

УДК 658.338. 367

Н.С. Голяс, доц., канд. техн. наук,

А.А. Раков, канд. техн. наук,

К.В. Лисичкин

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

ИССЛЕДОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПАРТИИ ВЫПУСКАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ МАТРИЦЫ «ПРИБЫЛИ – УБЫТКИ» С УЧЕТОМ АНАЛИЗА ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЯ

Дается метод определения оптимальной партии товара с учетом трендового анализа жизненного цикла изделия.

Актуальность темы

В условиях динамично изменяющейся рыночной среды необходимо постоянно отслеживать производственную программу продукции с целью недопущения перепроизводства. Предложенная методика обеспечивает предпринимателя необходимым инструментом, позволяющим вносить коррективы в программу выпуска товара с учетом динамически изменяющегося рынка.

Состояние разработки проблемы

Наиболее часто используется планирование на основе определения процентов от достигнутого, или разработки на основе балансовых моделей (Леонтьева, Немчинова и т.д.), которое не учитывает жизненного цикла изделия.

Цель предлагаемой работы

Целью данной работы является определение оптимальной производственной программы товарной продукции для последующей её реализации.

Определять объём производственной партии товара будем, исходя из следующих условий:

1. Цена продаж единицы продукции составляет **Цот**.
2. В случае, если товар не реализуется в течении 1-го дня, он реализуется по остаточной стоимости равной **Сос**.

Далее необходим анализ возможных прибылей и убытков в зависимости от объёма партии товара и спроса на него.

Данный анализ представлен в таблице 1 в виде матрицы «Прибылей и убытков», в столбце которой «Производство /Спрос» находятся значения производимых объёмов товара, а в строке – объёмы, реализуемые на рынке этого товара. Значения равноудаленных ячеек по столбцу вниз и строке вправо от ячейки с названием «Производство /Спрос» равны между собой.

Первое значение строки (столбца) матрицы «Прибыли и убытков» равняется минимальному значению объёма продаж за анализируемый период. Шаг изменения объёма производственной партии находим как частное от деления разницы максимального и минимального значений анализируемого ряда продаж на количество диапазонов минус один или

$$Z_1 = (Z_{\max} - Z_{\min}) / (N_{\max} - 1); \quad (1)$$

где Z_1 – шаг изменения объёма производственной партии,

$Z_{\max}$ – максимальное значение анализируемого ряда объёма продаж, в данном примере равное **90 шт.**;

$Z_{\min}$ – минимальное значение анализируемого ряда объёма продаж, в данном примере равное **50 шт.**;

$N_{\max}$ – количество диапазонов, на которое делится значения анализируемого ряда продаж, в данном примере равное **9 значений**.

В верхнюю ячейку столбца «Производства» и первую ячейку строки «Спрос» помещаем значение $Z_{\min}$, а в последнюю ячейку столбца и правую ячейку строки помещаем значение $Z_{\max}$. Остальные значения получены путем прибавления шага Z_1 . Анализируемый ряд продаж товара должен гарантировать достоверность спроса, то есть за анализируемый период времени наличие товара всегда должно превосходить спрос или равно ему.

В качестве примера произведем расчет отдельных значений матрицы «Прибыли и убытков» для значений $C_{от} = 75$, $C_{п} = 34,2$, $C_{ос} = 9$ и определим её основные свойства.

В случае, если объём производства продукции равен спросу или меньше него, то есть, если значение столбца матрицы равно или меньше значения её строки, прибыль определится как разница произведений объёма производства на отпускную цену и объёма производства на себестоимость. Данные значения объёмов закупки и спроса находятся на диагонали матрицы или правее её, в частности, при значении производства и спроса, равных 65 шт. прибыль будет равна:

$$65 * 75 - 65 * 57,78 = 1119,21 \text{ д.е.}$$

Для ячеек матрицы, находящихся левее диагонали, то есть, когда объём производства продукции больше спроса, прибыль или убытки определяются с учетом остаточной стоимости. В частности, при объёме производства равным 65 единицам и спросе в 60 единиц товара прибыль составит:

$$60 * 75 - 65 * 57,78 + (65 - 60) * 9 = 789,21 \text{ д.е.}$$

Результаты расчета матрицы «Прибылей и убытков» представлены в таблице 1.

Проведем обработку статистических данных продаж с целью определения распределения частот по выбранным диапазонам матрицы, которая

заключается в определении количества данных массива продаж в конкретном диапазоне.

Таблица 1 – Матрица «Прибылей и убытков».

№ рас- чета	Произ \ Спрос	50	55	60	65	70	75	80	85	90	Спп
1	50	507	507	507	507	507	507	507	507	507	64
2	55	381	711	711	711	711	711	711	711	711	62
3	60	255	585	915	915	915	915	915	915	915	59
4	65	129	459	789	1119	1119	1119	1119	1119	1119	57
5	70	3	333	663	993	1323	1323	1323	1323	1323	56
6	75	-122	207	537	867	1197	1527	1527	1527	1527	54
7	80	-248	81	411	741	1071	1401	1731	1731	1731	53
8	85	-374	-44	285	615	945	1275	1605	1935	1935	52
9	90	-500	170	159	489	819	1149	1479	1809	2139	51

Результаты обработки данных представлены таблице 2.

Таблица 2 – Частота по диапазонам спроса.

Объём производства, шт.	50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85	86-90
Число дней в диапазоне	1	3	4	14	19	9	17	9	4

Разделив значения строки «Число дней в диапазоне» таблицы 2 на объём анализируемых данных, равных в данном примере 80 шт., получим вероятность события, представленную в таблице 3.

Таблица 3 – Внутридиапазонная вероятность события.

Объём производства, шт.	50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85	86-90
Вероятность	0,01	0,03	0,05	0,17	0,23	0,1	0,2	0,1	0,05

Определение оптимальной производственной партии товара с учетом ограничения времени её реализации и рыночного спроса находится как сумма произведений значений строк таблицы 1 на значение строки «Вероятность» таблицы 3.

Так, например, для партии от 71 до 75 единиц товара прибыль составит:

$$Pr = (-122,79 \cdot 0,0125) + 207,21 \cdot 0,0375 + 537,21 \cdot 0,05 +$$

$$867,21 \cdot 0,175 + 1197,2 \cdot 0,2375 + 1527,21 \cdot 0,1125 + \\ 1527,21 \cdot 0,2125 + 1527,21 \cdot 0,1125 + 1527,21 \cdot 0,05 = \\ 1213,71 \text{ д.е.}$$

Результаты расчетов прибыли или убытков представлены таблице 4.

Таблица 4 – Ожидаемая прибыль для каждого объёма производства.

Объём производства, шт.	50	51-55	56-60	61-65	66-70	71-75	76-80	81-85	86-90
Ожидаемая прибыль, д.е	507	707	894	1065	1178	1213	1211	1139	1029

Как видно из результатов расчета, максимальная ожидаемая прибыль (**Пр**) составляет: **Пр = 1213,71 д.е.** при объёме производства в диапазоне от 71 до 75 штук.

Q

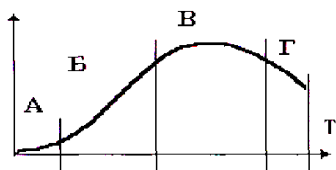


Рисунок 1

Уточнение значения объёма производства (**Q_{пр}**) внутри диапазона осуществляется на основе анализа жизненного цикла товара.

Разделяют стадии жизненного цикла товара: **внедрение**, **рост**, **зрелость** (насыщение) и **спад**, представленные на рисунке 1, где внедрению соответствует диапазон А, росту – Б, зрелости – В и спаду – Г.

Как видно из графика, объёмы продаж изменяются в функции времени, и весь жизненный цикл товара можно разделить на участки роста объёма продаж и его падения. Максимальное значение объёма продаж находится в стадии жизненного цикла **зрелость** и называется **точкой насыщения**, нахождение которой позволяет планировать предпринимательскую деятельность. Для определения участков роста объёмов продаж или их падения может быть использован метод линейного трендового проектирования, уравнение которого имеет вид:

$$Y = mx + b, \quad (2)$$

а коэффициент **m** находится методом наименьших квадратов по формуле:

$$m = \frac{\sum (xy) - n \bar{x} \bar{y}}{\sum (xx) - n \bar{x}^2} \quad (3)$$

где **n** – количество анализируемых объёмов продаж или объём выборки;

x – номер анализируемого объёма продаж или номер элемента объёма выборки изменяющийся от 1 до **n**;

y – объём продаж в натуральных или денежных единицах.

Свободный член уравнения **b** находится по формуле:

$$b = \bar{y} - m\bar{x} \quad (4)$$

где $\bar{y}$ – среднеарифметическое значение y ;

$\bar{x}$ – среднеарифметическое значение x .

Расчеты свободного члена **b** и коэффициента **m** сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Значения свободного члена **b** и коэффициента **m** при **n = 5**.

Год	Время X	Спрос Y	X*X	X*Y
4	1	47	1	47
5	2	56	4	112
6	3	80	9	240
7	4	116	16	464
8	5	170	25	850
Итого	15	469	55	1713
Среднее значение X = 3		Среднее значение Y = 93,8	m = 30,6	b = 2

В результате получим уравнение линии тренда **$y = 30,6x + 2$** , которая определена по пяти последним данным объёмов продаж товара. Значения линейного тренда жизненного цикла товара представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Значения линейного тренда жизненного цикла

№ объёма продаж во времени	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Объём продаж, д.е.	0	32	35	40	47	56	80	116	170

Проведем анализ жизненного цикла товара за 10 лет при значениях объёма продаж y равных 47, 56, 80, 116, 170, 180, 183, 175, 158, 144.

Для первых пяти значений **y**, **m** и **b** определены выше в таблице 6 и равны **m = 30,6**, **b = 2**. Для следующих выборов:

y (56,80,116,170,180)

m = 33,8,

b = 19;

y (80,116,170,180,183)

m = 27,

b = 64,8;

y (116,170,180,183,175)

m = 13,1,

b = 125,5;

y (170,180,183,175,158)

m = -2,9,

b = 181,9;

y (180,183,175,158,144)

M = -9,7,

b = 197,1

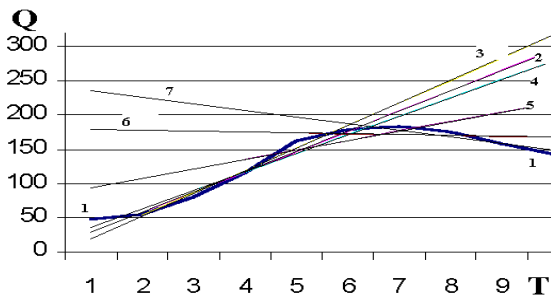


Рисунок 2

Графики линейных трендов и статистического ряда представлены на рисунке 2.

Увеличим объём выборки до восьми анализируемых значений продаж и рассчитаем **m** и **b** в таблице 7.

Таблица 7 – Значения свободного члена **b** и коэффициента **m** при **n = 8**.

Год	Время X	Спрос Y	X*X	X*Y
2	1	35	1	35
3	2	40	4	80
4	3	47	9	141
5	4	56	16	
6	5	80	25	400
7	6	116	36	696
8	7	170	49	1190
Итого	28	544	140	2766
Среднее значение X = 4		Среднее значение Y = 77,71	m = 21,07	m = -6,57
	4	77,71429	21,07143	-6,57143

Как видно из расчетов, представленных в таблицах 5 и 7, значения **m** и **b** зависят от объёма выборки. Следовательно, необходим критерий, определяющий объём выборки. Таким критерием может служить коэффициент детерминированности, равный квадрату коэффициента Пирсона **r**, определяемого по формуле:

$$r = \frac{n(\sum XY) - (\sum X)(\sum Y)}{\sqrt{(n\sum X^2 - (\sum X)^2)(n\sum Y^2 - (\sum Y)^2)}} \quad (5)$$

Сравниваются фактические значения **y** и значения, получаемые из уравнения прямой; по результатам сравнения вычисляется **r²** – коэффициент детерминированности, нормирован от 0 до 1. Если он равен 1, то имеет место полная корреляция с моделью, то есть нет различия между фактическим и оценочным значениями **y**. В противном случае, если коэффициент детерминированности равен 0, уравнение регрессии неудачно для предсказания значений **y**. Следовательно, при анализе объёма выборки принимается такой объём выборки, при котором **r²** ближе к 1.

Расчет коэффициента **r²** представлен для двух выше приведенных выборок **n = 5** и **n = 8** в таблицах 8 и 9.

Таблица 8 – Значения коэффициента **r²** для **n=5**.

Год	Время X	Спрос Y	X*X	Y*Y	X*Y
4	1	47	1	2209	47
5	2	56	4	3136	112
6	3	80	9	6400	240

7	4	116	16	13456	464
8	5	170	25	28900	850
Итого	15	469	55	54101	1713
$r^2 =$					0,926282051

Таблица 9 – Значения коэффициента r^2 для $n = 8$.

Год	Время X	Спрос Y	X*X	Y*Y	X*Y
2	1	35	1	1225	35
3	2	40	4	1600	80
4	3	47	9	2209	141
5	4	56	16	3136	224
6	5	80	25	6400	400
7	6	116	36	13456	696
8	7	170	49	28900	1190
Итого	28	544	140	56926	2766
$r^2 =$					0,848643536

Как видно из результатов расчетов таблиц 8 и 9, r^2 для объема выборки состоящего из последних пяти значений y больше, чем из семи, принимаем значение $m = 30,6$, $a = 2$. По знаку m можно судить об участках роста или падения жизненного цикла товара. Если $m > 0$, то жизненный цикл товара находится на участке роста. При $m < 0$ – жизненный цикл товара находится на участке падения.

Геометрически коэффициент m является тангенсом угла наклона линейного тренда, что позволяет определить коэффициент уточнения объема производственной партии (k) внутри оптимального диапазона производства по формуле:

$$k = \sin(\arctg(m)) \quad (6)$$

где k – коэффициент уточнения оптимальной производственной партии.

Для значения $m = 30,6$, $k = 0,999$.

Значение оптимальной производственной партии Q_{np} внутри оптимального диапазона определяется по формуле:

$$Q_{np} = Q_d - Z_1/2 + k * Z_1/2$$

или

$$Q_{np} = Q_d + 0,5 * Z_1 * (k - 1)$$

где Q_{np} – оптимальная производственная партия с учетом анализа жизненного цикла товара;

Q_d – оптимальная производственная партия, определенная по большей границе диапазона на основании матрицы «Прибыли и убытков»;

Z_1 – шаг изменения объема производственной партии;

k – коэффициент уточнения оптимальной производственной партии.

При значениях $Q_d = 75$ и $Z_1 = 5$ оптимальная производственная партия с учетом анализа жизненного цикла товара практически не изменяется и составит $Q_{пр} = 74$ шт.

Пропорционально отношению $Q_{пр}/Q_d$ пересчитываются прибыль и себестоимость производственной партии, определенные на основании матрицы «Прибыли и убытков».

$$Пру = Пр * Q_{пр}/Q_d \quad (7)$$

где **Пру** – прибыль производственной партии с учетом жизненного цикла;

Пр – прибыль производственной партии, определенная на основании матрицы «Прибыли и убытков».

При значении **Пр = 1213,71 д.е.** производственная прибыль с учетом жизненного цикла составит **Пру = 1197,53 д.е.**

В связи с тем, что основная часть товарной продукции реализуется по отпускной цене, а остатки по остаточной стоимости, необходимо определить среднюю цену единицы (**Цс**) продукции производственной партии:

$$Цс = Пру/ Q_{пр} + Спп \quad (8)$$

где **Спп** – себестоимость единицы продукции при значении **Спп = 54,64 д.е.** **Цс = 70,82 д.е.**

Проведение подобного анализа для всего производственного портфеля позволяет определить производственную программу предприятия, обеспечивающую отсутствие перепроизводства продукции, что в условиях рыночных отношений является актуальной задачей.

Вывод: Использование предлагаемого метода дает возможность предпринимателю избежать перепроизводства.

Библиографический список:

1. Кофман А. Займемся исследованием операций / А. Кофман, М.Фор. — М.: «Мир», 1966. — 180 с.
2. Казанцев А.К. Практический менеджмент / А.К. Казанцев, В.И. Подлесных, Л.С.Серова. — М., 1998. — С.110 – 114.

Поступила в редакцию 17.06.2005 г.