

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

Кафедра «Экономика и управление на транспорте»

Ю.В.Пересветов, О.В. Чадина

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

Москва - 2015 г.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО
ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ»

Кафедра «Экономика и управление на транспорте»

Ю.В.Пересветов, О.В. Чадина

УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

*Рекомендовано редакционно-издательским советом университета в качестве
учебного пособия*

Для студентов магистратуры по направлению «Менеджмент»

Москва – 2015 г.

УДК 659.9
П-23

Пересветов Ю.В., Чадина О.В. Управление цепями поставок: Учебное пособие. - М.: МИИТ, 2015. - с.

В учебном пособии изложена сущность и методы управления цепями поставок с позиций наиболее эффективной организации материальных потоков с целью производства и распределения продукции в конкурентной рыночной среде.

Учебное пособие предназначено для студентов магистратуры Института экономики и финансов Московского государственного университета путей сообщения.

Рецензенты: профессор кафедры «Управление эксплуатационной работой и безопасностью на транспорте» Московского государственного университета путей сообщения д.т.н. Шапкин И.Н., доцент кафедры «Экономика в энергетике и промышленности» Национального исследовательского университета МЭИ, к.э.н. Гуськов С.В.

© Московский государственный университет
путей сообщения (МГУ ПС (МИИТ)), 2015
ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1. КОНЦЕПЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК.....	6
1.1. Основные понятия и принципы управления цепями поставок.....	6
1.2.Классификация цепей поставок.....	12
2.УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПОЧКОЙ СНАБЖЕНИЯ НУЛЕВОГО УРОВНЯ.....	14
2.1. Критерий управления цепочкой снабжения.....	14
2.2. Статистическая оценка потребности производителя продукции в сырье.....	15
2.3. Стратегии управления поставками.....	18
2.4. Выбор стратегии управления поставками и оценка её параметров.....	22
2.5. Особенности управления цепочкой снабжения при наличии множества производителей – поставщиков необходимого сырья.....	27
2.6. Особенности управления цепочкой снабжения при условии сетевых поставок сырья.....	33
2.7. Перераспределение производственных запасов сырья.....	35
3.УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПОЧКОЙ СНАБЖЕНИЯ ПЕРВОГО УРОВНЯ.....	44
3.1. Организация закупок сырья у оптовых посредников.....	45
3.2. Организация распределения сырья оптовыми посредниками производителям продукции.....	48
4. ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ПРОДУКЦИИ – СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО ЦЕПОЧЕК СНАБЖЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ.....	53
4.1.Производственная логистическая концепция.....	53
4.2. Управление материальными потоками в производственной логистике.....	54
4.3. Современные производственные логистические системы.....	57
5.УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПОЧКОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ.....	59
5.1. Статистическая оценка спроса и прогноз объема закупок розничными посредниками.....	59
5.2. Стратегия управления поставками при организации товарных	

запасов розничного посредника.....	60
5.3. Особенности управления цепочкой распределения продукции второго уровня.....	63
5.4. Метод ускорения потока продукции в цепочке распределения	68
6. SCOR-МОДЕЛЬ ЦЕПИ ПОСТАВОК	71
БИБЛИОГРАФИЯ	74

С появлением и развитием рыночных отношений в России, логистические принципы управления превратилась в реальный фактор устойчивого развития предприятий в различных областях экономики. Динамичные изменения организационно-правовых условий бизнеса в стране, усиление интеграционных процессов в экономике, повышение требований к качеству продукции и услуг при сокращении суммарных затрат на организацию производства, перевозок, хранения и распределения продукции убедительно свидетельствуют о том, что только эффективное управление цепями поставок способно обеспечить сохранение и устойчивое развитие предприятий и организаций. Рыночная экономика предъявляет к квалификации специалистов-руководителей высокие требования. Знание ими основ теории и практики управления цепями поставок обязательно. Без этого невозможно эффективно работать в области управления производством, транспортом, торговлей и т.д. Поэтому в преподавании экономических дисциплин управление цепями поставок приобретает все большее значение.

1. КОНЦЕПЦИЯ И ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

1.1. Основные понятия и принципы управления цепями поставок

Материальный поток – движение материальных ресурсов по цепи поставок в процессе преобразования сырья в предметы потребления под воздействием следующих операций: добыча сырья, распределение сырья по производителям продукции, переработка сырья в продукцию, распределение продукции по потребителям.

Цепь поставок - это упорядоченное множество физических и (или) юридических лиц, осуществляющих продвижение материального потока.

Основные звенья цепи поставок:

- производители сырья;
- посредники, осуществляющие распределение сырья;
- перевозчики сырья;
- производители продукции;
- посредники, осуществляющие распределение продукции;
- перевозчики продукции;
- потребители продукции.

Для производства сырья и продукции производители используют средства производства, а также производственные и сбытовые склады. Для перевозки сырья и продукции перевозчики используют транспортные средства. Для распределения сырья посредники используют распределительные склады, Для распределения продукции по потребителям посредники используют распределительные склады и торговые точки.

Виды посредников:

- дилер;
- дистрибьютор;
- комиссионер;
- агент;
- брокер.

Дилер – оптовый (реже розничный) посредник, распределяющий продукцию от своего имени и за свой счет. Товар приобретается дилером по договору поставки, при этом дилер становится собственником товара после полной оплаты поставки.

Дистрибьютор – оптовый (реже розничный) посредник, распределяющий продукцию от имени производителя за свой счет. Как правило, производитель предоставляет дистрибьютору право торговать своей продукцией на определенных рынках и в течении определенного срока. Таким образом, дистрибьютор не является собственником распределяемой продукции. По договору им приобретается право продажи продукции.

Комиссионер – оптовый посредник, распределяющий продукцию от своего имени за счет производителя. Комиссионер не является собственником продаваемой продукции. Производитель (комитент) остается собственником продукции до ее передачи и оплаты потребителем. Договор о поставке продукции заключается от имени комиссионера, при этом, риск случайной порчи продукции лежит на комитенте, а комиссионер обязан обеспечить сохранность товара, и отвечает за утрату или повреждение продукции по его вине. Вознаграждение комиссионеру выплачивается обычно в виде процентов от суммы проведенной операции или как разница между ценой, назначенной комитентом, и ценой реализации.

Агент – посредник, выступающий в качестве представителя или помощника другого, основного по отношению к нему лица (принципала). Как правило, агенты являются юридическими лицами. Агент заключает сделки от имени и за счет принципала. За свои услуги агент получает вознаграждение, как по тарифам, так и по договоренности с принципалом. Наиболее распространенный вид агентского вознаграждения – процент от суммы заключенной сделки.

Брокер – посредник, сводящий контрагентов при заключении сделок. Брокер не является собственником продукции и не распоряжается ей. Брокер не состоит в договорных отношениях ни с одной из сторон и действует лишь на

основе отдельных поручений. Брокер вознаграждается только за проданную продукцию. Как правило, вознаграждение брокера формируется как определенный процент от стоимости проданных товаров.

Формы доведения товара до потребителя определяются прежде всего характером самого товара, местом и условие его производства и потребления, возможностями транспорта. Каждый производитель на основе исследований рынков сбыта своей продукции определяет структуру возможных каналов распределения, их связь с конкретными категориями потребителей и друг с другом.

Виды транспорта, используемого перевозчиками:

- железнодорожный транспорт;
- водный транспорт;
- автомобильный транспорт;
- воздушный транспорт.

Железнодорожный транспорт

Достоинства:

- приспособлен для перевозки различных грузов при любой погоде;
- обеспечивает возможность сравнительно быстрой доставки груза на большие расстояния;
- перевозки регулярные;
- возможность эффективной организации погрузочно-разгрузочных работ;
- невысокая себестоимость перевозок грузов и наличие скидок.

Недостатки:

- ограниченное количество перевозчиков;
- низкая возможность доставки грузов непосредственно к пунктам потребления.

Водный транспорт

Достоинства:

- высокая провозная способность;
- низкие тарифы.

Недостатки:

- низкая скорость;
- жесткие требования к упаковке и креплению грузов;
- малая частота отправок;
- зависимость от навигационных и погодных условий;
- требует создания сложной портовой инфраструктуры.

Автомобильный транспорт

Достоинства:

- высокая маневренность (груз может доставляться «от двери до двери» с необходимой срочностью);
- обеспечивает регулярность поставок;
- обеспечивает возможность поставок малыми партиями.

Недостатки:

- высокая себестоимость перевозок;
- срочность разгрузки;
- возможность хищения груза и угона автомобиля;
- малая грузоподъемность;
- экологическая вредность.

Воздушный транспорт

Достоинства:

- высокая скорость доставки;
- возможность быстрого достижения отдаленных районов;
- высокая сохранность грузов.

Недостатки:

- высокие тарифы;
- зависимость от метеоусловий.

В цепи поставок склады играют роль аккумуляторов запасов, необходимых для синхронизации материальных потоков при их продвижении.

По назначению можно выделить следующие виды складов:

1) *сбытовые* – склады, предназначенные для хранения запасов произведенной продукции;

2) *производственные* – склады сырья, комплектующих, материалов и других предметов труда, необходимых для производства продукции;

3) *распределительные склады*, к которым относятся:

- *транзитно-перевалочные* – склады при железнодорожных станциях, портах, речных пристанях, аэропортах, автогрузовых терминалах служат для кратковременного хранения грузов в период перегрузки их с одного вида транспорта на другой;
- *досрочного завоза* – склады в районах, доставка товаров в которые возможна лишь в определенные периоды года;
- *сезонного хранения* – склады для товаров сезонного характера;
- *резервные* – склады для хранения запасов на случай чрезвычайных обстоятельств;
- *оптовые* – склады;
- *розничные* – склады торговых предприятий.

Управление цепью поставок – упорядочение по объему, скорости и направлению движения материального потока в цепи поставок таким образом,

чтобы при минимальных суммарных затратах в звеньях цепи поставок обеспечить заданный результат.

Основные правила организации материального потока в цепи поставок:

- 1) Для минимизации суммарных затрат в цепи поставок необходимо укрупненные продуктовые или транспортные единицы перевозить на максимально возможное расстояние и с наибольшей частотой. Для достижения этой цели необходимо, по возможности, объединять различные предметы материального потока, направляемого к конечной точке цепи. Таким объединением занимаются, например, сортировочные станции в железнодорожных перевозках и грузовые терминалы – в автомобильных.
- 2) На протяжении всей цепи поставок должна быть обеспечена связанность и непрерывность материального потока независимо от выбранных продуктовых или транспортных единиц, участвующих в перемещении. Такая единица является результатом согласований в соответствующих звеньях логистической цепи и называется *учетно-договорной единицей (УДЕ)*. Для наиболее эффективного продвижения материального потока в цепи поставок необходимо использовать минимально возможное количество УДЕ. Это подразумевает интенсивное использование оборудования для технологической обработки УДЕ и наличие инфраструктуры, заинтересованной в эксплуатации УДЕ при перевозках многими видами транспорта.
- 3) Если нельзя избежать создания стационарных распределительных складов в цепи поставок, то они должны располагаться в центре консолидации, который размещается, либо (по возможности) ближе к конечным торговым точкам (если это касается реализации продукции), либо (по возможности) ближе к производителям продукции (если это касается поставок сырья).

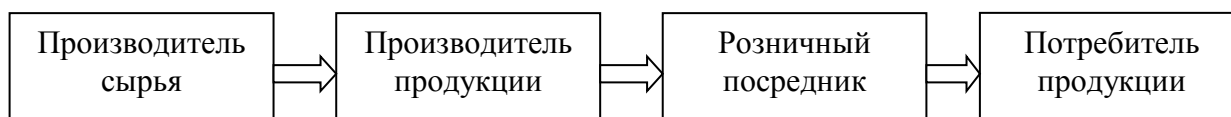
1.2. Классификация цепей поставок

Цепи поставок классифицируем по фасетному принципу (признаки классификации никак не связаны между собой). Предлагается использовать два независимых признака классификации:

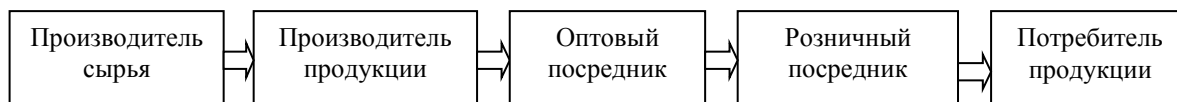
- количество посредников – распределителей сырья;
- количество посредников – распределителей продукции.

В качестве алфавита классификации используем арабские цифры, при этом: первая цифра – количество посредников – распределителей сырья, вторая цифра – количество посредников – распределителей продукции. Таким образом, возможные виды цепей поставок представлены на рис. 1.1.

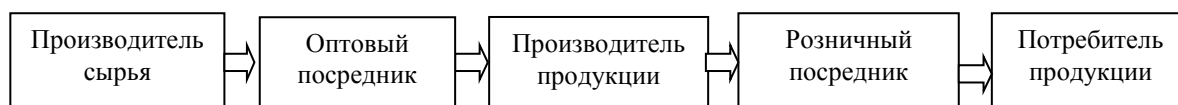
Цепь поставок вида 01



Цепь поставок вида 02



Цепь поставок вида 11



Цепь поставок вида 12



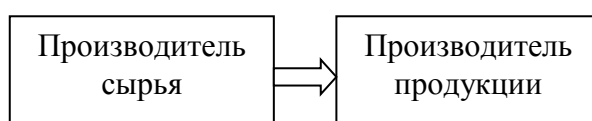
Рис. 1.1. Возможные виды цепей поставок

Любая из представленных цепей поставок содержит две цепочки: *снабжение сырьем для производства продукции* и *распределение продукции по потребителям*; которые скреплены звеном – *производитель продукции*.

Виды цепочек снабжения (представлены на рис. 1.2):

- цепочка снабжения нулевого уровня;
- цепочка снабжения первого уровня.

Цепочка снабжения нулевого уровня



Цепочка снабжения первого уровня

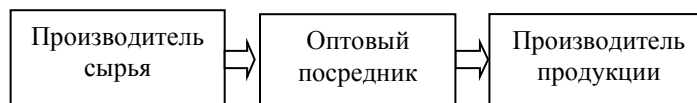
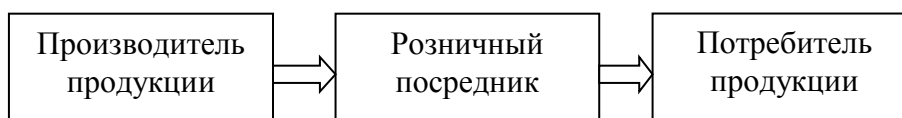


Рис. 1.2. Виды цепочек снабжения

Виды цепочек распределения (представлены на рис.1.3):

- цепочка распределения первого уровня;
- цепочка распределения второго уровня.

Цепочка распределения первого уровня



Цепочка распределения второго уровня

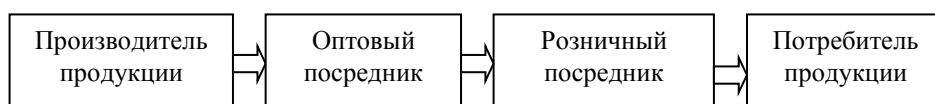


Рис. 1.3. Виды цепочек распределения

2. УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПОЧКОЙ СНАБЖЕНИЯ НУЛЕВОГО УРОВНЯ

Данная цепочка состоит из следующих звеньев:

- производитель сырья;
- перевозчики сырья;
- производитель продукции.

2.1. Критерий управления цепочкой снабжения

Результатом движения материальных потоков в рассматриваемой цепочке является – ***обеспечение потребности производителя продукции в сырье по объему и ассортименту***. При этом, движение материальных потоков в цепочке должно быть организовано так, чтобы обеспечить минимум суммарных затрат на производство, перевозку и хранение сырья. Следовательно, критерий управления цепочкой снабжения формулируется следующим образом – ***обеспечение заданной потребности производителя продукции в сырье по объему и ассортименту в заданный период с минимальными суммарными затратами на производство, перевозку и хранение сырья в тот же период***.

Оценить потребность производителя продукции в сырье за период планирования работ можно двумя способами:

- 1) За основу принять планируемые объемы производства продукции и заданные нормы расхода сырья. Эти данные позволят оценить потребность производителя в сырье по объему и ассортименту за период планирования работ.

- 2) За основу принять реальный расход сырья в предшествующие периоды работы производителя продукции. Статистическая обработка этих данных позволит оценить средний расход сырья за период, а также возможные отклонения реального расхода от среднего значения; что в свою очередь дает возможность оценить потребность в сырье по объему и ассортименту в заданный период при заданной надежности снабжения, где **надежность снабжения – вероятность того, что в заданный период времени сырья будет достаточно для производства продукции.**

Первый способ не учитывает возможных корректировок планов производства в процессе реальных работ, кроме того заданные нормы расхода сырья практически не меняются в течение долгого времени и не учитывают возможных изменений технологии производства. Все это может привести к значительным отклонениям рассчитанной потребности в сырье от реальной, что, в свою очередь, чревато простоями производства или затовариванием производственных складов.

Второй способ менее инерционен и позволяет учесть и оценить возможные изменения во времени потребности производства в сырье. Поэтому остановимся на втором способе.

2.2. Статистическая оценка потребности производителя продукции в сырье

Статистический прогноз расхода сырья предполагает количественную оценку среднего расхода на основе реальных данных о расходе в прошлом, т.е.:

$$a(t) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x(t-i); \quad (2.1)$$

где: $a(t)$ – прогнозируемый средний расход за период;

$x(t-i)$ – реальный расход за i – й предыдущий период работы производителя продукции;

n – количество периодов работы производителя продукции.

Формула (2.1) неудобна для практического применения, поскольку ее использование диктует необходимость сбора статистических данных о реальном расходе сырья за все время работы производителя продукции и по всем наименованиям расходуемого сырья, количество которых может достигать сотни тысяч. Поэтому более удобно оценивать средний расход методом *экспоненциального сглаживания* по формуле:

$$a(t) = \alpha \times x(t - 1) + (1 - \alpha) \times a(t - 1); \quad (2.2)$$

где: $\alpha \in (0,1)$ – коэффициент экспоненциального сглаживания.

Параметр α определяет, сколько прошедших периодов работы производителя продукции оказывают существенное влияние на оценку среднего расхода; т.е. чем их больше (α меньше), тем меньше ошибка прогноза ожидаемого расхода при условии его стационарности. С другой стороны, увеличение α ускоряет адаптацию прогноза к меняющейся интенсивности расхода. Опыт показывает, что для медленно меняющегося среднего расхода рекомендуется задавать $\alpha=0,1$. При значительных изменениях среднего расхода (в особенности, если эти изменения закономерны и предсказуемы) коэффициент экспоненциального сглаживания рекомендуется задавать в пределах от 0,3 до 0,5.

Расход отдельного вида сырья может находиться в более или менее жесткой зависимости как от расхода в прошлые периоды, так от расхода других видов. Взаимная связь между средними значениями расхода в разные периоды или по разным видам сырья может быть установлена методом *корреляционного анализа*. Типичными факторами корреляции расхода сырья являются:

- комплектный характер потребления сырья;
- взаимозаменяемость отдельных видов сырья.

Степень корреляции расхода различных видов сырья характеризуется *коэффициентом корреляции* (r_{xy}):

$$r_{XY} = \frac{M((X - M_X)(Y - M_Y))}{\sigma_X \sigma_Y}; \quad (2.3)$$

где X, Y – случайные величины расхода различных видов сырья.

Коэффициент корреляции, близкий к единице, указывает на пропорциональный расход видов сырья и, следовательно, на возможность их поставки в одном комплекте. Близкие к нулю значения коэффициента корреляции дают основание рассматривать расход видов сырья, как независимые случайные величины.

Норма расхода материальных ресурсов – максимально допустимый объем сырья, который может быть затребован производителем продукции в планируемый период для производства продукции. Согласно определению, норма расхода представляет собой задание по объему используемого сырья в планируемый период.

Статистический метод позволяет корректировать норму расхода исходя из реального расхода сырья. Поскольку расход сырья является случайной величиной, распределенной по нормальному закону, то для поддержания *надежности снабжения* на уровне 0,997 (вероятность дефицита 0,003) при расчете нормы расхода (N_p) необходимо к среднему расходу добавить величину равную утроенному значению среднеквадратичного отклонения, т.е.:

$$N_p = a(t) + 3 \times \sqrt{D(T)}; \quad (2.4)$$

где: $a(t)$ – прогноз среднего расхода;

$D(t)$ – оценка дисперсии случайной величины расхода.

Оценить дисперсию расхода возможно методом экспоненциального сглаживания по формуле:

$$D(t) = \alpha \times (a(t-1) - x(t-1))^2 + (1 - \alpha) \times D(t-1); \quad (2.5)$$

Задавать потребность производителя продукции в сырье равной норме расхода было бы неверным, поскольку реальный расход за период, как правило,

ниже нормы расхода, что чревато ростом остатка сырья и, как следствие, затовариванием производственных складов. Поэтому потребность производителя продукции в сырье (G) должна быть определена, как разность между расхода (N_p) и прогнозируемым остатком сырья на начало планового периода (Q):

$$G = N_p - Q ; \quad (2.6)$$

Прогнозируемый остаток сырья на начало планового периода рассчитывается по формуле:

$$Q = \Phi - \frac{N_p}{365} \tau + \Psi ; \quad (2.7)$$

где: Φ – реальный запас сырья на момент расчетов (данные берутся из карточек складского учета);

Ψ - ожидаемые поставки до начала планового периода (данные берутся из планов поставок и извещений об отгрузке);

τ - интервал времени (в сутках) от даты расчетов до начала планового периода.

2.3. Стратегии управления поставками

Стратегия управления поставками – правило определения моментов и объемов поставок.

На практике таких правил встречается великое множество, но все они по сути являются комбинацией с суперпозицией четырех простейших стратегий управления поставками. Перечислим и рассмотрим подробно эти «кирпичики».

1. Периодическая стратегия типа (T, V) (плановая стратегия) - стратегия с заданными периодичностью (T) и объемом поставок (V). Здесь периодичность и объем поставок являются параметрами управления текущим запасом.

2. Периодическая стратегия типа (T,S) – стратегия с заданными периодичностью поставок(T) и верхним порогом запаса (S) (выше верхнего порога запрещено поднимать запас). Здесь периодичность поставок и верхний порог запаса являются параметрами управления текущим запасом.
3. Пороговая стратегия типа (s,V) – стратегия с заданными нижним порогом запаса (s) (при достижении текущим запасом нижнего порога формируется поставка) и объемом поставок (V). Здесь нижний порог запаса и объем поставок являются параметрами управления текущим запасом.
4. Пороговая стратегия типа (s,S) (двухуровневая стратегия) – стратегия с заданным нижним порогом запаса (s) и верхним порогом запаса (S). Здесь нижний и верхний пороги запаса являются параметрами управления текущим запасом.

Все перечисленные параметры управления рассчитываются на начало периода планирования работ исходя из критерия управления цепочкой снабжения.

2.3.1. Периодическая стратегия типа (T,V)

Согласно этой стратегии через заданные равные промежутки времени (T) формируются поставки заданного объема (V). Изменение текущего запаса во времени при стратегии типа (T,V) показано на рис. 2.1.

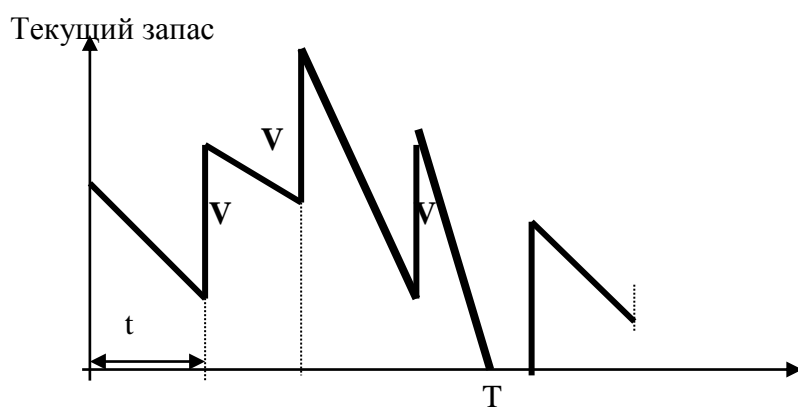


Рис. 2.1. Поведение текущего запаса при стратегии типа (T,V)

Достоинством данной стратегии является идеальная возможность

планирования поставок, как по срокам, так и по объемам, что позволяет заранее заказать транспортные средства для перевозки продукции, также подготовиться к отгрузке и приемке сырья.

К недостаткам необходимо отнести неустойчивость данной стратегии управления запасами, т.е. при нестационарном расходе запаса возможно, как затоваривание склада, так и возникновение дефицита запаса сырья, что ведет к простоям производства продукции.

2.3.2. Периодическая стратегия типа (T,S)

Контроль состояния запасов по этой стратегии осуществляется через равные промежутки времени (T) посредством проведения инвентаризации остатков. По результатам проверки составляется заказ на поставку новой партии сырья. Объем заказываемой партии определяется разностью максимального порога запаса (S) и фактического запаса на момент проверки.

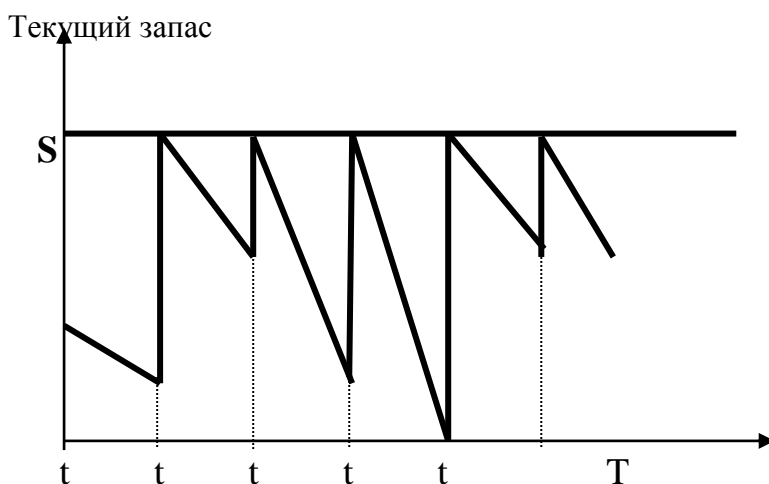


Рис. 2.2. Поведение текущего запаса при стратегии типа (T,S)

К достоинствам данной стратегии можно отнести возможность планирования поставок по срокам, но в силу случайности расхода запаса объем поставки изменчив, поэтому заказать транспортные средства, подготовиться к отгрузке и приемке сырья возможно только исходя из статистической оценки

математического ожидания и дисперсии объема поставок. Кроме того, при использовании стратегии типа (T, S) исключается возможность затоваривания складов, поскольку текущий запас не может превысить заданный верхний порог (S) .

Недостатком данной стратегии, помимо изменчивости объема поставок, является возможность возникновения дефицита запаса при резком увеличении его расхода.

2.3.3. Пороговая стратегия типа (s, V)

Согласно данной стратегии, состояние текущего запаса контролируется постоянно (можно ежесуточно) и в момент достижения запасом своего нижнего заданного порога (s) формируется заказ заданного объема (V) на поставку сырья.

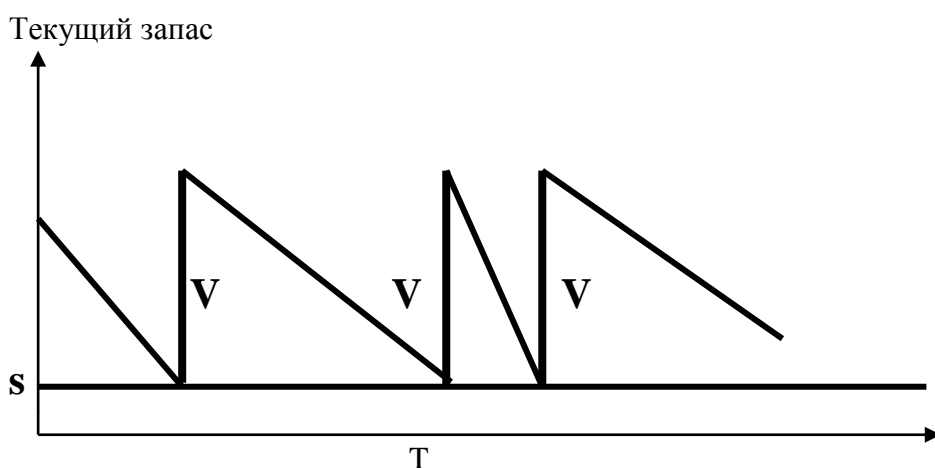


Рис. 2.3. Поведение текущего запаса при стратегии типа (s, V)

Достоинством данной стратегии является хорошая устойчивость объекта управления (текущего запаса), т.е. исключена возможность, как затоваривания, так и образования дефицита запаса сырья.

Недостатком стратегии является принципиальная невозможность планирования поставок, поскольку, в силу случайности расхода сырья, моменты поставок случайно распределены во времени, что в свою очередь ведет к полной неопределенности в сроках поставок.

4.2.4. Пороговая стратегия типа (s,S)

Согласно данной стратегии, состояние текущего запаса контролируется постоянно (можно ежесуточно) и в момент достижения запасом своего нижнего заданного порога (s) формируется поставка такого объема, который поднимет текущий запас до верхнего заданного порога (S).

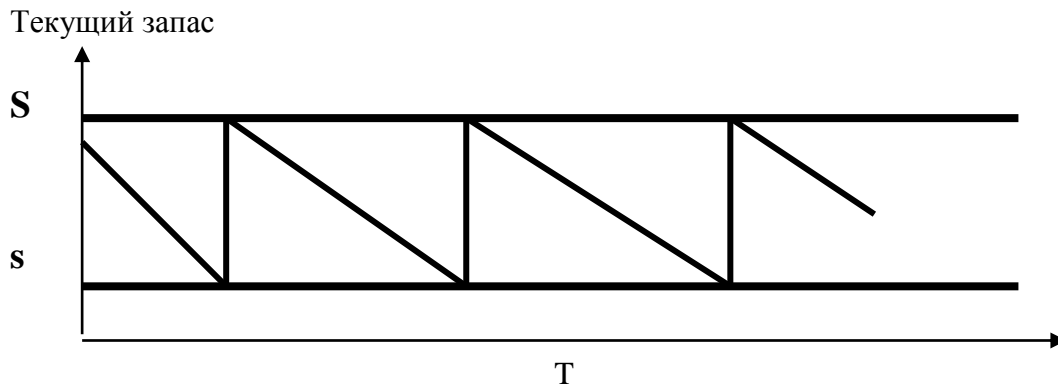


Рис. 2.4. Поведение объекта управления при стратегии типа (s,S)

Для непрерывного расхода сырья данная стратегия обладает теми же достоинствами и недостатками, что и стратегия типа (s,V) , однако в случае дискретного расхода двухуровневая стратегия несколько более устойчива.

2.4. Выбор стратегии управления поставками и оценка ее параметров

Организация поставок от производителя сырья непосредственно производителю продукции возможна только по стратегии управления типа (T,V) , поскольку эта стратегия наилучшим образом согласуется с планом производства. Теперь остается только определить оптимальные, относительно заданного критерия, параметры выбранной стратегии: объем поставок (V) и период между поставками (T).

Рассмотрим задачу управления поставками по стратегии типа $(T,V)q$ наименований сырья, причем по условиям транспортировки возможна их совместная поставка. При этом будем считать, что издержки по одной поставке

не зависят от размера поставки. Затраты за период по хранению каждого наименования сырья пропорциональны его среднему запасу. Расход запаса равномерный.

Пусть:

$k = 1, \dots, q$ – виды сырья;

G_k – потребность k – го вида сырья в заданный период;

p_k – цена приобретения единицы k -го вида сырья;

c_k – расходы по хранению единицы k -го вида сырья в заданный период;

d_k – транспортные расходы на поставку партии сырья k – го вида (предполагается, что поставка вида осуществляется выделенным транспортным средством и затраты на его эксплуатацию не зависят от его загруженности).

Необходимо определить такие объемы поставок по каждому виду сырья (V_k) и такой период между поставками (T), при которых производитель сырья обеспечит потребность производителя продукции в сырье в заданный период с минимальными суммарными затратами на приобретение, перевозку и хранение сырья за тот же период.

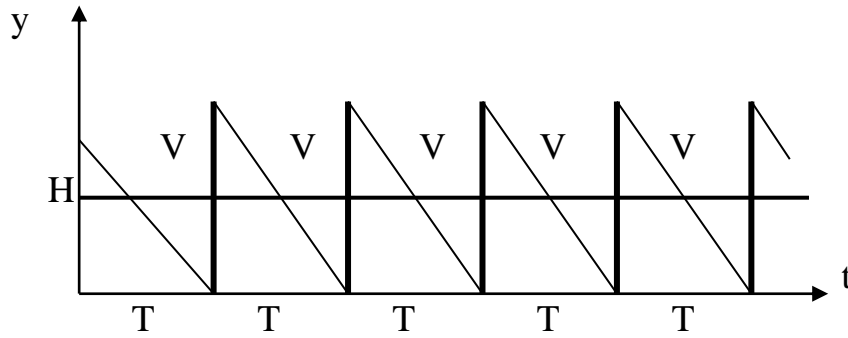
Затраты на приобретение k -го вида сырья в заданный период (Z_{np}) определяются по формуле:

$$Z_{np} = p_k \times G_k .$$

Количество поставок k -го вида сырья в заданный период можно определить, как отношение потребности в сырье за тот же период к объему поставки, тогда затраты за период на перевозку k -го вида сырья (Z_{mp}) определяются по формуле:

$$Z_{mp} = \frac{G_k}{V_k} \times d_k .$$

Средний запас при стратегии управления запасами типа (T, V) и равномерном расходе равен половине объема поставки (рис. 2.5).



y – текущий запас;
 V – объем поставки;
 T – период между поставками;
 H – средний запас.

Рис.2.5. Динамика текущего запаса при равномерном расходе и стратегии типа (T, V)

Затраты на хранение сырья k -го наименования (Z_{xp}) прямо пропорциональны среднему запасу, т.е.:

$$Z_{xp} = c_k \times \frac{V_k}{2} .$$

Следовательно, суммарные затраты (Z) определяются по формуле:

$$Z = p_k \times G_k + \frac{G_k}{V_k} \times d_k + c_k \times \frac{V_k}{2} . \quad (2.8)$$

Формула (2.8) описывает функциональную зависимость полных затрат (Z) на организацию поставок сырья по k -му наименованию от объема поставки (V_k). Необходимо найти экстремумы этой функции и из них выбрать минимум полных затрат.

Условие экстремума функции полных затрат:

$$Z'_{V_k} = -\frac{d_k \times G_k}{V_k^2} + \frac{c_k}{2} \Rightarrow -\frac{d_k \times G_k}{V_k^2} + \frac{c_k}{2} = 0 . \quad (2.9)$$

Для определения точки экстремума решим уравнение (2.9) относительно V_k :

$$V_k^* = \sqrt{\frac{2d_k G_k}{c_k}}. \quad (2.10)$$

Для проверки точки экстремума V_k^* на минимум дважды продифференцируем функцию полных затрат и определим значение второй производной в точке экстремума:

$$Z''_{V_k}(V_k^*) = \frac{2d_k G_k}{(V_k^*)^3} = \sqrt{\frac{c_k^3}{2d_k G_k}} > 0.$$

Поскольку вторая производная функции полных затрат в точке экстремума положительная, то отсюда следует, что объем поставок k -го наименования сырья, рассчитанный по формуле (2.10), является оптимальным, т.е. обеспечивает минимум полных затрат при доставке сырья в течение периода планирования работ.

Определим оптимальный объем поставок в случае, если транспортные затраты прямо пропорциональны объему перевозки, т.е.:

$$D_k = d_l + a_k \times V_k;$$

где: D_k – затраты на перевозку партии сырья k -го наименования;

d_k – стоимость подачи транспортного средства для перевозки сырья k -го наименования;

a_k – стоимость перевозки единицы объема сырья k -го наименования.

Тогда затраты на перевозку k -го наименования сырья (Z_{mp}) определяются по формуле:

$$Z_{гр} = \frac{G_k}{V_k} \times D_k = \frac{G_k}{V_k} \times (d_k + a_k \times V_k).$$

Полные затраты (Z) определяются по формуле:

$$Z = p_k \times G_k + \frac{G_k}{V_k} \times (d_k + a_k \times V_k) + c_k \times \frac{V_k}{2}. \quad (2.11)$$

Условие экстремума функции полных годовых затрат:

$$Z'_{V_k} = -\frac{d_k \times G_k}{V_k^2} + \frac{c_k}{2} \Rightarrow -\frac{d_k \times G_k}{V_k^2} + \frac{c_k}{2} = 0 \quad (2.12)$$

Для определения оптимального объема поставок сырья k -го наименования решим уравнение (2.12) относительно V_k :

$$V_k^* = \sqrt{\frac{2d_k G_k}{c_k}}. \quad (2.13)$$

Рассчитав по формуле (2.10) или (2.13) оптимальный объем поставок по каждому наименованию сырья и приведя эти объемы к одинаковым натуральным единицам измерения (как правило, весовым), можно определить суммарный оптимальный объем поставки (V^*) по формуле:

$$V^* = \sum_{k=1}^q V_k^*.$$

Приведя объемы потребности в сырье за период планирования работ по каждому наименованию к одинаковым натуральным единицам измерения (тоже весовым), определим суммарный объем потребности по формуле:

$$X = \sum_{k=1}^q G_k.$$

Теперь составим пропорцию, правая и левая части которой отображают оптимальное количество поставок в год:

$$\frac{X}{V^*} = \frac{365}{T^*}; \quad (2.14)$$

где T^* - оптимальный период между поставками.

Из пропорции (2.14) следует, что оптимальный период между поставками можно рассчитать по формуле:

$$T^* = \frac{365 \times V^*}{X} = \frac{365 \times \sum_{k=1}^q V_k^*}{\sum_{k=1}^q G_k} = 365 \frac{\sum_{k=1}^q \sqrt{\frac{2d_k G_k}{c_k}}}{\sum_{k=1}^q G_k}. \quad (2.15)$$

Объединив формулы (2.10) или (2.13) и (2.15), получим систему расчета оптимальных параметров стратегии управления при пополнении запасов сырья для производства продукции:

$$\begin{cases}
 V_k^* = \sqrt{\frac{2d_k G_k}{c_k}} ; k=1, \dots, q; \\
 T^* = 365 \frac{\sum_{k=1}^q \sqrt{\frac{2d_k G_k}{c_k}}}{\sum_{k=1}^q G_k} .
 \end{cases}
 \quad (2.16)$$

Определив, согласно системе (2.16), оптимальные объемы производства и поставок сырья по каждому наименованию (V_k ; $k = 1, \dots, q$) и оптимальные периоды между поставками (T), а значит и сроки поставок, возможно заключить договор между производителем сырья и производителем продукции на поставку сырья для производства продукции с указанием сроков и объемов поставок.

2.5. Особенности управления цепочкой снабжения при наличии множества производителей - поставщиков необходимого сырья

При условии нахождения на рынке закупок сырья множества производителей – поставщиков сырья необходимого производителю продукции существует проблема выбора поставщиков сырья. Для развития конкурентной среды на рынке закупок сырья, а также для сокращения возможностей сговора между покупателями и поставщиками сырья законами РФ предусмотрена

конкурсная процедура выбора поставщиков, включающая в себя следующие виды конкурсов:

- открытый конкурс;
- закрытый конкурс;
- селективный конкурс;
- запрос котировок цен;
- редукцион.

Открытый конкурс – конкурентный выбор поставщиков. Состоит из трех основных этапов:

- подготовка конкурса;
- привлечение и оценка конкурсных заявок;
- определение лучших поставщиков.

В открытом конкурсе может принять участие любой поставщик.

Закрытый конкурс – множество потенциальных поставщиков образуется согласно приглашениям организаторов конкурса.

Селективный конкурс – компромисс между закрытым и открытым конкурсом. Подать заявку на участие может любой поставщик, однако к участию в конкурсе допускаются выбранные организаторами конкурса претенденты.

Запрос котировок цен – после запроса цены на аналогичную продукцию у разных поставщиков выбирается самое дешевое предложение. Запрос ценовых котировок осуществляется не менее, чем у трех поставщиков, причем каждый участник может предложить только одну ценовую котировку.

Редукцион – это «аукцион наоборот», на котором поставщики торгуются, кто из них готов поставить свой товар заказчику на более выгодных для него условиях.

Решение о размещении заказа у конкретных поставщиков зависит от ряда критериев, т.е. задача выбора поставщиков является многокритериальной. Обычно в перечень критериев выбора входят: качество поставляемой продукции, цена продукции, надежность поставки по объемам и срокам, условие доставки продукции, сервисное обслуживание; кроме того, важное значение имеют: предыдущая история компании–поставщика, финансовое положение, репутация, местонахождение и т.д. Очевидно, что перечисленные критерии обладают различной степенью важности с точки зрения лица, принимающего решение. Например, если предприятие–покупатель является крупной финансово устойчивой компанией, то критерий качества в этом случае несколько более важен чем критерий стоимости продукции и наоборот, если предприятие–покупатель испытывает финансовые затруднения, то критерий стоимости приобретаемой продукции обладает большей степенью важности по сравнению с ее качеством; это справедливо для всех критериев выбора поставщика. Таким образом, многокритериальные решения по определению субъективны. Кроме того, в настоящее время такие решения принимаются членами конкурсной комиссии методом простого обсуждения и голосования без использования формальных процедур, что еще больше усиливает субъективность таких решений и, как следствие, возникает возможность сговора.

Для уменьшения субъективности многокритериальных решений конкурсной комиссии при выборе поставщиков рекомендуется эту процедуру формализовать. В условиях ограниченного и сравнительно небольшого количества критериев выбора и количества потенциальных поставщиков наиболее простым и удобным методом формализации процедуры выбора многокритериального решения является метод анализа иерархии Томаса Саати, где выбор наилучшей альтернативы осуществляется по следующим уровням иерархии:

- Общая цель.
- Критерии принятия решения (конечное число).

- Альтернативы (конечное число).

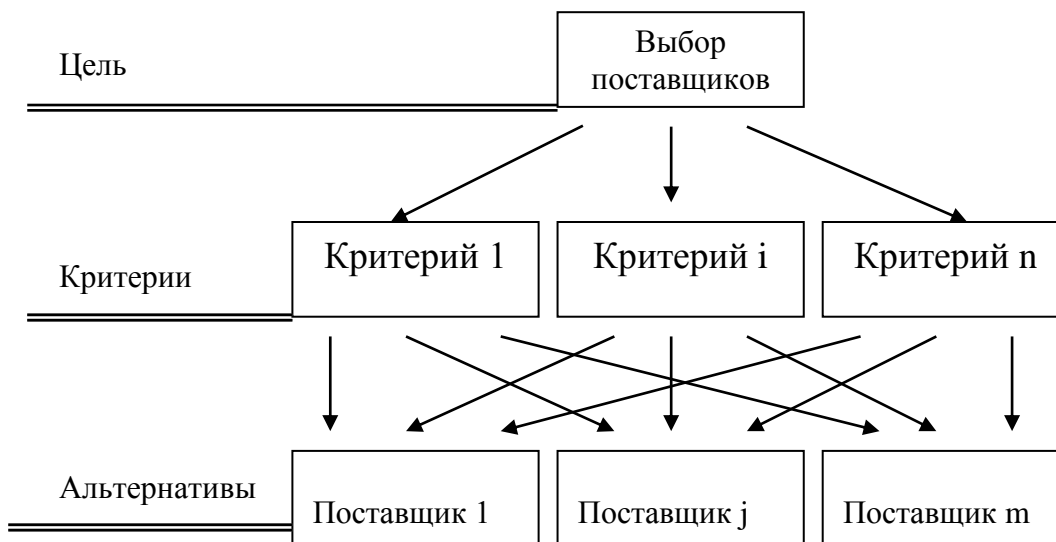
Элементы каждого иерархического уровня сравниваются попарно между собой по *шкале относительной важности*.

Шкала относительной важности

Уровень важности	Количественное значение
Равная важность	1
Умеренное превосходство	3
Существенное превосходство	5
Значительное превосходство	7
Очень большое превосходство	9

Метод анализа иерархии включает следующие этапы:

- 1) Определение иерархической структуры с уровнями: цель → критерии → альтернативы.



- 2) Выполнение попарных сравнений элементов уровня «критерии». Результаты сравнения переводятся в числа по шкале относительной важности.

- 3) Вычисляются, как среднегеометрические значения результатов попарных сравнений критериев, коэффициенты важности (приоритеты) для элементов уровня «критерии» - вектор приоритетов критериев.
- 4) Выполнение попарных сравнений элементов уровня «альтернативы» для каждого критерия. Результаты сравнений переводятся в числа по шкале относительной важности.
- 5) Вычисляются веса для элементов уровня «альтернативы» – матрица весов альтернатив. Веса альтернатив для каждого критерия вычисляются следующим образом:
 - определяются среднегеометрические значения результатов попарных сравнений альтернатив для каждого критерия – коэффициенты вектора приоритетов альтернатив по каждому критерию;
 - нормирование вектора приоритетов альтернатив по каждому критерию – вектор весов альтернатив по каждому критерию;
 - объединение векторов весов альтернатив по каждому критерию в матрицу весов альтернатив.
- 6) Определяется вектор важности альтернатив путем перемножения вектора приоритетов критериев на матрицу весов альтернатив.
- 7) Выбираются альтернативы с наибольшими значениями их важности.

В результате анализа потенциальных поставщиков формируется перечень конкретных поставщиков сырья, у которых размещаются заказы покупателя – производителя продукции.

Задача размещения заказов формулируется следующим образом: **требуется произвести ассортиментный заказ на изготовление сырья в объемах, удовлетворяющих потребностям производителя продукции за период планирования работ, при минимальных суммарных затратах на изготовление с учетом производственных мощностей производителей сырья** (критерий оптимизации размещения заказов на поставку сырья). То есть при следующих исходных данных:

- $i = 1, 2, \dots, m$ – номера производителей сырья;
- $k = 1, 2, \dots, q$ – коды наименований заказываемого сырья;
- G_k – потребность производителя продукции за период планирования работ в k -ом виде сырья;
- a_i – производственная мощность i -го производителя сырья (полезные часы);
- λ_{ik} – производительность i -го производителя сырья по k – му наименованию сырья (шт/час);
- c_{ik} – затраты на производство единицы k -го наименования сырья i -ым производителем сырья;

необходимо определить оптимальный объем заказа каждого наименования сырья каждым производителем сырья (x_{ik}).

Формализуем поставленную задачу:

Суммарные затраты на изготовление сырья должны быть

минимальными, т.е.:
$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^q c_{ik} x_{ik} \rightarrow \min .$$

Объем заказа по каждому наименованию сырья должен быть равен потребности производителя продукции за период планирования работ в этом

наименовании сырья, т.е.:
$$\sum_{i=1}^m x_{ik} = G_k ; k = 1, 2, \dots, q.$$

Время, затраченное на изготовление заказа i -ым производителем сырья, не должно превышать его производственную мощность, т.е.:

$$\sum_{k=1}^q \frac{x_{ik}}{\lambda_{ik}} \leq a_i ; i = 1, 2, \dots, m.$$

Объем заказа каждого наименования сырья у каждого производителя сырья не может быть отрицательным, т.е.: $\forall x_{ik} \geq 0$.

Поскольку минимизируемый функционал и ограничения являются линейными, то перед нами задача линейного программирования вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^q c_{ik} x_{ik} \rightarrow \min ; \\ \sum_{i=1}^m x_{ik} = G_k; k = 1, 2, \dots, q; \\ \sum_{k=1}^q \frac{x_{ik}}{\lambda_{ik}} \leq a_i; i = 1, 2, \dots, m; \\ \forall x_{ik} \geq 0. \end{array} \right. \quad (2.17)$$

Задача линейного программирования (2.17) решается стандартным симплекс-методом.

2.6. Особенности управления цепочкой снабжения при условии сетевых поставок сырья

Сеть поставок сырья включает в себя как множество поставщиков - производителей сырья, так и множество потребителей – производителей продукции. В этом случае необходимо сбалансировать ресурсы поставщиков и потребности потребителей, т.е. сформировать материальный баланс.

Баланс материальный – система показателей, отражающих количественное соответствие между объемами заказа сырья по поставщикам и их распределением по потребителям. При этом, если материальный баланс формируется по одному наименованию сырья, то он называется однопродуктовый, иначе – многопродуктовый. Кроме того, материальный баланс может быть составлен, как в натуральных единицах, так и в денежных.

Материальный баланс на период планирования работ составляется в натуральных единицах, причем по каждой позиции ассортимента поставляемого сырья в виде матрицы, где по строкам располагаются поставщики, а по столбцам потребители. В ячейках этой матрицы находятся рассчитанные объемы сырья по каждой позиции ассортимента, поставляемого заданным поставщиком заданному потребителю в течение периода планирования работ.

Сумма объемов поставок данной позиции ассортимента сырья от одного поставщика по всем потребителям не должна превышать ресурса поставщика, а сумма объемов поставок данной позиции ассортимента сырья одному потребителю должна быть равна потребности этого потребителя. Кроме того, суммарные затраты на доставку сырья от каждого поставщика каждому потребителю должны быть минимально возможными.

Из вышесказанного следует, что для формирования много продуктового материального баланса в натуральных единицах необходимо для каждого наименования приобретаемого сырья решить открытую транспортную задачу вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^K c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min ; \\ \sum_{j=1}^K x_{ij} \leq b_i ; i = 1, \dots, L; \\ \sum_{i=1}^L x_{ij} = a_j ; j = 1; \dots; K; \\ \forall x_{ij} \geq 0, \end{array} \right. \quad (2.18)$$

где:

b_i – ресурс i -го поставщика;

a_j – потребность j -го потребителя;

L – количество поставщиков;

K – количество потребителей;

c_{ij} – затраты на перевозку единицы сырья от i -го поставщика j -му

потребителю;

x_{ij} – искомые объемы поставок сырья от i -го поставщика j -му потребителю.

Задача линейного программирования (2.18) решается стандартным симплекс-методом либо методом потенциалов.

Много продуктовый материальный баланс в натуральных единицах служит основой для формирования много продуктового материального баланса в денежных единицах. Для этого значение каждой ячейки матрицы материального баланса в натуральных единицах по каждой позиции ассортимента сырья необходимо пересчитать в денежные единицы с учетом цены и затрат на доставку и затем суммировать полученные значения ячеек по всем наименованиям. В итоге получим много продуктовый материальный баланс в денежных единицах.

Много продуктовый материальный баланс в денежных единицах позволяет оценить полные годовые затраты на приобретение сырья, а также с разбивкой полных годовых затрат по поставщикам. Эти данные необходимы для формирования бюджета и определения лимита финансирования.

На базе много продуктового материального баланса в натуральных и денежных единицах возможно формировать различные спецификации и справки, например:

- по каждому поставщику спецификацию о закупаемом у него сырье объему и стоимости;
- по каждому потребителю справки об ожидаемых годовых поставках сырья по объему и стоимости.

2.7. Перераспределение производственных запасов сырья

Как правило, перераспределяются производственные запасы сырья производителей продукции в двух случаях:

- реализация сверхнормативных производственных запасов;

- поддержание работоспособности группы производителей продукции в работоспособном состоянии максимально долгое время при отключении, в результате форс-мажорных обстоятельств, источников пополнения производственных запасов (производителей сырья).

2.7.1. Перераспределение сверхнормативных производственных запасов

Под *сверхнормативными запасами* будем понимать превышение текущих производственных запасов максимальной нормы (верхнего порога). Сверхнормативные запасы следует отличать от *запасов неликвидных*, под которыми понимаются неиспользуемые в производстве запасы сырья.

Среди причин образования сверхнормативных запасов выделим следующие:

- использование неустойчивой стратегии управления поставками типа (T, V) , которая при уменьшении среднего расхода сырья ведет к затовариванию, а следовательно к образованию сверхнормативных запасов;
- снижение максимальной нормы запаса сырья (верхнего порога запаса) в результате модернизации производства или ускорения оборачиваемости запасов;
- склонность некоторых руководителей предприятий к созданию завышенных запасов сырья с целью перестраховки от дефицита.

Сверхнормативные запасы замедляют оборачиваемость оборотных средств предприятия, увеличивают эксплуатационные расходы, увеличивают потребность в складских помещениях, поэтому при их образовании необходимо срочно от них избавляться. Одним из способов избавления от сверхнормативных запасов является их перераспределение, т.е. поставка сверхнормативных запасов тем предприятиям, которые испытывают недостаток запаса этой продукции. Перераспределение в этом случае тем более полезно, поскольку отпадает необходимость в закупке или заказе в производство

необходимого сырья, т.е. экономятся значительные финансовые средства производителей продукции в сети.

Допустим, в сети имеется N производителей продукции, текущий запас сырья части которых, превысил максимальную норму, т.е. образовался сверхнормативный запас. Допустим, что число таких предприятий равно L .

С другой стороны, текущий запас сырья части предприятий на момент перераспределения оказался ниже максимальной нормы, и число таких предприятий равно K . Очевидно, что $L+K \leq N$, поскольку возможно, что некоторые предприятия корпорации имеют текущий запас сырья равный максимальной норме. Необходимо *оптимальным образом* перераспределить сверхнормативный запас сырья L предприятий по K предприятиям корпорации.

Критерий оптимизации перераспределения – избавление от сверхнормативного запаса сырья с минимальными затратами на его перевозку.

Предприятия из множества L определим, как грузоотправители, а предприятия из множества K – грузополучатели.

Структура перераспределения производственных запасов представлена на рис. 2.6.

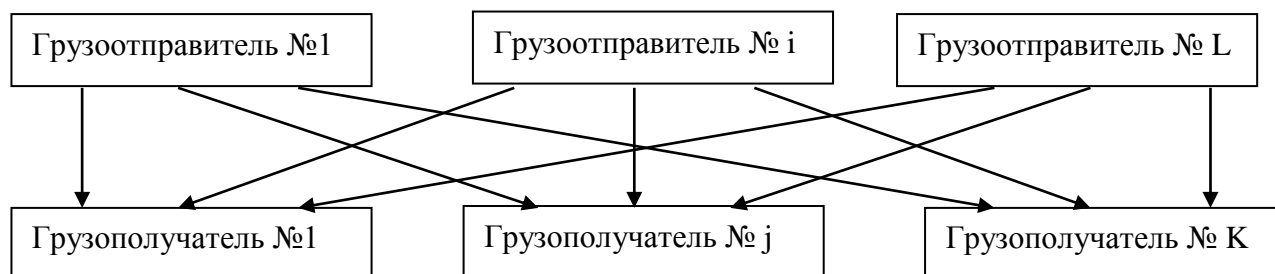


Рис. 2.6. Структура перераспределения запасов

Введем обозначения: S – максимальная норма запаса, Y – текущий запас; - тогда:

$$b_i = (Y_i - S_i) - \text{ресурс } i\text{-го грузоотправителя; } i = 1, \dots, L;$$

$$a_j = (S_j - Y_j) - \text{условная потребность } j\text{-го грузополучателя; } j = 1, \dots, K.$$

Кроме того, известны расстояния между производителями продукции и тарифы на перевозку грузов, а значит, известны стоимости перевозки единицы продукции от каждого грузоотправителя каждому грузополучателю (c_{ij}).

Согласно критерию оптимизации перераспределения, необходимо найти такие объемы перевозок сырья от каждого грузоотправителя каждому грузополучателю (x_{ij}), которые минимизируют суммарные затраты на перевозку груза.

Поскольку произведение $c_{ij} \times x_{ij}$ означает стоимость перевозки груза от i -го грузоотправителя j -му грузополучателю объемом x_{ij} , то для определения суммарных транспортных затрат необходимо это произведение дважды просуммировать по всем грузоотправителям и всем грузополучателям, при этом суммарные транспортные затраты должны быть минимальными, т.е. минимизируемый функционал формализуется выражением:

$$\sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^K c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min . \quad (2.19)$$

Возможны два случая:

- суммарные сверхнормативные запасы не превышают суммарные

$$\text{условные потребности, т.е. } \sum_{i=1}^L b_i \leq \sum_{j=1}^K a_j ;$$

- суммарные сверхнормативные запасы превышают суммарные

$$\text{условные потребности, т.е. } \sum_{i=1}^L b_i > \sum_{j=1}^K a_j .$$

В первом случае, возможно, реализовать сверхнормативные запасы каждого грузоотправителя не превышая условные потребности каждого грузополучателя, т.е. с учетом линейного функционала (2.19) возникает транспортная задача вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^K c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min ; \\ \sum_{j=1}^K x_{ij} = b_i ; i = 1, \dots, L; \\ \sum_{i=1}^L x_{ij} \leq a_j ; j = 1, \dots, K; \\ \forall x_{ij} \geq 0. \end{array} \right. \quad (2.20)$$

Во втором случае невозможно реализовать все сверхнормативные запасы, поскольку это приведет к превышению условных потребностей некоторых грузополучателей, т.е. к появлению у них сверхнормативных запасов. Здесь транспортная задача приобретает вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^L \sum_{j=1}^K c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min ; \\ \sum_{j=1}^K x_{ij} \leq b_i ; i = 1, \dots, L; \\ \sum_{i=1}^L x_{ij} = a_j ; j = 1, \dots, K; \\ \forall x_{ij} \geq 0. \end{array} \right. \quad (2.21)$$

Транспортные задачи (2.20) и (2.21) решаются стандартными методами (симплекс-метод или метод потенциалов), программы решения содержатся в библиотеках стандартных программ.

Результатом решения задачи (2.20) или (2.21) являются оптимальные объемы перевозок грузов от грузоотправителей грузополучателям, которые позволяют перераспределить сверхнормативные запасы производителей продукции с минимальными транспортными затратами.

2.7.2. Перераспределение производственных запасов при форс-мажорных обстоятельствах

В результате различных форс-мажорных обстоятельств: стихийных бедствий (наводнения, пожары, землетрясения), социальных потрясений (забастовки, стачки), банкротство поставщиков, террористических актов; - возможна временная изоляция группы производителей продукции от источников пополнения сырья. В этом случае, на момент изоляции различные предприятия из этой группы будут обладать различным запасом сырья. Понятно, что предприятия, производственный запас которых близок к максимальной норме, будут функционировать достаточно долго, в то время, как предприятия, производственный запас которых ниже страхового и близок к нулевому, остановятся практически сразу. С другой стороны, сетевые интересы требуют, чтобы все предприятия вместе функционировали максимально долго, и желательно, до момента устранения форс-мажорного обстоятельства. Для решения этой проблемы необходимо перераспределить производственные запасы предприятий пропорционально их годовой норме расхода.

Введем следующие обозначения и понятия:

P – количество изолированных предприятий;

Y_k – текущий запас сырья k -го предприятия на момент изоляции; $k=1, \dots, P$;

N_k – годовая норма расхода производственного запаса k -предприятия; $k=1, \dots, P$;

Z_k – средневзвешенный запас сырья k -предприятия; $k=1, \dots, P$.

Под *средневзвешенным запасом* будем понимать запас предприятия на момент изоляции пропорциональный его годовой норме расхода. Исходя из

этого определения, средневзвешенный запас k -го предприятия рассчитывается по формуле:

$$Z_k = \frac{\sum_{k=1}^P Y_k}{\sum_{k=1}^P N_k} \times N_k. \quad (2.22)$$

Если на момент изоляции текущий запас сырья k -го предприятия (Y_k) окажется выше средневзвешенного запаса Z_k , то у этого предприятия необходимо для перераспределения забрать разницу: $Y_k - Z_k$ – ресурс предприятия; - а само предприятие отнести в множество грузоотправителей. Пусть количество грузоотправителей в результате перебора множества изолированных предприятий окажется равным n .

Если на момент изоляции текущий запас сырья k -го предприятия (Y_k) окажется ниже средневзвешенного запаса Z_k , то этому предприятию в результате перераспределения добавить разницу: $Z_k - Y_k$ – потребность предприятия; - а само предприятие отнести в множество грузополучателей. Пусть количество грузополучателей в результате перебора множества изолированных предприятий окажется равным m .

Очевидно, что $n + m \leq P$, поскольку возможно, что текущий запас сырья некоторых предприятий на момент изоляции окажется равным средневзвешенному. Таким образом, определена структура перераспределения запасов изолированных, в результате форс-мажорных обстоятельств, предприятий (рис. 2.7)

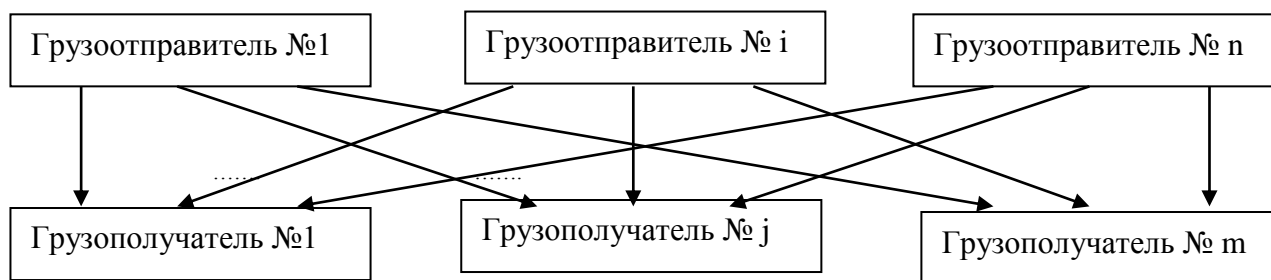


Рис. 2.7. Структура перераспределения запасов изолированных предприятий

Необходимо найти оптимальные объемы перевозок продукции от грузоотправителей грузополучателям.

Критерий оптимизации перераспределения производственных запасов изолированных предприятий – достижение средневзвешенных производственных запасов с минимальными затратами на перевозку продукции от грузоотправителей грузополучателям.

Известно, что:

$b_i = (Y_i - Z_i)$ – ресурс i -го грузоотправителя; $i = 1, \dots, n$;

$a_j = (Z_j - Y_j)$ – потребность j -го грузополучателя; $j = 1, \dots, m$.

Кроме того, известны расстояния между предприятиями и тарифы на перевозку грузов, а значит, известны стоимости перевозки единицы продукции от каждого грузоотправителя каждому грузополучателю (c_{ij}).

Согласно критерию оптимизации перераспределения производственных запасов изолированных объектов, необходимо найти такие объемы перевозок продукции от каждого грузоотправителя каждому грузополучателю (x_{ij}), которые минимизируют суммарные затраты на перевозку груза.

Поскольку произведение $c_{ij} \times x_{ij}$ означает стоимость перевозки груза от i -го грузоотправителя j -му грузополучателю объемом x_{ij} , то для определения суммарных транспортных затрат необходимо это произведение дважды просуммировать по всем грузоотправителям и всем грузополучателям,

при этом суммарные транспортные затраты должны быть минимальными, т.е. минимизируемый функционал формализуется выражением:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min . \quad (2.23)$$

Кроме того, из равенства суммарного средневзвешенного запаса изолированных предприятий и суммарного текущего запаса предприятий на момент изоляции следует равенство суммарного ресурса грузоотправителей и суммарной потребности грузополучателей, т.е.:

$$\sum_{k=1}^P Z_k = \sum_{k=1}^P Y_k \Rightarrow \sum_{i=1}^n b_i = \sum_{j=1}^m a_j. \quad (2.24)$$

С учетом линейного функционала (2.23) и условия (2.24) возникает закрытая транспортная задача вида:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min ; \\ \sum_{j=1}^m x_{ij} = b_i ; i = 1, \dots, n; \\ \sum_{i=1}^n x_{ij} = a_j ; j = 1, \dots, m; \\ \forall x_{ij} \geq 0. \end{array} \right. \quad (2.25)$$

Транспортная задача (2.25) решается стандартным методом (симплекс-метод или метод потенциалов), программы решения содержатся в библиотеках стандартных программ.

Результатом решения задачи (2.25) являются оптимальные объемы перевозок грузов от грузоотправителей грузополучателям, которые позволяют перераспределить производственные запасы изолированных предприятий с минимальными транспортными затратами таким образом,

чтобы совместное функционирование предприятий без пополнения их запасов осуществлялось максимально долго.

3. УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПОЧКОЙ СНАБЖЕНИЯ ПЕРВОГО УРОВНЯ УРОВНЯ

Данная цепочка состоит из следующих звеньев:

- производитель сырья;
- оптовый посредник;
- перевозчики сырья;
- производитель продукции.

Результатом движения материальных потоков в рассматриваемой цепочке является – *обеспечение потребности производителя продукции в сырье по объему и ассортименту*. При этом, движение материальных потоков в цепочке должно быть организовано так, чтобы обеспечить минимум суммарных затрат на производство, распределение, перевозку и хранение сырья. Следовательно, критерий управления цепочкой снабжения формулируется следующим образом – *обеспечение заданной потребности производителя продукции в сырье по объему и ассортименту в заданный период с минимальными суммарными затратами на производство, распределение, перевозку и хранение сырья в тот же период*.

Для оценки потребности в сырье производителя продукции и оптового посредника возможно использовать метод, представленный в п. 2.2. Поскольку поставки сырья оптовому посреднику должны соответствовать производственным планам производителя сырья, то единственно возможная стратегия поставками в этом случае – плановая периодическая стратегия типа (T, V) , метод оценки оптимальных параметров которой приведен в п. 2.4.

Для организации оптимального, согласно критерию управления цепью поставок, потока сырья возможно воспользоваться методами, представленными в п. 2.5, п. 2.6 и 2.7.

3.1. Организация закупок сырья у оптовых посредников

Закупки сырья у оптовых посредников совсем не обязательно должны носить плановый характер, поскольку продавцы (оптовые посредники) обслуживают покупателей (производители продукции) в порядке обращения. Гораздо важнее для покупателя исключить случаи затоваривания своих производственных складов и дефицита запаса сырья. Потому для осуществления закупок более приемлемы устойчивые пороговые стратегии типа: (s, V) ; (s, S) . Остановимся на более удобной в практическом использовании стратегии типа (s, V) , где:

s – нижний порог запаса сырья, при достижении которого организуется очередная закупка;

V – объем закупки сырья.

Необходимость создания резервных запасов сырья (нижний порог запаса) диктуется следующими обстоятельствами:

- обеспечение потребностей производителей продукции в сырье в процессе и в течение времени организации их закупок и доставки;
- защитой от нестабильности рынка поставщиков (оптовых посредников).

Для того чтобы организовать закупки сырья согласно стратегии управления поставками типа (s, V) необходимо рассчитать оптимальные параметры управления этой стратегии: s^* , V^* .

При определении величины порогового запаса (s^*) необходимо учитывать среднее время закупки и доставки сырья (τ), а также среднесуточную норму расхода сырья, т.е.:

$$s^* = \frac{N_p}{365} \times \tau ; \quad (3.1)$$

где: N_p – годовая норма расхода сырья;

τ - среднее время закупки и доставки сырья.

Интервал времени τ в условиях отсутствия дефицита на рынке поставщиков определяется временем доставки купленного сырья, которое, в

свою очередь, нетрудно определить, зная расстояние до поставщика и среднюю скорость транспортного средства. В условиях дефицита этот интервал увеличивается на время поиска дефицитного сырья, которое носит довольно субъективный характер и зависит от расторопности и предприимчивости покупателя.

Для определения оптимального объема закупок (V^*) используются следующие исходные данные:

G – потребность в сырье за период планирования работ;

C_1 – закупочная цена единицы позиции ассортимента сырья;

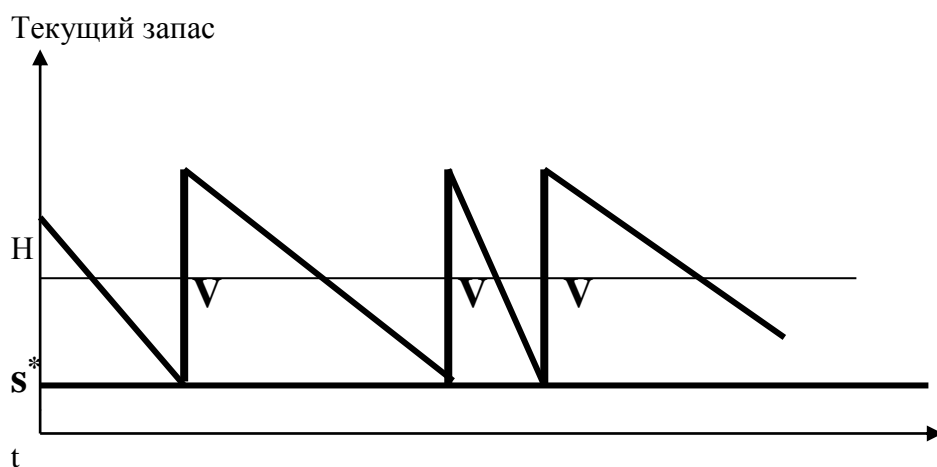
S – накладные транспортно-заготовительные расходы на организацию одной закупки сырья;

C_2 – затраты на хранение единицы позиции ассортимента сырья на производственном складе производителя продукции за период планирования работ.

Закупочная стоимость сырья для обеспечения потребности определяется, как: $G \times C_1$.

Накладные расходы на организацию закупок равны: $S \frac{G}{V}$, - где: V - объем одной закупки, а G/V – количество закупок в год.

Для расчета затрат на хранение запасов сырья необходимо определить средний запас при использовании стратегии типа (s, V) (см. рис. 3.1).



H – средний запас.

Рис. 3.1. Текущий и средний запас при стратегии типа (s, V)

Из рисунка 3.1 следует, что средний запас можно определить, как:

$s^* + \frac{V}{2}$; - тогда годовые затраты на хранение сырья определяются, как

произведение: $C_2 \times (s^* + \frac{V}{2})$.

Полные затраты на организацию закупок (С) определяются, как сумма вышеперечисленных затрат, т.е.:

$$C = G \times C_1 + S \times \frac{G}{V} + C_2 \times (s^* + \frac{V}{2}). \quad (3.2)$$

Воспользовавшись формулой (3.2) построим графические зависимости перечисленных затрат от объема закупки (V).

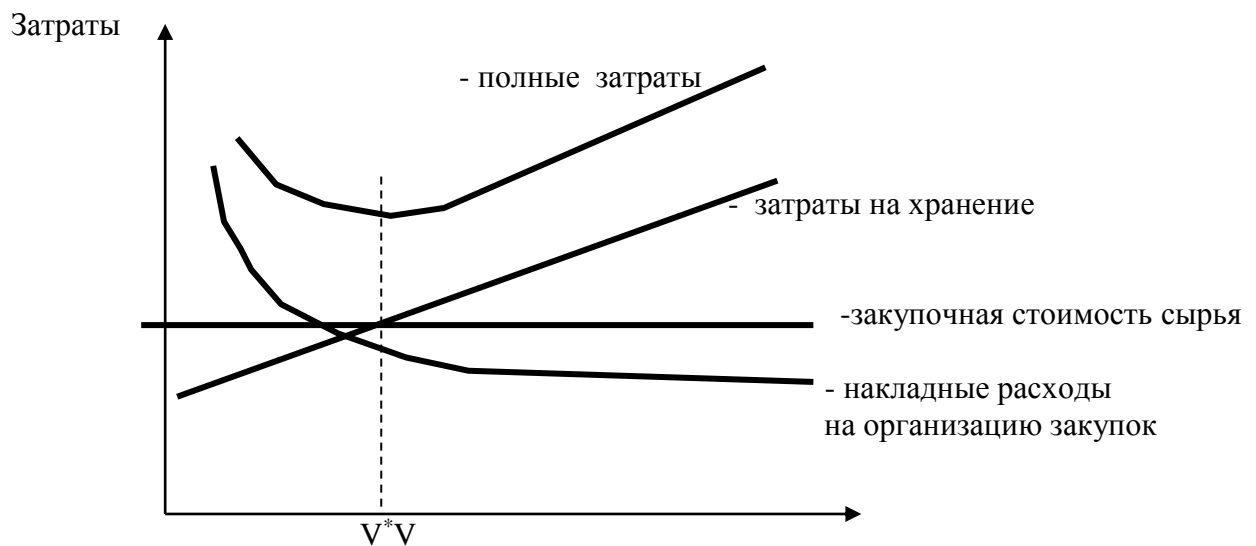


Рисунок 3.2. Функции затрат от объема закупки сырья

На рисунке 3.2 видно, что экстремум функции полных затрат от объема закупки является минимумом. Из условия экстремума функции определим оптимальный объем закупки (V^*), при котором полные затраты будут минимальными и при этом будет обеспечена потребность производителя продукции в сырье:

$$C'_V = -\frac{S \times G}{V^2} + \frac{C_2}{2} \Rightarrow -\frac{S \times G}{V^2} + \frac{C_2}{2} = 0. \quad (3.3)$$

Решение уравнения (3.3) относительно V определяет оптимальный объем закупки:

$$V^* = \sqrt{\frac{2 \times G \times S}{C_2}}. \quad (3.4)$$

Объединив формулы (3.1 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) и (3.4), получим систему расчета оптимальных параметров стратегии управления поставками типа (s, V) при организации закупок сырья у оптовых посредников:

$$\begin{cases} s^* = \frac{N_P}{365} \times \tau ; \\ V^* = \sqrt{\frac{2 \times G \times S}{C_2}}. \end{cases} \quad (3.5)$$

Рассчитав по формулам (3.5 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) оптимальные параметры управления s^* и V^* , остается в течение периода планирования работ следить за текущим запасом сырья, и при достижении его значения нижнего заданного порога s^* организовывать закупку заданного объема V . При этом будет обеспечена заданная потребность производителя продукции в сырье с минимальными затратами на закупку, перевозку и хранение сырья.

3.2. Организация распределения сырья оптовыми посредниками производителям продукции

Выбор стратегии управления запасами в случае распределения сырья должен учитывать следующие факторы:

- сроки и объемы основных поставок должны быть заранее известны для того, чтобы грузоотправитель мог заранее подготовиться к отгрузкам и заказать необходимые транспортные средства, а

грузополучатель мог подготовиться к приемке и размещению продукции;

- в случае непредвиденного увеличения текущего расхода запаса сырья производителем продукции, для исключения простоя производства до срока очередной основной поставки необходимо формировать дополнительную поставку небольшого объема.

Для того, чтобы придать основным поставкам плановый характер можно воспользоваться, либо стратегией типа (T,S) , либо стратегией типа (T,V) . Стратегия типа (T,S) более устойчива, по сравнению со стратегией типа (T,V) , поскольку исключает возможность затоваривания. Поэтому, для формирования основных поставок, в случае распределения сырья, остановимся на стратегии управления запасами типа (T,S) .

Поскольку дополнительные поставки, как правило, небольшого объема, то для их формирования можно использовать одну из устойчивых пороговых стратегий: (s, V) или (s, S) . Поскольку стратегия типа (s,V) более удобна в использовании по сравнению со стратегией типа (s,S) , то для формирования дополнительных поставок на фоне основных воспользуемся стратегией управления поставками типа (s, V) .

Таким образом, для распределения сырья из простейших стратегий типа (T,S) и (s, V) построена комбинированная стратегия управления поставками типа $(T,S,s,V_{доп})$. Изменение текущего запаса при использовании комбинированной стратегии типа $(T,S,s,V_{доп})$ показано на рис.3.3.

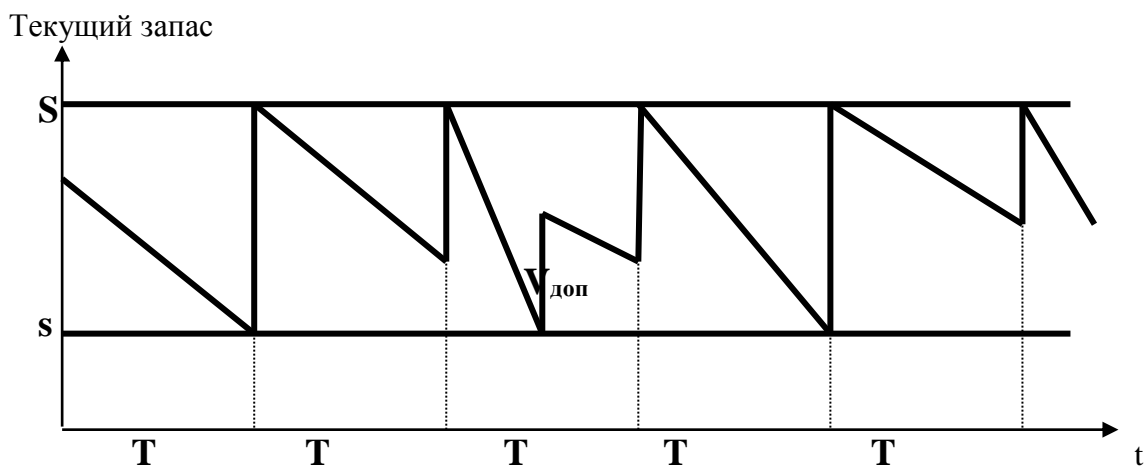


Рис.3.3. Комбинированная стратегия управления запасами типа (T, S, s, V_{don})

Теперь необходимо определить оптимальные параметры управления: T^* , S^* , s^* , V_{don}^* ; - комбинированной стратегии управления поставками; то есть при следующих заданных исходных данных:

G – годовая потребность в сырье производителя продукции;

N_p –годовая норма расхода сырья;

C_1 - транспортные расходы на перевозку одной партии сырья;

C_2 – годовая стоимость хранения единицы сырья;

τ - время доставки сырья.

Необходимо рассчитать такие параметры управления комбинированной стратегией (T, S, s, V_{don}) , при которых суммарные затраты за период планирования работ на перевозку и хранение сырья будут минимально возможными.

Для определения значения нижнего порога запаса (s^*), при котором необходимо формировать дополнительную поставку, необходимо учитывать время доставки продукции (τ), а также среднесуточную норму расхода материальных ресурсов, т.е.:

$$s^* = \frac{N_p}{365} \times \tau . \quad (3.6)$$

Нижний порог запаса сырья, рассчитанный по формуле (3.6), является страховым запасом, который необходим для исключения простоев производства продукции в процессе дополнительной поставки сырья.

Оптимальный верхний порог запаса сырья (S^*) определим исходя из заданного критерия целью поставок.

Затраты на перевозку сырья от грузоотправителя грузополучателю определяются как произведение *транспортных расходов на перевозку одной поставки* (C_1) на *среднее количество поставок за период планирования работ*. В

свою очередь, *среднее количество поставок за период планирования работ* определяется, как частное от деления *потребности в сырье производителя продукции за период планирования работ (G)* на *средний объем одной поставки*, который при использовании комбинированной стратегии управления поставками типа (T, S, s, V_{don}) равен разнице между нижним и верхним порогами текущего запаса. Таким образом, затраты на перевозку сырья за период планирования работ (Z_{mp}) определяются по формуле:

$$Z_{mp} = C_1 \times \frac{G}{S - s^*} .$$

Затраты на хранение запасов сырья за период планирования работ определяются как произведение *стоимости хранения единицы сырья на производственном складе (C₂)* на *средний запас*, который при использовании комбинированной стратегии управления запасами типа (T, S, s, V_{don}) равен полусумме верхнего и нижнего порогов текущего запаса. Таким образом, затраты на хранение производственных запасов за период планирования работ (Z_{xp}) определяются по формуле:

$$Z_{xp} = C_2 \times \frac{S + s^*}{2} .$$

Очевидно, что полные затраты на доставку и хранение сырья за период планирования работ (Z), которые, согласно критерию оптимизации, должны быть минимальными, равны сумме затрат Z_{mp} и Z_{xp} , то есть:

$$Z = C_1 \times \frac{G}{S - s^*} + C_2 \times \frac{S + s^*}{2} \rightarrow \min . \quad (3.7)$$

Из формулы (3.7) видно, что полные затраты (Z) – функция от верхнего порога текущего запаса (S). Необходимо найти экстремумы этой функции и из них выбрать минимум полных затрат.

Условие экстремума функции полных годовых затрат:

$$Z'_S = -\frac{C_1 \times G}{(S - s^*)^2} + \frac{C_2}{2} \Rightarrow -\frac{C_1 \times G}{(S - s^*)^2} + \frac{C_2}{2} = 0 . \quad (3.8)$$

Для определения точки экстремума решим уравнение (3.8) относительно S :

$$S^* = s^* + \sqrt{\frac{2C_1G}{C_2}} = \frac{N_p}{365} \times \tau + \sqrt{\frac{2C_1G}{C_2}}. \quad (3.9)$$

Для проверки точки экстремума S^* на минимум дважды продифференцируем функцию полных затрат и определим значение второй производной в точке экстремума:

$$Z''_S(S^*) = \frac{2C_1G}{(S^* - s^*)^3} = \frac{C_2\sqrt{C_2}}{\sqrt{2C_1G}} > 0.$$

Поскольку вторая производная функции полных затрат в точке экстремума положительная, то отсюда следует, что значение верхнего порога текущего запаса сырья грузополучателя (S^*), рассчитанное по формуле (3.9), является оптимальным, т.е. обеспечивает минимум полных затрат на доставку и хранение запасов сырья грузополучателем.

Оптимальный период между поставками (T^*) определим, как средний период между поставками при оптимальном верхнем (S^*) и нижнем (s^*) пороге текущего запаса, который в свою очередь определяется как частное от деления *среднего объема поставок на среднесуточную потребность в сырье*, т.е.:

$$T^* = \frac{S^* - s^*}{G} \times 365 = \frac{365}{G} \times \sqrt{\frac{2 \times C_1 \times G}{C_2}} = 365 \times \sqrt{\frac{2 \times C_1}{G \times C_2}}. \quad (3.10)$$

Можно практически исключить дополнительные поставки, если период между ними (T^0) рассчитывать по формуле:

$$T^0 = 365 \times \frac{S^* - s^*}{N_p} = \frac{365}{N_p} \sqrt{\frac{2 \times C_1 \times G}{C_2}}. \quad (3.11)$$

Но при этом транспортные затраты достоверно возрастут, в то время как дополнительные поставки – событие вероятное (могут возникнуть, а могут и нет). Именно поэтому разницу между интервалами T^* и T^0 будем компенсировать дополнительными поставками, оптимальный объем которых определим, как произведение *среднесуточную потребность в сырье на эту разницу*:

$$V_{дон}^* = \frac{G}{365} \times (T^* - T^0) = \frac{N_p - G}{N_p} \sqrt{\frac{2 \times C_1 \times G}{C_2}}. \quad (3.12)$$

Объединив формулы (3.6), (3.9), (3.10) и (3.12) получим систему расчета оптимальных параметров комбинированной стратегии управления запасами типа (T, S, s, V_{don}) при организации распределения материальных ресурсов:

$$\left\{ \begin{array}{l} s^* = \frac{N_p}{365} \times \tau; \\ S^* = \frac{N_p}{365} \times \tau + \sqrt{\frac{2 \times C_1 \times G}{C_2}}; \\ T^* = 365 \sqrt{\frac{2 \times C_1}{C_2 \times G}}; \\ V_{don}^* = \frac{N_p - G}{N_p} \sqrt{\frac{2 \times C_1 \times G}{C_2}}. \end{array} \right. \quad (3.13)$$

Рассчитав по формулам (3.13) оптимальные параметры управления необходимо в течение периода планирования работ через заданные интервалы времени T^* формировать поставки сырья такого объема, который пополняет текущий запас сырья до верхнего заданного порога S^* . Для исключения дефицита запаса сырья необходимо следить за его текущим запасом и, при достижении его значения нижнего заданного порога s^* , необходимо организовывать дополнительную поставку заданного объема V_{don}^* , при этом будет обеспечена заданная потребность в сырье с минимальными суммарными затратами на перевозку и хранение сырья в заданный период планирования работ.

4. ПРОИЗВОДИТЕЛЬ ПРОДУКЦИИ – СВЯЗУЮЩЕЕ ЗВЕНО ЦЕПОЧЕК СНАБЖЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

4.1. Производственная логистическая концепция

Производственная логистическая концепция включает в себя следующие основные положения:

- * отказ от избыточных запасов сырья;
- * исключение простоев оборудования;
- * оптимизация внутривоздушных материальных потоков;
- * объемы производства продукции полностью определяются спросом

потребителей.

Реализация этих положений включает диспетчеризацию производства, применение самого современного и высокопроизводительного оборудования, внедрение экспертных систем.

Снижение издержек производства в этих условиях достигается не увеличением размеров выпускаемых партий и другими экстенсивными мерами, а организацией производственной логистики. Основой такой организации является логистический центр, в котором сосредотачиваются информация и управление всеми связями, что позволяет обеспечить координацию, управление и контроль производственного процесса в целом. На практике это означает, что такой центр обеспечивает управление производством, сборкой, испытаниями, качеством продукции, сбытом, транспортными средствами, ликвидацией простоев, техническим обслуживанием.

На центральном посту логистической системы сосредотачиваются все основные данные о работе предприятия:

- объемы и ассортимент сырья, полуфабрикатов и готовой продукции;
- сроки производства и поставок;
- дефицит сырья в ходе подготовки производства;
- нарушения технологического процесса.

Технической основой для построения производственных логистических систем являются гибкие производственные системы и вычислительная техника. В полной мере экономический и технологический потенциал рационализации производства может быть реализован на основе интеграции гибких производственных модулей с подсистемами снабжения, сбыта, складирования и распределения.

4.2. Управление материальными потоками в производственной логистике

Управление производственными материальными потоками может быть организовано двумя способами.

Первый носит название "*толкающая система*" и представляет собой систему организации производства, в которой предметы труда, поступающие на производственный участок, непосредственно этим участком у предыдущего технологического звена не заказываются. Материальный поток "выталкивается" получателю по команде, поступающей на передающее звено из центральной системы управления производством.

Толкающие модели управления потоками характерны для традиционных методов организации производства. Возможность их применения для логистической организации производства появилась в связи с массовым распространением вычислительной техники. Эти системы, первые разработки которых относят к 60-м гг., позволили согласовывать и оперативно корректировать планы и действия всех подразделений предприятия: снабженческих, производственных и сбытовых; в реальном масштабе времени.

Толкающие системы имеют естественные границы своих возможностей. Параметры "выталкиваемого" на участок материального потока оптимальны настолько, насколько управляющая система в состоянии учесть и оценить все факторы, влияющие на производственную ситуацию на этом участке. Однако, чем больше факторов по каждому из многочисленных участков предприятия должна учитывать управляющая система, тем совершеннее и дороже должно быть ее программное, информационное и техническое обеспечение.

На практике реализованы различные варианты толкающих систем, известные под названием "системы MRP". Возможность их создания обусловлена началом массового использования вычислительной техники. Системы MRP характеризуются высоким уровнем автоматизации управления, позволяющим реализовывать следующие основные функции:

- * текущее регулирование и контроль производственных запасов;
- * в реальном масштабе времени согласовывать и оперативно корректировать планы и действия различных служб предприятия: снабженческих, производственных, сбытовых.

В современных, развитых вариантах систем MRP решаются также различные задачи прогнозирования. В качестве метода решения задач широко применяется имитационное моделирование и другие методы исследования операций.

Второй способ организации логистических процессов на производстве основан на принципиально ином способе управления материальным потоком. Он носит название «*тянущая система*» и представляет собой систему организации производства, в которой детали и полуфабрикаты подаются на последующую технологическую операцию с предыдущей по мере необходимости.

Здесь центральная система управления не вмешивается в обмен материальными потоками между различными участками предприятия, не устанавливает для них текущих производственных заданий. Производственная программа отдельного технологического звена определяется размером заказа последующего звена. Центральная система управления ставит задачу лишь перед конечным звеном производственной технологической цепи,

Таким образом, материальный поток "вытягивается" каждым последующим звеном. Причем персонал отдельного участка в состоянии учесть гораздо больше специфических факторов, определяющих размер оптимального заказа, чем это смогла бы сделать центральная система управления.

На практике к тянущим внутрипроизводственным информационным логистическим системам относят систему «Канбан» (в переводе с японского — карточка), разработанную и реализованную фирмой "Тойота". Суть системы состоит в том, что график производства фактически формируется обращением карточек «Канбан», которое происходит следующим образом. Комплектующие, необходимые для сборки детали, изготавливаются на предшествующем участке производства. Детали, изготовленные на каждом производственном участке, складываются вдоль конвейера и к ним прикрепляются карточки заказа «Канбан». Рабочий с конвейерной линии прибывает на участок изготовления комплектующих с карточкой заказа «Канбан» и забирает их необходимое

количество. Затем он доставляет полученные комплектующие на участок сборки детали вместе с карточкой отбора «Канбан». Оставленные карточки заказа «Канбан» фактически формируют заказ на изготовление новых комплектующих.

Система "Канбан" не требует тотальной компьютеризации производства, однако она предполагает высокую дисциплину поставок, а также высокую ответственность персонала, так как централизованное регулирование внутрипроизводственного логистического процесса ограничено. Система "Канбан" позволяет существенно снизить производственные запасы и, тем самым, ускорить оборачиваемость оборотных средств, улучшить качество выпускаемой продукции.

4.3. Современные производственные логистические системы

Передовые компании мира успешно применяют в своей деятельности логистические системы и технологии; среди которых можно выделить следующие:

- *Just-in-time* (точно в срок);
- *Requirements/Resource planning* (планирование потребностей/ресурсов);
- *EffectiveCustomerResponse* (эффективная реакция на запросы потребителей);
- *Time-basedLogistics* (логистика в масштабе реального времени);
- *Value-addedLogistics* (логистика добавленной стоимости);
- *IntegratedSupplyChainManagement* (интегрированное управление цепями поставок).

Одной из наиболее популярных в мире логистических концепций является концепция *Requirements/Resourceplanning (RP)*, которая включает две фазы развития:

- *Materials Requirements Planning (MRP-I)* – планирование потребностей в материалах;
- *Manufacturing Resource Planning (MRP-II)* – планирование ресурсов предприятия.

Логистические системы, разработанные на основе концепции *RP*, решают следующие задачи: прогнозирование и управление спросом, расчет производственного расписания, расчет плана загрузки мощностей, управление запасами, контроль закупок сырья и др.

Не менее популярна технология *Just-in-time (JIT)*, разработанная японской корпорацией «Тойота» на базе системы «Канбан». Логистические системы, разработанные на основе концепции *JIT*, организуют непрерывный производственный поток, способный к быстрой перестройке и практически не требующий страховых запасов материальных ресурсов. Сущность концепции заключается в том, что все производственные подразделения, обеспечивающие технологический процесс, снабжаются материальными ресурсами только в том количестве и к такому сроку, которые необходимы для выполнения заказа следующего звена технологической цепи. Главными условиями успешного функционирования такой логистической системы являются:

- надежность поставщиков сырья;
- тесное сотрудничество поставщиков сырья и производителей продукции, наличие между ними стабильных долгосрочных отношений;
- высокий уровень качества поставляемого сырья;
- высококвалифицированный и дисциплинированный кадровый состав предприятий;
- стабильность рынка поставщиков сырья и продаж продукции.

5. УПРАВЛЕНИЕ ЦЕПОЧКОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ

Результатом движения материальных потоков в цепочке распределения продукции является – **обеспечение спроса потребителей продукции по объему и ассортименту**. Согласно определению, приведенному в [6] «спрос (покупательский спрос) – социально-экономическая категория, выражающая потребность, представленную на рынке деньгами, т. е. объем и состав товаров, которое население желает и имеет возможность купить). При этом, движение материальных потоков в цепочке должно быть организовано так, чтобы суммарные затраты на производство, перевозку и хранение продукции были бы минимально возможными. Следовательно, критерий управления цепочкой снабжения формулируется следующим образом – **обеспечение спроса потребителей продукции по объему и ассортименту с минимальными суммарными затратами на производство, перевозку и хранение за период реализации продукции**.

5.1. Статистическая оценка спроса и прогноз объема закупок розничными посредниками

Для того, чтобы не копить объем статистики по продажам продукции для оценки спроса в следующем периоде реализации продукции предлагается применить метод *экспоненциального сглаживания*:

$$a(t) = \alpha \times x(t-1) + (1 - \alpha) \times a(t-1); \quad (5.1)$$

где: $\alpha \in (0,1)$ – коэффициент экспоненциального сглаживания;

$x(t-1)$ – объем продаж за период реализации продукции;

$a(t-1)$ – прогноз спроса на период реализации продукции.

Опыт показывает, что для медленно меняющегося спроса рекомендуется задавать $\alpha=0,1$. При значительных изменениях спроса коэффициент экспоненциального сглаживания рекомендуется задавать в пределах от 0,3 до 0,5.

Спрос на отдельные виды продукции может находиться в более или менее жесткой зависимости от спроса на другие виды продукции. Взаимная связь между спросом на различные виды продукции может быть оценена методом *корреляционного анализа*.

Степень корреляции спроса различных видов продукции характеризуется *коэффициентом корреляции* (r_{xy}):

$$r_{xy} = \frac{M((X - M_x)(Y - M_y))}{\sigma_x \sigma_y}; \quad (5.2)$$

где X, Y – случайные значения спроса различных видов продукции.

Розничным посредникам для организации пополнения запасов продукции с целью их реализации на рынке продаж необходимо учитывать не только прогноз спроса на следующий период реализации продукции, но и остатки запаса на начало периода реализации (Q), т.е. прогнозируемый объем закупок продукции розничным посредником для реализации на рынке продаж в следующем периоде реализации продукции ($G(t)$) определяется как:

$$G(t) = a(t) - Q. \quad (5.3)$$

5.2. Стратегия управления поставками при организации товарных запасов розничного посредника

Для организации пополнения товарных запасов розничного посредника не рекомендуется применять периодические стратегии управления поставками, поскольку реальный спрос на рынке продаж может существенно отличаться от прогнозируемого, что (в силу неустойчивости периодических стратегий) ведет к существенному риску дефицита товарного запаса розничного посредника и, как следствие, потери доли рынка продаж, сокращению выручки и прибыли.

Пороговые стратегии управления поставками значительно более устойчивы, поэтому предлагается использовать для организации пополнения товарных запасов розничного посредника в течение периода реализации продукции более удобную в организационном плане пороговую стратегию типа (s, V) , где:

s – нижний порог товарного запаса, при достижении которого организуется очередная поставка;

V – объем поставки товара.

Необходимость создания резервных товарных запасов (нижний порог запаса) диктуется следующими обстоятельствами:

- обеспечение спроса на рынке продаж в течение времени организации поставки продукции для пополнения товарного запаса розничного посредника;
- защитой от нестабильности рынка поставщиков.

Для того чтобы организовать закупки продукции согласно стратегии управления поставками типа (s, V) необходимо рассчитать оптимальные параметры управления этой стратегией: s^* , V^* .

При определении величины порогового запаса (s^*) необходимо учитывать среднее время закупки и доставки продукции (τ), а также среднесуточный спрос, т.е.:

$$s^* = \frac{a(t)}{T} \times \tau ; \quad (5.4)$$

где: $a(t)$ – прогноз спроса на следующий период реализации продукции;

T – период реализации продукции (в сут.);

τ – среднее время закупки и доставки продукции (в сут.).

Для определения оптимального объема поставок (V^*) используются следующие исходные данные:

G – прогнозируемый объем закупок продукции розничным посредником для реализации на рынке продаж;

C_1 – закупочная цена вида продукции;

S – накладные транспортно-заготовительные расходы на организацию одной закупки продукции;

C_2 – затраты на хранение единицы вида продукции розничным посредникам за период планирования реализации продукции.

Закупочная стоимость продукции для обеспечения спроса в планируемый период реализации продукции определяется, как: $G \times C_1$.

Накладные расходы на организацию закупок равны: $S \frac{G}{V}$, - где: V - объем одной закупки, а G/V – количество закупок в период планирования реализации продукции.

Для расчета затрат на хранение запасов продукции в течение периода реализации продукции необходимо определить средний запас при использовании стратегии типа (s, V) (рис. 3.1).

Из рисунка 3.1 следует, что средний запас можно определить, как:

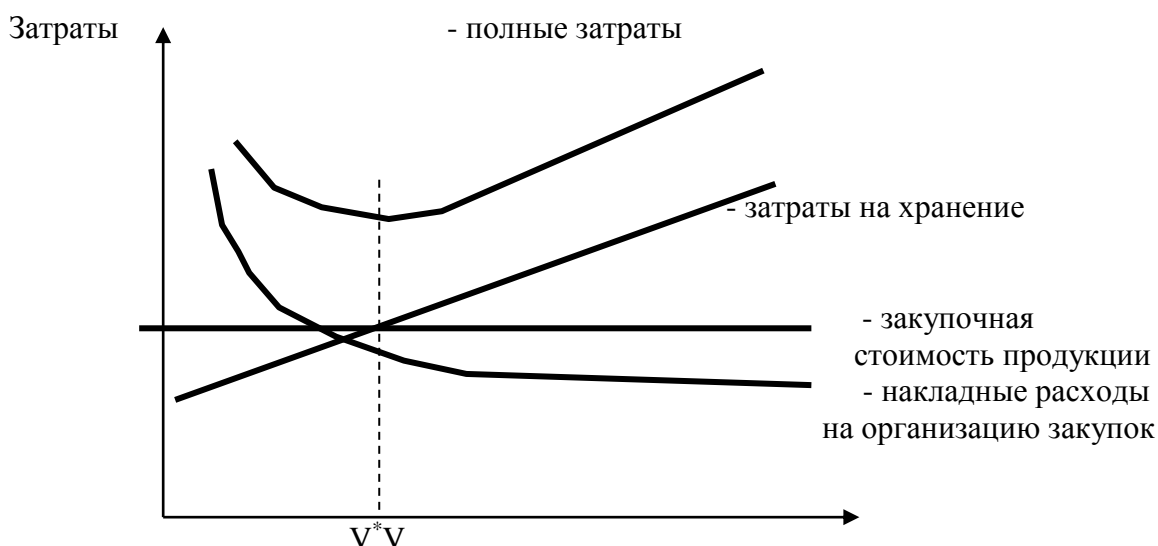
$s^* + \frac{V}{2}$; - тогда затраты на хранение в течение периода ее реализации

определяются, как произведение: $C_2 \times (s^* + \frac{V}{2})$.

Полные затраты на организацию закупок (C) определяются, как сумма вышеперечисленных затрат, т.е.:

$$C = G \times C_1 + S \times \frac{G}{V} + C_2 \times (s^* + \frac{V}{2}). \quad (5.5)$$

Воспользовавшись формулой (5.5) построим графические зависимости перечисленных годовых затрат от объема закупки (V).



Нрисунк 5.1. Функции затрат от объема закупки продукции

На рисунке 5.1 видно, что экстремум функции полных затрат от объема

закупки является минимумом. Из условия экстремума функции определим оптимальный объем закупки (V^*), при котором полные затраты будут минимальными и при этом будет обеспечен спрос на продукцию в течение периода ее реализации:

$$C'_V = -\frac{S \times G}{V^2} + \frac{C_2}{2} \Rightarrow -\frac{S \times G}{V^2} + \frac{C_2}{2} = 0. \quad (5.6)$$

Решение уравнения (5.6) относительно V определяет оптимальный объем закупки:

$$V^* = \sqrt{\frac{2 \times G \times S}{C_2}}. \quad (5.7)$$

Объединив формулы (5.4 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) и (5.7), получим систему расчета оптимальных параметров стратегии управления поставками типа (s, V) при организации закупок продукции розничным посредником для реализации ее на рынке продаж:

$$\begin{cases} s^* = \frac{a(t)}{T} \times \tau; \\ V^* = \sqrt{\frac{2 \times G \times S}{C_2}}. \end{cases} \quad (5.8)$$

Рассчитав по формулам (5.8 **Ошибка! Источник ссылки не найден.**) оптимальные параметры управления s^* и V^* , остается в течение периода планирования реализации продукции за текущим товарным запасом, и при достижении его значения нижнего заданного порога s^* организовывать закупку продукции заданного объема V . При этом будет обеспечен на продукцию в течение периода ее реализации с минимальными затратами на закупку, доставку и хранение продукции.

5.3. Особенности управления цепочкой распределения продукции второго уровня

Применение розничным посредником стратегии управления поставками типа (s, V) для закупок продукции практически лишает его возможности приобретать продукцию непосредственно у производителей, поскольку сроки поставок при применении такой стратегии неизвестны и планировать производство продукции невозможно. Следовательно, практически значимой цепочкой распределения продукции является цепочка распределения второго уровня, которая состоит из следующих звеньев:

- производитель продукции;
- перевозчики продукции;
- оптовый посредник;
- розничный посредник;
- потребитель продукции.

Организация поставок от производителя продукции оптовому посреднику возможна только по стратегии управления типа (T, V) , поскольку эта стратегия наилучшим образом согласуется с планом производства. Теперь остается только определить оптимальные, относительно заданного критерия, параметры выбранной стратегии: объем поставок (V) и период между поставками (T) .

Рассмотрим задачу управления поставками по стратегии типа $(T, V)q$ наименований продукции, причем по условиям транспортировки возможна их совместная поставка. При этом будем считать, что издержки по одной поставке не зависят от размера поставки. Затраты за период по хранению каждого вида продукции пропорциональны среднему товарному запасу оптового посредника. Расход запаса равномерный.

Пусть:

$k = 1, \dots, q$ – виды продукции;

G_k – потребность k – го вида продукции в заданный период (для оценки потребности в продукции оптового посредника возможно использовать метод, представленный в п. 2.2);

p_k – цена приобретения единицы k -го вида продукции;

c_k – расходы по хранению единицы k -го вида продукции в заданный период;

d_k – транспортные расходы на поставку партии продукции k – го вида (предполагается, что поставка вида осуществляется выделенным транспортным средством и затраты на его эксплуатацию не зависят от его загруженности).

Необходимо определить такие объемы поставок по каждому виду продукции (V_k) и такой период между поставками (T), при которых производитель продукции обеспечит потребность оптового посредника в заданный период с минимальными суммарными затратами на приобретение, перевозку и хранение товарных запасов за тот же период.

Затраты на приобретение k -го вида продукции в заданный период (Z_{np}) определяются по формуле:

$$Z_{np} = p_k \times G_k .$$

Количество поставок k -го вида продукции в заданный период можно определить, как отношение потребности в продукции за тот же период к объему поставки, тогда затраты за период на перевозку k -го вида продукции (Z_{mp}) определяются по формуле:

$$Z_{mp} = \frac{G_k}{V_k} \times d_k .$$

Средний запас при стратегии управления поставками типа (T, V) и равномерном расходе равен половине объема поставки (см. рис. 2.5).

Затраты на хранение продукции k -го наименования (Z_{xp}) прямо пропорциональны среднему запасу, т.е.:

$$Z_{xp} = c_k \times \frac{V_k}{2} .$$

Следовательно, суммарные затраты (Z) определяются по формуле:

$$Z = p_k \times G_k + \frac{G_k}{V_k} \times d_k + c_k \times \frac{V_k}{2} . \quad (5.9)$$

Формула (5.9) описывает функциональную зависимость полных годовых затрат (Z) на организацию поставок продукции по k -му наименованию от

объема поставки (V_k). Необходимо найти экстремумы этой функции и из них выбрать минимум полных затрат.

Условие экстремума функции полных затрат:

$$Z'_{V_k} = -\frac{d_k \times G_k}{V_k^2} + \frac{c_k}{2} \Rightarrow -\frac{d_k \times G_k}{V_k^2} + \frac{c_k}{2} = 0. \quad (5.10)$$

Для определения точки экстремума решим уравнение (5.10) относительно V_k :

$$V_k^* = \sqrt{\frac{2d_k G_k}{c_k}}. \quad (5.11)$$

Для проверки точки экстремума V_k^* на минимум дважды продифференцируем функцию полных затрат и определим значение второй производной в точке экстремума:

$$Z''_{V_k}(V_k^*) = \frac{2d_k G_k}{(V_k^*)^3} = \sqrt{\frac{c_k^3}{2d_k G_k}} > 0.$$

Поскольку вторая производная функции полных затрат в точке экстремума положительная, то отсюда следует, что объем поставок k -го вида продукции, рассчитанный по формуле (5.11), является оптимальным, т.е. обеспечивает минимум полных затрат при доставке продукции в течение периода планирования распределения продукции.

Определим оптимальный объем поставок в случае, если транспортные затраты прямо пропорциональны объему перевозки, т.е.:

$$D_k = d_l + a_k \times V_k;$$

где: D_k – затраты на перевозку партии продукции k – го вида;

d_k – стоимость подачи транспортного средства для перевозки продукции k – го вида;

a_k – стоимость перевозки единицы объема продукции k – го вида.

Тогда затраты на перевозку k -го вида продукции (Z_{mp}) определяются по формуле:

$$Z_{\text{тр}} = \frac{G_k}{V_k} \times D_k = \frac{G_k}{V_k} \times (d_k + a_k \times V_k).$$

Полные затраты (Z) определяются по формуле:

$$Z = p_k \times G_k + \frac{G_k}{V_k} \times (d_k + a_k \times V_k) + c_k \times \frac{V_k}{2}. \quad (5.12)$$

Условие экстремума функции полных затрат:

$$Z'_{V_k} = -\frac{d_k \times G_k}{V_k^2} + \frac{c_k}{2} \Rightarrow -\frac{d_k \times G_k}{V_k^2} + \frac{c_k}{2} = 0 \quad (5.13)$$

Для определения оптимального объема поставок сырья k -го наименования решим уравнение (5.13) относительно V_k :

$$V_k^* = \sqrt{\frac{2d_k G_k}{c_k}}. \quad (5.14)$$

Рассчитав по формуле (5.11) или (5.14) оптимальный объем поставок по каждому виду продукции и приведя эти объемы к одинаковым натуральным единицам измерения (как правило, весовым), можно определить суммарный оптимальный объем поставки (V^*) по формуле:

$$V^* = \sum_{k=1}^q V_k^*.$$

Приведя объемы потребности в продукции за период планирования распределения по каждому виду к одинаковым натуральным единицам измерения (тоже весовым), определим суммарный объем потребности по формуле:

$$X = \sum_{k=1}^q G_k.$$

Теперь составим пропорцию, правая и левая части которой отображают оптимальное количество поставок в год:

$$\frac{X}{V^*} = \frac{365}{T^*}; \quad (5.15)$$

где T^* - оптимальный период между поставками.

Из пропорции (5.15) следует, что оптимальный период между поставками можно рассчитать по формуле:

$$T^* = \frac{365 \times V^*}{X} = \frac{365 \times \sum_{k=1}^q V_k^*}{\sum_{k=1}^q G_k} = 365 \frac{\sum_{k=1}^q \sqrt{\frac{2d_k G_k}{c_k}}}{\sum_{k=1}^q G_k}. \quad (5.14)$$

Объединив формулы (5.11) или (5.14) и (5.16), получим систему расчета оптимальных параметров стратегии управления при пополнении товарных запасов оптового посредника:

$$\left\{ \begin{array}{l} V_k^* = \sqrt{\frac{2d_k G_k}{c_k}} ; k=1, \dots, q; \\ T^* = 365 \frac{\sum_{k=1}^q \sqrt{\frac{2d_k G_k}{c_k}}}{\sum_{k=1}^q G_k}. \end{array} \right. \quad (5.17)$$

Определив, согласно системе (5.17), оптимальные объемы производства и поставок продукции по каждому виду (V_k ; $k = 1, \dots, q$) и оптимальные периоды между поставками (T), а значит и сроки поставок, возможно заключить договор между производителем продукции и оптовым посредником на поставку продукции с указанием сроков и объемов поставок.

В случае присутствия в цепочке распределения продукции множества производителей продукции и множества оптовых посредников для организации потока продукции в цепочке необходимо использовать методы, представленные в п. 2.5 и п.2.6.

5.4. Метод ускорения потока продукции в цепочке распределения

«Метод быстрого реагирования» разработан в результате развития философии «точно в срок» и представляет собой метод планирования и

регулирования поставок товаров на предприятия оптово-розничной торговли и в распределительные центры, в основе которого лежит логистическое взаимодействие между торговым предприятием, его поставщиками и транспортом. Суть метода раскрыта в его названии: быстрая реакция цепочки распределения, изображенной на рис. 5.2, на изменения рыночного спроса.

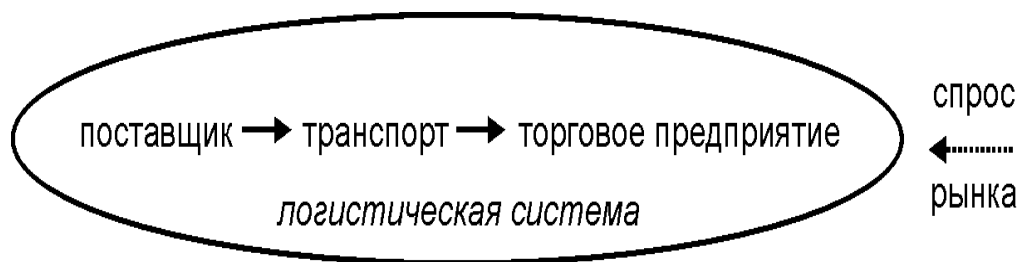


Рис. 5.2. Цепочка распределения, реагирующая на возникший спрос.

Поставщик должен иметь возможность быстрого доступа к информации о реальном спросе, который предъявляет потребителю рынок. Решение о поставке товара на предприятие торговли оптовым поставщиком принимается тогда, когда достаточно высока вероятность возникновения реальной потребности в товаре данного вида. Передача заказа и поставка товаров должны осуществляться без каких-либо задержек.

«Метод быстрого реагирования» основан на использовании трех технологий и новой концепции бизнеса.

Технология первая: *автоматическая идентификация штриховых товарных кодов*. Позволяет быстро и эффективно собрать точную и детальную информацию, о том, что в данный момент продается.

Технология вторая: *электронный обмен данными*. Это не только “Интернет”, но и комплекс стандартов, позволяющий предприятиям оперативно обмениваться большими объемами документированной информации.

Технология третья: *автоматическая идентификация грузовых единиц (например, транспортировочных контейнеров)*.

Возможности сокращения товарных запасов, которые открывает внедрение технологии быстрого реагирования, показаны на рис. 5.3.

Текущий запас сокращается, так как в цепочке распределения продукции запас, обеспечивающий непрерывность торгового процесса между очередными поставками, не должен превышать величины, расходуемой за период реализации продукции.

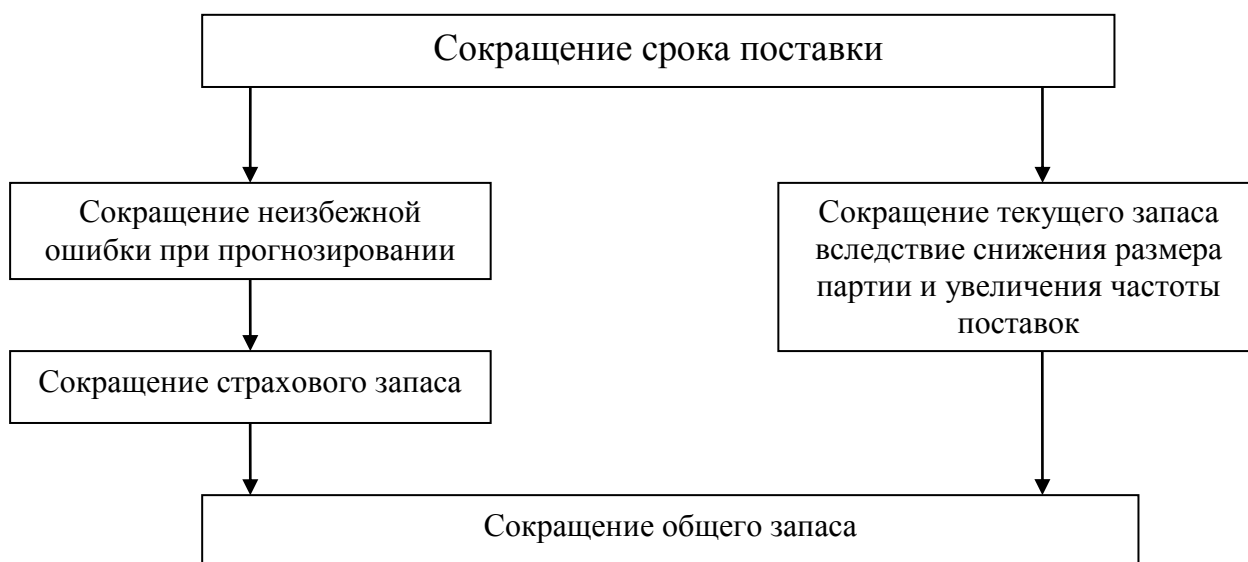


Рис. 5.3. Слагаемые сокращения запасов при использовании технологии быстрого реагирования

«Метод быстрого реагирования» позволяет устойчиво работать без возникновения дефицита в условиях увеличения дисперсии спроса. При этом страховой запас, как правило, снижается, поскольку разброс спроса, растущий во времени, за короткое время поставки продукции просто не успевают существенно меняться. Соответственно, нет необходимости и в больших страховых запасах.

Концепция быстрого реагирования требует постоянного сотрудничества между организациями, участвующими в продвижении товара. Роль согласованности участников чрезвычайно высока. Например, в США в конце 80-х годов прошлого века, когда уже примерно 90% товаров несли на себе штриховой товарный код, технологией быстрого реагирования были объединены лишь несколько сотен партнеров. Причиной медленного внедрения

явилась не столько новизна технологии, сколько традиционный дух недоверия и соперничества между торговцами в розницу, дистрибьюторами и производителями, так как исторически каждая организация пытается извлечь максимальную прибыль и сделать это за счет прибыли других партнеров. Разрушить эти традиционные сопернические отношения не менее сложно, чем решить технические и технологические вопросы, связанные с внедрением технологии быстрого реагирования.

6. SCOR – МОДЕЛЬ ЦЕПИ ПОСТАВОК

Международная организация «Совет по цепям поставок» разработала с целью более эффективного анализа, планирования и проектирования цепей поставок так называемую *SCOR-модель (Supply-Chain Operations Referencemodel)* – «Рекомендуемая модель операций в цепях поставок». SCOR-модель – это референтная модель, предполагающая собственный язык для описания взаимоотношений между участниками цепи поставок. В данной модели применяется система оценки эффективности работы этой цепи и библиотека типовых бизнес-процессов.

С помощью SCOR-модели создаются единые, сравнимые и приспособленные для оценки процессы внутри цепи поставок. Использование SCOR-модель позволяет оценить процесс прохождения материального потока по цепи поставок комплексно.

Одним из ключевых моментов модели является графическое представление типологии цепи поставок, что позволяет иметь наглядный образец сложной сетевой структуры бизнеса компании. SCOR-модель является эффективным инструментом диагностики цепи поставок, позволяет выявить все «узкие места» и наглядно показать возможные альтернативные варианты построения логистической системы компании.

SCOR-модель основывается на стандартном описании процессов управления цепями поставок и правилах приведения к стандартным

характеристикам и функциям, а также стандартизации взаимоотношений между бизнес-процессами. На рис. 6.1 представлена SCOR-модель в обобщенном виде.



Рис. 6.1. SCOR-модель в обобщенном виде

В общем случае в SCOR-модели участники цепи поставок выполняют пять базисных бизнес-процессов:

1. *Make* («делать») – операции, связанные с производством товара (физического продукта или услуги). Здесь определяются специфические процедуры производства: производственные процедуры и циклы, контроль качества, упаковка, хранение и выпуск продукции. Структурные элементы процесс: управление производственными мощностями, производственные циклы, графики смен и т.д.

2. *Source* («снабжать») – операции, связанные с получением предметов снабжения для производства товара или его продажи. Определяются ключевые

элементы управления снабжением. Выполняются операции: оценка и выбор поставщика, проверка качества поставок, заключение контрактов. Сюда относятся все процедуры, связанные с получением материалов: приобретение, транспортировка и т.д.

3. *Deliver* («доставлять») – операции по доставке товара потребителям как собственными подразделениями фокусной компании, так и ее контрагентами в цепи поставок. Состоит из управления заказами, складом и транспортировкой. Управление заказами включает создание и регистрацию заказов, формирование стоимости, выбор конфигурации товара. Создание и ведение клиентской базы, ведение БД по товарам и ценам, управление дебиторами и кредиторами. Также сюда относят: упаковку, отгрузка товара. Управление транспортировкой и доставкой определяется правилами управления каналами, правилами управления заказами, товарами для доставки и управление качеством доставки.

4. *Return* («возвращать») – операции, связанные управлением так называемыми возвратными материальными потоками – с возвратом бракованной продукции, оборотной тары, утилизацией отходов или брака и т. п. В рамках этого дифференцируются структурные элементы возвратов (дефектных, излишних, требующих ремонта) как от «make» к «source», так и от «deliver». Здесь определяется состояние продукта, размещение продукта, запрос на авторизацию возвратов, направление на уничтожение

5. *Plan* «Планирование» объединяет и координирует деятельность всех участников цепи поставок и является интегрирующим элементом SCOR-модели. В рамках этого процесса определяются источники поставок, производится обобщение и расстановка приоритетов в потребительском спросе, планируются запасы, определяются требования к системе дистрибьюции, а также объемы производства, поставок сырья и готовой продукции. Здесь решается задача «make or buy»

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Гаджинский А.М. Логистика: Учебник для высших и средних специальных учебных заведений. – 2-е изд. – М.: Информационно-внедренческий центр «Маркетинг», 1999. – 228 с.
2. Лайсонс К., Джиллингем М. Управление закупочной деятельностью и цепью поставок: Пер с 6-го англ. изд. – М.: ИНФРА-М, 2005. – XVIII,- 798 с.
3. Линдерс Майкл Р., ФиронХарольд Е. Управление снабжением и запасами. Логистика/ Пер. с англ. СПб.: Полигон, 1999 .- 272 с.
4. Миротин Л.Б., Некрасов А.Г. Логистика интегрированных цепочек поставок: Учебник / М.: Издательство «Экзамен», 2003. – 256 с.
5. Неруш Ю.М. Логистика: Учебник для вузов.- 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 389 с.
6. Родников А.Н. Логистика: Терминологический словарь. М.: Экономика, 1995. – 118 с.
7. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий / Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1993.
8. Уотерс Д. Логистика. Управление цепью поставок: Пер с англ. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 503 с.
9. Управление запасами. Рыжиков Ю.И., Главная редакция физико-математической литературы изд-ва "Наука", М., 1969,- 344 с.
10. Ю.В. Пересветов Управление материальными ресурсами. Логистические принципы. Учебник для ВУЗов ж.-д. транспорта, М.: ГОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2007 г. - 128 с.