

---

## МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЗМА УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПОСТАВОК В МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОЙ КОМПАНИИ

© 2015 Гришанов Дмитрий Геннадьевич

кандидат экономических наук, доцент

Самарский государственный аэрокосмический университет  
им. академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)  
443086, г. Самара, Московское шоссе, д. 34

© 2015 Щелоков Дмитрий Александрович

кандидат экономических наук, доцент

Акционерное общество «Ракетно-космический центр “Прогресс”»  
443009, г. Самара, ул. Земеца, д. 18

E-mail: Grishanov-sgau@mail.ru, dima-shhelokov@yandex.ru

Предложен механизм взаимодействия между поставщиками и головной фирмой в процессе управления качеством продукции. Рассмотрены этапы формирования заказчиком плановых заданий по объему и качеству выпуска конечной продукции, объему и качеству поставок комплектующих и этап реализации поставщиками установленных заказчиком плановых заданий и оценки эффективности функционирования машиностроительной компании в целом и его подразделений как результат взаимодействия между ними в процессе производственной деятельности.

*Ключевые слова:* качество изделия, механизм стимулирования, согласованное взаимодействие.

Проблема повышения качества стоит остро перед производителями автомобилей во всем мире. Практика показала, что сохранение положения на рынке во многом определяется выбором экономического механизма стимулирования в управлении качеством поставок<sup>1</sup>. Это объясняется тем, что качество изделия формируется не столько в процессе сборки основных его узлов, сколько качеством большого числа поставляемых комплектующих, материалов, сырья. Проблема здесь состоит в том, что скоординировать усилия всех поставщиков по производству комплектующих деталей, узлов, агрегатов в нужном количестве и с нужным качеством - одна из трудных задач.

Каждый поставщик, устанавливая с учетом своих технологических, ресурсных возможностей качество комплектующих с позиции своего критерия, может вступать в противоречивые отношения с заказчиком, осуществляющим сборку изделия. Сложность решения подобной задачи основывается на том, что цели поставщика и заказчика не совпадают и это приводит к предъявлению разных требований к качественным показателям комплектующих и нарушению согласованности в работе между сторонами. В данной связи основным направлением повышения каче-

ства изделия и на этой основе эффективности производства является создание у поставщиков экономической заинтересованности в выборе и решении таких стратегий по повышению качества комплектующих, которые были бы ориентированы одновременно на достижение и собственных целей, и целей машиностроительной компании.

Для исследования механизма взаимодействия между поставщиками и головной фирмой в процессе управления качеством продукции опишем функционирование машиностроительной компании. Функционирование производственной системы имеет повторяющийся во времени характер и состоит в каждом периоде из ряда этапов: этапа формирования заказчиком плановых заданий по объему и качеству выпуска конечной продукции, объему и качеству поставок комплектующих; этапа реализации поставщиками установленных заказчиком плановых заданий и оценки эффективности функционирования машиностроительной компании в целом и его подразделений как результата взаимодействия между поставщиками и заказчиком в процессе производственной деятельности. На этапе планирования заказчик, руководствуясь своей целевой функцией и учитывая ограничения на различные ресурсы, спрос на конечную продукцию, устанавливает такие

плановые объемы продаж конечной продукции и плановые объемы покупки каждого вида комплектующих, которые максимизируют его целевую функцию.

Каждый поставщик осуществляет реализацию плановых заданий заказчика, руководствуясь при этом собственными целевыми функциями, ограничениями, определяющими их возможности по выпуску комплектующих. В процессе реализации плановых заданий поставщики выбирают фактические значения объемов и качества комплектующих, максимизируя значение своих локальных функций стимулирования.

Для обеспечения согласованного взаимодействия заказчик может влиять на функции стимулирования поставщиков, распределяя между ними полученный дополнительный эффект от реализации конечной продукции с повышенным уровнем качества, и тем самым воздействовать на выбор поставщиками того или иного уровня качества комплектующих. Задача определения значений показателей качества конечной продукции, комплектующих и управляющих воздействий на поставщиков представляет собой выбор механизма управления качеством продукции. В зависимости от выбранного заказчиком механизма стимулирования в управлении качеством продукции поставщики реализуют свою продукцию или в точном соответствии с установленным заданием по качеству, или с отклонением от него. Механизм управления качеством продукции назовем согласованным, если поставщики ориентированы на достижение показателей комплектующих, установленных заказчиком. Из этого определения следует, что согласованный механизм управления качеством создает у поставщиков экономическую заинтересованность в выборе и реализации такой стратегии по повышению качества поставок, которая была бы ориентирована на достижение и собственных целей, и целей заказчика.

Содержательно задача выбора согласованного механизма управления качеством может быть сформулирована как задача определения согласованных планов по качеству изделий, комплектующих, которые максимизируют значения целевой функции и заказчика, и всех поставщиков с учетом ограничений на ресурсы, спрос на конечную продукцию и активного поведения коллективов заказчика, поставщиков в процессе формирования и реализации плановых заданий.

Для построения математической модели механизма управления качеством продукции предположим, что заказчик выпускает одно конечное изделие, для сборки которого необходимо  $n$  комплектующих, поставляемых  $n$  поставщиками, т.е. каждый поставщик производит и поставляет на сборочный завод одно наименование комплектующего узла.

Введем следующие обозначения:

$I = \{i/i = 1, n\}$  - множество поставщиков и наименований комплектующих деталей, узлов;

$x_o, y_o$  - плановый и фактический объем выпуска конечного изделия;

$x_i, y_i, i \in I$  - плановый и фактический объем выпуска комплектующих  $i$ -го наименования;

$\sigma_0^x, \sigma_0^y$  - плановый и фактический уровень качества сборки конечного изделия;

$\sigma_i^x, \sigma_i^y$  - плановый и фактический уровень качества комплектующих  $i$ -го наименования;

$\Phi(x, \sigma^x) = C_o x_o - c_o(x, \sigma^x) - \sum_i C_i x_i$  - целевая функция заказчика;

$x = (x_o, x_i, i \in I)$  - вектор планового задания объема выпуска конечного изделия и объемов покупки комплектующих;

$\sigma_x = (\sigma_0^x, \sigma_i^x, i \in I)$  - вектор планового задания уровня качества конечного изделия и комплектующих;

$C_o$  - рыночная цена конечного изделия;

$c_o(x, \sigma^x)$  - функция затрат заказчика;

$C_i$  - договорная цена поставки комплектующего  $i$ -го наименования;

$f_i(y_i, \sigma_i^y) = C_i y_i - c_i(y_i, \sigma_i^y)$  - целевая функция  $i$ -го поставщика;

$c_i(y_i, \sigma_i^y)$  - функция затрат  $i$ -го поставщика.

С учетом введенных обозначений математическая модель задачи выбора заказчиком оптимальных плановых заданий имеет вид

$$\Phi(x, \sigma^x) = C_o x_o - c_o(x, \sigma^x) - \sum_i C_i x_i \rightarrow \max, (x, \sigma^x) \in X, \quad (1)$$

где  $X$  - допустимое множество плановых заданий объемов и уровня качества выпуска конечного изделия, поставки комплектующих.

Модель (1) описывает стратегию поведения заказчика на этапе формирования заказа, которая сводится к определению оптимальных плановых значений объемов и качества поставок

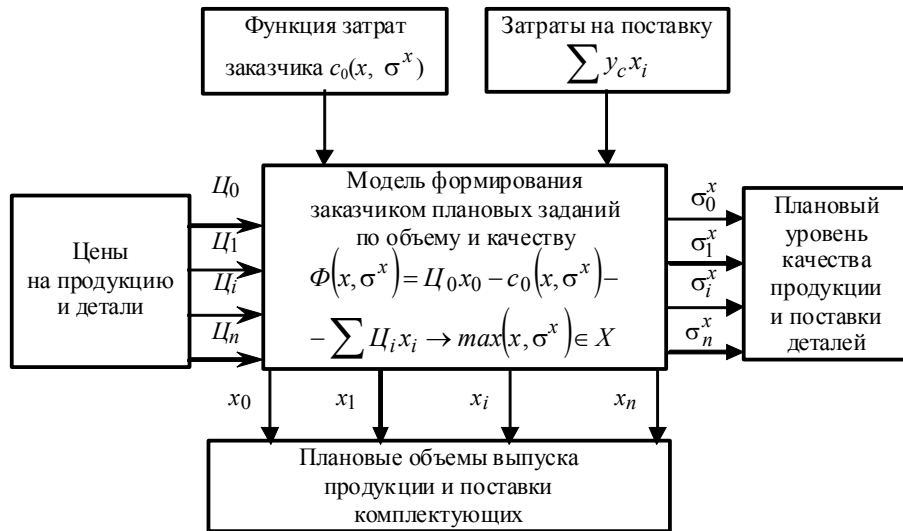


Рис. 1. Блок-схема формирования заказа по объему и качеству продукции и поставки комплектующих:

плановый объем выпуска конечной продукции  $x_0$ ; плановый уровень качества конечной продукции  $\sigma_0^x$ ; плановая потребность в каждом наименовании комплектующих  $x_i, i \in I$ ; плановый уровень качества поставки комплектующих  $\sigma_i^x, i \in I$ ; плановый объем продаж конечной продукции  $C_0 X_0$ ; плановые затраты  $c_0(x, \sigma_x)$ ; плановые закупки комплектующих каждого наименования  $C_i x_i, i \in I$ ; плановые суммарные закупки комплектующих  $\sum C_i x_i, i \in I$ ; плановая прибыль, получаемая заказчиком за период функционирования

$$\Phi(x, \sigma^x) = C_0 x_0 - c_0(x, \sigma^x) - \sum C_i x_i$$

комплектующих, обеспечивающих за определенный период функционирования максимальное значение его целевой функции. В результате решения задачи (1) заказчик формирует следующие плановые результаты (рис. 1).

Рассмотрим стратегии поведения поставщиков и заказчика на этапе реализации заказа в заданный период. Задача выбора каждым поставщиком фактических значений объема и уровня качества комплектующих описывается следующей моделью:

$$f_i(y_i, \sigma_i^y) = C_i y_i - c_i(y_i, \sigma_i^y) \rightarrow \max, i \in I, (y_i, \sigma_i^y) \in Y_i, (2)$$

где  $Y_i$  - допустимое множество реализации плановых заданий  $i$ -м поставщиком.

Поставщики в результате решения модели (2) формируют такое количество и качество комплектующих, которое максимизирует их локальные целевые функции. Пусть оптимальные значения количества и качества комплектующих, выбираемые  $i$ -м поставщиком для реализации, образуют множество  $Y_i(f_i)$ , определяемое из уравнения

$$Y_i(f_i) = Arg \max f_i(y_i, \sigma_i^y), i \in I, (y_i, \sigma_i^y) \in Y_i. (3)$$

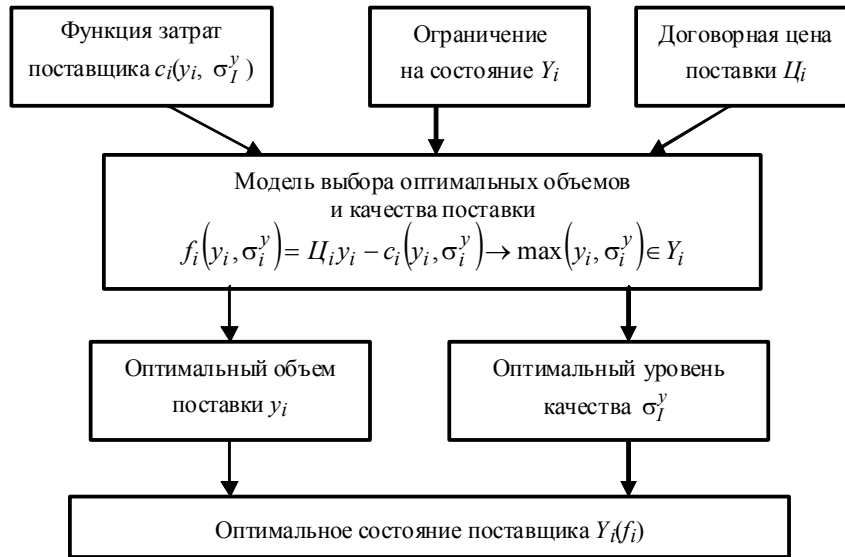
Тогда математическая модель задачи выбора заказчиком оптимальных фактических значе-

ний объема и качества реализации конечной продукции и объемов, качества покупки комплектующих имеет следующий вид (рис. 2):

$$\Phi(y, \sigma^y) = C_0 y_0 - c_0(y, \sigma^y) - \sum C_i y_i \rightarrow \max; (y_0, \sigma_0^y) \in Y_0, (y_i, \sigma_i^y) \in Y_i(f_i) i \in I. (4)$$

Из (4) следует, что головная фирма, учитывая активное поведение поставщиков, описываемое моделью (2) и основываясь на данных о фактических поставках комплектующих, удовлетворяющих (3), определяет фактический объем и качество реализуемой конечной продукции и формирует следующие результаты производственной деятельности в заданный период функционирования:

- фактический объем выпуска конечной продукции  $y_0^o$ ;
- фактический уровень качества конечной продукции  $\sigma_0^y$ ;
- фактическая потребность в каждом наименовании комплектующих  $y_i, i \in I$ ;
- фактический уровень качества каждого наименования комплектующих  $\sigma_i^y, i \in I$ ;
- фактический объем продаж конечной продукции  $C_0 y_0^o$ ;



**Рис. 2. Блок-схема выбора  $i$ -м поставщиком оптимальных объемов и уровня качества поставки:**

$Y_i$  - допустимое множество реализации конечного изделия

- фактические затраты  $c_o(y_o, \sigma^y)$ ;
- фактические закупки комплектующих каждого наименования  $C_i y_i, i \in I$ ;
- фактические суммарные закупки комплектующих  $\sum C_i y_i$ ;
- фактическая величина прибыли головной фирмы, получаемая за период функционирования  $\Phi(y_o, \sigma^y) = C_o y_o - c_o(y_o, \sigma^y) - \sum C_i y_i$ .

Сравнивая фактические показатели, определенные из модели (4), с плановыми, полученными из модели (1), можно сделать вывод о согласованности интересов между головной фирмой и поставщиками.

Так, если

$$(x_i, \sigma_i^x) \notin Y_i(f_i),$$

то плановое задание по количеству и качеству комплектующих  $i$ -го наименования, определенное головной фирмой, не согласовано с интересом  $i$ -го поставщика, что приведет к снижению эффективности функционирования машиностроительной компании.

Для устранения противоречий в системе “поставщик - заказчик” определим эффект, получаемый заказчиком от повышения качества поставок и выпуска конечного изделия.

Дополнительный эффект в системе от повышения качества может быть получен, если поставщики и заказчик реализуют плановое зада-

ние, устанавливаемое головной фирмой в результате решения задачи (1). Величину дополнительного эффекта от повышения качества определим из уравнения

$$\Delta \Phi(x, \sigma^x) = \Phi^0(x, \sigma^x) - \Phi^0(y_o, \sigma^y). \quad (5)$$

Однако реализация поставщиками плановых заданий по качеству поставок, экономически выгодных головной фирме, может быть экономически невыгодной поставщикам. Определим в связи с этим потери поставщиков при реализации плановых заданий, устанавливаемых для них заказчиком.

Величину потерь у каждого поставщика найдем из уравнения:

$$\Delta f_i(x, \sigma_i^x) = f_i(y_i, \sigma_i^y) - f_i(x_i, \sigma_i^x), i \in I, \quad (6)$$

где  $f_i(y_i, \sigma_i^y) = \max f(y_i, \sigma_i^y), (y_i, \sigma_i^y) \in Y_i$  - максимально возможное значение целевой функции  $i$ -го поставщика;

$f_i(x_i, \sigma_i^x)$  - значение целевой функции  $i$ -го поставщика при реализации им планового задания, определенного заказчиком из (1).

При известных величинах дополнительного эффекта  $\Delta \Phi(x, \sigma^x)$  и потерь  $\Delta f_i(x_i, \sigma_i^x), i \in I$  у поставщиков условием реализации плановых заданий является выполнение неравенства:

$$\Delta \Phi(x, \sigma^x) \geq \sum \Delta f_i(x_i, \sigma_i^x). \quad (7)$$

Для организации согласованного по качеству поставок механизма управления заказчику необходимо часть дополнительного эффекта напра-

вить на компенсацию потерь у поставщиков, определяемых в соответствии с (6). Распределяя полученный эффект, заказчик влияет на целевые функции поставщиков и обеспечивает, таким образом, реализацию ими заказов, выгодных для всей системы.

Обозначим через  $\Delta c_i(x_i, \sigma_i^x)$  величину стимулирующего воздействия, получаемого  $i$ -м поставщиком со стороны заказчика.

Тогда область  $\Delta F$  выбора заказчиком согласованных величин стимулирующих воздействий с учетом (5-7) описывается следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} \Delta F^x &= \{ \Delta c(x, \sigma^x) = (\Delta c_i(x_i, \sigma_i^x), i \in I); \\ \Delta c_i(x_i, \sigma_i^x) &\geq \Delta f_i(x, \sigma_i^x), i \in I; \\ \sum \Delta c_i(x_i, \sigma_i^x) &\leq \Delta \Phi(x, \sigma^x) \}. \end{aligned} \quad (8)$$

Величины согласованных стимулирующих воздействий, как следует из (8), с одной сторо-

ны, позволяют компенсировать поставщикам потери, связанные с повышением качества поставок, а с другой - не превышают в сумме дополнительного эффекта, что позволяет заказчику осуществить согласованные взаимодействия.

На основании введенных обозначений, понятий модель задачи выбора согласованного механизма управления качеством продукции имеет вид

$$\begin{aligned} \Phi(x, \sigma^x, \Delta c) &= C_o x_o - c_o(x, \sigma^x) - \sum_{i=1}^n C_i x_i - \\ &- \sum_{n=1}^n \Delta c_i(x_i, \sigma_i^x) \rightarrow \max, (x, \sigma^x) \in x \cap x^s, \\ \Delta c(x, \sigma^x) &\in \Delta F \cap \Delta F^s, \end{aligned} \quad (9)$$

где  $x^s = \prod_{i=1}^w x_i^s$  - множество согласованных планов поставок комплектующих;

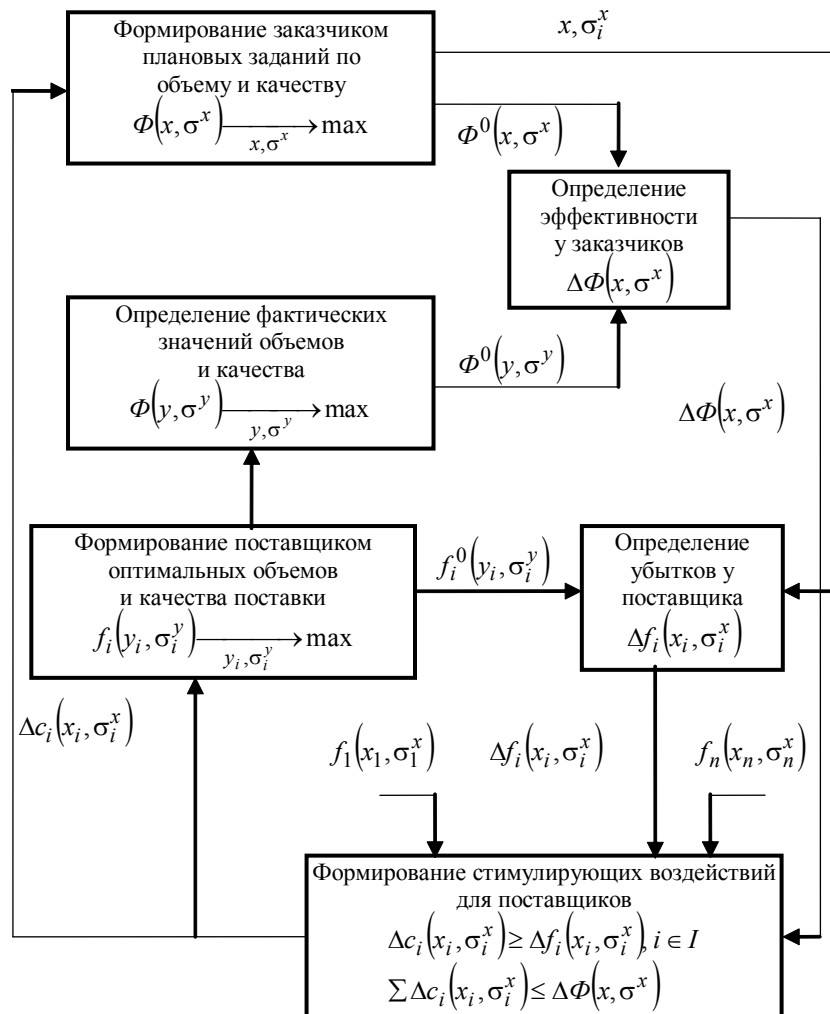


Рис. 3. Блок-схема формирования согласованного механизма управления качеством поставок

$$x^s_i = \left\{ \left( x_i \sigma_i^x \right) \left\{ \begin{array}{l} U_i x_i - c_i(x_i, \sigma_i^x) + \Delta c_i(x_i, \sigma_i^x) \\ \max(U_i x_i - c_i(y_i, \sigma_i^y)) \end{array} \right. \right\} \quad (10)$$

где  $(y_i, \sigma_i^y)$  - множество согласованных планов поставок комплектующих  $i$ -го поставщика;

$$\Delta F^S = \left\{ \Delta c(x, \sigma^x) = \left( \Delta c_i(x_i, \sigma_i^x), \right. \right. \\ \left. \left. i \in I \right) 0 \leq \sum \Delta c_i(x_i, \sigma_i^x) \right\}. \quad (11)$$

Сформулированная задача представляет собой задачу формирования согласованного оптимального механизма стимулирования в управлении качеством поставок (рис. 3), которая заключается в том, что заказчик выбором планов поставок комплектующих максимизирует свою целевую функцию и одновременно обеспечивает реализацию этих планов поставщиками, устанавливая для них стимулирующие воздействия. Реализация поставщиками заказов, установленных заказчиком, максимизирует, как следует из (10), их локальные целевые функции.

Пересечение множеств (10) и (11) представляет собой ограничения на стимулирующие воздействия со стороны заказчика.

Особенностью сформулированной задачи (9...11) является то, что в ограничениях модели задачи формирования механизма управления качеством содержатся оптимизационные задачи поставщиков, решение которых позволяет описать стратегию их поведения на этапе реализации планов при различных стимулирующих воздействиях.

Таким образом, в работе описана в общем виде математическая задача выбора согласованного механизма управления качеством поставок, решение которой основывается на оценке дополнительного эффекта от согласованного взаимодействия и позволяет сформировать путем перераспределения дополнительного эффекта область допустимых значений стимулирующих воздействий для каждого поставщика, осуществить согласование интересов и тем самым повысить эффективность функционирования машиностроительной компании.

1. Внутрифирменные механизмы бюджетного управления крупным промышленным комплексом по производству ресурсоемких изделий : монография / [Д.Г. Гришанов и др.]. Самара, 2009.

*Поступила в редакцию 02.11.2015 г.*