ПРИМЕНЕНИЕ ЗАДАЧИ ЛИНЕЙНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ТОВАРНО – СЫРЬЕВЫХ РЕСУРСОВ КОМПАНИИ ООО “SAM ANTEP GILAM”

Усманов Илхом Ачилович[1], Усманов Фарзод Шохрухович[2]
[1]профессор кафедры «Управление бизнесом»
Самаркандский Государственный архитектурно-строительный университет, [2]Магистрант 2-курса Самаркандский институт экономики и сервиса
https://doi.org/10.5281/zenodo.15629344

Аннотация. *Инструменты экономического анализа деятельности предприятий связаны с обработкой большого объёма информации, которая носит динамический характер и требует целостной системы мониторинга состояния производства. Одним из объектов экономического анализа является состояние и оценка товарно-сырьевых ресурсов производственного предприятия. Проблема состоит в том, что, во-первых, товарно-сырьевые запасы находятся в постоянном движении, а во-вторых, замораживают оборотные средства, что серьёзно влияет на эффективность использования оборотных средств. Данная статья посвящена возможностей применения задачи линейного программирования в экономическом анализе для повышения объективности и достоверности экономических оценок.*
Ключевые слова: *производство, товарно-сырьевые запасы, линейное программирование, симплекс метод.*
Abstract. *The tools of economic analysis of enterprise activity are connected with processing of large volume of information, which is dynamic in nature and requires an integrated system of monitoring of the production state. One of the objects of economic analysis is the state and assessment of commodity and raw material resources of the production enterprise. The problem is that, firstly, commodity stocks are in constant motion, and secondly, they freeze working capital, which seriously affects the efficiency of using working capital. This article is devoted to the possibilities of using the linear programming problem in economic analysis to improve the objectivity and reliability of economic assessments*
Keywords: *production, inventory, linear programming, simplex method.*

Введение. Одним из ключевых факторов достижения высоких результатов и повышения эффективности предприятия является эффективное управление формированием и использованием запасов материальных ресурсов. Целью создания запасов материальных ресурсов является сглаживание различной интенсивность материальных потоков, взаимодействующих с производственным процессом для обеспечения непрерывности и ритмичности последнего. Важной составляющей управления товарно-материальными ресурсами является анализ их структуры, объемов и динамики изменения. **Анализ состояния товарно-сырьевых ресурсов** — это комплексное исследование структуры, динамики, объема, качества и эффективности использования

материальных запасов предприятия или отрасли. Он включает в себя оценку обеспеченности производства необходимым сырьем, выявление факторов, влияющих на формирование и расходование ресурсов, а также поиск путей их оптимизации.

Анализ литературы. Материальные ресурсы являются объектом исследования многих учёных. К примеру, по мнению А.М.Гаджинского (2017)[1]: «Материальные запасы – это находящиеся на разных стадиях производства и обращения продукция производственно-технического назначения, изделия народного потребления и другие товары, ожидающие вступления в процесс производственного или личного потребления». Т.Б.Бердникова (2020)[2] считает, что «запасы – это активы, которые отвечают следующим критериям: − в форме сырья и материалов предназначены для использования в процессе производства или оказания услуг; − предназначены для продажи в ходе нормальной деятельности предприятия; − находятся в процессе производства». По мнению А.П. Градова (2012)[3], это одна из ключевых составляющих производственного потенциала предприятия, включающая сырьевые запасы, материалы, полуфабрикаты и готовую продукцию. Другие авторы, такие как В.И. Белов (2015)[4], рассматривают товарно-сырьевой потенциал как фактор устойчивости бизнеса, который влияет на производственные мощности, снабженческую политику и издержки предприятия. В работах Ю.Н. Ковалёва (2018)[5] подчеркивается необходимость анализа не только количественных, но и качественных характеристик ресурсов, что важно для эффективного управления запасами.

Следует отметить, что наличие и управление товарно-сырьевыми запасами невозможно рассматривать в отрыве от общего товарно-сырьевого потенциала, так как именно потенциал определяет возможности предприятия по обеспечению бесперебойного производства, гибкости в управлении ресурсами и адаптации к изменениям рыночных условий.

Л.М.Иванова (2020)[6] определяет **анализ товарно-сырьевого потенциала предприятия** как комплексную оценку ресурсов предприятия, включающую сырьевые запасы, материалы и готовую продукцию, с целью определения их достаточности, эффективности использования и влияния на производственно-экономические показатели.

Для промышленного предприятия объектами данного направления анализа являются сырьё и основные материалы, вспомогательные материалы, полуфабрикаты, готовая продукция на складе, товары в пути, а также резервные и страховые запасы на производстве.

Этот анализ позволяет выявить проблемы, связанные с дефицитом или избыточными запасами, прогнозировать потребности, оценивать экономическую целесообразность закупок и разрабатывать стратегии эффективного управления ресурсами в условиях изменяющейся рыночной конъюнктуры.

Методология. Модель линейного программирования **(ЛП)** [7] – это математическая модель, используемая для оптимального распределения ограниченных ресурсов с целью максимизации прибыли или минимизации затрат. Она описывает экономические процессы с помощью линейной целевой функции и системы линейных ограничений, отражающих доступность ресурсов, спрос, производственные мощности и другие экономические факторы.

Формально задача линейного программирования определяется следующим образом:

1.Целевая функция – выражает экономический показатель, который необходимо оптимизировать (максимизировать доход или минимизировать затраты):

$$Z = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \qquad (1)$$

Где x_j – переменные решения, а c_j – это экономические коэффициенты (например прибыль на единицу продукции или стоимость ресурсов).

2.Ограничения – система линейных уравнений или неравенств, отражающих ограничения на ресурсы, спрос и производственные мощности:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \leq b_i, i = 1,2, \dots, m \qquad (2)$$

где: a_{ij} – коэффициенты потребления ресурсов, b_i – доступные ресурсы.

Ограничения не отрицательности – переменные не могут быть отрицательными:

$$x_j \geq 0, \qquad j = 1,2, \dots, n$$

Одним из популярных алгоритмов для решения задачи ЛП является построение симплекс таблиц.

Основная часть. Предприятие ООО “SAM ANTEP GILAM” является ведущим предприятием по производству ковров и ковровых покрытий Самаркандской области. В производственном процессе в качестве сырья оно использует различные полимерные волокна, такие как полипропилен, полиэстер, вискоза и акрил, что в общем составляют верхний слой ковра. Для изготовления подложки (основы) ковровых изделий используется вал с намотанной на него хлопковой или полиэстеровой основой, который в свою очередь переплетается с джутовым волокном для поддержания прочности. Для придания устойчивости ковра и фиксации ворса используется латекс.

На сегодняшний день производственная мощность предприятия составляет 13,5 млн.кв.м в год коврового изделия различных размеров, плотности и дизайна. Широкий ассортимент сырья, задействованного в производстве, требует эффективного управления запасами, что не всегда возможно при изменяющихся рыночных условиях. В результате возрастают финансовые риски, связанные с ликвидностью и оборачиваемостью материальных запасов, особенно при росте цен на сырье или снижении объемов продаж готовой продукции.

Предварительный анализ товарно-сырьевых запасов заключается в оценке продолжительности хранения различных видов сырья на складе. Источниками данных для анализа состояния товарно-сырьевых ресурсов предприятия являются данные оперативного мониторинга запасов в системе SAP (Systems, Applications, and Products in Data Processing) компании.

Для анализа сырьевых запасов (акриловых и полиэстеровых нитей) мы изучили структуру складских запасов на 01.02.2025 и 01.03.2025 классифицировав их на группы по периодам хранения, то есть деления их на остатки сроком до 3-х месяцев, от3-х до 6-и месяцев и более 6-и месяцев.

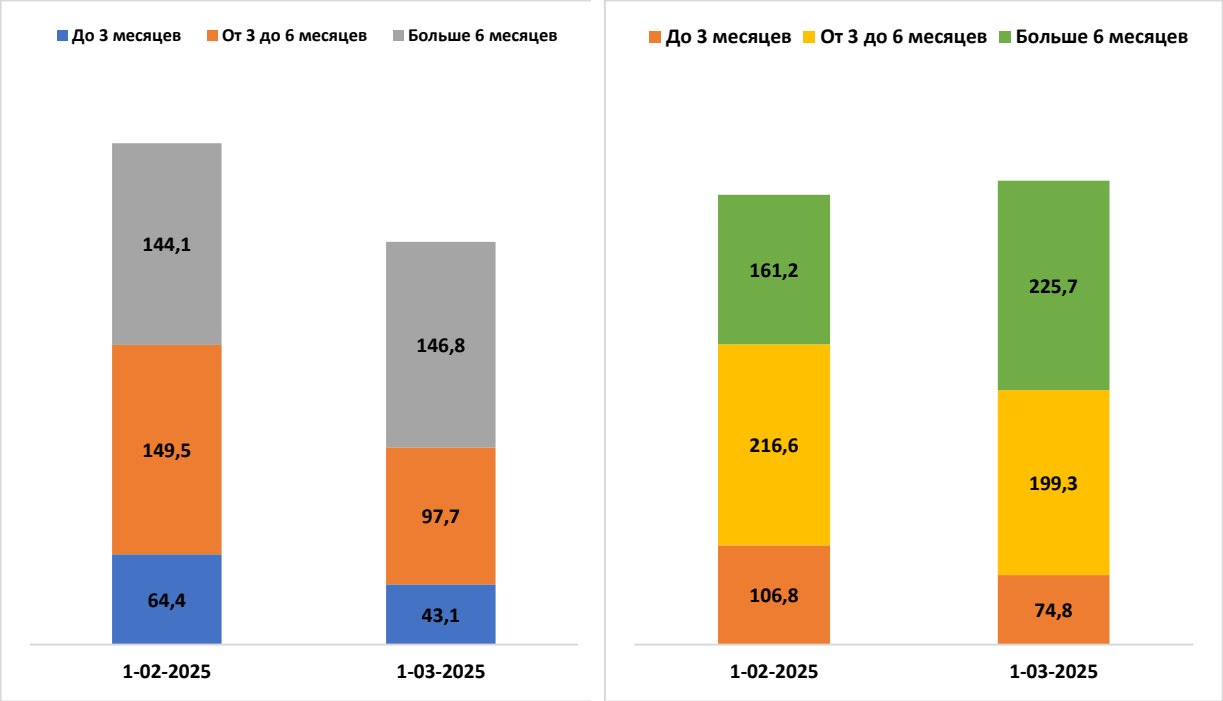

Рисунок 1. Диаграмма изменения остатков акриловых и полиэстеровых нитей на складе на период 01.02.2025 года и 01.03.2025 года (тн).

Анализируя остатки на дату 01.02.2025 и 01.03.2025 мы можем видеть что в обеих видах сырья наблюдается чрезмерное накопление старых партий которые хранятся более 3 месяцев (85% для акриловых и 87% для полиэстеровых). Увеличение сроков хранения сырья на складе связано прежде всего от взаимозависимости нитей различных цветов и плотности при изготовлении ковров определённой коллекции. Любая нехватка одной позиции (цвета) делает другие запасы менее ликвидными и увеличивает объем старых, невостребованных партий на складах. С другой стороны, существует диспропорция объемов между производственными цехами и отделом закупа, из-за чего закупается больше нитей, чем фактически нужно для выпуска продукции.

Для детального анализа товарно-сырьевых запасов с использованием ЛП мы решили разработать оптимизационную модель линейного программирования. Симплекс-метод – это алгоритм решения задач линейного программирования, используемый в экономике для оптимального распределения ограниченных ресурсов. Целью является достижение максимальной прибыли или минимальных затрат, соблюдая заданные экономические ограничения (например, доступность сырья, производственные мощности, спрос и т.п.).

Метод основан на последовательном улучшении решения путем перехода между вершинами допустимого множества, что гарантирует нахождение оптимального плана. На сегодняшний день данный алгоритм существует во многих пакетах прикладных языков программирования как «Python» и «R».

В качестве примера приведём экстремальную модель расчёта оптимальной нормы использования нитей для компании ООО “SAM ANTEP GILAM”.

Первое условие:

На сегодняшний день предприятие ООО “SAM ANTEP GILAM” производит 7823 вида коллекций (различных размеров и дизайна) в состав которых входит акрил. В системе

SAP, мы извлекаем плановые расходы сырья, приходящие на 1 кв.м. ковра и по формуле (2) составим условия ограничения задачи линейного программирования.

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij}\, x_j \leq\ b_i\,, i = 1,2,\dots,m$$

Где a_{ij} – средний расход сырья (акриловой или полиэстеровой нити) приходящий на 1 кв.м ковра, b_i – остаток нити на складе, x_j – объём оптимального выпуска ковра в кв.м.

Второе условие: Спрос является одним из ключевых факторов в **моделях ЛП**, поскольку определяет, сколько продукции нужно произвести и реализовать предприятию. Для определения спроса в задаче ЛП мы определили границы возможных решений для объёма оптимального выпуска ковра в кв.м., а именно:

$x_j \in [D_a; D_b]$; где $D_{a,b}$ –это максимально и минимально ожидаемый спрос за период.

Третье условие: для разработки целевой функции задачи линейного программирования мы использовали для переменной c_j **показатель стабильности выпуска** ковров для *j* коллекции:

В нашем случае показатель стабильности выпуска – это показатель, характеризующий степень изменчивости объемов выпуска продукции (в данном случае ковров) относительно среднего уровня. Он позволяет оценить стабильность производства и равен обратному показателю коэффициента вариации:

$$SG = \frac{\mu}{\sigma} * 100\%$$

чем выше данный коэффициент, тем стабилен объём выпуска на производстве в разрезе месяцев. Этот коэффициент помогает предприятиям анализировать устойчивость производства и прогнозировать возможные риски.

Используя следующую метрику, мы разработали целевую функцию, которую надо максимизировать:

$$Z = \sum_{j=1}^{n} c_j\, x_j \rightarrow \max$$

где x_j – объём оптимального выпуска ковра в кв.м , а c_j – это показатель стабильности выпуска. Идея выбора показателя стабильности выпуска означает что, алгоритм линейного программирования распределяет сырьё придавая упор на коллекции, в которых коэффициент стабильности выпуска выше, а потом распределяет оставшееся сырьё для менее популярных коллекций.

В матричном виде наша модель выглядит следующим образом:

$$M_{i*j} = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1j-1} & a_{1j} & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2j-1} & a_{2j} & 0 & 1 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & & \ddots & \vdots & & \vdots & & \ddots & \vdots & \\ a_{i-1,1} & a_{i-1,2} & \cdots & a_{i-1,j-1} & a_{i-1;j} & 0 & 0 & \cdots & 1 & 0 \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{i,j-1} & a_{ij} & 0 & 0 & & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

где M_{i*j} – это матрица определяющая количество потребляемых ресурсов на кв.м j видов ковров (всего *i* – видов сырья на складе используемых на *j* – видов ковров).

Условия ограничения для матрицы M_{i*j} можно представить как вектор- строку $b_i = (b_1 \quad b_2 \quad b_3 \quad \dots \quad b_i)^T$, где $b_1, b_2, \dots b_i$ – это остаток нити на складе.

Составные части целевой функции выглядит как $c_j = (c_1 \quad c_2 \quad c_3 \quad \dots \quad c_j)^T$, где $c_1, c_2, \dots, c_j$ – это коэффициенты стабильности выпуска для какой – либо коллекции.

Составив матричную форму для модели ЛП, ниже нами был разработан алгоритм, который был запущен в среде программирования «R», через пакет lpSolve;

```
Install_packages (lpSolve)
library(lpSolve)
matrix25March = read_excel("Март 2025 год.xlsx", range = "X7:BN13650", sheet = "Лист1", col_names = TRUE)
matrix25March = as.matrix(matrix25March)
matrix25March = 0.001*matrix25March
diag_matrix= diag(13 643)
diag_matrix = -1* diag_matrix
mainmatrix = rbind(matrix25March, diag_matrix)
digits = rep("<=" , 13 719)
limit25March = read_excel("Март 2025 год.xlsx", range = "DA1:DA13720", sheet = "Лист1",col_names = TRUE)
optimal25March = read_excel ("Март2025 год.xlsx", range = "CW7:CW13650", sheet = "Лист1", col_names = TRUE)
optimal25March = unlist(optimal25March)
limit25March = unlist(limit25March)
optimal_model1 = lp("max", optimal25March, mainmatrix, digits, limit25March)
```

В рамках задачи линейного программирования мы провели оптимизацию производственного плана с учётом текущих остатков акриловых и полиэстеровых нитей на складе и степени их ликвидности на 1 марта 2025 года.

На основе анализа имеющейся информации программой получены результаты возможной оптимизации запасов по отдельным видам сырья. За основу взяты фактические данные по каждому коду нитей и их объем в днях потребления (0-90, 91-180, больше 180 дней), а также по их ликвидности (100-81%, 80-61%, 60-41%, 40-21%, менее 20%).

По результатам моделирования всего было проанализировано более 700 позиции акриловых и полиэстеровых нитей. Модель распределила сырье по **пяти группам по степени оптимальности использования**, от 100%-80% до 20%-0% (таблица 1).

Таблица 1. Общие результаты по группам ликвидности:

Группа оптимального использования	Акриловая нить	Полиэстеровая нить
100% – 81%	7%	12,7%
80% – 61%	3%	13,4%
60% – 41%	12%	9,1%
40% – 21%	27%	19,5%
20% – 0%	**52%**	**45,2%**

(низколиквидное сырьё)		

Заключение. Использование экстремальной модели оптимизации сырья на ООО “SAM ANTEP GILAM” показало высокую эффективность и перспективные возможности линейного программирования при решении производственных задач. По результатам решения данной локальной задачи можно сделать следующие выводы:

- только 7% акриловых и 12,7% полиэстеровых нитей может быть отнесено к первой (наиболее эффективной) группе с уровнем использования 100% –80%. Это указывает на узкий перечень нитей, эффективно вовлечённых в производственный процесс;
- почти четверть позиций (27%) акриловых и пятая часть (19,5%) полиэстеровых нитей попали в категорию с оптимальностью 40%–20%, а более половины (52%) акриловых и почти половина полиэстеровых (45,2%) попали в наименее эффективную группу (менее 20%), что указывает на дисбаланс между запасами сырья и потребностями производства;
- акриловые нити, имеющие длительный срок хранения (свыше 180 дней), составляют более 40% от общего остатка, при этом большинство из них не задействованы в текущем производственном плане — это сигнал к необходимости пересмотра политики планирования закупок сырья;
- среди полиэстеровых нитей наибольший объём нити сосредоточен в категории хранения 90–180 дней, при этом значительная часть из них не вошла в высокоэффективные группы, что может сигнализировать о замедлении производственного цикла или неактуальности этих позиций для текущего спроса.

Таким образом, модель линейного программирования не только доказала необходимость оптимизации запасов сырья, но наглядно показала, Какие потенциальные меры воздействия необходимо предпринять для максимизации объемов производства при действующей политике управления товарно-сырьевыми ресурсами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаджинский А.М. Логистика. - М.: Финпресс, 2017 - 325 С.
2. Бердникова Т. Б. Анализ и диагностика финансово – хозяйственной деятельности предприятия: учеб. пособие. / Бердникова Т. Б. М.: ИНФРА – М, 2020 - 215 с.
3. Градов, А.П. Производственный потенциал предприятия: теория и практика. – М.: Экономика, 2012.
4. Белов, В.И. Управление ресурсным потенциалом предприятия. – СПб.: Питер, 2015.
5. Ковалёв, Ю.Н. Эффективность использования материальных ресурсов: методы и подходы. – М.: Финансы и статистика, 2018.
6. Иванова, Л.М. Экономическая оценка товарно-сырьевого потенциала предприятий. – Казань: Казанский университет, 2020.
7. Акулич, М. В. Математическое программирование в примерах и задачах. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 2022. — 432 с.
8. Мусаева Ш.А. Маркетинговые исследование. Учебник Издательство ООО «STAP-SEL», 2024 г