

УДК 658.783:681.3

## Комплексная автоматизация управления запасами в условиях многономенклатурного производства

Виноградова Г.Л., канд. техн. наук, Демчинова Е.А., ст. преп.

**Приведено описание автоматизированной системы управления запасами с учетом неликвидных остатков и расчетом влияния на ключевые показатели эффективности деятельности предприятия с многономенклатурным производством.**

*Ключевые слова:* управление запасами, автоматизация, многономенклатурное производство.

## Complex Automation of Storekeeping in the Conditions of Multiproduct Manufacture

G. L. Vinogradova, Candidate of Engineering, E. A. Demchinova, Senior Teacher

**The description of the automated control system of stocks taking into account the illiquid rests and calculation of influence on efficiency key indicators of the enterprise activity with multiproduct manufacture is described in the article.**

*Keywords:* storekeeping, automation, multiproduct manufacture

Повышение эффективности логистических процессов является одним из ключевых направлений повышения эффективности всего предприятия. В современных условиях это возможно только с помощью информационных систем и информационных технологий. Особенно актуальна эта задача для предприятий с многономенклатурным производством, так как в условиях рыночной экономики подобная форма бизнеса является доминирующей. Многономенклатурное производство характеризуется высоким ассортиментом и частой сменяемостью производимой продукции, что наиболее характерно для сферы производства товаров по индивидуальным заказам.

Для решения задачи комплексной автоматизации управления запасами в качестве объекта исследования рассмотрено предприятие, производящее специализированную (танцевальную) обувь. На предприятии в производстве постоянно находится около 800 вариантов различных моделей обуви, при этом высока динамика обновления ассортимента. Модели, не пользующиеся спросом, снимаются с производства или дорабатываются под требования заказчика, что создает сложную номенклатуру выпускаемой продукции.

Одним из «узких мест», сдерживающих выпуск продукции и увеличивающих время ее производства, являются логистические процессы на стадии подготовки производства, в ходе которых осуществляется закупка необходимого сырья и материалов. Для производства мелкосерийного многономенклатурного типа эти задачи усложняются за счет высокой частоты заказов, малых сроков их реализации в силу небольшой длительности цикла производства.

Исследуемое предприятие работает по типу связей с внешней средой – изготовление

продукции на заказ. Продукция должна быть изготовлена в точно определенные заказчиками сроки, что гарантирует предприятию работу с постоянными клиентами и, следовательно, стабильную и нарастающую эффективность. Для этого необходимо решение задач по обеспечению доставки материалов «точно в срок» на производство с минимизацией времени пролеживания материала на складе и в производстве. Эффективное решение проблемы возможно с использованием средств автоматизации класса MRP/ERP. Однако существующие системы планирования ресурсов по ряду показателей (функции/цена) не удовлетворяют требованиям решаемой задачи, что обуславливает необходимость разработки собственных автоматизированных приложений, учитывающих специфику управления запасами на многономенклатурном производстве.

Для комплексной автоматизации управления запасами на первом этапе решены следующие задачи: определены классификационные признаки и выполнена классификация ассортимента выпускаемой продукции; разработана математическая модель оптимизации запасов с учетом неликвидов; разработаны специализированные приложения по прогнозированию различных типов продукции с учетом сезонности и модуль оптимизации движения транспорта при доставке сырья [1]. Модули интегрированы в автоматизированную систему управления запасами (АСУЗ). Архитектура автоматизированной системы управления (АСУ) предприятия с интегрированной АСУЗ показана на рис. 1.

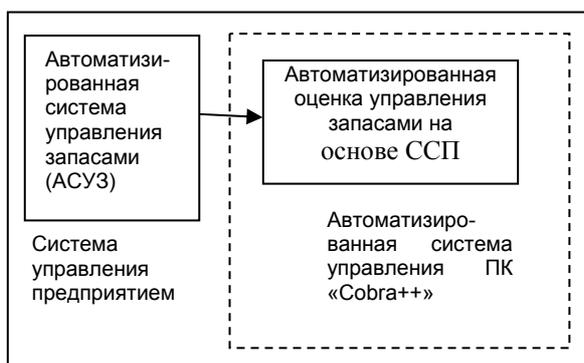


Рис. 1. Архитектура автоматизированной системы управления с интегрированной АСУЗ

Существующие модели формирования запаса (модель с фиксированным размером заказа, модель с фиксированной периодичностью заказа и др.) не отражают специфики управления запасами в многономенклатурном производстве с высокой периодичностью (скоростью) заказа, так как регулируемыми параметрами моделей для такого производства являются: размер заказываемой партии (величина переменная), точка заказа (величина переменная) и периодичность заказа (величина переменная).

Для автоматизации расчета запасов разработана математическая модель формирования запаса в условиях многономенклатурного производства с нефиксированным объемом расхода продукции. Модель отражает специфику управления запасами в многономенклатурном производстве и построена на основе итерационного метода, применение которого позволит формировать заказ в автоматическом режиме. Алгоритм решения следующий. Материал, объем которого достигает порогового уровня, добавляется в перечень формируемого заказа. Далее осуществляется просмотр расхода материала от порогового уровня до уровня дефицита и запрашивается расход материала на каждый последующий день, затем вычисляется необходимый объем для пополнения запасов. Если при выполнении этого процесса встречается дата гарантийного запаса другого материала, тогда он также добавляется в перечень формируемого заказа. Процесс продолжается до тех пор, пока не будет достигнут требуемый для бесперебойной работы объем материалов, который ограничивается вместимостью транспортного средства.

Физическое ограничение кузова транспортного средства (грузоподъемность, объем/площадь) учитывается следующим образом:

$$T = \sum_{i=1}^m J_i q_i, \quad (1)$$

где  $T$  – объем материала для формируемого заказа;  $m$  – количество видов материала, вошедших в перечень формируемого заказа;  $J_i$  –

количество  $i$ -го продукта;  $q_i$  – значение физического показателя  $i$ -го продукта.

Если предельно допустимый объем загрузки кузова транспортного средства ( $T^*$ ) больше, чем объем необходимого материала для формируемого заказа, т.е.  $T^* > T$ , то в этом случае перечень продукции многономенклатурной поставки должен быть откорректирован.

Модели расчета уровня дефицита имеют следующий вид:

$$0 \leq J - J^d < J^{d+1}; \quad (2)$$

$$f(J) = J - J^{f(d)}; \quad (3)$$

$$J_{n+1} = J_n - J^{f(d)}, \quad (4)$$

где  $J$  – уровень запаса;  $J^d$  – расход продукции на день  $d$ ;  $J^{d+1}$  – расход продукции на день  $(d + 1)$ ;  $n$  – количество дней, отведенных на гарантийный запас.

Гарантийный запас рассчитывается в соответствии с выражением

$$J_{gu} = J_{ud} + \sum_{i=1}^n J^{d_{ud}-i}, \quad (5)$$

где  $J_{gu}$  – уровень гарантийного запаса;  $J_{ud}$  – уровень дефицита;  $d_{ud}$  – дата начала уровня дефицита;  $J^{d_{ud}-i}$  – дневной спрос на  $(d_{ud} - i)$  день.

Дата начала гарантийного уровня запаса определяется как

$$d_{gu} = d_{ud} - n, \quad (6)$$

$d_{gu}$  – дата наступления гарантийного уровня запаса.

Пороговый уровень запаса материалов

( $J_{pu}$ ) определяется по формуле

$$J_{pu} = J_{gu} + \sum_{i=1}^n J^{d_{gu}-i}, \quad (7)$$

где  $J^{d_{gu}-i}$  – дневной спрос на  $(d_{gu} - i)$  день;  $d_{gu}$  – дата наступления гарантийного уровня запаса.

Дата наступления порогового уровня ( $d_{pu}$ ) рассчитывается как

$$d_{pu} = d_{gu} - n_z, \quad (8)$$

где  $n_z$  – планируемое время выполнения заказа.

Повысить эффективность управления запасами можно путем учета и использования в модели неликвидных запасов материалов, наличие которых характерно для большинства предприятий материального производства, а его объем определяется технологическими особенностями. Так, для предприятия по производству специализированной обуви объем неликвидных запасов зависит от технологии раскроя материалов, которая, в свою очередь, во многом определяет форму организации и автоматизации производства и существенно

влияет на экономические показатели предприятия.

Для разработки модели неликвидных остатков выполнен анализ причин их формирования. На исследуемом предприятии применяется технология раскроя материала с помощью автоматизированного режущего комплекса (АРК) по нетрадиционной схеме с максимальным использованием программного обеспечения. При использовании такой технологии человек выводится из процесса подготовки производства, а функции управления передаются интегрированной системе, состоящей из САПР, АСУП и АРК. В результате АРК переводится в режим полуавтомата, в котором роль человека сводится только к загрузке материалов и выгрузке раскроенных деталей. Оптимизация раскроя материала (кожи) заключается в минимизации отходов, которые можно было использовать в дальнейшем. Однако даже с использованием высокоавтоматизированной технологии раскроя некоторый объем материала уходит в отходы.

На отдельных материалах, главным образом на коже, всегда имеются пороки, не допустимые при производстве обуви. При раскрое таких материалов появляются добавочные отходы, называемые межшаблонными дополнительными отходами, связанными с сортностью. При разрубе жестких кож и многослойных настилов обувных тканей появляются отходы из-за наличия межшаблонных мостиков, зависящих от толщины кожи, количества слоев настила, конструкции резака и периметра детали. Связанные с этим потери в среднем составляют 1,5 %.

Разработана модель неликвидных остатков, учитывающая особенности их формирования для данного производства. Модель имеет вид

$$J_{NO} = J_{DO} + J_{OR}, \quad (9)$$

где  $J_{NO}$  – неликвидные остатки;  $J_{DO}$  – межшаблонные дополнительные отходы;  $J_{OR}$  – остатки при раскрое (отходы из-за межшаблонных мостиков).

Учитывать необходимо только те остатки, которые отвечают условию  $J_{OR} \geq O_{min}$ ;  $J_{DO} \geq O_{min}$ , где  $O_{min}$  – площадь минимального элемента раскроя.

В соответствии с таким подходом, на каждое первое число каждого месяца должна производиться инвентаризация неиспользованных остатков материалов в целях определения фактического расхода. К количеству материалов, полученных за месяц от поставщиков, необходимо прибавлять неиспользованный остаток материалов на начало месяца и исключить остаток неиспользованного материала на конец месяца. С учетом неликвидных остатков модель расчета гарантийного запаса материала примет вид

$$J_{gu} = J_{ud} + \sum_{i=1}^n J^{d_{ud-i}} + J_{NO}. \quad (10)$$

Разработанная модель использована в алгоритме при разработке автоматизированной подсистемы управления запасами (АСУЗ) в многономенклатурном производстве на основании прогноза потребления продукции.

Автоматизированная система АСУЗ позволяет выполнять:

- расчет критических точек состояния запасов (определение уровня дефицита материалов, гарантийного уровня, порогового уровня);
- мониторинг операций с запасами (определение материалов, достигших уровня дефицита, гарантийного уровня, порогового уровня);
- динамическое формирование заказа материалов (определение материалов, достигших заданного уровня, формирование заказа продукции, формирование диаграммы потребления продукции).

На рис. 2 показана экранная форма модуля управления запасами, в котором информация о запасах представлена в тексто-графическом виде.

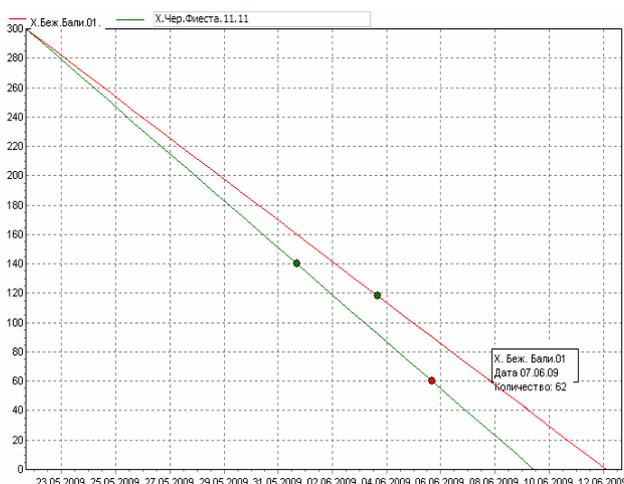


Рис. 2. Экранное окно с тексто-графическим представлением информации о наличии материала

Разработанный автоматизированный модуль позволяет повысить эффективность управления запасами на предприятиях с многономенклатурным производством на основе автоматического мониторинга состояния запасов, а также учета и использования неликвидных запасов.

Повышение уровня автоматизации производства возможно путем автоматизации оценки управления запасами, что позволит руководству предприятия оперативно получать информацию об эффективности функционирования всей системы управления запасами и влиянии на ключевые показатели эффективности деятельности предприятия.

В качестве методической основы при решении задачи использована методология Balanced Scorecard (система сбалансированных показателей – ССП) [2], показатели которой обеспечивают целенаправленный мониторинг деятельности предприятия, позволяют прогнозировать и упреждать появление проблем, органично сочетать уровни стратегического и оперативного управления, контролировать наиболее существенные финансовые и нефинансовые показатели деятельности предприятия.

Для оценки управления запасами на первом этапе отобраны наиболее значимые показатели для проведения комплексного финансового анализа и оценки эффективности деятельности предприятия. Показатели систематизированы в следующие группы: показатели платежеспособности; коэффициенты рентабельности, финансовой устойчивости и оборачиваемости; коэффициенты использования ресурсов и оценки эффективности хозяйственной деятельности; коэффициенты, применяемые для анализа безубыточности. Каждая группа содержит ряд показателей, поэтому на следующем этапе методом экспертных оценок оп-

ределены эти ключевые показатели. Результаты анализа сведены в табл. 1.

В результате ранжирования по наибольшему весовому коэффициенту выделены наиболее значимые показатели: коэффициент платежеспособности за период (год) по данным отчета о движении денежных средств; рентабельность основной деятельности; коэффициент обеспеченности запасов собственными оборотными средствами; коэффициент оборачиваемости запасов; величина доходов на 1 руб. расходов организации; материалоемкость; влияние увеличения скорости оборота оборотных средств на изменение объема продукции; маржинальный доход.

Для расчета коэффициентов установлены взаимосвязи входных и выходных значений и построены модели этих взаимосвязей. Входные величины формируются в результате функционирования АСУЗ, выходные характеризуют общее экономическое состояние предприятия. Модели расчета коэффициентов ССП, позволяющих оценить эффективность системы управления запасами, сведены в табл. 2.

Таблица 1. Ранжирование показателей финансового анализа и оценки эффективности предприятий

Эксперт	$K_{пл}^n$	$K_{пл}^d$	$Rent_{од}$	$Rent_n$	$Rent_{оп}$	$K_{оз}$	$K_{обз}$	$L_{об. акт}$	$L_{дс}$	$L_{зап}$	R	D	M	D	$K_{вл}$	MD	$Z_{фн}$
1	0,9		0,9			0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9			0,9	0,9		0,9
2		0,8		0,8		0,8	0,8				0,8	0,8	0,8			0,8	
3		1			1	1	1					1	1	1			
4	0,5		0,5			0,5	0,5						0,5		0,5	0,5	
Итого	1,4	1,8	1,4	0,8	1	3,2	3,2	0,9	0,9	0,9	1,5	1,8	2,3	1,9	1,4	1,3	0,9

**Примечание:**  $K_{пл}^n$  – коэффициент платежеспособности за период по данным отчета о движении денежных средств;  $K_{пл}^d$  – коэффициент оперативной платежеспособности (по состоянию на дату);  $Rent_{од}$  – рентабельность основной деятельности;  $Rent_n$  – рентабельность продаж по прибыли от продаж;  $Rent_{оп}$  – рентабельность продаж по чистой прибыли;  $K_{оз}$  – коэффициент обеспеченности запасов собственными оборотными средствами;  $K_{обз}$  – коэффициент оборачиваемости запасов;  $L_{об. акт}$  – длительность одного оборота (в днях) оборотных активов;  $L_{дс}$  – длительность одного оборота (в днях) денежных средств;  $L_{зап}$  – длительность одного оборота (в днях) запасов; R – величина расходов на 1 руб. доходов организации; D – величина доходов на 1 руб. расходов организации; M – материалоемкость; D – доходность активов организации;  $K_{вл}$  – влияние увеличения скорости оборота оборотных средств на изменение объема продукции;  $Z_{фн}$  – запас финансовой прочности; MD – маржинальный доход от продаж за период.

Таблица 2. Модели расчета показателей ССП

Показатель	Обозначение	Модель расчета
Коэффициент платежеспособности	$K_{пл}^n$	$K_{пл}^n = \frac{D/C}{P_m + P_m + P}$
Величина расходов на 1 руб. доходов организации	R	$R = \frac{D/C - P_m - P_m - P}{P_m + P_m + P}$
Коэффициент оборачиваемости запасов	$K_{обз}$	$K_{обз} = \frac{D/C + 3 + P_m + P_m + P}{3}$
Доходность активов организации	D	$D = \frac{D/C}{P_m + P_m + P}$
Материалоемкость	M	$M = \frac{P_m}{D/C}$
Влияние на изменение объема продукции	$K_{вл}$	$K_{вл} = \Delta P_m + \Delta P_m$
Маржинальный доход от продаж за период	MD	$MD = D/C - P_m - P_m$

Примечание; D/C – денежные средства предприятия; P – прочие расходы;  $P_m$  – расходы на материал;  $\Delta P_m$  – величина изменений расходов на материалы после внедрения АСУЗ;  $\Delta P_m$  – величина изменений транспортных расходов после внедрения АСУЗ;  $P_m$  – транспортные расходы; 3 – запасы на складе.

Для автоматизации расчета коэффициентов использован программный комплекс «Собга++», основанный на адаптивно-визуальном проектировании, применение которого позволяет значительно снизить затраты на разработку ИС [3]. Окно с рассчитанными показателями показано на рис. 3.

Рис. 3. Окно с расчетными показателями ССП

## Заключение

Разработанная автоматизированная система управления запасами для условий многономенклатурного производства обеспечивает повышение эффективности логистических процессов за счет учета неликвидных запасов. Интегрированная АСУЗ с функцией оценки управления запасами позволит руководству предприятия оперативно получать информацию об эффективности функционирования всей системы управления запасами и влиянии на ключевые показатели эффективности деятельности предприятия.

Предложенный подход к повышению эффективности управления запасами может быть использован на предприятиях другой отраслевой принадлежности, для чего необходимо уточнение модели учета неликвидных запасов, отражающее специфику производства продукции.

## Список литературы

1. Демчинова Е.А. Информационная поддержка управления запасами в условиях многономенклатурного производства // Научные труды молодых ученых КГТУ. – 2010. – Вып. 11. – Ч. 1. – С. 91–96.
2. Каплан Р., Нортон Д. Сбалансированная система показателей: от стратегии к действиям. – М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2003.
3. Шведенко В.Н., Набатов Р.А. Технология быстрой разработки баз данных и приложений пользователя в системе «Собга++» // Программные продукты и системы. – 2008. – № 2.

Виноградова Галина Леонидовна,  
Костромской государственный технологический университет,  
кандидат технических наук, профессор кафедры информационных технологий,  
телефон (4942)53-57-67, 8-910-927-96-12  
адрес: г. Кострома, ул. Самоковская, д. 5, кв. 53,  
e-mail: vinogrgalina@yandex.ru

Демчинова Елена Александровна,  
Костромской государственный технологический университет,  
старший преподаватель кафедры информационных технологий,  
телефон 8-910-661-84-74,  
e-mail: dea-05@mail.ru