска дефицита, количества потерянных заказчиков и уровня обслуживания представлены в таблице 2.

В данном моделируемом случае производитель теряет примерно 1,7 клиента за 14 дней, или приблизительно 44 покупки в год, данное количество упущенных клиентов при текущем уровне спроса соответствует сервисному уровню 99,39 %. Таким образом, мы имеем полный объем данных, необходимых для определения величины оптимального безопасного резерва, оптимального риска дефицита и уровня обслуживания.

Таблица 2.

**Результаты имитационного моделирования риска дефицита, количества потерянных заказчиков и уровня обслуживания**

Показатели	Целевые показатели моделирования		
	Риск дефицита	Количество потерянных заказчиков	Уровень обслуживания
Среднее значение	16,31 %	1,7	99,39 %
Стандартное отклонение	0,369	5,19	0,019
Стандартное отклонение оценки среднего значения	0,37 %	0,0519	0,019 %
Максимум	1	46	1
Минимум	0,00	0,00	0,84

Источник: составлено автором.

Для расчёта величины безопасного резерва из планируемой максимальной потребности вычитаем средние продажи за эти же 14 дней. Издержки хранения в расчете на год рассчитываем, умножая величину безопасного резерва на закупочную цену и на удельную издержку хранения. Также просчитаем суммарные издержки от потери клиентов, при этом потери на одном покупателе примем равными 150 руб./кг.

В следующей таблице приведен результат расчета величин для одного из случаев дефицита.

Таблица 3.

**Результат расчета всех величин для одного из случаев дефицита**

Показатель	Единицы измерения	Значение
Спрос средний	т	20
Стандартное отклонение спроса	т	5
Срок доставки	дней	3
Период между заказами	дней	14
Остаток склада на день заказа	т	200
Потребность в товаре с безопасным резервом	т	360
Время исчерпания заказа	дней	16,9
Риск дефицита	%	1
Уровень обслуживания	%	99,29
Закупочная цена	руб.	200

Прибыльность	руб.	150
Удельные издержки хранения	%	60
Безопасный резерв	т	20
Упущено клиентов		52,14
Издержки хранения	тыс. руб.	2 400
Потери прибыли	тыс. руб.	7 821
Полные потери	тыс. руб.	10 221

*Источник:* составлено автором.

Для проведения новой процедуры моделирования процесса изменим целевые показатели: укажем в качестве параметров полные потери, риск дефицита и уровень обслуживания. Результат моделирования приведен в таблице 4.

*Таблица 4.*

#### Результат моделирования

Показатели	Целевые показатели моделирования		
	Полные потери	Риск дефицита	Уровень обслуживания
Среднее значение	9 266 руб.	16,64 %	99,37 %
Стандартное отклонение	20 641 руб.	0,372	0,019
Стандартное отклонение оценки среднего значения	65 270 руб.	0,118 %	0,006 %
Максимум	229 221 руб.	1,00	1,00
Минимум	2 400 руб.	0,00	0,79

*Источник:* составлено автором.

Таким образом, полные потери составляют 9 266 руб., уровень обслуживания, соответствующий риску дефицита 16,6 %, приблизительно равен 99,4 %. Так как приведенные результаты относятся к используемой предприятием модели управления, то целесообразна разработка более оптимальной схемы, с целью чего необходимо поварьировать максимальную потребность по запасам и определить параметры значений потребности и безопасного резерва запасов при минимуме потерь.

Невозможность определения интервала, в границах которого находится оптимальное значение максимальной потребности, приводит к необходимости использования минимального значения, имеющего смысл – это 340 единиц, определенного как средняя потребность на срок 14 дней. Ориентируясь на данное значение, риск дефицита составит 50 % (по смыслу среднего значения), что при практическом применении дан-



ной схемы имеет смысл, однако данный случай описывает вариант при сохранении клиента. Результаты моделирования представлены в таблице 5.

Согласно данным таблицы, наименьшее значение издержек составляет 5 509 руб., что соответствует максимальной потребности в 380 ед., при этом предъявлять результаты с точностью до единиц бессмысленно, так как доверительный интервал для этой величины равен  $\pm 1168$ .

Таблица 5.

**Результаты имитационного моделирования потребности с безопасным резервом**

Значение потребности с безопасным резервом (т)	340	350	360	370	380	390	400
<b>При целевом показателе полных потерь</b>							
Среднее значение, тыс. руб.	30 133	16 267	8 839	5 951	5 509	6 167	7 222
Стандартное отклонение	43 547	31 111	19 711	11 384	5 836	2 656	785
Стандартное отклонение оценки среднего значения	435	311	197	113	58,3	26,5	7,8
<b>При целевом показателе риска дефицита</b>							
Среднее значение	49,53 %	30,78 %	16,19 %	6,98 %	2,35 %	0,70 %	0,13 %
Стандартное отклонение	0,50	0,46	0,37	0,25	0,15	0,08	0,04
Стандартное отклонение оценки среднего значения	0,005	0,0046	0,0037	0,0025	0,0015	0,0008	0,0004
<b>При целевом показателе уровня обслуживания</b>							
Среднее значение	97,25 %	98,62 %	99,41 %	99,79 %	99,94 %	99,8 %	100 %
Стандартное отклонение	0,040	0,028	0,018	0,010	0,005	0,002	0,001
Стандартное отклонение оценки среднего значения	3,977E-04	2,841E-04	1,8E-04	1,04E-04	5,33E-04	2,426E-04	7,175E-04

Источник: составлено автором.

В заключение можно отметить, что применение при подобных расчетах статистического моделирования дает возможность наиболее наглядно продемонстрировать работоспособность формулы и обнаружить поведение системы управления запасами при изменении параметров.

## Анализ последних исследований и публикаций

Исследование путей решения проблем процесса формирования и последующего принятия оптимальных управленческих решений в сфере устойчивости развития предприятий отражено в научных трудах как отечественных, так и зарубежных ученых: Л.И. Абалкина, Е.П. Голубкова Н.А. Гужвиной, А.Г. Ивасенко, Я.И. Никоновой, Е.Н. Плотниковой, В.П. Савчук, В.В. Травина. Однако необходимо отметить отсутствие единого подхода к процессу формирования и принятия эффективных управленческих решений в сфере управления устойчивым развитием предприятий мясоперерабатывающей отрасли, что определяет необходимость проведения дальнейших исследований в данной области.

## Заключение

Имитационное моделирование обеспечивает возможность решения трудно формализуемых задач в условиях неопределенности и риска, поэтому служит важным инструментом в исследовании сложных бизнес-процессов и систем. Данный метод служит основой совершенствования системы поддержки принятия оптимальных управленческих решений в сфере улучшения экономических показателей предприятия мясоперерабатывающей отрасли, позволяя снизить уровень риска в достижении той или иной цели. Метод Монте-Карло при достаточной легкости его реализации дает более точные оценки времени выполнения заказа, чем метод сложения наиболее вероятного времени выполнения заказа. Алгоритмы, базирующиеся на данном методе, обеспечивают быстроту предоставления информации менеджерам и легко адаптируются под изменение информационного потока.

Из недостатков можно указать сложности в подготовке входной информации (данные по выполнению этапов за предыдущие циклы закупок).

## ИСТОЧНИКИ:

1. Глазьев С.Ю. Управление развитием – фактор устойчивого экономического роста // Проблемы теории и практики управления. – 1999. – № 4. – С. 26–31.
2. Вартанова М.Л. Место инфраструктуры в функционировании продовольственного рынка // Продовольственная политика и безопасность. – 2018. – № 3. – С. 117–124. – doi: 10.18334/ppib.5.3.40115 .
3. Ансофф И. Стратегическое управление. – М.: Экономика, 1989.

4. Вовна А.В., Локша А.В., Петрова Н.И. О роли обратной связи потребителей и торговых предприятий, реализующих мясную продукцию // Торгово-экономический журнал. – 2018. – № 2.
5. Карлик А., Гришпун Е. Реструктуризация в стратегии развития промышленных предприятий // Проблемы теории и практики управления. – 2000. – № 6. – С. 81–95.
6. Варфоломеев В.И., Назаров С.В., Назаров С.В. Алгоритмическое моделирование элементов экономических систем. Практикум: учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 264 с.
7. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В. Имитационное моделирование экономических процессов. – М.: Финансы и статистика, 2002.
8. Дубровин А.С., Семенов М.Е. Имитационное моделирование случайных факторов. – Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2005. – 32 с.
9. Афанасьев М.Ю., Суворов Б.П. Исследование операций в экономике: модели, задачи, решения. Серия. Высшее образование. – М.: ИНФРА-М, 2003. – 444 с.
10. Строгалев В.П., Толкачева И.О. Имитационное моделирование. – М.: МГТУ им. Баумана, 2008. – 280 с.
11. Алексеев Г.В. Численное экономико-математическое моделирование и оптимизация. – СПб.: Гиорд, 2014. – 272 с.
12. Афонин В.В., Федосин С.А. Моделирование систем: учебно-практическое пособие. – М.: Интуит, 2016. – 231 с.
13. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование / в 3 ч. часть 1: учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. – Москва Юрайт, 2016. – 211 с.
14. Беннинг Ш. Финансовое моделирование с использованием Excel. – М.: Вильямс, 2016. – 592 с.

**REFERENCES:**

- Afanasev M.Yu., Suvorov B.P. (2003). Issledovanie operatsiy v ekonomike: modeli, zadachi, resheniya [Research of operations in economy: models, challenges, solutions] M.: INFRA-M. (in Russian).
- Afonin V.V., Fedosin S.A. (2016). Modelirovanie sistem [Modeling of systems] M.: Intuit. (in Russian).
- Alekseev G.V. (2014). Chislennoe ekonomiko-matematicheskoe modelirovanie i optimizatsiya [Numerical mathematical modeling and optimization] SPb.: Giord. (in Russian).
- Ansoff I. (1989). Strategicheskoe upravlenie [Strategic management] M.: Ekonomika. (in Russian).
- Belov P.G. (2016). Upravlenie riskami, sistemnyy analiz i modelirovanie [Risk management, system analysis and modeling] Moscow: Yurayt. (in Russian).
- Benning Sh. (2016). Finansovoe modelirovanie s ispolzovaniem Excel [Financial modeling using Excel] M.: Vilyams. (in Russian).
- Dubrovin A.S., Semenov M.E. (2005). Imitatsionnoe modelirovanie sluchaynykh faktorov [Simulation of random factors] Voronezh: Voronezh. gos. tekhnol. akad. (in Russian).
- Emelyanov A.A., Vlasova E.A., Duma R.V. (2002). Imitatsionnoe modelirovanie ekonomicheskikh protsessov [Simulation modeling of economic processes] M.: Finansy i statistika. (in Russian).
- Glazev S.Yu. (1999). Upravlenie razvitiem — faktor ustoychivogo ekonomicheskogo rosta [Development management — factor of sustainable economic growth]. Theoretical and Practical Aspects of Management. (4). 26–31. (in Russian).
- Karlik A., Grishpun E. (2000). Restrukturizatsiya v strategii razvitiya promyshlennykh predpriyatiy [Restructuring in the development strategy of industrial enterprises]. Theoretical and Practical Aspects of Management. (6). 81–95. (in Russian).
- Strogalev V.P., Tolkacheva I.O. (2008). Imitatsionnoe modelirovanie [Simulation modeling] M.: MGTU im. Baumana. (in Russian).
- Varfolomeev V.I., Nazarov S.V., Nazarov S.V. (2004). Algoritmicheskoe modelirovanie elementov ekonomicheskikh sistem [Algorithmic modeling of economic systems] M.: Finansy i statistika. (in Russian).
- Vartanova M.L. (2018). Mesto infrastruktury v funktsionirovanii prodovolstvennogo rynka [The place of infrastructure in the functioning of the food market]. Food policy and security. 5 (3). 117–124. (in Russian). doi: 10.18334/ppib.5.3.40115 .
- Vovna A.V., Loksha A.V., Petrova N.I. (2018). O roli obratnoy svyazi potrebiteley i togovykh predpriyatiy, realizuyuschikh myasnuyu produktsiyu [On the role of feedback of consumers and outlets in trading meat products]. Russian Journal of Retail Management. 5 (2). (in Russian).