

9. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА

9.1. МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ПРИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ В МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Демчинова Е.А., старший преподаватель, кафедра информационных технологий и защиты информации;

Виноградова Г.Л., к.т.н., профессор, кафедра информационных технологий и защиты информации

Костромской государственной технологической университет

В статье предложен подход к формированию запасов материальных ресурсов, учитывающий возможность использования взаимозаменяемости материалов. Приведена модель управления материальными ресурсами при условии их взаимозаменяемости. Дана методика формирования запасов в многономенклатурном производстве, учитывающая особенности предложенного подхода.

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности процессов управления материальными ресурсами при технологической подготовке производства является одним из ключевых направлений повышения эффективности всего предприятия. Особенно актуальна такая задача для предприятий с многономенклатурным производством, так как в условиях рыночной экономики подобная форма бизнеса являются доминирующей. Многономенклатурное производство характеризуется высоким ассортиментом и частой сменяемостью производимой продукции, что наиболее характерно для сферы производства продукции на заказ.

Одной из проблем многономенклатурного производства является бесперебойное обеспечение технологических процессов основными и вспомогательными материалами. Для производства продукции требуется наличие большого количества различных материалов с различными свойствами. В ряде отраслей имеет место взаимозаменяемость материалов при производстве продукции без снижения качества. Потребность в материалах зависит от заказов, и для поддержания ритмичности производства необходимо иметь запасы требуемых материальных ресурсов.

Для производства мелкосерийного многономенклатурного типа эти задачи усложняются за счет высокой частоты заказов и малых сроков их реализации. 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 хранения материала на складе и в производстве.

Проблемы управления материальными ресурсами для промышленных предприятий и его автоматизация рассматривались Винтером П.Р., Гавриловым Д. А., Гламаздиным Е.С., Крылович А.В., Мясниковым В.Л., Неймарком А. И., Первозванским А. А., Питеркиным С. В., Рыжиковым Ю. И. и другими учеными. Однако управление материаль-

ными ресурсами в условиях многономенклатурного производства с взаимозаменяемостью материалов и его автоматизация исследовано недостаточно.

Эффективное решение проблемы возможно с использованием средств автоматизации класса MRP/ERP [1, с. 35]. Однако существующие системы планирования ресурсов по ряду показателей (функции / цена) не удовлетворяют требованиям решаемой задачи, что определяет необходимость разработки собственных автоматизированных приложений, учитывающих специфику управления запасами на многономенклатурном производстве. Поэтому разработка моделей и методик формирования запасов материальных ресурсов в многономенклатурном производстве и базирующихся на них специализированных автоматизированных систем является актуальной задачей.

МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНОГО ПРОИЗВОДСТВА ПРИ УСЛОВИИ ИХ ВЗАИМОЗАМЕЯМОСТИ

Для автоматизации расчета запасов разработана математическая модель формирования запаса в условиях многономенклатурного производства с нефиксированным объемом расхода продукции с учетом взаимозаменяемости материалов [2, с. 3]. Модель отражает специфику управления запасами в многономенклатурном производстве и построена на основе итерационного метода, применение которого позволит формировать заказ в автоматическом режиме.

При наличии на складе широкой номенклатуры продукции (товаров) возникает задача о возможности организации одновременной поставки потребителю номенклатур. Аргументами в пользу объединения разных номенклатур в один заказ являются:

- требование поставщика о стоимости каждого заказа не ниже некоторой предельной величины;
- реализация полной загрузки используемых транспортных средств;
- ограничение количества отправок и их периодичности каждому поставщику (синхронизация);
- снижение затрат на организацию доставки продукции.

При расчете многономенклатурных поставок особое значение приобретает учет ограничений, связанных с объемом (площадью) и грузоподъемностью транспортных средств, объемом (площадью) складских помещений, наличием средств для приобретения всей партии и т.д. [6, с. 115]. В данном случае будет рассматриваться физические ограничения кузова транспортного средства (грузоподъемность, объем (площадь)).

Для решения задачи разработана методика формирования запасов, включающая следующие этапы:

- отслеживается состояние запасов;
- материал, объем запасов которого достигает порогового уровня, добавляется в перечень формируемого заказа;
- вычисляется необходимый объем запасов материала, для чего осуществляется просмотр расхода материала от порогового уровня состояния запасов до уровня дефицита;

- материалы, состояние запасов которых на рассматриваемый период достигает своего порогового уровня, также добавляются в формируемый список заказа;
- время доставки материала – время, за которое объем запасов материала достигает гарантийного уровня, начиная с порогового уровня; время доставки заказа – время доставки материала с ближайшей датой гарантийного уровня;
- процесс формирования заказа продолжается до тех пор, пока не будет достигнут требуемый для бесперебойной работы производств объем материалов (с учетом времени доставки материалов и вместимости транспортного средства доставки материалов);
- учитывается свойство взаимозаменяемости материалов на основе классификации по определенным признакам (для материалов, достигших уровня дефицита).

Графически формирование запасов представлено на рис. 1.

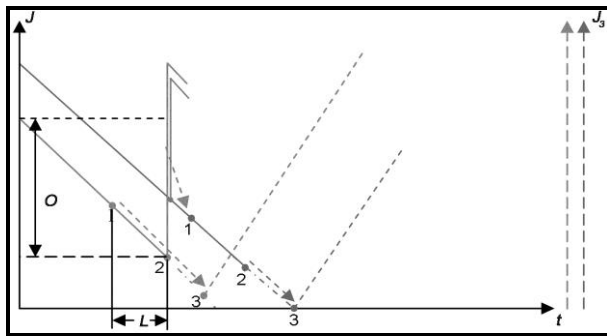


Рис. 1. Формирование заказа: 1 – пороговый уровень; 2 – гарантийный уровень; 3 – уровень дефицита; L – время доставки; t – время; сутки; J – уровень запаса; J₂ – уровень заказа; Q – максимальный уровень запаса

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

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

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 вид:

$$0 \leq J - J^d < J^{d+1},$$

$$f(J) = J - J^{f(d)},$$

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

где **J** – уровень запаса;

J^d – расход продукции на день **d**;

J^{d+1} – расход продукции на день (**d+1**),

d_{n+1} = d_n + 1;

n – количество дней, отведенных на гарантийный запас.

Гарантийный запас рассчитывается в соответствии с выражением

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

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

$$d_{gu} = d_{ud} - n,$$

где **d_{gu}** – дата наступления гарантийного уровня запаса.

Пороговый уровень запаса материалов **J_{pu}** определяется по формуле:

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

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

$$d_{pu} = d_{gu} - n_z,$$

где **n_z** – планируемое время выполнения заказа.

Для предприятия, которое стремится свести к минимуму уровень запасов и одновременно создает гарантийный (страховой) запас, задача управления запасами состоит в поддержании постоянного, заданного уровня гарантийных запасов.

В качестве такого критерия оптимизации выбрана минимизация абсолютной величины гарантийного уровня запасов:

$$|J_{gu \max} - J_{gu 3}| \rightarrow \min,$$

где **J_{gu max}** – максимальное значение уровня гарантийного запаса;

J_{gu 3} – заданное значение уровня гарантийного запаса.

Цель оптимизации состоит в том, чтобы определить минимальную величину запаса, при которой еще возможна нормальная без перебоев, реализация товара.

Направлением повышения эффективности управления запасами является учет и использование 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 – объекта исследования – объем неликвидных запасов зависит от технологии раскрытия материалов, которая в свою очередь во многом определяет форму организации и автоматизации производства и существенно влияет на экономические показатели предприятия. Ограничением использования неликвидов является отсутствие взаимозависимости материалов при производстве продукции.

Для разработки модели неликвидных остатков выполнен анализ причин их формирования. На исследуемом предприятии применяется технология раскрытия материала с помощью автоматизированного режущего

комплекса (АРК) по нетрадиционной схеме с преимущественным использованием программного обеспечения, при которой функции управления передаются интегрированной системе, состоящей из САПР, АСУП и АРК [5, с. 86]. Оптимизация раскроя материала (кожи) заключается в минимизации отходов, которые можно использовать в дальнейшем. Однако даже с использованием высокоавтоматизированной технологии раскрой некоторый объем материала уходит в отходы.

На отдельных материалах, главным образом на коже, всегда имеются пороки, недопустимые 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 межшаблонных мостиков, зависящих от толщины кожи, количества слоев настила, конструкции резака и периметра детали. Потери из-за мостиков при разрубе жестких кож в среднем составляют 1,5%.

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

$$J_{NO} = J_{DO} + J_{OR},$$

где J_{NO} – неликвидные остатки;

J_{DO} – межшаблонные дополнительные отходы;

J_{OR} – остатки при раскрое (отходы из-за межшаблонных мостиков).

Необходимо учитывать только те остатки, которые отвечают условию $J_{OR} \geq O_{min}$; $J_{DO} \geq O_{min}$, где O_{min} – площадь и геометрия минимального элемента раскроя. Модель учета неликвидных остатков должна уточняться для конкретного производства.

В соответствии с таким подходом не требуется периодической инвентаризации неиспользованных остатков материалов для определения фактического расхода. С учетом неликвидных остатков модель расчета гарантийного запаса материала примет вид:

$$J_{gu} = J_{ud} + \sum_{i=1}^n J_{ud}^{d_{ud}-i} + J_{NO}.$$

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ЗАПАСОВ

Для автоматизации расчета запасов разработана методика формирования запасов, включающая следующие этапы:

- отслеживается состояние запасов (начиная с дня d);
- материал, объем запасов которого достигает порогового уровня, добавляется в перечень формируемого заказа (для i -й номенклатуры, $i = 1 \dots n$, n – количество номенклатур, если $J^i = J_{pu}^i$, то i , где J^i – объем запасов для i -й номенклатуры на день d , J_{pu}^i – пороговый уровень запаса для i -й номенклатуры, Z – формируемый заказ);
- вычисляется необходимый объем запасов материала, для чего осуществляется просмотр расхода материала от порогового уровня состояния запасов до уровня дефицита;
- материалы, состояние запасов которых на рассматриваемый период достигает своего порогового уровня, также добавляются в формируемый список заказа (для i , $k = 1 \dots n$), с шагом один день, если $J^k = J_{pu}^k$, то k , где i , k – позиции номенклатуры, d_{pu} – дата наступления порогового уровня для i -й номенклатуры, d_{gu} – дата наступления гарантийного уровня для i -й номенклатуры, J^k – объем запасов для k -

й номенклатуры на день d , J_{pu}^k – пороговый уровень запаса для k -й номенклатуры, Z – формируемый заказ;

- время доставки материала – это время, за которое объем запасов материала достигает гарантийного уровня, начиная с порогового уровня; время доставки заказа – время доставки материала с ближайшей датой гарантийного уровня, где t_{di} – время доставки i -й номенклатуры, d_{pu} – дата начала порогового уровня для i -й номенклатуры, t_{dz} – время доставки заказа Z , m – количество номенклатур в заказе Z ;
- процесс формирования заказа продолжается до тех пор, пока не будет достигнут требуемый для бесперебойной работы производства объем материалов (с учетом времени доставки материалов и вместимости транспортного средства доставки материалов), т.е. учет времени согласно предыдущему пункту методики;
- учитывается условие взаимозаменяемости материалов с учетом классификации материальных ресурсов (для материалов, достигших уровня дефицита), т.е. для p , $q = 1 \dots n$, p , q , если $J^p = J_{pu}^p$ и материалы p и q – взаимозаменяемы, тогда если $J^q = J_{pu}^q$, то в производстве происходит замена материала p на материал q , где p , q – позиции номенклатуры (материалы), n – количество номенклатур, J^p – объем запасов номенклатуры p на день d , J_{pu}^p – уровень дефицита запаса для p -й номенклатуры, J^q – объем запасов номенклатуры q на день d , J_{pu}^q – пороговый уровень запаса для q -й номенклатуры.

Проведенные в ходе исследований эксперименты показали адекватность разработанной модели управления материальными ресурсами при условии их взаимозаменяемости.

Предложенная модель и методика формирования запасов использована в алгоритме при разработке автоматизированной системы управления запасами (АСУЗ) в многономенклатурном производстве.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЗАПАСОВ МАТЕРИАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В снабженческой, производственной и распределительной логистике широко используются методы прогнозирования, поскольку прогнозные оценки развития анализируемых процессов являются основой принятия управленческих решений при оперативном, тактическом и стратегическом планировании. От точности и надежности прогноза зависит эффективность реализации различных логистических операций и функций: от оценки вероятности дефицита продукции на складе до выбора стратегии развития организации.

Различным аспектам теории прогнозирования посвящено значительное количество исследований. В большинстве работ прогноз определяется как вероятностное научно обоснованное суждение о перспективах, возможных состояниях того или иного явления в будущем и / или об альтернативных путях и сроках их осуществления. Под методом прогнозирования понимается способ исследования объекта, направленный на разработку прогноза [4, с. 132].

Прогнозирование расхода ресурсов позволяет предприятию с многономенклатурным производством иметь то количество ресурсов, которое является минимальным, но достаточным для выполнения поступивших заказов, тем самым высвобождая оборотные средства, которые могут приносить дополнительную прибыль. Для таких предприятий характерно большое

количество разнообразных ресурсов, короткий жизненный цикл производства продукции, широкий ассортимент товаров. На предприятии с многономенклатурным производством предсказывать прогноз расхода каждого материала не представляется возможным, поэтому проведена классификация материальных ресурсов (материалов) [3, с. 59].

На выборке данных для каждой из классификационных моделей были обучены наборы нейронных сетей и для каждой классификационной модели выбрано по одной нейросети с наибольшим процентом правильных ответов. Для решения задачи прогнозирования в качестве типа нейросети выбран многослойный перцептрон с методом Левенберга – Марквардта обучения сети.

В качестве примера на полученных сетях выполнен прогноз на 7 месяцев для группы популярных моделей обуви, подготовленные данные для прогноза представлены на рис. 2.

Case	VAR1
264	2590
265	1782
266	1686
267	2214
268	1157
269	1157
270	1465
271	316
272	1007
273	1394
274	825

Рис. 2. Экранная форма с данными для прогнозирования

Результаты прогноза для группы популярных моделей обуви представлены на рис. 3.

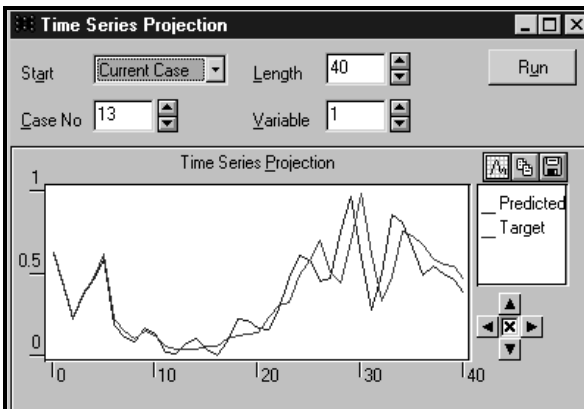


Рис. 3. Экранная форма с результатами прогноза

Оценить качество прогноза можно с помощью отношения стандартных отклонений, которое в случае хорошего прогноза должно быть близко к нулю (для рассматриваемого прогноза отношение составило 0,109).

Если прогноз получается некачественным, необходимо пересмотреть функции активации нейронов, значения пре / пост процессирования, обучающее множество и заново переобучить сеть.

Моделям на основе нейронных сетей присущи достоинства и недостатки. В качестве достоинств нейронных сетей можно выделить:

- возможность решения неформализованных задач;
- модифицирование модели по мере появления новых наблюдений;
- работа с временными последовательностями (ежедневные, еженедельные наблюдения).

В качестве основных недостатков можно выделить:

- логическую непрозрачность нейронных сетей при неявном обучении;
- необходимость некоторого минимума наблюдений;
- значительные временные затраты для достижения удовлетворительного результата;
- наличие специалиста, способного интерпретировать результаты и оценивать качество полученных прогнозов.

Выводы

Для повышения эффективности применения материальных ресурсов на предприятиях предложено использовать взаимозаменяемость материалов при условии сохранения качества выпускаемого изделия, определяемого заказчиками.

Предложена модель управления материальными ресурсами многономенклатурного производства при их взаимозаменяемости, учитывающая неликвидные остатки, что позволит на предприятии не проводить периодическую инвентаризацию неиспользованных остатков материалов. Рассмотрен способ прогнозирования материальных ресурсов в многономенклатурном производстве, позволяющий учитывать классификацию материальных ресурсов с условием их взаимозаменяемости для многономенклатурного производства.

Литература

1. Гайфуллин Б.Н. Автоматизация систем управления предприятиями стандарта ERP-MRPII [Текст] / Б.Н. Гайфуллин, И.А. Обухов. – М/ : Интерфейс-пресс, 2001. – 102 с.
2. Демчинова Е.А. Метод прогнозирования запасов материальных ресурсов в многономенклатурном производстве, позволяющий учитывать классификацию материальных ресурсов с условием их взаимозаменяемости [Электронный ресурс] / Е.А. Демчинова, Г.Л. Виноградова // Инженерный вестник Дона : электр. науч.-инновационный ж-л. – 2010. – №4. Режим доступа: <http://ivdon.ru/magazine/latest/n1y2011/331/>.
3. Демчинова Е. А. Комплексная автоматизация управления запасами в условиях многономенклатурного производства [Текст] // Е.А. Демчинова, Г.Л. Виноградова // Вестн. Ивановского госуд. энергетического ун-та. – 2010. – №3. – С. 58-61.
4. Кузин Б.И. и др. Методы и модели управления фирмой [Планирование производства; Анализ финансовой деятельности; Исследование рынка] [Текст] / Б.И. Кузин, В.Н. Юрьев, Г.М. Шахдинаров. – СПб. : Питер, 2001. – 432 с.
5. Левыкин М.П. Автоматизация процесса проектирования и производства обуви в объектно-функциональной системе управления предприятием [Текст] / М.П. Левыкин, В.Н. Шведенко // Информационные технологии в управлении и моделировании. – 2005. – С. 85-87.
6. Сакович В.А. Модели управления запасами [Текст] / В.А. Сакович, М.И. Балашевич. – М. : Наука, 1986.

Ключевые слова

Управление запасами; многономенклатурное производство; модели; материалы; взаимозаменяемость.

Демчинова Елена Александровна

Виноградова Галина Леонидовна

РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность рецензируемой статьи определяется рассматриваемой автором проблемы формирования запасов материальных ресурсов в многономенклатурном производстве и их прогнозирования. Для производства мелкосерийного многономенклатурного типа эта задача усложняется за счет высокой частоты заказов и малых сроков их реализации. Продукция должна быть изготовлена в точно определенные заказчиками сроки, что гарантирует предприятию работу с постоянными клиентами и, следовательно, стабильную и нарастающую эффективность.

В рецензируемой статье рассмотрена проблема формирования материальных ресурсов многономенклатурного производства на примере производства специализированной обуви. Основной акцент исследований сосредоточен на возможности использования такого свойства материальных ресурсов, как их взаимозаменяемость без потери качества производимых изделий, что способствует обеспечению бесперебойной работы производства. Показано, что перспективным направлением является прогнозирование материальных запасов с использованием информационных технологий, в частности нейронных сетей.

Новизна положений исследования заключается в том, что предложены модели управления материальными ресурсами многономенклатурного производства и оригинальная методика формирования запасов с учетом свойства их взаимозаменяемости. Практическая значимость исследования заключается в том, что внедрение предложенных моделей, учитывающих неликвидные остатки материалов, позволит поддерживать на предприятии необходимый уровень запасов и не проводить периодическую инвентаризацию неиспользованных остатков материалов.

Таким образом, статья рассматривает актуальные проблемы формирования материальных запасов для бесперебойного производства многономенклатурного производства, отражает авторский подход и представляет определенный научно-практический интерес. Рецензируемая статья отвечает требованиям, предъявляемым к научным публикациям, и может быть рекомендована к опубликованию.

Немиров А.Л., д.э.н. профессор, заведующий кафедрой экономики и управления Костромского государственного технологического университета.