

Математическая модель задачи выбора уровня качества поставок в машиностроительном комплексе

Анисимов В.М., Гришанов Г.М.

Эффективность функционирования крупных машиностроительных комплексов, изготавливающих сложные, ресурсоёмкие, многоэлементные изделия и состоящие из большого числа юридически самостоятельных и административно подчинённых структурных подразделений во многом определяются выбором механизма управления качеством продукции. Это объясняется тем, что качество изделия формируется не столько в процессе сборки основных узлов в готовое изделие, осуществляемой головной фирмой, сколько качеством большого числа поставляемых структурными подразделениями на сборку деталей, узлов. Проблема по производству комплектующих деталей, узлов, агрегатов в нужном количестве и с нужным качеством является одной из трудных задач. Как показывает анализ действующих механизмов управления качеством продукции количественные и качественные показатели создают противоречивую ситуацию, заключающуюся в том, что поставщики стремятся выполнить прежде всего количественные показатели, а вопросы качества отодвигаются на второе-третье место. Более того, возможны случаи выпуска ими продукции несоответствующей установленным стандартам. Практика показывает, что такие случаи наиболее вероятны при недостаточно оперативном контроле со стороны головной фирмы за качеством поставляемой ей продукции в связи с трудоёмкостью процесса его оценки.

Сложность решения задачи координации показателей качества поэтому заключается в том, что имеет место несовпадение экономических интересов между поставщиками и головной фирмой. Несовпадение экономических интересов основывается на том, что поставщики, осуществляя производство комплектующих, являются основным элементом в процессе выполнения заказов со стороны головной фирмы. Эта активность проявляется в выборе с учётом своих возможностей такого объёма и качества выпускаемой продукции,

которые обеспечивают максимальный прирост их прибыли. Однако поставщики, преследуя свои собственные интересы в выборе показателей качества выпускаемой продукции, могут вступать в противоречивые отношения друг с другом и головной фирмой. В связи с этим, необходимость решения проблемы координации показателей качества и одновременно координации интересов между всеми поставщиками и головной фирмой является одним из важных путей повышения конкурентоспособности продукции и эффективности функционирования машиностроительного комплекса в рыночных условиях.

Для анализа взаимодействия между поставщиками и головной фирмой и эффективности использования экономических методов в управлении качеством продукции рассмотрим промышленный комплекс, состоящий из одного поставщика и головной фирмы.

Головная фирма потребляет продукцию поставщика по цене, установленной в договоре и осуществляет выпуск конечного изделия по цене, формируемой на рынке.

Задача головной фирмы как потребителя промежуточной продукции состоит в определении оптимального объема продаж и качества конечной продукции при заданной рыночной цене и оптимального объема покупки комплектующих при установленной цене их поставки. Эту задачу в формализованном виде представим следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned} \Phi(x, \sigma, y) = C_p x(\sigma) - C(\sigma, x) - C_s y \rightarrow \max_{x, \sigma, y} \\ x \leq \varphi(y), x = \omega(\sigma), x \leq \min(x_c, Q), \underline{\sigma} \leq \sigma \leq \bar{\sigma} \end{aligned} \quad (1)$$

где $x(\sigma)$ - выпуск конечной продукции головной фирмой за заданный период времени (месяц, год); σ - уровень качества изготавливаемой поставщиком продукции; y - объем выпуска поставщиком продукции; $\varphi(y)$ - производственная функция, определяющая выпуск конечной продукции головной фирмой в зависимости от объема поставок комплектующих; $\omega(\sigma)$ - функция, связывающая объемные и качественные параметры продукции; $C(\sigma, x)$ - функция затрат головной фирмы; x_c - спрос на конечную продукцию; Q - максимально возможный выпуск

конечной продукции головной фирмой; $\bar{\sigma}, \underline{\sigma}$ - верхняя и нижняя границы уровня качества промежуточной продукции; C_p - рыночная цена конечной продукции; C_s - договорная цена поставки промежуточной продукции.

В результате решения задачи (1) головная фирма определяет при заданной рыночной цене C_p конечной продукции и договорной цене C_s промежуточной продукции оптимальный объём продаж x конечной продукции, формируя тем самым её предложение, оптимальный объём y покупаемой промежуточной продукции, формируя спрос на неё, а также оптимальный уровень качества поставок σ .

Под уровнем качества изготавливаемой продукции понимается количественная комплексная оценка, определяемая по выбранной номенклатуре единичных или обобщённых показателей, отражающих технический уровень изготавливаемой поставщиком продукции. Уровень качества изготавливаемой поставщиком продукции формирует и уровень качества конечной продукции, выпускаемой головной фирмой.

Из (1) следует, что если спрос на конечную продукцию x_c меньше максимально возможного объёма её выпуска Q , т.е. если $x_c < Q$, то оптимальный объём определяется из уравнения:

$$x = x_c = \varphi(y) \quad (2)$$

Уравнение (2) означает, что поставщик производит промежуточной продукции ровно столько, сколько её нужно, чтобы удовлетворить спрос на конечную продукцию.

Оптимальный уровень качества продукции σ , с учётом (2), определяется из условия получения у головной фирмы максимальной величины эффекта:

$$\Phi(\sigma') = C_p \omega(\sigma') - c(\sigma, \omega(\sigma)) - C_s h(\omega(\sigma)) \rightarrow \max \quad (3)$$

$$\underline{\sigma} \leq \sigma \leq \bar{\sigma},$$

где $h(\omega(\sigma)) = h(x)$ - функция, обратная $\varphi(x)$.

Величина эффекта, получаемого головной фирмой, определяется уравнениями связи спроса, затрат на конечную продукцию в зависимости от её качества, уравнением производственной функции. Предложим, что спрос на конечную продукцию увеличивается в зависимости от

повышения уровня качества промежуточной продукции в соответствии с уравнением:

$$x_c = \omega(\sigma) = x_0 + b(\sigma - \underline{\sigma}) = x_0 - b\Delta\sigma, \quad (4)$$

где x_0 - спрос на конечную продукцию при нижней границе уровня качества поставок ($\sigma = \underline{\sigma}$), установленного в стандартах, технических условиях; $b > 0$ - коэффициент, характеризующий скорость прироста спроса на продукцию в связи с приростом уровня качества на малую величину; $\Delta\sigma = (\sigma - \underline{\sigma})$ - приращение комплексного показателя качества промежуточной продукции.

Пусть производственная функция имеет следующий простой вид:

$$x = \varphi(y) = \frac{y}{\lambda} \quad (5)$$

где λ - коэффициент, характеризующий применяемость промежуточной продукции в конечной продукции в соответствии с техническими условиями.

Функция затрат головной фирмы в зависимости от уровня качества поставляемой продукции и объема выпуска конечной продукции задана следующим уравнением:

$$C(\sigma, x) = \left(C_0^c - a\Delta\sigma + \frac{3_c}{x} \right) x \quad (6)$$

где C_0^c - величина затрат на единицу конечной продукции при нижней границе уровня качества поставок; $a > 0$ - коэффициент, характеризующий скорость уменьшения удельных затрат на конечную продукцию в связи с приростом уровня качества на малую величину; 3_c - постоянные затраты головной фирмы.

С учётом уравнений (4), (5) и (6); задача (1) будет иметь вид:

$$\begin{aligned} \Phi(x, \sigma) &= \left(C_p - C_0^c - C_b\lambda + a\Delta\sigma \right) x - 3_c \xrightarrow{x, \sigma} \max \\ x &= x_0 + b\Delta\sigma, x \leq \min(x_c, Q), \Delta\sigma = \sigma - \underline{\sigma}, \underline{\sigma} \leq \sigma \leq \bar{\sigma} \end{aligned} \quad (7)$$

При выполнении условия (2) задачу (7) с двумя переменными можно свести к эквивалентной ей задаче с одной переменной:

$$\Phi(\sigma) = (C_p - C_0^c - C_s \lambda)x_0 + [(C_p - C_0^c - C_s \lambda)b + ax_0]\Delta\sigma + ab\Delta\sigma^2 - 3, \rightarrow \max$$

$$\Delta\sigma = \sigma - \underline{\sigma}, \underline{\sigma} \leq \sigma \leq \bar{\sigma}.$$

(8)

В результате решения этой задачи головная фирма определяет такое значение прироста уровня качества $\Delta\sigma$, которое обеспечивает ей максимальное значение прибыли.

Дадим экономическую интерпретацию коэффициентов в уравнении целевой функции задачи (8). Первая составляющая $(C_p - C_0^c - C_s \lambda)x_0$ представляет собой прибыль от реализации конечной продукции с уровнем качества, соответствующим нижней границе. Величина $[(C_p - C_0^c - C_s \lambda)b + ax_0]$ характеризует прирост прибыли при увеличении уровня качества на единицу и состоит из двух составляющих: первая составляющая $[(C_p - C_0^c - C_s \lambda)b]$ представляет собой прирост прибыли в связи с приростом спроса на конечную продукцию, а вторая составляющая $[ax_0]$ - снижение переменных затрат за счёт уменьшения удельных затрат.

Для рентабельности производства необходимо, чтобы спрос на продукцию с учётом прироста уровня качества комплектующих был больше критического. В этом случае головная фирма стремясь получить максимальную величину прибыли, устанавливает, как следует из решения задачи (8), максимально возможное значение уровня качества поставок, т.е. решением задачи (8) является следующее оптимальное значение уровня качества комплектующих:

$$\hat{\sigma} = \bar{\sigma} \tag{9}$$

Этому уровню качества соответствует следующий оптимальный объём продаж конечной продукции \hat{x} и оптимальный объём покупки комплектующих \hat{y} :

$$\hat{x} = x_0 + b(\bar{\sigma} - \underline{\sigma}), \hat{y} = \hat{x}\lambda = [\hat{x} + b(\bar{\sigma} - \underline{\sigma})]\lambda \tag{10}$$

Эффект, получаемый головной фирмой от повышения качества поставок, определяется из уравнения:

$$\Phi(\sigma) = \left[(C_p - C_0 - C_0 \lambda) b + a x_0 \right] (\bar{\sigma} - \underline{\sigma}) + ab (\bar{\sigma} - \underline{\sigma})^2 \quad (11)$$

Однако реализация стратегии (9) возможно, если поставщик экономически заинтересован в повышении уровня качества своей продукции. В этой связи необходимо рассмотреть стратегию поведения поставщика в процессе производства комплектующих, описать взаимодействие его с головной фирмой и на этой основе выбрать механизм управления качеством, обеспечивающий реализацию поставщиком стратегии головной фирмы (9).