
Литература

- Богомолов О.Т. Реформы в зеркале международных сравнений. М.: Экономика, 1998.
- Богомолов О.Т. Десять лет системной трансформации в странах ЦВЕ и в России: итоги и уроки: научный доклад. М.: ИМЭПИ РАН, 1999.
- Глазьев С. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВлаДар, 1993.
- Глазьев С. Уроки очередной российской революции: крах либеральной утопии и шанс на экономическое чудо. М.: Экономическая газета, 2011.
- Глазьев С. Современная теория длинных волн в развитии экономики // Экономическая наука современной России. 2012. № 2 (57). С. 8–27.
- Глазьев С.Ю. О неотложных мерах по укреплению экономической безопасности России и выводу российской экономики на траекторию опережающего развития: доклад. М.: Институт экономических стратегий; Русский биографический институт, 2015.
- Глазьев С. Последняя мировая война. США начинают и проигрывают. М.: Книжный мир, 2016.
- Гэлбрейт Дж. Деньги: откуда они приходят и куда уходят. М., 1975.
- Кун Т. Структура научных революций / пер. с англ. И.З. Налетова; общ. ред. и послесл. С.Р. Микулинского и Л.А. Марковой. М.: Прогресс, 1975.
- Обучение рынку / под ред. С. Глазьева. М.: Экономика, 2004.
- Сахал Д. Технический прогресс: концепции, модели, оценки. М.: Финансы и статистика, 1985.
- Сорокин П. Главные тенденции нашего времени // Российская академия наук; Институт социологии. М.: Наука, 1997.

Рукопись поступила в редакцию 02.06.2016 г.

МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ В ЭКОНОМИКЕ КАЧЕСТВА

В.В. Окрепилов, Т.И. Леонова

В статье рассмотрены проблемы экономической интерпретации оптимизационных задач применительно к экономике качества. Представлены математические модели, раскрыта экономическая сущность целевой функции и ограничений для прямой и двойственной задачи оптимизации качества. Сделаны теоретические выводы для развития экономики качества. Показаны области практического использования методов и инструментов экономики качества.

Ключевые слова: экономика качества, модель оптимизации, прямая и двойственная задачи линейного программирования.

Экономические вопросы развития всеобщего менеджмента качества (TQM) всегда актуальны в любых рыночных условиях – как при экономическом росте, так и во время финансовых кризисов. Такие вопросы призвана решать экономика качества – самостоятельное научное направление, которое, как известно, представляет собой часть экономической науки, изучает взаимосвязь качественных характеристик объектов или явлений с экономическими показателями и в итоге определяет оптимальные решения социально-экономических проблем, связанных с качеством. Эти проблемы изучаются в трудах многих исследователей данной проблематики (Окрепилов, 2011, 2012; Виноградов и др., 2011; Демиденко и др., 2013; Макаров, Окрепилов и др., 2015).

Непосредственными целями экономики качества (ЭК) как области науки являются

© Окрепилов В.В., Леонова Т.И., 2016 г.

описание, объяснение и предсказание закономерностей воздействия качества на процессы и явления в общественной жизни. Рассматривая всю систему экономических отношений, экономика качества способствует поиску оптимальных решений социально-экономических проблем на различных уровнях управления (муниципальное образование, город, регион, страна, межгосударственные союзы, международные организации). Многолетние исследования в области экономики качества позволили сформировать научную школу для изучения и реализации на практике теории, методологии и методов экономических и социальных проблем качества, создания организационно-экономических условий обеспечения качества и конкурентоспособности. Эта научная школа опирается на сеть высших учебных заведений, в которых интегрируются работы, связанные с развитием фундаментальной и прикладной науки и поиском направлений в решении социально-экономических проблем и задач.

Научное направление экономики качества можно представить в виде стройной системы, включающей многие элементы (см. рисунок). В их функционировании участвуют как государственные, так и частные структуры не только национального, но и международного уровня (Окрепиллов, 2012).

Система экономики качества позволяет обеспечить оценку любого объекта на любом

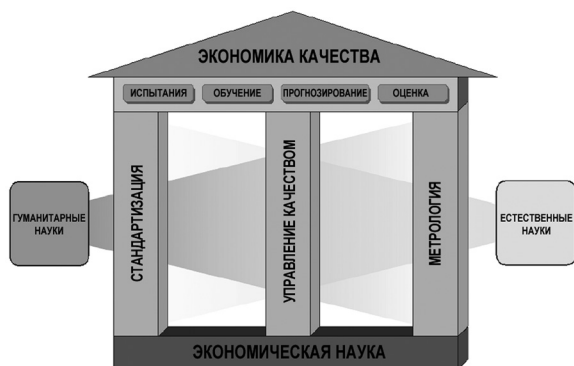
уровне управления (продукция, предприятие, орган муниципального управления, регион), подтверждение соответствия продукции и ее свободное обращение на внутреннем и международных рынках, конкурентоспособность отечественной экономики.

Однако в области экономической оптимизации качества еще недостаточно теоретических разработок, что требует дальнейших исследований.

Основой для формирования экономических моделей, обеспечивающих достижение оптимальных решений в области качества, является правильная экономическая интерпретация категорий, постановки задачи, целей, критериев, исходных данных, ограничений и получаемых результатов решения оптимизационной задачи, а также возможности их практического использования.

Построение оптимизационных моделей в экономике качества исходя из принципов и целей всеобщего менеджмента качества (TQM) главным образом сводится к максимизации уровня удовлетворения потребителей и всех заинтересованных сторон (партнеров, общества и др.) от использования продуктов, понимаемых в данной статье как объекты качества различной природы, а именно: продукции, услуг, результатов деятельности организаций, систем и пр. Однако в рыночных условиях определению желаемого уровня качества продуктов, обеспечивающего получение максимального результата потребления, противостоят имеющиеся у индивида и общества финансовые и другие возможности, что требует оптимизации уровня удовлетворения потребностей при имеющихся ограничениях экономико-финансового, а в широком смысле – ресурсного характера.

Вместе с тем может возникать другая постановка задачи оптимизации, а именно задачи минимизации ресурсов для создания необходимого уровня качества продуктов, обеспечивающего удовлетворенность заинтересованных сторон. В этом случае оптимальной величине ресурсов, обеспечивающей получение минимального результата,



Элементы системы экономики качества

противостоят имеющиеся у потребителей и заинтересованных сторон требования к уровню качества, что определяет постановку задачи оптимизации ресурсов при имеющихся ограничениях на уровень потребительских свойств, отражающих качество продуктов, которые должны быть не ниже уровня, необходимого потребителям. Также может возникнуть задача нахождения максимального уровня качества при ограниченных ресурсах.

Обобщая вышесказанное, экономические модели оптимального качества с различными критериями целевых функций и условиями ограничений можно определить следующим образом:

$$\begin{cases} R(q) \rightarrow \min; \\ f(q_1, \dots, q_i, \dots, q_n) = \text{const}; \end{cases} \quad (1)$$

$$\begin{cases} R(q) = \text{const}; \\ f(q_1, \dots, q_i, \dots, q_n) \rightarrow \max; \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} R(q) \rightarrow \min; \\ f(q_1, \dots, q_i, \dots, q_n) \rightarrow \max, \end{cases} \quad (3)$$

где q_i – значение показателя качества i ($i = 1, \dots, n$); $f(q_1, \dots, q_i, \dots, q_n)$ – функция взаимосвязи показателей качества объекта; $R(q)$ – функция взаимосвязи ресурсов и показателей качества объекта.

Также может быть построен ряд задач подобных виду (1)–(3), в которых целевой функцией может быть функция $f_{\text{эфф}}(q_1, \dots, q_i, \dots, q_n)$, отражающая взаимосвязь величины эффектов и показателей качества.

В общем случае решение систем уравнений (1)–(3) возможно с применением прогрессивных экономико-математических методов, таких как системный анализ и составляющее его основу имитационное математическое моделирование (Виноградов и др., 2011). Целесообразно использовать классические подходы теории дифференциальных уравнений к нахождению безусловного и условного экстремума, включая метод неопределенных множителей Лагранжа. Эти методы использу-

ют известное аналитическое выражение критерия оптимальности, имеющего производные по всем переменным, и позволяют найти экстремум внутри области изменения независимых переменных. Задачи этого типа являются предметом исследования раздела математики, который называется нелинейным и линейным программированием. Как правило, решения задач нелинейного программирования достаточно сложны и могут быть найдены только численными методами. Задачи линейного программирования – более простые и могут быть решены, например, с помощью симплекс-метода.

В данной статье будут подробно рассмотрены задачи линейного программирования.

При построении моделей экономики качества возникает важный вопрос: какие категории могут выступать как переменные для математической формализации задач оптимизации качества? В известных производственных задачах такой переменной вступает объем выпускаемой продукции. В научных работах имеется большое число известных задач оптимизации, в которых за основу принимается единица объема – продукт, который отражает, с одной стороны, затраты, а с другой – эффект (эффективность). Подобные задачи построены для нахождения оптимальных объемов (планов) выпуска различных продуктов, которые обеспечивают максимизацию эффектов (эффективности) в условиях ресурсных ограничений или минимизацию затрат при ограничениях на уровень эффективности. Объем продукции как переменная в задачах оптимизации экономики качества также может быть использован, так как продукт производства, как известно, обладает экономическими характеристиками (ценой, затратами и пр.) и качественными характеристиками, отражающими его свойства и потребительскую полезность, что позволяет строить модели оптимизации (Демиденко и др., 2013). Для развития подобных моделей можно сделать постановку задачи с использованием категории качества объектов.

В общем виде для аналитического выражения задач экономики качества с использо-

ванием переменной объема выпуска продукции можно выделить следующие основные категории:

- X – объем выпуска различных видов продукции разного качества, шт.;
- q – уровень качества различных продуктов, который отражает уровень значимости для потребителя, усл. ед./шт.;
- Q – минимальный уровень совокупного качества в потреблении, усл. ед.;
- r – удельные затраты (ресурсы) на единицу продукта, стоим. ед./шт.;
- R – общий лимит ресурсов, стоим. ед.

Математическая матричная интерпретация двух задач для такого подхода представлена в формулах (4) и (5). Для использования критерия достижения максимума совокупного качества продуктов модель имеет вид:

$$\begin{aligned} qX &\rightarrow \max, \\ rX &\leq R. \end{aligned} \quad (4)$$

Для использования критерия минимума ресурсов для производства продуктов модель имеет вид:

$$\begin{aligned} rX &\rightarrow \min, \\ qX &\geq Q. \end{aligned} \quad (5)$$

В принципе, постановки (4) и (5) отражают различные по форме, но одинаковые по сути задачи, позволяющие найти оптимальный ряд значений неких искомым переменных (в данном случае – объемов продукции различного качества) обладающий, с одной стороны, максимально допустимыми значениями характеристик качества для потребителя, а с другой – минимально возможными значениями характеристик экономических категорий (ресурсов, затрат и пр.). Для линейных задач разные решения обусловлены величиной накладываемых ограничений, и вместе с тем при определенном сочетании ограничений (R , Q) могут быть получены одинаковые решения для двух задач (4) и (5).

Таким образом, объективно установленные ограничения имеют важное значение для получения оптимального результата. Их

величина ограничена многими условиями и требованиями внешнего макроокружения, включающего, как известно, экономические, политические, социальные, научно-технические и подобные факторы микрорыночного окружения, включающего конкуренцию, наличие товаров-заменителей, участников рынка, требований потребителей и отраслевых особенностей, а также факторами внутренней среды организации.

Выбор критерия оптимизационной задачи ЭК определяется стратегическим менеджментом организации в области качества. В большинстве случаев в соответствии с принятыми в организации политикой и стратегией в области качества, приоритетной постановкой будет максимизация уровня удовлетворенности потребителя. Однако в некоторых случаях, например, при осуществлении государственных закупок более приоритетным критерием будет минимизация затрат по объемам закупок при соблюдении минимально необходимых требований к качеству.

Практическое применение задач ЭК вида (4) и (5) может состоять в формировании оптимального плана выпуска продуктов, обладающего максимально возможным в условиях ограниченных ресурсов уровнем качества для потребителя. Такие задачи наиболее востребованы в секторе общественных и некоммерческих услуг, в которых основной оценкой результативной и эффективной деятельности является качество, отражающее уровень важности (полезности) продукта для потребителей и всех заинтересованных сторон. Но недостатком, ограничивающим практическое применение таких моделей, является сложность и неоднозначность измерения уровня качества продукции (услуг). Однако если будет найдена объективная оценка качества, подобные задачи найдут широкое применение, например, при формировании структуры государственных программ и заданий, обеспечивающих максимальную результативность и эффективность бюджетных расходов.

В экономике качества помимо объемов выпуска продуктов переменными в задачах

оптимизации могут выступать собственно показатели уровня качества отдельных свойств объекта (например, продукта, организации и др.). Для построения формализованных экономических моделей уже имеются разработки ряда научных направлений, а именно теоретические и практические положения:

- *квалиметрии*, позволяющие построить формализованный функционал составляющих качества объекта;

- *функционально-стоимостного анализа*, позволяющие связать уровень и значение составляющих функций (свойств) объекта качества с экономическими категориями.

Квалиметрия как наука призвана количественно оценить любые категории, которые могут отражать качество объекта и деятельности организаций. Использование квалиметрических методов при оценивании позволяет не только с достаточной точностью проводить измерения абсолютных качественных параметров качества объекта для совершенствования, но и сравнивать показатели результативности с другими организациями, т.е. выявлять относительные показатели.

В настоящее время отечественные авторы настойчиво занимаются проблемами квалиметрической оценки качества различных объектов. Следует отметить, что исследователи различных областей экономики считают основополагающими в квалиметрии работы Г.Г. Азгальдова. Так, в одной из его работ (Азгальдов, 2010) подчеркивается, что в настоящее время оценивание качества объекта должно в первую очередь происходить на основе методов квалиметрии, включающих методологию и проблематику количественного оценивания качества объектов любой природы. В развитие теории квалиметрии в этой же работе предлагается использовать в соответствии с разработанным в теоретической квалиметрии методом алгоритма установление рейтингов показателей качества.

Отмечено, что в процессе установления рейтингов показатели бывают представлены в виде одного или нескольких неупорядоченных списков. В методологии квалиметрии, по-

ложенной в основу установления рейтингов, автор применяет принципы формирования учитываемых показателей: во-первых, все показатели представляются не в виде определенного (хотя бы и ранжированного) списка, а в виде некоторой упорядоченной иерархической структуры, называемой в теории графов «дерево». Во-вторых, все показатели, должны удовлетворять трем требованиям, в том числе всегда представляться в виде дерева, а иногда (когда допустимо иметь рейтинг, вычисленный в шкале рангов, а не в шкале отношений) иметь структуру в виде неполного (вместо полного) дерева либо допускать немонотонную зависимость между абсолютными и относительными показателями. И наконец, каждое из этих свойств дерева должно удовлетворять требованиям релевантности и валидности.

В целом методология квалиметрического подхода к оценке качества любых объектов включает построение структурированного дерева их свойств, формирование измеримых в определенных шкалах показателей свойств, установление значимости параметров, расчет единичных и комплексных показателей. В результате формализованный вид комплексного показателя качества объекта (K) представляется как линейное уравнение множества единичных показателей (q) вида

$$K = a_1 q_1 + \dots + a_i q_i + \dots + a_n q_n, \quad (6)$$

где a_i – коэффициент, отражающий различный удельный вес (значимость) для каждого показателя качества объекта i .

В матричном виде комплексное качество объекта можно представить в виде линейной свертки как выражение

$$K = aq. \quad (7)$$

Если имеется измеримая база для сравнения, то единичный показатель качества объекта (q), характеризующий уровень соответствия, является относительным показателем по отношению к эталону, который можно определить по формуле

$$q = P_{\text{факт}}/P_{\text{баз}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{факт}}$, $P_{\text{баз}}$ – соответственно фактическое и базовое значения единичного показателя объекта.

Таким образом, для моделей оптимизации ЭК наука квалиметрия представляет линейные уравнения (6) и (7) как целевую функцию формирования качества объекта, которая должна стремиться к максимуму. Однако в большинстве работ по квалиметрии не ставится вопросов, насколько это возможно и каково значение оптимального уровня качества в экономических задачах, где имеется ресурсное ограничение.

Взаимосвязь уровня необходимых функций объекта качества с его затратами устанавливается при функционально-стоимостном анализе (ФСА). Основные принципы ФСА предполагают рассмотрение функций объекта и его элементов с целью наиболее полного удовлетворения потребностей и обеспечения эффективных путей их реализации. Подобный подход реализуется в процессе классификации функций. Выделяют внешние (главную и второстепенную) и внутренние (основную и вспомогательную) функции объекта. Главная функция определяет назначение, сущность и смысл существования объекта, основная функция обеспечивает работоспособность объекта. Экономический подход ФСА предусматривает нахождение варианта, который обеспечивает минимизацию затрат, связанных с удовлетворением потребностей.

При проведении ФСА следует учитывать, что:

1) объект состоит из взаимосвязанных элементов, свойства которых влияют на свойства объекта;

2) в объекте существуют системообразующие и системосохраняющие элементы (параметры), которые необходимо анализировать в первую очередь;

3) объект представляет собой элемент системы более высокого порядка, поэтому его необходимо рассматривать во взаимосвязи с внешней средой.

Расчет затрат на осуществление функции ведут по материальным носителям (сбо-

рочные единицы, детали, элементы деталей), применяют методы удельных показателей, эмпирические формулы, экспертные оценки. Вместе с тем в ФСА не ставится задача определения затрат на конкретное свойство. ФСА в первую очередь направлен на выявление ресурсов, связанных с созданием и функционированием объекта, и поиск излишних затрат.

Вместе с тем подход ФСА позволяет предположить, что возможно сформировать удельные затраты в стоимостной величине для каждой единицы свойства объекта.

При обобщении положений квалиметрии и ФСА, отражающем уровень качества и стоимость единицы свойств, можно построить модели оптимизации качества с использованием следующих основных категорий:

- q – единичный показатель качества для свойства объекта, усл. ед.;
- a – значимость единичного показателя качества для потребителя, уд. ед.;
- Q – минимальный уровень комплексного качества, усл. ед.;
- r – удельные затраты (ресурсы) на единицу q , стоимост. ед. на единицу свойства;
- R – общий лимит ресурсов, стоим. ед.

Математическая матричная интерпретация двух задач для такого подхода аналогична (4) и (5) и представлена в формулах (8), (9). Для случая применения критерия достижения максимума комплексного качества объекта модель имеет вид:

$$\begin{aligned} aq &\rightarrow \max, \\ rq &\leq R. \end{aligned} \quad (8)$$

Для использования критерия минимума ресурсов модель имеет вид:

$$\begin{aligned} rq &\rightarrow \min, \\ aq &\geq Q. \end{aligned} \quad (9)$$

Решением (8), (9) будет нахождение оптимальных величин единичных показателей качества, обладающих, с одной стороны, максимально допустимыми значениями характеристик качества, а с другой – минимально возможными значениями характеристик

экономических категорий (ресурсов, затрат и пр.).

Практическое применение подобных задач возможно в ходе достижения таких единичных показателей, которые в целом дают наибольший рост комплексного качества в условиях имеющихся ограничений. Коммерческим структурам это особенно интересно для повышения своего рейтинга (в определенной степени отражающего качество деятельности), который складывается не только из финансовых показателей, но и из показателей удовлетворенности потребителей и общества. Это особенно важно, например, для финансовых и страховых компаний, а также компаний, участвующих в биржевых торгах, состоящих в листинге и им подобных, для которых важен имидж.

Решение задач типа (8) и (9) также актуально для некоммерческого и государственного сектора. Например, университетам важно повысить уровень комплексного качества по так называемым критериям эффективности (представляющим критерии качества). Поэтому каждый университет может выявить наиболее весомый и при этом наименее дорогостоящий показатель и найти такое внутреннее распределение бюджетных средств, которое позволяет добиться наивысшего показателя комплексного качества в условиях ограниченных субсидий на выполнение государственного задания при имеющихся минимальных значениях каждого показателя.

Линейные задачи оптимизации интересны еще и тем, что для них есть возможность построения двойственных задач, которые могут выявить дополнительный смысл категорий экономической науки, что поможет установить различные правила (принципы) научных положений, в том числе экономики качества (Демиденко и др. 2013).

Рассмотрим задачу, например, вида (4), для которой обратной задачей будет нахождение новых переменных z – так называемых оценок ресурсов, которые необходимо минимизировать. Эту задачу можно представить в виде:

$$\begin{aligned} Rz &\rightarrow \min & (10) \\ rz &\geq q. \end{aligned}$$

Внешне она похожа на постановку задачи (5), однако у нее другая интерпретация. Она состоит в том, что находятся такие z , которые отражают цены и эффективность ресурсов. Цены (плата) за ресурсы должны быть минимизированы при условии, что денежная эффективность производства некоего качества должна быть выше требуемого потребителем уровня свойств. Это означает такой принцип экономики качества, когда производить качество выгодно только в том случае, когда оно дает больший эффект в производстве, чем в потреблении.

Обратной задачей для (5) будет вид:

$$\begin{aligned} Qz &\rightarrow \max, & (11) \\ qz &\leq r. \end{aligned}$$

Интерпретация (11) состоит в том, что находятся такие z , которые отражают цены и эффективность качества продукта. Эффективность качества должна быть максимизирована при условии, что затраты на качество должны быть меньше выделенных ресурсов. Из данной постановки вытекает следующий принцип экономики качества: затраты на качество должны быть в ресурсных пределах.

* * *

В статье подробно рассмотрены наиболее общие, концептуальные подходы к экономике качества. Вместе с тем конкретные виды оптимизационных задач экономики качества может быть гораздо больше. Так, например, имеется возможность установления различных целевых функций, например, минимизации потерь, или отклонений, или функциональных видов ограничений в виде взаимосвязи переменных, что также может определить множество вариантов оптимизационных задач, позволяющих расширить применение и построение задач оптимальных решений в экономике качества.

В результате проведенных нами исследований можно сделать следующие основные

выводы, развивающие теоретические основы экономики качества.

1. Задачи экономической оптимизации качества могут иметь различные критерии и соответственно целевые функции максимизации или минимизации, которые, по сути, и дают решение, связанное с оптимальным планом (по качеству) продуктов и их свойств. Выбор критерия оптимизационной задачи ЭК определяется стратегическим управлением организации в области качества.

2. Размеры ограничений имеют большое значение, и их необходимо устанавливать в зависимости от требований окружения макро-, микро- и внутреннего потенциала организации. Именно ограничения будут определять решение оптимизационной задачи в различных рыночных условиях.

3. Переменными в формализованных задачах оптимизации экономики качества могут выступать различные категории, связанные с качеством, например объем продукции, собственно уровень свойств и любые другие категории качества.

4. Все представленные задачи оптимизации имеют практическое применение, однако их серьезным недостатком является сложность измерения величин единичных показателей качества, а также удельных затрат, приходящихся на единицу свойства.

5. В случае использования линейных функций возможно построение двойственных задач, которые дают дополнительную интерпретацию теоретических положений экономики качества.

Виноградов Л.В. Экономико-математические методы в управлении качеством: монография / Л.В. Виноградов, В.С. Бурылов, В.П. Семенов. СПб.: СПбГИЭУ, 2011.

Демиденко Д.С., Леонова Т.И., Бабарин М.С. Координаты экономики качества // Стандарты и качество. 2013. № 5.

Макаров В.Л., Окрепилов В.В., Бахтизин А.Р., Кузьмина С.Н. Применение суперкомпьютерных технологий для моделирования социально-экономических систем // Экономика региона. 2015. № 2 (42). С. 301–312.

Окрепилов В.В. Экономика качества как универсальный инструмент развития [Электронный ресурс] / Электронный научный журнал «Экономика качества». 2012. № 1. URL: <http://www.eq-journal.ru>.

Окрепилов В.В. Экономика качества. СПб.: Наука, 2011.

Рукопись поступила в редакцию 14.06.2016 г.

Литература

Азгальдов Г.Г. Квалиметрия: первоначальные сведения. Справочное пособие с примером для АНО «Агентство стратегических инициатив по продвижению новых проектов»: учеб. пособие / Г.Г. Азгальдов, А.В. Костин, В.В. Садовов. М.: Высшая школа, 2010.