

УДК 658.5

ФОРМИРОВАНИЕ КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ СНИЖЕНИЯ ЗАПАСОВ ВЫПУСКА ИЗДЕЛИЙ НА ПРЕДПРИЯТИИ В УСЛОВИЯХ ПОТОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

© 2016 Ф.В. Гречников¹, А.В. Кобенко²

¹ Самарский научный центр Российской академии наук

² Министерство экономического развития, инвестиций и торговли Самарской области.

Статья поступила в редакцию 15.07.2016

В статье определяется число циклов выпуска изделий, обеспечивающего максимальную величину снижения товарных запасов при реализации заказа по каждой модели автомобиля с наибольшей адаптацией к изменению потребительского спроса.

Ключевые слова: число циклов, часовая производительность, условия синхронизации, трудоемкость сборки, ритм сборки, поточное производство, величина снижения запасов, время цикла, сборочное производство, оптимальная величина, товарные площади.

Одним из важных показателей эффективности деятельности предприятия, является величина запасов реализуемых изделий. Запасы принципиально имеют тенденцию к росту, но этот рост может быть оправдан только адекватным ростом объемов продаж так, чтобы запасы не увеличивались. Практически является неизбежным иметь запасы на готовые изделия, комплектующие, в связи с этим возникают издержки и потери за счет «замороженных денежных средств». Эффективное управление запасами существенно влияет на результаты функционирования каждого предприятия и особенно крупных машиностроительных комплексов по производству сложных изделий [1,2,3,4]. Поэтому для повышения конкурентоспособности предприятие эффективно и рационально выполнять функцию по снижению запасов путем повышения надежности сбыта, улучшения качества комплектующих, увеличения инвестиций в сокращение запасов.

Рассмотрим задачу управления запасами для предприятия с поточным производством по выпуску автомобилей. Если τ – продолжительность цикла выпуска изделий, T – продолжительность планируемого периода, то число циклов выпуска изделий за планируемый период равно:

$$m = \frac{T}{\tau}. \quad (1)$$

Из (1) следует, что если $m=1$, то цикл выпуска изделий за планируемый период ($\tau = T$), и выпуск изделий осуществляется один раз в период. Величина τ отражает продолжительность времени по выпуску изделий на предприятии за время

Гречников Федор Васильевич, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, первый заместитель председателя Самарского научного центра РАН по научной работе. E-mail: fvgr48@mail.ru

Кобенко Александр Владимирович, вице-губернатор – министр экономического развития, инвестиций и торговли Самарской области.

E-mail: A.Kobenko@economy.samregion.ru

цикла, а величина m – количество циклов в плановом периоде.

С учетом введенных обозначений количество выпуска изделий за плановый период T равно:

$$x_T = \frac{1}{m} T \sum_{j=1}^n R_j, \quad (2)$$

где x_T – выпуск i -го изделия за время T ; R_j – часовая производительность выпуска j -го изделия.

Из (1) и (2) следует, что с изменением числа циклов m изменяется величина запасов изделий. Снижение запасов изделий за плановый период T , измеряемые в количестве выпускаемых изделий, определяются с учетом (1, 2) из следующего уравнения:

$$\begin{aligned} \Phi(m) &= T \sum_{j=1}^n R_j - \frac{1}{m} T \sum_{j=1}^n R_j = \\ &= \left(1 - \frac{1}{m}\right) T \sum_{j=1}^n R_j. \end{aligned} \quad (3)$$

Из этого уравнения следует, что с ростом числа циклов m снижается величина запасов изделий.

Для определения оптимальной величины снижения запасов изделий необходимо определить такое значение числа циклов выпуска изделий m за период T , которое обеспечивает максимальное значение величины снижения запасов. Выбор числа циклов выпуска изделий определяется также ограничениями на величину m .

На область возможных значений числа циклов выпуска наложены ограничения как снизу, так и сверху. Нижняя граница области возможных значений определяется из естественного условия, состоящего в том, что число циклов не должно быть меньше единицы, т.е.

$$1 \leq m. \quad (4)$$

Верхняя граница области возможных значений числа циклов выпуска определяется из следующего условия:

$$m \leq T \sum_{j=1}^n R_j = x_T. \quad (5)$$

Объединяя неравенства (4) и (5), получаем следующую замкнутую область возможных значений числа циклов выпуска изделий:

$$1 \leq m \leq T \sum_{j=1}^n R_j = x_T. \quad (6)$$

Учитывая, что изменение числа циклов выпуска изделий влияет также и на величину занимаемых производственных площадей, возникает необходимость учитывать ограничения на площади, имеющиеся в распоряжении промышленного предприятия. Это ограничение можно записать в виде следующего неравенства:

$$\frac{1}{m} T \sum_{j=1}^n q_j R_j \leq TP, \quad (7)$$

где TP – товарные площади, имеющиеся в распоряжении предприятия; q_i – коэффициент, характеризующий количество товарной площади на единицу i -го товара.

Из неравенства (7) следует, что для числа циклов выпуска изделий товаров должно выполняться неравенство:

$$m \geq \frac{T \sum_{j=1}^n q_j R_j}{TP} = m_n. \quad (8)$$

Полученное неравенство означает, что, если число циклов выпуска изделий m не меньше m_n , то изделия можно разместить на имеющихся товарных площадях.

При известной модели изменения величины снижения запасов выпускаемых изделий (3) модели ограничения (6) и (8) математическую модель задачи выбора оптимальной величины снижения запасов выпускаемых изделий представим в следующем виде:

$$\begin{aligned} \Phi(m) &= T \sum_{j=1}^n R_j - \frac{1}{m} T \sum_{j=1}^n R_j = \\ &= \left(1 - \frac{1}{m}\right) T \sum_{j=1}^n R_j \rightarrow \max, \quad (9) \\ \max \left(1, \frac{T \sum_{j=1}^n q_j R_j}{TP}\right) &= m_n \leq m \leq T \sum_{j=1}^n R_j = R_T. \end{aligned}$$

Приведенная модель позволяет максимально снизить величину запасов выпускаемых изделий. Предположим, что решение модели (9) по выбору числа циклов определяет ограничения (8).

При найденном из (9) оптимальном числе циклов $m_{кр}$ легко определить оптимальную продолжительность цикла:

$$\tau^0 = \frac{T}{m_{кр}},$$

и соответствующую ей оптимальную величину выпуска изделий

$$y^0 = R \tau^0.$$

Найденные оптимальные значения числа циклов выпуска изделий $m_{кр}$, продолжительность каждого цикла τ^0 и размера партии выпускаемых изделий y^0 в совокупности образуют оптималь-

ный с позиции сборочного производства график выпуска и реализации изделий. Реализация этого графика позволит обеспечить максимальную величину снижения запасов по выпуску изделий:

$$\begin{aligned} \Phi(m_{кр}) &= T \sum_{j=1}^n R_j - \frac{1}{m_{кр}} T \sum_{j=1}^n R_j = \\ &= \left(1 - \frac{1}{m_{кр}}\right) T \sum_{j=1}^n R_j. \end{aligned}$$

Здесь $m_{кр}$ определяется в соответствии с уравнением (8).

Приведем пример выбора числа циклов с учетом ограничений на товарные площади

Пусть каждое изделие занимает площадь равное 8 м². Тогда, если суточный объем выпуска изделий равен 544 шт. В этом случае необходимо иметь товарную площадь равную 4352 м². Если предприятие располагает площадью 2100 м², то в соответствии с формулой (8), критическое значение числа циклов равно $m_{кр} > \frac{4352}{2100} = 2,1$, а это означает, что имеющаяся в наличии площадь не позволяет разместить выпускаемую продукцию. Если выбрать цикл равным $m=4$, т.е. выпускать продукцию с временем цикла 4 часа, то объему выпуска продукции равного $544/4 = 136$ шт. потребуется площадь $136 \cdot 8 = 1088$ м², что позволяет отгружать продукцию без затоваривания площадей на предприятии.

Рассмотрим проблему сбалансированности циклов выпуска продукции, между производством комплектующих поставщиком и выпуском товарной продукции конвейером сборочного производства. Поскольку сборочное производство выпускает конечную продукцию и его целевая функция отражает эффективность всей рассматриваемой системы поставщик – сборочное производство, то в качестве критерия эффективности в решении задачи выбора числа циклов и формирования графика подачи комплектующих примем сумму снижения запасов по каждому сборочному узлу и снижения товарных запасов. Сформулируем целевую функцию и ограничения задачи выбора числа циклов и формирования графика подачи комплектующих с позиции эффективности функционирования системы в целом.

Обозначим через $R = \sum_{j=1}^n R_j$ – суточная (часо-

вая) производительность сборочного производства по суммарному выпуску конечного изделия; R_j – часовая производительность выпуска j -й модели. У сборочного производства, как отмечалось, так же, как и у поставщика, с изменением числа циклов подачи изменяются величины снижения запасов изделий. Величину снижения запасов k -го сборочного узла за период T в зависимости от числа циклов подачи комплектующих поставщиком, определим из следующего соотношения:

$$f_k(m_k) = \left(1 - \frac{1}{m_k}\right) \lambda_k RT,$$

где λ_k – применяемость сборочной единицы в готовом изделии; $f_k(m_k)$ – величина снижения запасов k -го сборочного узла; m_k – число циклов подачи k -го сборочного узла поставщиком.

Сборочное производство стремится выбрать такое число циклов подачи для каждого сборочного узла, чтобы получить максимальную величину суммы снижения запасов, определяемых уравнением

$$F(m) = \sum_{k=1}^K f_k(m_k) = RT \sum_{k=1}^K \left(1 - \frac{1}{m_k}\right) \lambda_k. \quad (10)$$

Область возможных значений числа циклов подачи сборочных единиц определим в виде следующего неравенства:

$$\max\left(1, \frac{\sum_{j=1}^n q_{jk} R_{jk} T}{ППЗ_k}\right) \leq m_k \leq (RT \lambda_k), k = 1, K. \quad (11)$$

где q_{jk} – коэффициент, характеризующий количество занимаемой площади рабочей зоны сборочного производства на единицу k -го сборочного узла j -й модели; R_{jk} – часовая производительность k -го сборочного узла j -й модели; $ППЗ_k$ – площадь рабочей зоны занимаемая k -м сборочным узлом.

При известной модели целевой функции системы (10) и модели ограничений (11) математическая модель задачи определения оптимального числа циклов подачи сборочных единиц с позиции целей всей системы будет иметь вид:

$$F(m) = \sum_{k=1}^K f_k(m_k) = RT \sum_{k=1}^K \left(1 - \frac{1}{m_k}\right) \lambda_k \rightarrow \max, \quad (12)$$

$$\max\left(1, \frac{\sum_{j=1}^n q_{jk} R_{jk} T}{ППЗ_k}\right) \leq m_k \leq (RT \lambda_k), k = 1, K.$$

Для решения модели (12) рассмотрим проблему синхронизации ритма производства сборочных узлов с ритмом сборочного конвейера по производству изделий. Предположим, что каждый сборочный узел выпускается одним поставщиком, т.е. поставщик производит необходимые детали и осуществляет сборку k -го узла, подаваемую на k -ую сборочную операцию конвейера. Обозначим через x_k плановый объем поставки сборочного узла, определяемого в соответствии с уравнением:

$$x_k = T \lambda_k \sum_{j=1}^n R_j = R \lambda_k T, k = 1, K.$$

Пусть трудоемкость сборки k -го узла равна $t_{c\delta k}$, а количество рабочих мест для сборки k -го узла обозначим через $q_{c\delta k}$. При известном фонде времени производства и сборки k -го узла поставщиком T_k ритм выпуска сборочного узла определяется из уравнения:

$$r_k = \frac{T_k}{R \lambda_k T_k} = \frac{1}{R \lambda_k}, k = 1, K.$$

Если предположить, что $T_k = T_0$, то полученное уравнение для определения ритма будет иметь следующий вид:

$$r_k = \frac{1}{R \lambda_k} = \frac{r_0}{\lambda_k}, k = 1, K, \quad (13)$$

где T_0, r_0 – фонд времени работы сборочного конвейера и ритм выпуска изделий.

Из полученного уравнения следует, что ритм сборки k -го узла меньше ритма сборки изделия в целое число раз равного применяемости сборочного узла в изделии.

С учетом введенных обозначений условие синхронизации ритма выпуска k -го узла с трудоемкостью его сборки поставщиком будет иметь следующий вид:

$$\left(r_k - \frac{t_{c\delta k}}{q_{c\delta k}}\right) \approx 0, k = 1, K. \quad (14)$$

С учетом (13) условие синхронизации определяется из уравнения:

$$\left(r_0 - \frac{t_{c\delta k} \lambda_k}{q_{c\delta k}}\right) \approx 0, k = 1, K. \quad (15)$$

Сравнивая условие синхронизации ритма сборки узла поставщиком (14) с условием синхронизации ритма сборочного конвейера по выпуску изделий (15) заключаем, что сборка k -го узла и сборка изделия на k -ой сборочной операции синхронизированы, если выполняется следующее неравенство:

$$\frac{t_k}{q_k} \geq \frac{t_{c\delta k} \lambda_k}{q_{c\delta k}}, k = 1, K,$$

то есть трудоемкость сборки k -го узла должна быть меньше трудоемкости его сборки на конвейере по выпуску изделия.

Модель принятия решений по выбору параметров производства k -го узла поставщиком, будет иметь следующий вид:

$$f_k(r_0, t, q) = \sum_{p=1}^D \sum_{s=1}^2 \left(r_0 x_{kp}^{ls} - \frac{t_k}{q_k} y_{pk}^{ls}\right) \rightarrow \min, k = 1, K$$

$$y_{pk}^{ls} = x_{kp}^{ls}, p = 1, D, s = 1, 2, k = 1, K$$

$$r_0 = \max_k \left(\frac{t_{c\delta k} + t_{\delta e}}{q}\right)_k \leq \frac{T_0}{x_0},$$

где x_{kp}^{ls} – плановый объем выпуска узлов k -ым поставщиком в s -ую смену p -го рабочего дня l -го месяца; y_{pk}^{ls} – фактический объем выпуска узлов k -ым поставщиком в s -ую смену p -го рабочего дня l -го месяца.

Сформированная модель представляет собой количественную меру оценки уровня производственно-технологического потенциала по организации процессов синхронизации ритма сборки изделия с ритмом сборки и производства сборочных узлов, поставляемых на конвейер поставщиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Моделирование задачи параметрической координации в системе «поставщик-заказчик» промышленного комплекса / А.В. Барвинок, В.Д. Богатырев, Д.Г. Гришанов, В.В. Сидоров // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). 2003. № 2 (4). С. 7-11.

2. Управление поставками в крупных промышленных комплексах с учетом репутации поставщиков / Д.Г. Гришанов, А.В. Павлова, Д.А. Щелоков // Экономические науки. 2010. № 66. С. 219-223.
3. Моделирование механизмов параметрической координации взаимодействия в системе поставщик – заказчик / Д.Г. Гришанов, М.М. Васильев, М.И. Кулинкович, А.В. Павлова // Вопросы экономики и права. 2012. № 43. С. 243-246.
4. Гераськин М.И., Гришанов Г.М. Экономико-математическое моделирование современных промышленных комплексов. Самара: СамНЦ РАН, 2016. 194 с.

FORMING CRITERION OF ESTIMATION OF STOCK REDUCTION OF RELEASE OF PRODUCTS AT THE ENTERPRISE IN CONDITIONS OF LINE PRODUCTION

© 2016 F.V. Grechnikov¹, A.V. Kobenko²

¹ Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences

² Ministry of Economic Development, Investment and Trade of Samara Region

The article defines product release cycles, ensuring maximum value for inventory reduction when implementing an order for each car model with the greatest adaptation to changing consumer demand. *Keywords:* number of cycles, hourly production conditions synchronization laboriousness assemblies rhythm assemblies, mass production, the magnitude of the decline of stocks, cycle time, assembling production, optimum value commodity area.

Fedor Grechnikov, Doctor of Technical Science, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, First Vice-Chairman of Samara Scientific Center RAS for Scientific Work. E-mail: fvgr48@mail.ru
Aleksander Kobenko, Vice-Governor – Minister of Economic Development, Investment and Trade of Samara Region. E-mail: A.Kobenko@economy.samregion.ru