

Виктор Яковлевич Заруба,*д-р экон. наук, профессор,
декан факультета экономической информатики и менеджмента,
НТУ «Харьковский политехнический институт» (г. Харьков, Украина)*

ОПТИМИЗАЦИЯ ПЛАНОВ ПРОИЗВОДСТВА ПО ОЦЕНКАМ ВЕРоятНОСТИ БУДУЩИХ ЗАКАЗОВ

Исследуется проблема оперативного планирования производства промышленной фирмы в условиях не полностью определённого спроса. Для оценки будущего эффекта от выбора объемов производства предлагается использовать разницу между прибылью от продажи продукции и суммы убытков, включая потерю прибыли из-за неудовлетворенного спроса. Обсуждаются способы описания не полностью определённого спроса и планирования объемов конечной продукции. Рассмотрена ситуация, когда нечеткие знания о будущем спросе описываются оценками объемов и вероятностей поступления заказов от покупателей продукции. Для этой ситуации представлены алгоритмы расчёта функции распределения вероятностей для величины эффекта. На примере проведен анализ вариантов выбора объемов производства при различных предпочтениях менеджеров в отношении риска.

Ключевые слова: оперативное планирование производства, не полностью определённый спрос, субъективные оценки вероятности, риски потерь, отношение к риску.

DOI: 10.21272/mmi.2017.2-21

Постановка проблемы. Значительное влияние на конкурентоспособность предприятия оказывают сроки выполнения заказов покупателей продукции. На промышленных предприятиях решения относительно текущих объемов производства конечной продукции отражаются в оперативных объемно-номенклатурных планах производства, которые разрабатывают на определённый календарный период времени, исходя из спроса на различные виды продукции. При этом к устанавливаемому плану производства предъявляются прежде всего требования его соответствия производственным мощностям подразделений предприятия, финансовым ресурсам и условиям поставки покупных материалов и изделий.

Снижение длительности цикла производства готовых изделий обеспечивают за счёт минимизации простоев путём разработки согласованных во времени календарных планов-графиков выполнения подразделениями установленных им производственных заданий. Кроме того, предприятия ориентируют свою работу на выполнение как предварительных заказов, получаемых до начала оперативного периода, так и текущих заказов, поступающих в течение этого периода. Опыт работы украинских предприятий показывает, что встраивание новых заказов в уже запланированный процесс серийного производства вызывает трудности и в распространенных условиях технологической специализации производства используется редко. Однако многие предприятия, в частности производящие товары потребительского назначения, разрабатывают объемно-номенклатурные планы, исходя из оперативного прогноза спроса. Если номенклатура основной продукции предприятия является стабильной на смежных периодах оперативного планирования, то учёт вероятного спроса позволяет сокращать сроки их выполнения и тем самым повышать конкурентоспособность предприятия.

Таким образом, в связи с необходимостью уменьшения длительности выполнения заказов возникает проблема оперативного планирования производства промышленной фирмы в условиях не полностью определённого будущего спроса. Её решение требует совершенствования методов управления производственными ресурсами и прогнозирования спроса. Вместе с этим неполная

определённость спроса приводит к возникновению при планировании рисков потерь, обусловленных возможным несоответствием спросу запланированных объёмов готовой к реализации продукции. Поэтому обеспечение сбалансированности ресурсов предприятия со спросом тесно связано с математическим моделированием рисков и совершенствованием менеджмента рисками на предприятиях.

Анализ последних исследований и публикаций. Идея сбалансированного управления ресурсами предприятия находит отражение в концепции системы сбалансированных показателей [1] и системно-ресурсном подходе в менеджменте [2]. Современным методам сбалансированного управления ресурсами соответствуют стандарты *ERP (Enterprise Resource Planning)* информационных систем, обеспечивающих комплексную поддержку менеджмента на крупных и средних предприятиях [3; 4]. Однако технологии ERP систем ориентированы на определённые уровни спроса, которые выступают в качестве исходных данных.

Математическому моделированию рисков и предпочтений менеджеров в отношении к риску посвящены работы многих учёных, в частности Е.В. Афанасьева, Г.И. Великоиваненко, В.В. Витлинского, А.М. Дуброва, Б.А. Лагоши, С.В. Слабинского, Р.Ф. Сулейманова, Е.Ю. Хрусталёва [5-9]. В последнее время возрастает внимание к менеджменту риска в организациях, о чём свидетельствует появление стандарта ИСО 31000:2009 «Менеджмент риска. Принципы и руководство» (*ISO 31000:2009 «Risk management – Principles and guidelines»*) [10]. Совершенствуется понятийный аппарат риск-менеджмента [11]. Пути внедрения менеджмента риска в практику деятельности предприятий рассмотрены в работах Д.С. Гончарова, А. Рогачева, Э.А. Уткина, Д.А. Фролова [12-14]. Вместе с тем, методы оптимизации объёмов производства в условиях не полностью определённого спроса требуют своего развития.

Целью статьи являются анализ способов описания не полностью определённого спроса, критериев выбора объёмов производства в условиях не полностью определённого спроса и разработка концептуальной модели оптимизации объёмов производства по оценкам вероятности будущих заказов

Основной материал. Для формализованного описания ситуации планирования введём следующие обозначения:

x^{min} – суммарный объём предварительно поступивших заказов на продукцию рассматриваемого вида;

x^{max} – максимальный дополнительный спрос (ожидаемый суммарный объём текущих заказов);

x – величина реализации дополнительного спроса, $x \in [0, x^{max}]$;

d^{max} – величина максимального общего спроса, $d^{max} = x^{min} + x^{max}$;

u – объём производства, планируемый на текущий оперативный период времени;

z – объём нереализованной продукции на начало этого периода;

y^s – общее количество готовой продукции, которое будет в наличии на рассматриваемом периоде времени, $y^s = u + z$.

Одна часть общего количества y^s готовой продукции предназначается для удовлетворения гарантированной составляющей x^{min} общего спроса, и ещё одна часть в размере y – для удовлетворения дополнительного спроса: $y^s = x^{min} + y$, где y – количество готовой продукции, планируемое для выполнения текущих заказов. Будем полагать, что ресурсы предприятия обеспечивают удовлетворение спроса в полном максимальном объёме d^{max} .

Зависимость общего оперативного эффекта E , получаемого при выполнении текущих заказов, от величины x реализации дополнительного спроса и запланированного дополнительного количества y готовой продукции определяет функция $f(x, y)$:

$$E = f(x, y) = f_1(x, y) = dy - d(x - y) = d(2y - x), \text{ если } x \in [0, x^{max}], \quad (1)$$

$$E = f(x, y) = f_2(x, y) = dx - a(y - x) = (d + a)x - ay, \text{ если } x \in [0, y], \quad (2)$$

где $f_1(x, y)$, $f_2(x, y)$ – функции, определяющие эффект E соответственно в случаях упущенной выгоды и наличия нереализованной продукции; d – величина прибыли от производства и продажи единицы продукции; $a(y - x)$ – сумма потерь, связанных с отсутствием реализации части $y - x$ готовой продукции (затраты на хранение, «замораживание» денежных средств); a – величина потерь, приходящихся на единицу продукции; $d(x - y)$ – сумма потерь (упущенной выгоды) от недопроизводства продукции при наличии на неё спроса.

Для математического описания не полностью определённой величины спроса могут быть использованы представления о ней как о случайной или как о нечёткой величине. Представления о случайной величине в теории вероятностей основаны на статистической интерпретации вероятности. Однако большинство ситуаций, встречающихся на практике, являются уникальными, и в них лица, принимающие решения, используют понятие вероятности как удобный инструмент для оценки возможности событий на основе имеющихся у них знаний и своей интуиции. В этом случае реализуется субъективная интерпретация вероятности, которая не противоречит представлению о ней как о нечёткой величине. Поэтому не полностью определённую величину спроса оказывается удобным представлять в математической форме нечёткой величины, интерпретируя её при этом как случайную величину, удовлетворяющую аксиомам теории вероятностей [15].

Выделим 3 ситуации возможной неполной информированности о спросе:

- 1) со стохастической определённой, когда величина спроса интерпретируется как случайная величина с известной функцией распределения вероятностей её значений;
- 2) с неполной стохастической определённой, когда известен интервал возможных значений величины спроса и отдельные свойства функции распределения вероятностей её значений;
- 3) с интервальной определённой, когда известен только интервал возможных значений величины спроса.

Как известно, в теории вероятностей любую случайную величину a описывает функция распределения $F(x)$, значениями которой являются вероятности того, что реализации случайной величины x не принимают значений, больших, чем заданные величины x , $F(x) = P\{x \leq x\}$. Наименьшей информированности о спросе соответствует ситуация интервальной определённости. В ней известными являются только гарантированная величина x^{min} спроса и прогнозируемая величина x^{max} максимального спроса. В предельном случае, когда интервал возможных значений спроса образуют все его неотрицательные значения, $x^{min} = 0$, $x^{max} = \Gamma$, величина спроса оказывается полностью неопределённой.

Часто под точечным прогнозом объёма спроса ошибочно понимают не его точное значение, а его наиболее вероятное значение. Очевидно, что такой прогноз не несёт какой-либо информации, поскольку не исключает того, что величина спроса примет любое неотрицательное значение. Если же в прогнозе устанавливают предельные возможные отклонения от точечного прогноза, то спрос оказывается интервально определённым.

Ситуация интервальной определённости характеризуется величиной E^* максимального гарантированного эффекта, который может быть в ней получен. Объём y^* готовой продукции, предназначенный для удовлетворения дополнительного спроса, будет оптимальным по критерию максимального гарантированного результата, если

$$f^G(y^*) = \max \{f^G(y) \mid y \in (0, x^{max}]\}, \quad (3)$$

где функция $f^G(y)$ определяет зависимость эффекта E от величины y готовой продукции при

наихудшей реализации спроса, $f^G(y) = \min \{f_1^G(y), f_2^G(y)\}$.

$$f_1^G(y) = \min\{f_1(x, y) \mid x \in (0, x^{\max})\} = f_1(x^{\max}, y), \quad (4)$$

$$f_2^G(y) = \min\{f_2(x, y) \mid x \in (0, x^{\max})\} = f_2(x^{\min}, y), \quad (5)$$

Оптимальный по критерию максимального гарантированного результата объём y^* готовой продукции определяется условием $f_1^G(y^*) = f_2^G(y^*)$ и составляет величину

$$y^* = \frac{dx^{\max}}{2d+a}. \quad (6)$$

Выбору y^* соответствует максимальный гарантированный эффект

$$E^* = -\frac{dax^{\max}}{2d+a}. \quad (7)$$

Как можно видеть, $E^* < dx^{\min} = 0$, где dx^{\min} – эффект при выборе величины y готовой продукции, равной величине x^{\min} гарантированного спроса $y = x^{\min}$. Причины этого состоят в следующем: во-первых, при выборе $y > x^{\min}$ возникают риски перепроизводства продукции, возрастающие с увеличением y , и, во-вторых, с увеличением y снижается величина $f_1(x^{\max}, y)$ максимальных потерь от упущенной выгоды. При этом $f_1(x^{\max}, y = 0) = -dx^{\max} < E^*$; $f_1(0, y = x^{\max}) = -ax^{\max} < E^*$. Если $a \in (0, 0.5x^{\max})$, $E^* \in (0, 0)$. Если $a \in (0.5x^{\max}, x^{\max})$, $E^* \in (0, -dx^{\max})$. Таким образом, оказывается, что отсутствуют какие-либо аргументы для обоснования выбора готовой продукции в объёме y^* . Другими словами, интервальный прогноз спроса не несёт достаточной информации для эффективного выбора величины y готовой продукции и соответствующего ей объёма производства.

В ситуации стохастической определённости спроса предполагается, что эксперты имеют достаточную информацию для идентификации функции распределения вероятностей. Удобной формой выражения исходного знания экспертов о будущем спросе является его описание в разрезе отдельных заказов $m = 1, 2, \dots, M$ с указанием для каждого заказа его объёма v_m и вероятности P_m поступления. Будем рассматривать случай, когда объёмы возможных заказов точно известны, и эксперты оценивают только вероятности поступления заказов. Введём следующие обозначения:

$s = (s_m, m = 1, 2, \dots, M)$ – вектор поступления заказов, составленный из булевых переменных $s_m = m = 1, 2, \dots, M$, $s_m = 1$, если заказ m поступает на предприятие; $s_m = 0$, если поступление заказа m не происходит;

S_M – множество взаимоисключающих событий, определяемых векторами $s = (s_m, m = 1, 2, \dots, M)$ поступления заказов;

S – количество векторов s , образующих множество S_M , $S = 2^M$;

$R^+(s)$ $R^-(s)$ – множества заказов, поступление которых в соответствии с вектором s предполагается и, наоборот, не предполагается, $R^+(s) = \{m \mid s_m = 1\}$; $R^-(s) = \{m \mid s_m = 0\}$.

Укажем действия, которые включает алгоритм расчёта параметров функции $F(x)$, описывающей распределения вероятности суммарных значений спроса x .

1. Рассчитать для каждого вектора s соответствующие ему величины v_s спроса и вероятности $P_{(s)}$ реализации,

$$v(s) = \prod_{m \in R^+(s)} v_m, P(s) = P^+(s) \prod_{m \in R^-(s)} P^-(s), \quad (8)$$

где $P^+(s) = 1$, если $R^+(s) = \{1, 2, \dots, M\}$; $P^-(s) = 1$, если $R^-(s) = \{1, 2, \dots, M\}$;

$$P^+(s) = \prod_{m \in R^+(s)} P_m, \text{ если } R^+(s) \subset M \setminus \{1, 2, \dots, M\}; P^-(s) = \prod_{m \in R^-(s)} (1 - P_m), \text{ если } R^-(s) \subset M \setminus \{1, 2, \dots, M\} \quad (9)$$

2. Присвоить каждому вектору s такой номер n , что объём спроса для вектора $s(n_1)$ с меньшим номером n_1 не превосходит объём спроса для вектора $s(n_2)$ с большим номером n_2 : $v(s(n_1)) \leq v(s(n_2))$, если $n_1 < n_2$.

3. Из всех несопадающих объёмов спроса $v(s)$, определяемых векторами $s \in S_M$, составить последовательность $w_0 = 0, w_1, w_2, \dots, w_K = \sum_{m=1}^M v_m$ величин спроса, удовлетворяющую условию:

$$w_0 < w_1 < w_2 < \dots < w_K.$$

4. Рассчитать вероятности $Q(x)$ реализации спроса в объёмах $x = w_0, w_1, w_2, \dots, w_K$ по формуле

$$Q(x) = \sum_{s \in S(x)} P(s), \text{ где } S(x) = \{s \mid v(s) = x\}. \quad (10)$$

5. Рассчитать значения функции $F(x)$ распределения вероятности суммарных значений спроса x для $x = w_0, w_1, w_2, \dots, w_K$ по формуле

$$F(w_k) = \sum_{r=0}^k Q(w_r), k = 0, 1, 2, \dots, K \quad (11)$$

ожидаемый общий эффект $G^s(y)$.

Зависимость ожидаемого общего эффекта E от выбираемой величины y определяет функции $G^s(y)$, которая может быть представлена в следующем виде:

$$G^s(y) = \sum_{k=0}^{k(y)} G(w_k, y) + \sum_{k=k(y)+1}^K G(w_k, y), \quad (12)$$

где $G(w_k, y)$ – составляющая часть ожидаемого эффекта, соответствующая спросу в объёме w_k :

$$G(w_k, y) = Q(w_k) f_2(w_k, y), (k = 0, 1, 2, \dots, k(y)), \quad (13)$$

$$G(w_k, y) = Q(w_k) f_1(w_k, y), (k = k(y) + 1, k(y) + 2, \dots, K), \quad (14)$$

$$k(y) = \max\{k = 0, 1, 2, \dots, K \mid w_k \leq y\}, \quad (15)$$

а функции $f_1(x, y)$ $f_2(x, y)$ определяют формулы (1), (2).

Следует отметить, что системы оценки работы менеджеров, существующие на большинстве предприятий, не создают у них заинтересованности в выборе величины готовой продукции, превышающей гарантированную величину спроса $y > x^{min}$. Это объясняется тем, что потери от

недопроизводства ($y < x$) рассматривают на предприятиях как виртуальные, поскольку они не связаны с регистрируемыми денежными потоками. В то же время риски перепроизводства ($y > x$) являются реальными, поскольку вызывают дополнительные расходы на складские помещения и «замораживание» израсходованных денежных средств. Поэтому для оценки экономических результатов выполнения текущих заказов возникает необходимость использовать наряду с величиной ожидаемого общего эффекта E величину $H^S(y)$ ожидаемого основного эффекта, в котором не отражаются потери от упущенной выгоды. Величину $H^S(y)$ определяет следующая формула:

$$H^S(y) = H_{-w}^S(y) + H_{+w}^S(y), \quad (16)$$

где $H_{-w}^S(y)$, $H_{+w}^S(y)$ – ожидаемые потери от перепроизводства продукции и ожидаемая прибыль от выполнения возможных заказов при выборе готовой продукции в объёме y .

$$H_{-w}^S(y) = \sum_{k=0}^{k(y)} e^{-a(w_k - y)} H_{-w}^S(w_k, y), H_{+w}^S(y) = \sum_{k=k(y)}^K e^{-a(w_k - y)} H_{+w}^S(w_k, y), \quad (17)$$

$$H_{-w}^S(w_k, y) = Q(w_k) h^-(w_k, y), H_{+w}^S(w_k, y) = Q(w_k) h^+(w_k, y), \quad (18)$$

$$h^-(w_k, y) = a(w_k - y) (k = 0, 1, 2, \dots, k(y)), h^+(w_k, y) = dw_k (k = 0, 1, 2, \dots, k(y)), \quad (19)$$

$$h^-(w_k, y) = a(w_k - y) (k = 0, 1, 2, \dots, k(y)), h^+(w_k, y) = dw_k (k = 0, 1, 2, \dots, k(y)), \quad (19)$$

$$h^-(w_k, y) = 0 (k = k(y) + 1, k(y) + 2, \dots, K), h^+(w_k, y) = dy (k = k(y) + 1, k(y) + 2, \dots, K). \quad (20)$$

Нетрудно видеть, что величина $G^S(y)$ ожидаемого общего эффекта и величина $H^S(y)$ ожидаемого основного эффекта достигают своих максимальных значений только тогда, когда величина y готовой продукции принимает одно из значений w_k $k = 0, 1, 2, \dots, K$. Поэтому будем полагать в дальнейшем, что $y = w_{k(y)}$.

Опрос менеджеров ряда предприятий показал, что на их оценку приемлемости рисков при выборе величины y готовой продукции основное влияние оказывают следующие показатели:

коэффициент риска $R = R(y)$, представляющий собой отношение величины $H_{-w}^S(y)$ ожидаемых потерь к ожидаемой величине $H_{+w}^S(y)$ прибыли:

$$R = \frac{H_{-w}^S(y)}{H_{+w}^S(y)}, \quad (21)$$

вероятность $P_L = P_L(y)$ потерь от перепроизводства продукции, возникающих в связи с реализацией спроса в меньшем объёме, чем величина $y = w_{k(y)}$ готовой продукции, $P_L = P\{x < y\} = F(w_{k(y)-1})$.

Поэтому возникающие при выборе объёма y готовой продукции риски будут приемлемыми, если выполняются следующие условия: $R(y) \leq R^{max}$, $P_L(y) \leq P_L^{max}$, где R^{max} , P_L^{max} – предельно допустимые значения коэффициента риска R и вероятности P_L потерь.

Алгоритм отыскания множества Y допустимых объёмов y готовой продукции, обеспечивающих приемлемые риски, будет состоять в следующем.

1. Для каждого $y = w_k, k = 1, 2, \dots, K$ рассчитать составляющие части $H_w(w_k, y)$ ожидаемых потерь $H^{S-w}(y)$ и прибыли $H^{S+w}(y)$, соответствующие выбору y и спросу в объёмах $w_k, k = 1, 2, \dots, K$.
2. Для каждого $y = w_k, k = 1, 2, \dots, K$ рассчитать величины ожидаемых потерь $H^{S-w}(y)$ и прибыли $H^{S+w}(y)$.
3. Для каждого $y = w_k, k = 1, 2, \dots, K$ рассчитать коэффициент риска $R(y)$ и найти вероятность $P_L(y)$ потерь от перепроизводства продукции.
4. Сформировать множество Y допустимых по рискам объёмов y готовой продукции, $Y = \{y \mid R(y) \leq R^{max}, P_L(y) \leq P_L^{max}\}$.

Если окажется, что множество Y состоит из единственной величины y , то эта величина готовой продукции и должна быть запланирована на текущий оперативный период времени. Если множество Y оказывается пустым, то величину y следует положить равной нулю. Если оказывается, что множество Y включает в себя несколько элементов, необходимо выбрать такую величину y^0 ОУ готовой продукции, которой соответствует максимальный ожидаемый общий эффект $G^s(y)$.

Такой выбор требует проведения следующих действий.

1. Для каждого $y = w_k$ ОУ рассчитать составляющие части $G(w_k, y)$ ($k = 1, 2, \dots, K$) ожидаемого эффекта $G^s(y)$, соответствующие спросу в объёмах w_k ОУ.
2. Для каждого $y = w_k$ ОУ рассчитать ожидаемый общий эффект $G^s(y)$.
3. Найти такой объём y^0 готовой продукции, что

$$G^s(y^0) = \max\{G^s(y) \mid OY\}, \quad (22)$$

и положить $y = y^0$.

Выбранная величина y определяет объём u производства на рассматриваемый период времени, $u = x^{min} + y - z$.

Для иллюстрации работы алгоритмов, предлагаемых для оптимизации планов производства, рассмотрим пример, в котором предприятие ожидает поступления трёх дополнительных заказов, для которых $v_1 = 5, P_1 = 0,8; v_2 = 3, P_2 = 0,9, v_3 = 2, P_3 = 0,7$. Положим, что $a = d = 1, x^{min} = 20, z = 2$.

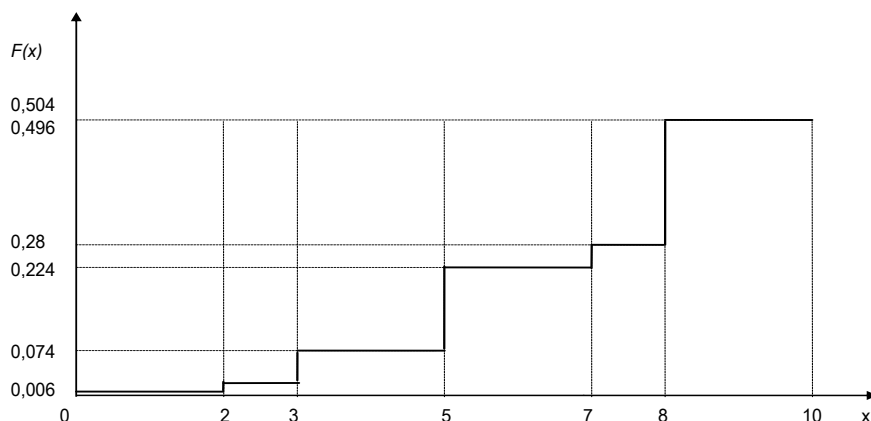
Значения функции распределения $F(x)$, полученные в результате расчётов, представлены в таблице 1, а её график изображён на рис.1.

Таблица 1 – Результаты расчётов значений функции распределения $F(x)$

k	$U(s)$	w_k	$Q(w_k)$	$F(w_k)$
0	(0, 0, 0)	0	0,006	0,006
1	(0, 0, 1)	2	0,014	0,020
2	(0, 1, 0)	3	0,054	0,074
3	(0, 1, 1), (1, 0, 0)	5	0,150	0,224
4	(1, 0, 1)	7	0,056	0,280
5	(1, 1, 0)	8	0,216	0,496
6	(1, 1, 1)	10	0,504	1,000

В рассматриваемом примере ожидаемая величина спроса составляет величину

$$V = \sum_{s \in OS_M} e P(s) v(s) = \sum_{m=1}^M e P_m v_m = 8,1. \quad (23)$$

Рисунок 1 – График функции распределения вероятностей $F(x)$

Поскольку $w_5 = 8 < 8,1 < w_6 = 10$, то реализация спроса в объёме, меньшем или равном величине V , происходит с вероятностью $F(V) = F(w_5) = 0,496$. Оптимальный по критерию максимального гарантированного результата объём готовой продукции составляет величину $y^* = 3,333$, для которой $y = w_{k(y)} = 3$. Выбору y^* соответствует максимальный гарантированный общий эффект в размере $E^* = -3,333$.

Полученные значения ключевых показателей, определяющих выбор y в случае стохастической определённости, приведены в таблице 2.

Рассмотрим три варианта выбора менеджерами предприятия предельно допустимых значений коэффициента риска R^{max} и вероятности P_L^{max} потерь от перепроизводства продукции.

Таблица 2 – Значения ключевых показателей, определяющих выбор y

k	w_k	$H_{-w}^S(y = w_k)$	$H_{+w}^S(y = w_k)$	$H^S(y = w_k)$	R	$P_L = F(w_{k-1})$	$G^S(y = w_k)$
1	2	-0,012	1,988	1,976	0,006	0,006	-4,136
2	3	-0,032	2,968	2,996	0,011	0,020	-2,196
3	5	-0,180	4,820	4,640	0,040	0,074	1,360
4	7	-0,628	6,372	5,744	0,099	0,224	4,016
5	8	-0,908	7,092	6,184	0,128	0,280	5,176
6	10	-1,900	8,100	6,200	0,235	0,496	6,200

Положим, что во всех трёх вариантах $R^{max} = 0,3$. Однако в первом варианте менеджеры выбирают $P_L^{max} = 0,5$, что демонстрирует их высокую склонность к риску. Во втором варианте менеджеры выбирают $R^{max} = 0,3$, $P_L^{max} = 0,07$, что проявляет их низкую склонность к риску. В третьем варианте $P_L^{max} = 0,25$, что можно рассматривать как проявление умеренной склонности менеджеров к риску.

В первом варианте множество Y допустимых объёмов y готовой продукции составляют все возможные ненулевые объёмы спроса, $Y = \{y = w_k, k = 1, 2, \dots, K\}$. Максимумы ожидаемого полного эффекта $G^S(y)$ и ожидаемого основного эффекта $H^S(y)$ достигаются при $y^0 = 10$ и совпадают между собой, $G^S(y^0) = H^S(y^0) = 6200$. При этом оптимальный объём y^0 готовой продукции оказывается больше, чем ожидаемая величина спроса, $y^0 = 10 > V = 8,1$.

Во втором варианте $Y = \{y = w_k, k = 1, 2\}$, а максимумы величин ожидаемых полного $G^s(y)$ и основного эффектов $H^s(y)$ достигаются при величине $y^0 = 3$, совпадающей с объёмом y^* готовой продукции, оптимальным по критерию максимального гарантированного результата: $G^s(y^0) = -2,196$, $H^s(y^0) = 2,996$. Отрицательное значение максимума ожидаемого полного эффекта указывает на слишком осторожный выбор предельно допустимой вероятности $P_L^{max} = 0,07$ потерь.

В третьем варианте $Y = \{y = w_k, k = 1, 2, 3, 4\}$, $y^0 = 7$, $y^* = 3 > y^0 < V = 8,1$, $G^s(y^0) = 4,016$, $H^s(y^0) = 5,744$. Если предприятие выберет этот вариант, то планируемый объём производства составит величину $u = 25$.

Выводы. Учёт вероятных будущих заказов при оперативном планировании производства является одним из направлений сокращения сроков их выполнения и тем самым способствует повышению спроса на продукцию предприятия. При планировании объёмов производства с учётом поступления текущих заказов следует исходить не из ожидаемой величины спроса, а из ожидаемых экономических результатов деятельности предприятия. Планируемый объём производства и соответствующая ему величина готовой продукции должны обеспечивать максимизацию оперативного эффекта, представляющего собой разность между прибылью, получаемой от производства и реализации продукции, и величиной потерь, включающих упущенную выгоду.

Удобной формой экспертной оценки будущего спроса является указание объёмов и вероятности поступления отдельных заказов. Для этого случая разработана концептуальная модель оптимизации объёмов производства, включающая алгоритмы построения функции распределения вероятностей для величин спроса и эффекта. На примерах проведен анализ вариантов выбора планируемых объёмов готовой продукции с учётом различных предпочтений менеджеров в отношении риска.

Перспективы дальнейших исследований состоят в уточнении и конкретизации модели оптимизации объёмов производства по оценкам вероятности будущих заказов с учётом отраслевых особенностей работы предприятий. В частности, планируется выявить факторы, которые полезно учитывать в экспертных оценках вероятности поступления заказов, а также разработать модели производственного процесса для оптимизации производственных заделов по заказам, поступающим в течение оперативного периода планирования. Наряду с этим исследования будут направлены на разработку моделей оптимизации объёмов производства для ситуаций, когда объёмы заказов точно не известны, и ситуаций с неполной стохастической определённой.

1. Каплан Р.С. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Р.С. Каплан, Д.П. Нортон. – 2-е изд., испр. и доп.; пер. с англ. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2006. – 920 с.
2. Заруба В.Я. Системно-ресурсний підхід до управління діяльністю підприємства / В.Я.Заруба // Модели оценки и анализа сложных социально-экономических систем : монографія / под ред. д-ра экон. наук, проф. В.С Пономаренко, д-ра экон. наук, проф. Т.С.Клебановой, д-ра экон. наук, проф. Н.А.Кизима. – Х.: ИД «ИНЖЭК», 2013. – С. 354-371.
3. Klaus H. What is ERP? / H. Klaus, M. Rosemann, G.G. Gable // Information systems frontiers. – 2000. – Vol. 2, № 2. – PP.141-162.
4. Aloini D. Risk Management in ERP Project Introduction: Review of the Literature / D. Aloini, R. Dulmin, V. Mininno // Information & Management. – 2007. – № 44(6). – PP. 547-567.
5. Афанасьев Е.В. Економіко-математичне моделювання ризику великих промислових підприємств з монопродуктивним виробництвом : монографія / Є.В. Афанасьев. – Дніпропетровськ : Наука і освіта, 2005. – 230 с.
6. Вітлінський В.В. Ризикологія в економіці та підприємстві: монографія / В.В. Вітлінський, Г.І. Великоіваненко. – К.: КНЕУ, 2004. – 480 с.
7. Дубров А.М. Моделирование рисков ситуаций в экономике и бизнесе : учебное пособие / А.М. Дубров, Б.А. Лагоша, Е.Ю. Хрусталев; под ред. Б.А. Лагоши. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 222 с.

Розділ 4 Проблеми управління інноваційним розвитком

8. Слабинский С.В. Подходы и принципы формирования индикаторов риска на промышленном предприятии // Российское предпринимательство. – 2011. – № 6-2 (186). – С. 88-93.
9. Сулейманов Р.Ф. Принятие решений в сфере маркетинга в условиях риска и неопределенности / Р.Ф. Сулейманов // Российское предпринимательство. – 2012. – № 12 (210). – С. 63-69.
10. Risk Management Basics – ISO 31000 Standard [Electronic resource]. – Access mode: http://www.secureworldexpo.com/2011/detroit/Louis_Kunimatsu.pdf.
11. Risk management – Vocabulary [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.husdal.com/2010/11/21/risk-management-vocabulary/>.
12. Гончаров Д.С. Комплексный подход к управлению рисками для российских компаний / Д.С. Гончаров. – М. : Вершина, 2008. – 212 с.
13. Рогачев А. Постановка системы риск менеджмента в компании / А. Рогачев // Финансовый директор. – 2007. – № 5. – С. 17-22.
14. Уткин Э.А. Управление рисками предприятия : учебно-практическое пособие / Э.А. Уткин, Д.А. Фролов. – М. : ТЕИС, 2003. – 154 с.
15. Заруба В.Я. Моделі імовірнісного представлення нечітко визначеного попиту / В.Я. Заруба // Економіко-математичне моделювання : зб. мат. Першої нац. наук.-метод. конф., 30 вересня - 1 жовтня 2016 р., м. Київ. – К. : КНЕУ, 2016. – С. 138-140.
1. Kaplan, Robert S., & Norton, D.P. (2006). Sbalansirovannia sistema pokazatele. Ot strategii k deistviiu [Balanced Scorecard. From strategy to action]. Moscow: ZAO «Olimp-Biznes» [in Russian].
2. Zaruba, V.Ya. (2013). Sistemno-resursnii pidkhid do upravlinnia diyalnistu pidpriemstva [The system approach to resources in management of enterprise]. *Modeli otsenki i analiza slozhnikh socialno-ekonomicheskikh sistem – Models of evaluation and analysis of complex socio-economic systems*. (pp.364-371). Kharkov, ID «INSHEK» [in Ukrainian].
3. Klaus, H., Rosemann, M., & Gable, G.G. (2000). What is ERP? *Information systems frontiers*, 2, 141-162.
4. Aloini, D., Dulmin, R., & Mininno, V. (2007). Risk Management in ERP Project Introduction: Review of the Literature. *Information & Management*, 44(6), 547-567.
5. Afanasev, E.V. (2005). *Ekonomiko-matematichne modeluvannia riziku velikih promislivih pidpriemstv z monoproduktivim virobilstvom* [Economic-mathematical modeling risk of large industrial enterprises, producing a single product]. Dnipropetrovsk: Nauka i osvita [in Ukrainian].
6. Vitlinskiy, V.V., & Velikoivanenko, V.V. (2004). *Ryzykologiya v ekonomitsi ta pidpriemnictvi* [Ryzykologiya in economics and entrepreneurship]. Kyiv: KNEU [in Ukrainian].
7. Dubrov, A.M., Lagosha, B.A., & Khrustalev, E.Yu. (2003). *Modelirovanie riskovikh situatsiy v ekonomike i biznese* [Modeling risk situations in economics and business]. Moscow: Finansy i statistika [in Russian].
8. Slabinskiy, S.V. (2011). Podhodi i printsipi formirovaniya indikatorov riska na promishlennom predpriatii [Approaches and principles of risk indicators in an industrial plant]. *Rossiyskoe predprinimatelstvo*, 6-2(186), 88-93 [in Russian].
9. Suleymanov, R.F. (2012). Priniatie resheniyi v sfere marketinga v usloviakh riska i neopredelenosti [The adoption of the marketing decisions in conditions of risk and uncertainty]. *Rossiyskoe predprinimatelstvo*, 12, 63-69 [in Russian].
10. Risk Management Basics – ISO 31000 Standard. (2009). *secureworldexpo.com*. Retrieved from http://www.secureworldexpo.com/2011/detroit/Louis_Kunimatsu.pdf.
11. Risk management – Vocabulary. (n.d.) *husdal.com/2010/11/21/risk-management-vocabulary*. Retrieved from <http://www.husdal.com/2010/11/21/risk-management-vocabulary/>.
12. Goncharov, D.C. (2008). Kompleksniy podkhod k upravleniu riskami dlia rossiysskikh kompaniyi [A comprehensive approach to risk management for Russian companies]. Moscow: Vershina [in Russian].
13. Rogachev, A. (2007). Postanovka sistemi risk menedjmenta v kompanii [Implantation of the system of risk management in the company]. *Finansovyi direktor*, 5, 17-22 [in Russian].
14. Utkin, E.A., & Frolov D.A. (2003). *Upravlenie riskami predpriatia* [Enterprise risk management]. Moscow: TEIS [in Russian].
15. Zaruba, V.Ya. (2016). Modeli imovirnisnogo predstavleniya nechitko viznachenogo popitu [Models of probabilistic representation of fuzzy demand]. *Ekonomiko-matematichne modelyuvannia – Economic-mathematical modeling: Proceeding of the 1 scientific conference*. (pp. 138-140). Kyiv: KNEU [in Ukrainian].

В.Я. Заруба, д-р екон. наук, професор, декан факультету економічної інформатики та менеджменту, НТУ «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків, Україна)

Оптимізація планів виробництва за оцінками імовірності майбутніх замовлень

Досліджується проблема оперативного планування виробництва промислової фірми в умовах неопределенності визначеного попиту. Для оцінювання майбутнього ефекту від вибору обсягів виробництва пропонується використовувати різницю між прибутком від продажу продукції і суми збитків, включаючи втрату прибутку через незадоволений попит. Обговорюються способи опису неопределенності визначеного попиту та планування обсягів кінцевої

В.Я. Заруба. Оптимізація планів виробництва за оцінками імовірності майбутніх замовлень

продукції. Розглянуто ситуацію, коли нечіткі знання про майбутній попит описуються оцінками обсягів і ймовірностей надходження замовлень від покупців продукції. Для цієї ситуації представлені алгоритми розрахунку функції розподілу ймовірностей для величини ефекту. На прикладі проведено аналіз варіантів вибору обсягів виробництва при різних перевагах менеджерів щодо ризику.

Ключові слова: оперативне планування виробництва, не в повному обсязі визначений попит, суб'єктивні оцінки ймовірності, ризику втрат, ставлення до ризику.

V.Ya. Zaruba, Doctor of Economics, Professor, Dean of the Department of Economic Information Science and Management, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute» (Kharkiv, Ukraine)

Optimization of production plans according to estimates of the probability of future orders

The aim of the article. The aim of the article is to analyze the description ways of not completely certain demand, production volume choice criteria in the conditions of not completely certain demand as well as to develop a conceptual model to optimize production volumes according to estimates of probability of future orders.

The results of the analysis. The account of the likely future orders in short-term planning of production is one of the areas of reduction of terms of their performance and, thus, increases the demand for the company's products. The planned volume of production and the corresponding quantity of the finished products must ensure maximization of operational effect, which is the difference between the profits derived from the production and sales, and the magnitude of losses, including lost profits. This choice of the quantity of the finished product will be based on the expected economic results of the enterprise activity and this quantity may be different from the volume of the expected demand.

Managers use subjective interpretation of probability for estimates of the demand on the basis of their fuzzy knowledge. Indexes, which have main influence on managers' risk acceptance in the choice of the finished products volume, include risk coefficient, which is obtained by dividing the amount of expected losses from overproduction on the expected profits value, and also the probability of losses arising in connection with the demand realization in a smaller amount than the planned volume of finished products.

A set of volumes of finished products, which to ensure acceptable risks, is determined by the maximum risk coefficient value and the maximum value of loss probability. If this set comprises several elements, it is necessary to select a value of the finished product, which corresponds to the maximum value of expected total effect.

Worthy of attention is the situation when the fuzzy knowledge on future demand are described in estimates of volumes and of probability of receiving orders from buyers of products. Conceptual model to optimize production volumes, which is designed for this situation, includes algorithms for constructing the probability distribution function for the quantities of demand and effect. The article includes a numerical example, used to consider options for the choice of the finished products volume, taking into account the different preferences in relation to the risks.

Conclusions and directions of further researches. The article represents conceptual model to optimize short-term planning of production volumes in the conditions of not completely certain demand. Prospects for future research include in the clarification of the production volumes optimization model, taking into account industrial characteristics of the company. In particular it is planned to identify the factors that are useful to take into account for the probability assessments of orders receipt and to develop a model of the production process to optimize work for performance of orders, which will come after the main reception.

Keywords: short-term planning of production, not entirely certain demand, subjective assessment of probability, risks of losses, preferences in relation to risks.

Отримано 14.11.2016 р.