

В.А. Будишевский, к.т.н., профессор, Донецкий национальный технический университет.

А.А. Пуханов, Красноармейский индустриальный институт.

Л.С. Пуханова, Донецкий государственный университет экономики и торговли.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ УГЛЯ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА

На уровне предприятия весьма тесно переплетены задачи технологического и экономического управления. Особенно актуальным является вопрос координации запасов угля в топливно-энергетическом комплексе в связи с интеграцией операторов рынка энергетического сырья и развитием рыночных отношений, а также колебаниями интенсивности потоков угля и количеством добываемого продукта за единицу времени.

Вопросам оптимизации объёмов поставок и разработке эффективных механизмов уменьшения совокупных расходов на запасы посвящены исследования многих зарубежных и отечественных учёных. Так в работах Х.Марковица (H.Markowitz), Д.Тобина (D.Tobin), Х.Таха, Т. Уотшема, Л.Паррамоу [3], [4], [5] рассматривается детерминированный вариант использования складов для непрерывных производств при отсутствии учета колебаний поставок сырья; допускаются неограниченные управления – мгновенное расходование запасов и. т.д. Однако в этих работах не достаточно уделено внимания вопросам сбалансированности сырьевых потоков энергетического комплекса, что на современном этапе в условиях нерегулярного спроса и фиксированного времени выполнения заказа является важным фактором финансовой стабильности предприятия.

Типичная логистическая цепь топливно-энергетического комплекса имеет следующую структуру:

- предприятия производители – шахты, рудники;
- распределительные центры – склады и другие резервирующие элементы, от которых сырьё направляется потребителям.
- предприятия, которые перерабатывают сырьё – обогатительные фабрики;
- потребители – коксохимические заводы, электростанции и др.;

Основными факторами, определяющие политику запасов, являются:

1. Потребительский спрос, который сложно прогнозировать; однако изучение этого вопроса даст возможность защитить шахту от его неожиданных изменений.
2. Время пополнения запасов, расчёт которого поможет шахте застраховаться от возможных нарушений в поставках угля по количеству и качеству, стоимости доставки, сроках поставок и т. п.

3. Номенклатура товара.
4. Стоимость выполнения заказа и стоимость поддержания запасов, включающая затраты на хранение.
5. Уровень логистического сервиса, который предусматривает установление приемлемого уровня обслуживания в данных условиях рынка.

В условиях нерегулярного спроса и фиксированного времени выполнения заказа возникает вопрос об объемах запасов угля на складах топливно-энергетического комплекса. Решение проблемы сбалансированности сырьевых потоков на современном этапе развития горнодобывающей промышленности являются недостаточно исследованным. Поэтому цель нашей статьи – предложить один из методов решения проблемы сбалансированности указанного процесса в логистических системах топливно-энергетического комплекса, позволяющий снизить транспортные расходы и расходы на хранение угля.

Максимальный уровень запаса сырья предполагает два вида запаса: первый – запас, который должен быть достаточным, чтобы удовлетворить спрос до получения очередного заказа; второй – это резервный запас, предназначенный для защиты от неожиданных «всплесков» потребительского спроса [2]. В логистических системах топливно-энергетического комплекса склад фактически является промежуточным звеном между горнодобывающим предприятием и потребителями угля. Поэтому его можно рассматривать как производственный элемент, потребляющий «i-й продукт до хранения» и выпускающий «i-й продукт после хранения» [1]. В этом смысле входной и выходной потоки угля на складе независимы до тех пор, пока его запас x не выходит на верхнее или нижнее ограничение. Запасов угля не должно быть ни слишком много, ни слишком мало. В первом случае возникает необходимость неоправданных затрат на его хранение. А во втором случае возможна ситуация, когда на складе не окажется достаточного объёма угля, необходимого для отправки потребителю, что также связано с дополнительными финансовыми затратами.

Пусть начальное количество угля находящееся на хранении в текущий момент времени t задано как $x_0 = x(t)$. Тогда для поточной продукции, которой является поступаемый на склад уголь, изменение запаса угля \dot{x} равняется разности величины его потока на склад $v^+(t)$ и величины потока со склада $v^-(t)$, что можно записать в виде дифференциального соотношения:

$$\dot{x}(t) = v^+(t) - v^-(t), \quad (1)$$

причём, в каждый текущий момент времени должны соблюдаться неравенства:

$$v^x \geq x(t) \geq x^* \geq 0, \quad v^+(t) \geq 0, \quad v^-(t) \geq 0 \quad (2)$$

где v^x – ёмкость угольного склада или складировующая мощность;

x^* – заданный резервный запас угля на складе.

Кроме ограничения по складировующей мощности имеется ограничение на потоки угля поступающие на склад. Оно определяется производительностью технологического процесса и производительностью погрузочно-разгрузочных механизмов:

$$v(t) = Q^+ - Q^-;$$

или с учетом того, что $v^-(t) = Q^-$

$$v(t) = Q^+ - v^-(t) \leq v^x, \quad (3)$$

где Q^+ – производительность погрузочно-разгрузочных механизмов, обслуживающих входящий поток на склад;

Q^- – производительность погрузочно-разгрузочных механизмов, обслуживающих выходящий поток со склада;

$v(t)$ – поток угля проходящего через склад.

Если $v^+(t) > Q^+$ то произойдет заштыбовка погрузочно-разгрузочных механизмов, обслуживающих входящий поток на склад. А если $v^+(t) < Q^+$ то погрузочные устройства будут недоиспользованы по мощности и приемной способности. Причем, если величина Q^+ постоянна для каждого конкретного производства, то величина $v^+(t)$ изменяется во времени и носит вероятностный характер.

В правой части дифференциального уравнения (1) учтём затраты времени на погрузку угля τ^- и его разгрузку τ^+ :

$$\dot{x}(t) = v^+(t - \tau^+) - v^-(t + \tau^-). \quad (4)$$

Уголь – продукт, который сохраняет свои потребительские качества только в течение некоторого времени, так как уголь окисляется, в результате меняет свои химические свойства; слёживается и т.д., что ведёт к дополнительным финансовым затратам. Назовем, условно, этот период T – сроком годности угля, а уголь, хранение которого не превышает указанный период – годным к употреблению. Таким образом, необходимо рассмотреть время хранения угля на складе τ , причём $\tau < T$. Если $\tau > T$ происходит потеря потребительских качеств угля или «порча продукта». Чтобы описать указанную зависимость, введём функцию плотности распределения угля $\rho(t, \tau)$, не потерявшего своих физических и химических качеств по времени хранения τ в момент t . Функция $\rho(t, \tau)$ характеризует вероятность наличия на складе годного к употреблению угля в данный момент времени t . Тогда величина $\rho(t, \tau) \cdot \Delta\tau$ ($\Delta\tau \leq 1$) означает количество угля с временем хранения от τ до $\tau + \Delta\tau$, имеющееся на складе в момент времени t . В регулярном случае плотность ρ конечна или нуль, что означает непрерывное поступление угля на склад (рис.1).

Кривая функции плотности распределения угля $\rho(t, \tau)$ заканчивается

нулевым участком, левая граница этого участка указывает максимальный «возраст» $\bar{T}(t)$ хранящегося на складе угля к моменту времени t . Обращение плотности в нуль происходит либо из-за потери потребительских качеств угля и тогда $\bar{T}(t) = T$, либо из-за истощения запаса угля и тогда $\bar{T}(t) \leq T$.

Находим полный запас угля на складе в момент времени t :

$$x(t) = \int_0^{\bar{T}(t)} \rho(t, \tau) d\tau. \quad (5)$$

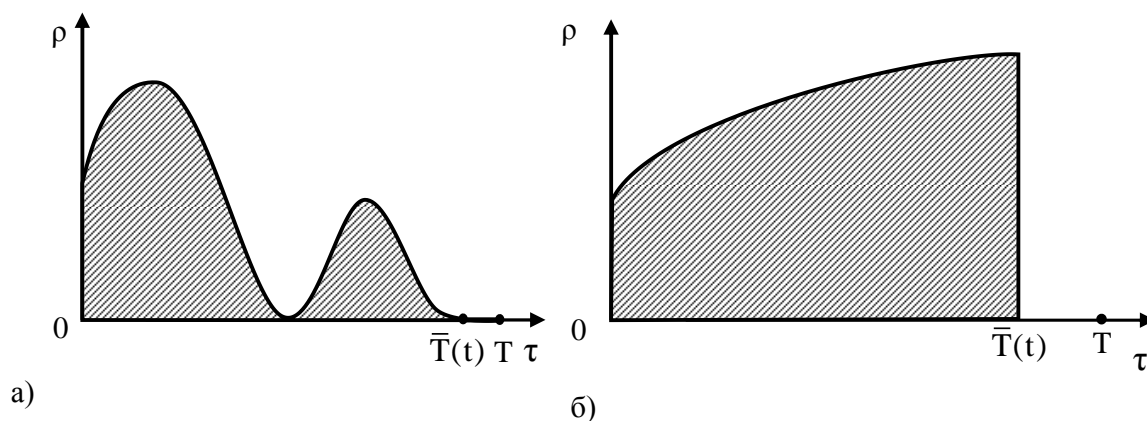


Рис.1. Плотность распределения угля по времени τ и сроку годности T :
а) непрерывная кривая с промежуточными нулями;
б) разрывная кривая.

Получим уравнение для функции $\rho(t, \tau)$ и краевые условия для уравнения плотности.

Пусть на плоскости (t, τ) «элементарная частица» продукта «движется» с постоянным вектором скорости, который имеет единичные компоненты, т.е. время t и время хранения τ растут с единичной скоростью:

$$v_t = \frac{dt}{dt} = 1 \quad v_\tau = \frac{d\tau}{dt} = 1,$$

где v_t – скорость изменения времени хранения угля t ;

v_τ – скорость «порчи продукта».

Траекториями движения «элементарной частицы» угля являются прямые

$$\tau = t - c, \quad (6)$$

где c – некоторая постоянная величина.

На плоскости (t, τ) выделим прямоугольник со сторонами, параллельными координатным осям (рис.2).

Определим количество угля, «протекающего» через этот прямоуголь-

ник в единицу времени, предполагая малость длин его сторон Δt и $\Delta \tau$.

Количество продукта, «вытекающего» через нижнюю и левую стороны с точностью до членов более высокого порядка малости относительно Δt и $\Delta \tau$ равно:

$$\rho(t, \tau) \frac{d\tau}{dt} \Delta t + \rho(t, \tau) \frac{dt}{d\tau} \Delta \tau = \rho(t, \tau)(\Delta t + \Delta \tau).$$

Это же количество «вытекает» через верхнюю $\rho(t, \tau + \Delta \tau)\Delta t$ и правую $\rho(t + \Delta t, \tau)\Delta \tau$ стороны и через стоки, распределенные по площади прямоугольника $\lambda(t, \tau) \cdot \rho(t, \tau)\Delta t \cdot \Delta \tau$ (скорость «порчи продукта»). Приравнявая эти выражения и перейдя к пределу, получим:

$$\frac{\partial \rho(t, \tau)}{\partial t} + \frac{\partial \rho(t, \tau)}{\partial \tau} = -\lambda(t, \tau) \cdot \rho(t, \tau) \quad \text{при } 0 < \tau < \bar{T}(t), t > t_0. \quad (7)$$

где $\lambda(t, \tau)$ – заданная интенсивность «порчи продукта» с временем хранения τ в момент времени t ;

$\lambda(t, \tau) \cdot \rho(t, \tau)$ – скорость порчи продукта.

Прямые (6) являются характеристиками уравнения (7).

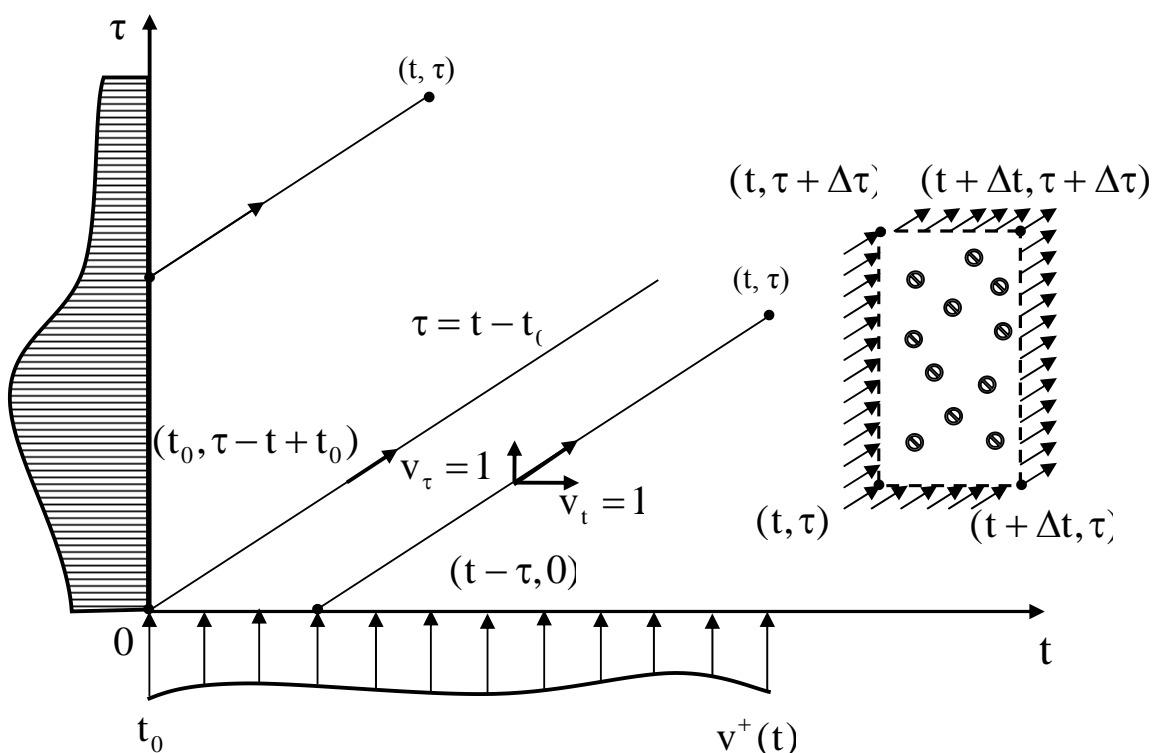


Рис. 2. Геометрическая интерпретация крайних условий для плотности

Крайевые условия для уравнения плотности (6), которое представлено частными производными, задаются на координатных полуосях (рис.2). При $t = t_0$ плотность определяется начальным состоянием склада $\rho_0(t)$, где

$t < t_0$, а при $\tau = 0$ – потоком планируемых поставок на склад $v^+(t)$, где $t \geq t_0$:

$$\rho(t_0, \tau) = \rho_0(\tau), \quad \rho(t, 0) = v^+(t) \quad \text{при } \tau > 0, t \geq t_0. \quad (8)$$

Уравнение (6) интегрируется вдоль прямых $\tau = t - c$, которые являются его характеристиками. Полная производная плотности по времени вдоль этих прямых равна:

$$\frac{\partial \rho(t, t-c)}{\partial t} = \frac{\partial \rho(t, \tau)}{\partial t} \Big|_{\tau=t-c} + \frac{\partial \rho(t, \tau)}{\partial \tau} \Big|_{\tau=t-c} \cdot \frac{d(t-c)}{dt} = -\lambda(t, t-c) \cdot \rho(t, t-c) \quad (9)$$

Запишем решение полученного дифференциального уравнения с начальными условиями (7):

$$\rho(t, \tau) = \begin{cases} \rho_0(\tau - t + t_0) \cdot \exp \left[-\int_{t_0}^t \lambda(\varepsilon, \tau - t + \varepsilon) d\varepsilon \right] & \text{при } \tau > t - t_0, \\ v^+(t - \tau) \exp \left[-\int_{t-\tau}^t \lambda(\varepsilon, \tau - t + \varepsilon) d\varepsilon \right] & \text{при } 0 \leq \tau \leq t - t_0, t \geq t_0, 0 \leq \tau \leq \bar{T}(t). \end{cases} \quad (10)$$

где ε – элементарный временной интервал, отсчитываемый от момента начала хранения угля на складе в направлении роста текущего времени t .

Полученные уравнения (7) – (10) дают возможность определить количество запасов угля на складе в любой момент времени. Если традиционные уравнения динамики запаса предполагают полную загрузку и отгрузку без потерь, то уравнения (7) – (10) позволяют определить избыточные запасы угля, которые увеличивают затраты на хранение.

В режиме функционирования топливно-энергетического комплекса информация об объемах запасов является основой для прогнозирования потребностей и поставок на склад. Применение логистического подхода к управлению материальными потоками на складах угля в топливно-энергетическом комплексе позволяют снизить складские расходы; учет логистических издержек способствует оптимизировать материальные потоки. Поэтому, мы считаем, что дальнейшие исследования относительно вопросов, связанных с эффективностью управления запасами в логистических системах топливно-энергетического комплекса, должны быть направлены на усовершенствование имеющихся методов оптимизации или создание новых. Это есть одним из важных направлений решения задач логистики.

Список литературы

1. Резниченко С.С., Ашихмин А.А. Математические методы и моделирование в горной промышленности. Учебное пособие.– 2-е изд., стер.– М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2001.– 404с.
2. Смирнов И.Г. Проблемы и методы эффективного управления запасами в логистических системах// Дистрибуция и логисти-

- ка. – 2003. – № 4. – С.6–22.
3. Таха Х. Введение в исследование операций: В 2 кн.– М.: Мир, 1985.– 597с.
 4. Уотерс Д. Логистика: Управление цепью поставок: Пер. с англ.– М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003.–503с.
 5. R.H. Ballow. Business Logistics Management. Prentice Hall Intern., Inc. 1992.– 476с.

В статье рассмотрены некоторые проблемы эффективности управления запасами в логистических системах топливно-энергетического комплекса и представлен один из научных подходов к решению вопроса о сбалансированности запасов угля на распределительных центрах – складах.

У статті розглянуті деякі проблеми ефективності керування запасами в логістичних системах паливно-енергетичного комплексу і представлений один з наукових підходів до рішення питання про збалансованість запасів вугілля на розподільних центрах – складах.

In clause some problems of a management efficiency by stocks in logistical systems a fuel-energy complex are considered and one of scientific approaches to the decision of a question on equation of stocks of coal on distribution centres - warehouses is presented.