

УДК 658.5

В. А. Павлов, Е. М. Ракант

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАПАСОВ И ЦЕН СБЫТА ПРОДУКЦИИ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЗАЕМНЫХ СРЕДСТВ

Рассмотрена оптимизация запасов и цен сбыта продукции при использовании заемных средств в условиях неравномерного спроса. Разработаны методы математического моделирования и расчета графиков производства, изучена проблема оптимального, с точки зрения финансового результата предприятия, сочетания роста продаж, ценообразования и потерь из-за обслуживания долга. Рассмотрены и решены вопросы об эффективности, сроках создания и финансирования товарных запасов, возникающих вследствие несинхронности производства и продаж.

В условиях рыночной экономики управление товарными запасами и ценами сбыта продукции существенно влияет на эффективность функционирования предприятий. Запасы нужны компании, чтобы выполнять заказы своих клиентов на товары в нужном количестве и в установленные сроки, а следовательно, максимизировать прибыль от продаж [1–3].

Независимо от торгового или производственного профиля компании, запасы требуют расходов на их содержание до момента их реализации. В частности, потери компании возрастают за счет отвлечения из оборота капиталов, инвестированных в запасы. В то же время, из-за сезонных всплесков спроса возникает необходимость увеличения запасов продукции. У компании не всегда достаточно мощностей или средств для резкого увеличения объемов производства или закупок, и в этом случае приходится прибегать к заемным средствам. В свою очередь, увеличение указанных расходов может повлиять на ценообразование товаров.

Таким образом, возникает проблема оптимального, с точки зрения финансового результата, сочетания роста продаж и потерь из-за обслуживания долга.

В настоящей работе предложены и исследованы формализованные модели типовых ситуаций для производственного предприятия и торговой компании, рассмотрены оптимальные стратегии управления.

Производство продукции сезонного спроса. Достаточно часто спрос на одну и ту же продукцию колеблется во времени, что, в свою очередь, может потребовать от предприятия различной интенсивности

выпуска продукции в разные периоды времени. Однако известно, что с точки зрения организации производства желательна равномерность выпуска. Таким образом, имеет место конфликт между необходимостью стабильного ритма производства и нестабильностью продаж: образуется запас готовой продукции — выпущенной, но еще не востребованной покупателями. Такие запасы могут быть весьма значительными по величине и стоимости, и поэтому возникает проблема рационального управления созданием запасов в условиях нестабильного спроса.

Например, спрос на строительные материалы имеет ярко выраженный сезонный характер и в летние месяцы в несколько раз превышает среднегодовой уровень. Спрос возрастает с началом строительного сезона — обычно в начале апреля, и в связи с этим производители строительных материалов наращивают объемы выпуска заранее, уже в зимние месяцы. Сезонный рост спроса на нефть и нефтепродукты некоторых сортов начинается сразу по окончании зимы, что связано с весенним оживлением автомобильного движения. Сезонность спроса наблюдается также для технологического оборудования. В частности, колеблется сбыт изделий для строительных, ремонтных и отделочных работ.

Таким образом, поскольку производственные мощности предприятий ограничены и их оказывается недостаточно для удовлетворения сезонных всплесков спроса, улучшение экономических показателей производства возможно за счет создания запасов готовой продукции в периоды пониженного спроса и реализации их во время сезонных всплесков. Для финансирования производства “в запас” может привлекаться банковская ссуда.

Производство “в запас” позволяет увеличивать продажи в периоды повышенного спроса, но, с другой стороны, снижает финансовые результаты года из-за роста процентов за пользование кредитом. Следовательно, решение проблемы оптимального сочетания выгод от роста продаж и потерь из-за обслуживания долга в данном случае состоит в расчете момента времени начала опережающего производства “в запас”.

Некоторые аспекты рассматриваемой проблемы изучаются в теории управления запасами. Ф. Эджворт предложил определение экономического объема поставки материальных ресурсов на предприятии. Большинство других результатов теории управления запасами относятся к изложению методики анализа складских запасов и складского хозяйства. Можно сказать, что в рамках теории управления запасами, а также теории исследования операций количественный анализ проблемы производства “в запас” не проводился.

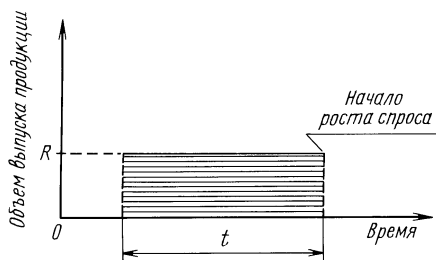


Рис. 1. График производства

единовременный (импульсный) скачок спроса. Выпуск продукции в соответствии с данной моделью осуществляется либо при максимальной мощности, либо равен нулю. В данной модели считается, что выпуск продукции начинается с опережением сезонного всплеска продаж на период времени t .

Ссуда в размере всей необходимой суммы берется в момент начала производства, плата за кредит происходит по схеме простых процентов. Основной долг и проценты возвращаются кредитору из выручки от продаж. Величина импульсного спроса считается существенно превосходящей возможности выпуска, так что объем продаж ограничен лишь производственной мощностью предприятия. Введем следующие обозначения: R — интенсивность выпуска продукции, шт./год; r — годовая процентная ставка по банковской ссуде в долях единицы; C — цена готовой продукции, руб./шт.; S — себестоимость продукции в руб.; t — период производства продукции в долях года; Z — постоянные затраты предприятия, руб./год; $r_{\text{прод}}$ — рентабельность продаж, т.е. отношение валовой прибыли к выручке от продажи.

Объем выпуска продукции на рис. 1 соответствует площади заштрихованного прямоугольника.

Объем выпуска продукции за время t равен Rt . Процентный платеж составляет

$$(SRt)tr = SRt^2r, \quad (1)$$

где SRt — себестоимость создаваемого запаса продукции.

Выручка от реализации равна CRt .

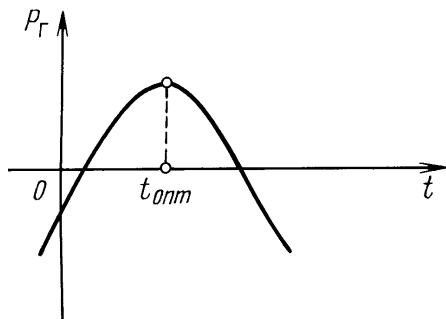
Годовая прибыль P_r рассчитывается как разность выручки и расходов, включающих себестоимость запаса продукции, процентов по банковской ссуде и постоянных затрат предприятия:

$$P_r = CRt - SRt - (SRt^2r) - Z. \quad (2)$$

Как видно из рис. 2, формула (2) годовой прибыли представляет собой параболическую зависимость от t . Ветви параболы направлены

В настоящей работе предложена формализованная модель производства в "запас", к которой возможно применить математический анализ. Эта модель производства и продаж представляет собой предельный случай неравномерности спроса: объем продаж равен нулю в течение определенного периода времени, после чего происходит

вниз, поскольку коэффициент при t^2 отрицателен. Следовательно, существует единственное максимальное значение годовой прибыли при некотором значении $t = t_{\text{опт}}$. При любом другом значении t годовая прибыль будет меньше, т.е. $t_{\text{опт}}$ — оптимальное значение t по критерию максимума годовой прибыли.



Максимум прибыли достигается при равенстве нулю производной выражения (2) по t . Приравнивая производную нулю и полагая $t = t_{\text{опт}}$, получим

Рис. 2. Зависимость годовой прибыли от времени производства “в запас”

$$CR - SR - 2SRt_{\text{опт}}r = 0, \quad (3)$$

откуда

$$\begin{aligned} C - S - 2St_{\text{опт}}r &= 0, \\ C - S &= 2St_{\text{опт}}r, \\ t_{\text{опт}} &= \frac{C - S}{S} \frac{1}{2r}. \end{aligned} \quad (4)$$

Формулу для оптимального времени начала производства “в запас” можно представить в более удобном для анализа виде, воспользовавшись показателем $r_{\text{прод}}$ рентабельности продаж, равным отношению валовой прибыли к выручке от продаж:

$$r_{\text{прод}} = \frac{CRt - SRt}{CRt}, \quad (5)$$

откуда

$$r_{\text{прод}} = \frac{C - S}{C}. \quad (6)$$

Из равенства (6) выразим через $r_{\text{прод}}$ первый сомножитель $(C - S)/S$ правой части выражения (4) и получим

$$t_{\text{опт}} = \frac{r_{\text{прод}}}{1 - r_{\text{прод}}} \frac{1}{2r}. \quad (7)$$

Равенство (7) представляет собой выражение для искомого срока производства товара “в запас”. Как видно, оптимальное для рассмотренной постановки задачи значение времени начала производства зависит только от рентабельности продаж и от процентной ставки. Если

срок производства будет более длительным и производство “в запас” начнется раньше, то плата за использование кредита будет слишком большой. Если же производство начнется позже, то будет недополучена прибыль, так как запас товара для реализации в период сезонного всплеска будет недостаточным.

Таким образом, выявлена количественная закономерность в балансе между потерями из-за выплаты процентов по ссуде и выгодами от продаж в период максимального спроса за счет производства “в запас”: существует время производства “в запас”, оптимальное по критерию максимума прибыли.

Цена реализации приобретенного товара. Сходные задачи сопоставления потерь от платы за заемные средства с доходами от создания запасов возникают в коммерческих операциях. Часто на средства кредита партия товаров приобретается у поставщика для продажи покупателям. Затрачивается существенное время на транспортировку, после чего товары лежат в ожидании реализации. Если известно среднее время от приобретения партии до ее продажи t , то решение проблемы оптимального сочетания выгод от роста продаж и потерь из-за обслуживания долга в данном случае состоит в определении стоимости реализации партии A при требуемой рентабельности продаж $r_{\text{прод}}$. Задача заключается в расчете стоимости реализации A (выручки) по заданным $r_{\text{прод}}$ и t при известной годовой ставке r простого процента.

Обозначим через B стоимость приобретения партии товара (поставки). Рентабельность продаж представляет собой прибыль P , отнесенную к стоимости реализации:

$$r_{\text{прод}} = \frac{P}{A}. \quad (8)$$

Прибыль равна разности стоимости реализации партии и затрат, включающих стоимость приобретения и выплаты процентов по ссуде:

$$P = A - B - \frac{Bt}{t_r}r, \quad (9)$$

где t_r — продолжительность года.

Подставляя равенство (8) в выражение (9), получаем

$$r_{\text{прод}} = 1 - \frac{B}{A} - \frac{\frac{Bt}{t_r}r}{A},$$

откуда

$$A = B \frac{1 + \frac{t}{t_r}r}{1 - r_{\text{прод}}}. \quad (10)$$

Выражение (10) является решением поставленной задачи определения стоимости реализации: как видно, эта стоимость получается умножением стоимости приобретения на коэффициент, учитывающий влияние требуемой рентабельности продаж, процентной ставки по кредиту и времени, в течение которого продукция лежит в ожидании реализации. Коэффициент увеличивается с ростом процентной ставки, времени, в течение которого продукция лежит в ожидании реализации, и требуемой рентабельности.

Например, чтобы получить рентабельность продаж $r_{\text{прод}} = 0,5$ времени, в течение которого продукция лежит в ожидании реализации, равном $t = 0,5$ года, и ставке простого процента $r = 0,2$, партию необходимо продавать по следующей цене:

$$A = \frac{\left(1 + \frac{0,5}{1} \cdot 0,2\right)B}{1 - 0,5} = \frac{1,1B}{0,5} = 2,2B.$$

Таким образом, цена реализации должна в 2,2 раза превышать стоимость приобретения.

Теперь выполним расчет прибыли и рентабельности продаж. Процент составляет

$$0,5 \cdot 0,2B = 0,1B,$$

прибыль описывается формулой

$$2,2B - B - 0,1B = 1,1B,$$

рентабельность продаж составляет

$$r_{\text{прод}} = \frac{1,1B}{2,2B} = 0,5.$$

Поскольку партия включает в себя некоторое число d единиц товара, то соотношение (10), очевидно, справедливо также для вычисления цены реализации единицы $A_{\text{ед}}$ и ее себестоимости $B_{\text{ед}}$.

Выручка описывается выражением

$$A = A_{\text{ед}}d, \tag{11}$$

стоимость приобретения партии товара — выражением

$$B = B_{\text{ед}}d. \tag{12}$$

Подставляя равенства (11), (12) в выражение (10), получаем соотношение между ценой и себестоимостью:

$$A_{\text{ед}}d = B_{\text{ед}}d \frac{1 + \frac{t}{t_{\Gamma}}r}{1 - r_{\text{прод}}},$$

откуда имеем

$$A_{\text{ед}} = B_{\text{ед}} \frac{1 + \frac{t}{t_{\Gamma}}r}{1 - r_{\text{прод}}}.$$

Из этого выражения получим формулу для вычисления предельного времени t , за которое партия товара должна быть продана без потери рентабельности:

$$A_{\text{ед}}(1 - r_{\text{прод}}) = B_{\text{ед}} \left(1 + \frac{t}{t_{\Gamma}}r \right),$$

$$A_{\text{ед}}(1 - r_{\text{прод}}) - B_{\text{ед}} = B_{\text{ед}} \frac{t}{t_{\Gamma}}r,$$

$$t = \frac{\frac{A_{\text{ед}}}{B_{\text{ед}}}(1 - r_{\text{прод}}) - 1}{\frac{r}{t_{\Gamma}}}. \quad (13)$$

Если время, за которое партия продается, меньше t , то достигается рентабельность операции, бóльшая, чем $r_{\text{прод}}$.

Заключение. Обобщая результаты двух рассмотренных типовых ситуаций, отметим, что для них существует оптимальное сочетание выгод от роста продаж и потерь из-за обслуживания долга.

Полученные результаты можно применить к условиям действующих предприятий. В реальных условиях, в частности, необходимо учитывать, что спрос представляет собой не единовременный пиковый всплеск, а плавно возрастающую и убывающую зависимость. Поэтому требуется разработка более сложных количественных моделей.

Более сложные количественные модели планирования производства “в запас” и определения оптимальной цены реализации товара характеризуются существенно бóльшим числом параметров и более сложной структурой финансов, и поэтому для их разработки и исследования могут применяться методы имитационного моделирования.

Для получения оптимальных решений в настоящее время имеются достаточно эффективные программные средства многомерной оптимизации, в частности средство "Поиск решения" в электронных таблицах EXCEL.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В а н Х о р н Дж. К. Основы управления финансами / Под ред. Я.В. Соколова. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 799 с.
2. Б у к а н Дж., К е н и г с б е р г Э. Научное управление запасами / Под ред. Б.В. Гнеденко. – М.: Наука, 1995. – 423 с.
3. К о ч о в и ч Е. Финансовая математика. Теория и практика финансово-банковских расчетов. – М.: Финансы и статистика, 1994. – 272 с.

Статья поступила в редакцию 10.04.2003

Виктор Алексеевич Павлов родился в 1948 г. окончил в 1972 г. МВТУ им. Н.Э. Баумана. Канд. техн. наук, доцент кафедры "Промышленная логистика" МГТУ им. Н.Э. Баумана. Автор около 25 научных и учебно-методических работ, в том числе в области логистики внутрипроизводственных ресурсов предприятий.

V.A. Pavlov (b. 1948) graduated from the Bauman Moscow Higher Technical School in 1972. Ph. D. (Eng), ass. professor, head of "Industrial Logistics" department of the Bauman Moscow State Technical University. Author of 25 publications and training and methodical articles including those in the field of logistics of internal resources of enterprises.



Евгения Михайловна Раkant родилась в 1978 г., окончила МАТИ-РГТУ им. К.Э. Циолковского. Специализируется в области ресурсно-временной оптимизации в бюджетном планировании.

Ye.M. Rakant (b. 1978) graduated from the "MATI" Russian State Technical University n.a. K.E. Tsiolkovsky. Specializes in the field of resource-and-time optimization in budget planning.

