

Н. Ю. Шевченко,
кандидат экономических наук,
Донбасская государственная
машиностроительная академия,

А. Н. Астахова,
г. Краматорск

УПРАВЛЕНИЕ ЗАПАСАМИ УГЛЕДОБЫВАЮЩЕГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Постановка проблемы. Организация промышленной добычи угля базируется на строго определенном наборе производственных ресурсов: природных, финансовых, трудовых, материалов, энергетических. Ресурсы, затраченные в ходе процесса производства, овеществляются в товарной продукции и формируют показатели, характеризующие эффективность использования недр.

Угольная промышленность является материалоёмкой отраслью, а следовательно имеем большой удельный вес материальных затрат в общей себестоимости угля. Перспективы развития угольной промышленности кроются в эффективном управлении материальными запасами, а также в снижении материальных затрат.

Крайне неэффективная работа шахты во многом объясняется неучастием значительной части производственных запасов в технологических процессах. Поэтому оценка состояния и повышение эффективности использования производственных запасов является обязательным условием стабильного функционирования предприятия.

Актуальность разработки новых подходов к управлению запасами обусловлена тем, что рациональная организация процесса управления производственными запасами – одна из важных функций производства. Управление надёжностью материального обеспечения включает управление надёжностью поставок и регулирование уровня запасов.

Анализ последних исследований. Управление запасами посвящены работы многих зарубежных и отечественных ученых и практиков: И.А. Бланка, Н. Ш. Кремера, Б.А. Путко, И. М. Тришина, М. Н. Фридмана, Г.Л. Бродецкого, М. Н. Григорьева, А.П. Долгова, С.А. Уварова, М.П. Гордона, З.Б. Карнаухова, Е.А. Хруцкого и др., однако специфика угледобывающей промышленности накладывает ряд ограничений на использование классических методов управления запасов и предполагает их адаптацию и развитие.

Целью работы является описание математической модели управления производственными запасами угледобывающего предприятия с учетом типологизации запасов.

Изложение основного материала. Управление запасами включает в себя заказ, хранение и по-

ставку требуемого ресурса. Задача управления запасами возникает, когда необходимо создать запас каких-либо материальных ресурсов с целью удовлетворения спроса на рассматриваемом интервале времени. При этом метод управления (модель определения величины запаса) строго зависит от вида запаса.

Рассмотрим процесс управления запасами на примере ООО «ДТЕК Добропольеуголь» ПСП «Шахтоуправление Белозерское» «Шахта Новодонецкая». Типологизацию запасов выразим следующим образом: запасы производственной необходимости включают запасы для основного и вспомогательного производства, запасы непроизводственной необходимости включают запасы, приобретаемые по мере необходимости и приобретаемые с периодичностью.

В зависимости от вида запасов предлагается использовать различные математические модели, совокупная реализация которых позволит обеспечить комплексный подход к управлению запасами угледобывающего предприятия.

Модель 1. Для эффективного управления запасами материалов, которые обеспечивают работу основного производства, целесообразно применить однопродуктовую статическую модель управления запасами. Модель управления запасами этого типа характеризуется тремя свойствами: постоянным во времени спросом; мгновенным пополнением запаса; отсутствием дефицита.

Размер запаса в определенный момент времени рассчитывается по формуле:

$$q^* = \sqrt{\frac{2c_0\lambda}{b}}, \quad (1)$$

где c_0 – затраты на оформление заказа, имеющие место всякий раз при его размещении; b – затраты на хранение единицы продукции в единицу времени; λ – интенсивность спроса (количество продукции, потребляемой в единицу времени).

«Точка заказа» для данного случая определяется как:

$$S^* = \lambda\theta, \quad (2)$$

где θ – продолжительность заготовительного периода.

Модель 2. Для материалов вспомогательного производства применима однопродуктовая статическая модель, допускающая дефицит, поскольку в рассмотренной выше простейшей модели дефицит продукции не допускается. В общем случае, когда потери от дефицита сопоставимы с расходами по содержанию запасов, дефицит допустим.

Оптимальные значения параметров q^* и S^* имеют следующий вид:

$$q^* = \sqrt{\frac{2c_0\lambda}{b}} \sqrt{\frac{b+a}{a}}, \quad (3)$$

$$S^* = \lambda\theta - \sqrt{\frac{2c_0}{(a+b)}} * \frac{b}{a}. \quad (4)$$

где a – издержки от неудовлетворенного спроса.

Модель 3. К материалам, приобретаемым по мере необходимости применима вероятностная модель с фиксированным размером заказа. При использовании такой стратегии уровень запаса отслеживается непрерывно. Опасность исчерпания запаса возникает здесь только в течение времени выполнения заказа (в течение заготовительного периода). В течение периода возможны колебания спроса. Этот диапазон вычисляется либо на основе анализа ретроспективных данных, либо на основе некоторой предположительной оценки (если данные за прошлые периоды невозможно получить).

«Точка заказа» вычисляется следующим образом [3]:

$$S = \overline{\lambda\theta} + z\sigma_{\lambda\theta}, \quad (5)$$

где λ – средняя интенсивность спроса; θ – средняя продолжительность заготовительного периода; z – число стандартных отклонений спроса в резервном запасе для заданного уровня обслуживания; $\sigma_{\lambda\theta}$ – стандартное отклонение спроса в течение заготовительного периода.

В формуле (5) слагаемое $\overline{\lambda\theta}$ определяет ожидаемый спрос в течение заготовительного периода, а слагаемое $z\sigma_{\lambda\theta}$ представляет собой величину резервного запаса.

Значение $\sigma_{\lambda\theta}$ определяется в зависимости от условий задачи. Будем рассматривать три случая [3]:

1. Если изменяется только спрос, а продолжительность заготовительного периода – величина постоянная, то:

$$\sigma_{\lambda\theta} = \sqrt{\theta} * \sigma_{\lambda}, \quad (6)$$

где σ_{λ} – стандартное отклонение спроса в единицу времени.

2. Если изменяется только заготовительный период, а спрос остается постоянным, то:

$$\sigma_{\lambda\theta} = \lambda * \sigma_{\theta}, \quad (7)$$

где σ_{θ} – стандартное отклонение продолжительности заготовительного периода.

3. Наконец, если изменяются и спрос, и заготовительный период, то:

$$\sigma_{\lambda\theta} = \sqrt{\theta\sigma_{\lambda}^2 + \lambda^2\sigma_{\theta}^2}. \quad (8)$$

Перейдем к определению z . Для этого вычисляется $E(z)$ – дефицит изделий, который удовлетворяет заданному уровню обслуживания, а затем по таблице Брауна находится соответствующее значение z .

Для вычисления $E(z)$ используем формулу [3]:

$$E(z) = \frac{(1-p)q}{\sigma_{\lambda\theta}}, \quad (9)$$

где $(1-p)$ – неудовлетворенная часть потребности; p – требуемый уровень обслуживания, в долях единицы; q – экономичный размер заказа; $E(z)$ – ожидаемый дефицит изделий в каждом цикле заказа, выраженный в стандартных отклонениях спроса.

Модель 4. Управление запасами материалов, приобретаемых с периодичностью, целесообразно осуществить с помощью вероятностной модели с фиксированной периодичностью заказа. Модель с фиксированной периодичностью предполагает, что размеры заказов различны для разных циклов. Таким образом, размер запаса регулируется за счет изменения объема партии. Предположим, что спрос изменяется, а продолжительность заготовительного периода постоянна.

Объем заказа будет определяться по формуле:

$$q = \overline{\lambda}(l + \theta) + z\sigma_{l+\theta} - Z, \quad (10)$$

где q – размер очередного заказа; $\overline{\lambda}$ – средняя интенсивность спроса; l – промежуток времени между подачей заявок; θ – продолжительность заготовительного периода; z – число стандартных отклонений спроса в резервном запасе для заданного уровня обслуживания; $\sigma_{l+\theta}$ – стандартное отклонение спроса в течение цикла заказа и заготовительного периода; Z – текущий уровень запаса.

При этом:

$$\sigma_{l+\theta} = \sigma_{\lambda}\sqrt{l+\theta}, \quad (11)$$

где σ_{λ} – стандартное отклонение спроса в единицу времени.

Итак, для каждой категории запасов предложена специфическая модель определения оптимального размера заказа и «точки заказа». Особенностью некоторых моделей является использование прогнозного значения величины спроса (интенсивности спроса). При этом в каждой модели сформированы собственные предпосылки к определению прогнозного значения величины спроса. Однако, чтобы учесть влияние внешних факторов на величину спроса, целесообразно использовать модель прогнозирования, учитывающую сезонные колебания, например, модель Хольта-Уинтерса.

Кроме того, специалисту службы снабжения нужно знать, какой спрос на материалы будет в бу-

дущем периоде, для того чтобы грамотно составить заявку на поставку продукции. Он должен знать, какие запасы и в каком количестве ему нужно пополнить, для того чтобы обеспечить непрерывную и эффективную работу производства.

Метод Хольта-Уинтерса позволяет делать среднесрочные и долгосрочные прогнозы, поскольку способен обнаруживать микротренды в моменты времени, непосредственно предшествующие прогнозным, и экстраполировать эти тренды на будущее. При использовании метода необходимо последовательно вычислять сглаженные значения ряда и значение тренда, накопленное в любой точке ряда [4]:

$$E_i = U \cdot (E_{i-1} + T_{i-1}) + (1 - U) Y_i, \quad (12)$$

$$T_i = V \cdot T_{i-1} + (1 - V) (E_i - E_{i-1}). \quad (13)$$

где E и T – сглаженное значение ряда и тренд, рассчитываемые по всем точкам ряда; U и V – константы сглаживания, относящиеся к оценкам уровня и тренда соответственно.

При расчете прогноза в методе Хольта-Уинтерса предполагается, что сглаженное значение в последней точке является опорным, а определенный для нее микротренд сохранит свое значение и в будущем, функция прогноза оказывается линейной [4]:

$$Y_{n+j} = E_n + jT_n, \quad (14)$$

где j – номер периода в будущем, на который рассчитывается прогноз.

Пример прогнозирования спроса представлен на рис. 1.

Примеры работы алгоритма представлены на рис. 2 и 3.



Рис. 1. Пример «Прогнозирование спроса на материалы»

Ст_откл_спроса_в_течении_цикла_заказа	Ст_откл_спроса_в_течении_загот_периода	Текущий_уровень_запаса	Оптимальный_размер_заказа	"Точка_заказа"
1,6752	0,0448	0	1	2
0,6366	1,6385	1	20	10
0,8003	0,7905	3	5	21
2,2716	2,7598	1	0	0
1,1209	0,8603	2	4	20
0,727	2,1652	18	10	30
2,639	1,3885	10	31	20
0,6762	1,1374	11	3	10
0,4994	0,9281	6	55	30
0,9003	0,4464	1	19	10
1,35812	1,3865	100	74	2002
0,6913	0,0656	150	41	500
1,2107	2,6719	3	28	15
0,0051	0,7406	15	185	100
0,5803	0,3907	0	1	0
0,19	0,831	21	14	60
0,2837	1,1666	120	27	403
1,7139	0,323	17	8	51
1,2135	0,0498	3	3	5
0,762	0,8104	1	30	15
1,19	0,851	11	4	21

Рис. 2. Анализ спроса с учетом величины прогноза, оптимальный размер заказа и «точка» заказа

A	B	C	D	E	F	G	H	I
№ материала по классификатору	Наименование материала	№ склада	Код заказа	Наименование участка	Единицы измерения	Количество	Цена с НДС	Сумма
2	358474	БЫСТРОСЪЕМНОЕ СОЕДИНЕНИЕ БС 150	2	32001047 УКТ_1	шт	8	569	4552
3	324541	АНКЕР МЕТАЛ №22 2,4М В СБОРЕ (ШАЙБА 180)	2	30258905 УКТ_2	шт	5	2069	10345
4	326554	КОРОНКА БУРОВАЯ РШ-183, D-30/14	2	30265807 УПР_1	шт	1	728	728
5	244556	СТЕРЖЕНЬ СОЕДИНИТЕЛЬНЫЙ Р45 L=985ММ	3	24364556 УПР_3	шт	1	213	213
6	321687	ЗАМОК М24 С ПЛАНКОЙ ЭПК СВП 22	3	30256047 РЗО	шт	19	367	6973
7	455217	СИГНАЛИЗАТОР СЗВ Р10ВА 96ДБ 36В 50ГЦ	3	36877441 АСИТ	шт	4	451	1804
8	258796	СОЕДИНЕНИЕ РАЗЪЕМНОЕ U-37 1200ММ	3	25080796 МДГШО	шт	10	158	1580
9	326578	РОЛИКОПОРА РЛ-100 (127Х360)	3	30584704 Электроцех	шт	14	567	7938
10	365874	РОЛИК 127Х1115	3	36050102 Участок_по_добыче_угля	шт	30	94	2820
11	326587	КУВАЛДА С РУЧКОЙ 10КГ	3	30658074 УТКП	шт	27	124	3348
12	320147	КРУГ ОТРЕЗНОЙ 150Х2Х22	3	30210654 УПР3	шт	31	265	8215
13	321587	ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ РСД.05	4	30216807 Участок_по_добыче_угля	шт	3	1050	3150
14	321654	КУВАЛДА С РУЧКОЙ 5-6КГ	4	30245041 УКТ_1	шт	55	237	13035
15	210351	ЗУБИЛО КУЗНЕЧНОЕ	4	17003023 УКТ_2	шт	5	63	315
16	365012	ЗУБИЛО СЛЕСАРНОЕ	4	32015087 Участок_по_добыче_угля	шт	3	84	252
17	145878	НАБОР КЛЮЧЕЙ РОЖКОВЫХ 8-55	4	12845417 УТКП	шт	1	265	265
18	325895	ТОПОР 1,4КГ С ТОПОРИЦЕМ	4	30265404 Электроцех	шт	28	1102	30856
19	325647	БУМАГА А4 80/500	4	30265054 УКТ_2	шт	41	40	1640
20	170033	ЖИДКОСТЬ РАБОЧАЯ HIROCOR GS460 МН-С 410	1	14058078 МДГШО	т	20	315	6300
21	254658	МАСЛО SHELL CORENA D-46	1	24454658 Участок_по_добыче_угля	т	4	254	1016
22	326544	МАСЛО ИГП-30	1	30265708 УКТ_3	т	185	216	39960
23							Итого	145305

Рис. 3. Формирование заявки на пополнение запасов шахты Новоодонецкая

Литература

1. Шомштейн А.А. Материально-техническое снабжение на предприятиях и в производственных объединениях: учебное пособие / А.А. Шомштейн. – Р., 1987. – 203 с. 2. Михайлова О.И. Введение в логистику: учебно-методическое пособие / О.И. Михайлова. – М.: Издательский дом «Дашков и К», 2006. – 104 с. 3. Лукинский В.С. Модели и методы теории логистики: научное пособие / В.С. Лукинский. – СПб.: Питер, 2003. – 156 с. 4. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов / Ю.П. Лукашин / Учеб.пособие. М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.

Шевченко Н. Ю., Астахова А. М. Управління запасами вуглеводобувного підприємства на основі економіко-математичного моделювання

Розглянуто особливості управління виробничими запасами на підприємствах вуглеводобувної промисловості. Описано механізми підвищення ефективності управління запасами вуглеводобувного підприємства за допомогою використання різних математичних моделей залежно від виду запасу. Запропоновано використовувати модель Хольта-Уінтерса для прогнозування попиту в моделях управління виробничими і невиробничими запасами шахти. Визначено, що прогнозування попиту і видова диференціація моделей визначення оптимального розміру замовлення і «точки» замовлення дозволяють адаптувати існуючі класичні підходи до специфіки вуглеводобувних підприємств і коливань на ринку збуту їх продукції.

Ключові слова: управління запасами, вуглеводобувні підприємства, математичне моделювання, класифікація запасів, розмір замовлення, точка замовлення, прогнозування попиту

Шевченко Н. Ю., Астахова А. Н. Управление запасами угледобывающего предприятия на основе экономико-математического моделирования

Рассмотрены особенности управления производственными запасами на предприятиях угледобывающей промышленности. Описаны механизмы повышения эффективности управления запасами угледобывающего предприятия посредством использования различных математических моделей в зависимости от вида запаса. Предложено использовать модель Хольта-Уинтерса для прогнозирования спроса в моделях управления производственными и невиробничими запасами шахты. Определено, что прогнозирование спроса и видовая дифференциация моделей определения оптимального размера заказа и «точки» заказа позволяют адаптировать существующие классические подходы к специфике угледобывающих предприятий и колебаний на рынке сбыта их продукции.

Ключевые слова: управление запасами, угледобывающие предприятия, математическое моделирование, классификация запасов, размер заказа, точка заказа, прогнозирование спроса.

Shevchenko N., Astakhova A. Management features are considered by productive supplies on the enterprises of mining industry

The mechanisms of increase of management efficiency are offered by the supplies of mining enterprise by means of the use of different mathematical models depending on the type of supply. It is suggested to use the model of Holt - Winters for prognostication of demand in case frames the productive and unproductive supplies of mine. It is certain that prognostication of demand and specific differentiation of models of determination of optimal size of order and "point" of order allow to adapt the existent classic going near a specific mining enterprise and changes at the market of their production distribution.

Keywords: management by supplies, mining enterprises, mathematical modeling, classification of supplies, size of order, point of order, prognostication of demand.

Стаття надійшла до редакції 30.05.2016
Прийнято до друку 22.06.2016