



Владислав Лукинский,
Санкт-Петербургский филиал
Национального исследовательского
университета
«Высшая школа экономики»,
д.э.н., профессор департамента менеджмента



Александр Маевский,
Санкт-Петербургский филиал
Национального исследовательского
университета
«Высшая школа экономики»,
к.э.н., доцент департамента
логистики и управления цепями поставок

КОНЦЕПЦИЯ MRP: ВЫБОР СТРАТЕГИИ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ

Часть I

Аннотация. В статье рассмотрены основные методы управления запасами (УЗ) при зависимом спросе. Проведенный анализ показал, что полученные результаты носят дискуссионный характер и не позволяют однозначно выбрать оптимальную стратегию УЗ. Для решения проблемы выбора были проведены расчеты с использованием основных стратегий управления: «партия за партией»; «фиксированный период заказа», «экономичный размер заказа»; «наименьшие удельные издержки»; «наименьшие общие затраты»; «общие затраты за период». Базой для проведения сравнительных расчетов послужили данные из литературных источников и собственные материалы авторов. Сопоставление полученных результатов позволило определить наилучшую стратегию с точки зрения минимальных затрат.

Ключевые слова. Логистические концепции, планирование потребности в материалах, стратегии управления запасами, зависимый спрос.

Annotation. The article examines the main inventory management methods at dependent demand. The analysis showed that the results are debatable and, in fact, do not allow definitely choose the optimal inventory management strategy. To solve the problem calculations were carried out using the basic management strategies. Data from the literature and the authors' own materials were used for comparative calculations; comparison of the obtained results allowed to determine the best strategy in terms of minimum cost.

Key words. Logistics concepts, material requirements planning, inventory management strategies, dependent demand.

Введение

В связи с наметившейся тенденцией роста в отдельных областях экономики нашей страны возрастает интерес к одной из важнейших функциональных областей логистики – производственной логистике. Несмотря на большое количество работ [2, 3, 9 и др.], ряд вопросов, в частности такая важная задача, как выбор стратегии управления запасами при зависимом спросе, остаются малоизученными и требуют проведения дополнительных исследований.

Известно, что эволюция логистики тесно связана с фундаментальными логистическими концепциями. Одна из них, связанная с развитием информационно-компьютерных технологий, появилась в семидесятых годах прошлого века и получила название MRP I (material requirements planning – планирование потребности в материалах). В дальнейшем эта система была реализована в виде семейства информационно-программных модулей и технологий: MRP II, DRP I, DRP II, ERP и CSRП (система планирования ре-

сурсов, синхронизированная с потребителем).

Анализ ряда публикаций [1, 2 и др.] позволил выявить особенности управления запасами при зависимом спросе. В большинстве из них рассматриваются следующие вопросы:

- Что такое MRP?
- В чем преимущество MRP-систем?
- Какие существуют условия для применения MRP?
- Какими недостатками обладают MRP-системы?

- Каковы причины создания страховых запасов, какие существуют подходы для определения их размера при зависимом спросе?

Попытка систематизации мнений специалистов в хронологическом порядке была осуществлена в виде таблиц 1–5. На наш взгляд, пред-

ставление материалов в таком виде позволяет проследить основные тенденции развития системы MRP и в то же время отразить многообразие охватываемых логистических функций и операций.

Из анализа таблиц 1–5 можно сделать следующие выводы.

Во-первых, несмотря на довольно длительный период с момента появления MRP-систем, разработанных для управления плановой потребностью поставок при зависимом спросе, интерес к ним не ослабевает, но при этом ряд вопросов остается дискуссионным, один из которых – выбор

Таблица 1.

Исследуемый вопрос: что такое MRP?

Источник	Мнение
Ballou, 1999	MRP – метод, используемый для определения действий с ценными, изготавливаемыми под заказ комплектующими, спрос на которые хорошо известен. С логистической точки зрения цель MRP – насколько это возможно избежать нахождения этих комплектующих в запасах
Coyle et al., 2003	Предложенная Joseph Orlicky система MRP предназначена для работы с поставками комплектующих и материалов, спрос на которые определяется спросом на конкретный конечный продукт
Axsäter, 2006	Обычная ситуация, когда спрос на продукт зависит от спроса на другие продукты. Рассмотрим, например, продукт, который используется как компонент (и только для этого) для сборки каких-то готовых продуктов. Естественно в начале спрогнозировать спрос на эти готовые продукты. Затем определить производственный план. Спрос на компонент будет получен из производственного плана. Этот способ прогнозирования спроса для зависимых компонентов применяется в MRP. Наиболее часто MRP используется в производстве. Мы также можем применять те же подходы к формированию заказов и в распределительных системах
Jonsson, 2008	MRP – метод планирования материалов, основанный на моментах времени, в которых возникает потребность в продукции, т.е. когда будущая рассчитанная доступность запасов становится отрицательной
Stadtler and Kilger, 2008	Раньше единая концепция (несмотря на особенности, существующие в различных областях, например в пищевом производстве или автомобилестроении) производственного планирования и контроля с программным обеспечением (MRP) применялась в промышленности. Если спросить руководителя производства, является ли его система уникальной и требующей специальных методов принятия решений, наиболее вероятно, что он ответит «да». Что касается характера принимаемых решений, то правда лежит где-то посередине
Heizer and Render, 2011	«Зависимый спрос» означает: спрос на один из продуктов приводит к спросу на другие. Зависимые методы, используемые в производственной сфере, называются MRP
Wisner et al., 2012	Контроллинг, или управление запасами, – один из наиболее важных аспектов деятельности и повышения ценности компании. Они обычно имеют какой-то тип MRP программного обеспечения для управления запасами. Впервые MRP получило развитие в 60-х годах. MRP – система, которая широко используется производственными компаниями для расчета зависимого спроса и временных параметров
Krajewski et al., 2013	MRP – компьютеризированная информационная система, разработанная специально для помощи производителям управлять запасами при зависимом спросе и составлять расписания поступления продукции

Таблица 2.

Исследуемый вопрос: преимущества MRP

Источник	Мнение
Ballou, 1999	Теоретически запасы не нужно создавать, если количество и время, когда понадобится конечный продукт, известны. Точный временной график материальных потоков для удовлетворения производственных требований – принцип в основе MRP
Axsäter, 2006	Главным преимуществом MRP является возможность отслеживать сравнительно редкие крупные объемы требований
Heizer and Render, 2011	Многие компании считают, что в MRP есть важные преимущества: улучшение реакции на заказы потребителей как результат улучшения планирования, ускорение реагирования на изменение рынков, улучшенное использование инфраструктуры и трудовых ресурсов, сокращение уровней запасов

Таблица 3.
Исследуемый вопрос: условия применения MRP

Источник	Мнение
Ballou, 1999	Периоды выполнения заказов не являются точно известными. Момент возникновения нового заказа зависит от неопределенности во времени выполнения заказа, что может приводить к появлению неликвидов и дефицита (балансирование между ожидаемыми затратами на содержание запасов при доставке до того, как они требуются, и затратами на штрафы при доставке после того, как они требуются)
Axsäter, 2006	Обычно заказы, так же как и поставки, появляются в начале периода
Heizer and Render, 2011	Эффективное использование моделей зависимых запасов требует, чтобы менеджеры знали: что должно быть сделано и когда; спецификацию готового продукта (материалы, комплектующие); фактическое наличие запасов; что заказано (товары в пути); время выполнения заказов

Таблица 4.
Исследуемый вопрос: недостатки MRP

Источник	Мнение
Ballou, 1999	Из-за дискретного расхода комплектующих высокие объемы запасов должны обеспечиваться в то время, когда они не нужны. Если бы интенсивность расхода запаса могла бы быть приблизительно предположена, комплектующие могли бы заказываться точно перед окончанием с существенной экономией на затратах на поддержание запасов
Coyle et al., 2003	Недостатки MRP-подхода включают следующее: необходимо выполнение большого количества расчетов. Изменения иногда затруднительны, если система уже приведена в действие. Затраты на заказ и транспортировку могут вырасти, если компания сокращает уровни запасов и возможно движется к более координированной системе заказываемых продуктов с меньшим объемом поставки в момент, когда компания нуждается в ней. MRP обычно не чувствительно к краткосрочному изменению спроса (как ROP), при этом не нужна активность контроля за запасами. MRP часто становится очень сложной, иногда не работает именно так, как предполагалось
Axsäter, 2006	Одна из проблем MRP связана со слишком частыми за период времени изменениями в планах конкретных комплектующих. Даже очень небольшое изменение в главном производственном расписании может привести к достаточно большим изменениям в планах для многих нижестоящих уровней планирования комплектующих. Эта нестабильность в MRP часто называется нервозностью. Один из вариантов сокращения нервозности – заморозить размер заказов на определенное время (т.е. невозможность изменить размер заказа). Логика MRP проста, но расчеты могут быть очень большими, если необходимо учесть тысячи комплектующих и сложные многоуровневые структуры
Stadtler and Kilger, 2008	Зависимый спрос – предпосылка для производства продукции или обновления заказов таким образом, что спрос на конечную продукцию может быть удовлетворен вовремя с минимальными производственными процессами и запасами. Несмотря на применение, эта логика страдает из-за игнорирования доступных мощностей, т.е. производственные заказы могут привести к перегрузке мощностей и их недоступности
Heizer and Render, 2011	Из-за частой спешки при продвижении нового продукта потребность в комплектующих может быть указана не полностью или не указана совсем. Спецификации по необходимым комплектующим часто содержат ошибки в количестве, наименованиях. Когда ошибки обнаружены, составляются уточняющие бумаги, которые усложняют дальнейшие процессы. MRP может реагировать на изменения в реальной жизни. Если нестабильность вызвана законодательными изменениями, то достойным ответом может быть изучение производственной среды, в этом случае MRP не поможет
Wisner et al., 2012	Основным преимуществом в MRP является то, что информация о производстве доступна для всего горизонта планирования, поэтому дальнейшие планы для организации работы становятся четкими (видимыми). Однако необходимость смещения объемов потребления на период времени выполнения заказа для получения запланированной продукции приводит к появлению причин потери четкости видения горизонта планирования комплектующих. Эта проблема особенно остра для спецификаций значительного размера, сложных деталей. Другая проблема MRP в том, что не учитываются размер производственных мощностей и условия (особенности) работников (исполнителей)
Krajewski et al., 2013	В течение многих лет компании пытались управлять производством и их запасами при зависимом спросе, но результат редко был удовлетворительным, потому что зависимый спрос принципиально отличается от независимого

Таблица 5.

Исследуемый вопрос: причины создания страхового запаса, определение его размера и местонахождения в MRP

Источник	Мнение
Jonsson, 2008	Защита против неопределенности в комплектующих и поставках – составляющих MRP – может быть достигнута с помощью страховых запасов или страхового времени
Wisner et al., 2012	Зависимый спрос может иметь примеры внезапных и драматических изменений из-за своей зависимости от спроса на конечный продукт, особенно если он производится большими партиями. Страховой запас защищает против неопределенностей в потреблении (спросе), поставках, качестве и времени выполнения заказа
Ballou, 1999	На основе практического опыта или другими способами может быть зарезервирована часть текущего запаса (имеющегося в наличии). Хотя этот метод приближенный, это, вероятно, лучший из возможных, учитывая природу происхождения отклонения спроса
Axsäter, 2006	Размер страхового запаса – также планируемый параметр, определяемый произвольно
Krajewski et al., 2013	Определение размера страхового запаса является важным управленческим решением. Это более сложная задача для зависимого спроса, чем для независимого
Axsäter, 2006	На практике существует несколько способов избежать дефицита. Можно предложить возможность временно сократить период выполнения заказа. Другой вариант – привести в порядок основу для планирования: изменение расписания (в целом) или объема поставок и страхового запаса
Krajewski et al., 2013	Обычная политика – использовать страховой запас для конечной продукции и покупаемых комплектующих для защиты от изменения спроса покупателей или ненадежных поставок, но избегать насколько это возможно использования страховых запасов для компонентов собственного производства

оптимальной стратегии управления поставками.

Во-вторых, очевидно, что только концепция JIT («точно во время») не может в полной мере обеспечить стабильность производства при поставках несовершенных заказов (по количеству, качеству и т.п.), особенно комплектующих. Поэтому проблема определения величин страховых запасов остается актуальной, поскольку ни в одной из доступных авторам работ нет методики этого расчета.

В-третьих, следующий шаг развития методов управления запасами при зависимом спросе может быть аналогичным существующим стратегиям при независимом спросе, предусматривающем учет взаимосвязи между текущим и страховым запасами. Это означает, что направление дальнейшего развития должно быть связано с формированием комбинированной методики, включающей детерминированную составляющую стратегии (поставки согласно плановой потребности) и вероятностную составляющую (расчет страховых запасов).

2. Анализ стратегий управления запасами при зависимом спросе

В работе [3] указывается, что для определения размера заказа при зависимом спросе, который характеризуется неравномерностью и

нерегулярностью, используется своеобразный подход, получивший название «дискретное планирование закупок».

Среди представленных в литературе методов расчета показателей запасов при зависимом спросе [1, 4, 8, 10, 15 и др.] наибольшее распространение получили следующие:

- «партия за партией» (LFL);
- «фиксированный период заказа» (POQ);
- «фиксированный размер заказа» (FOQ);
- «наименьших удельных издержек» (LUC);
- «наименьших общих затрат» (LTC);
- метод Сильвера-Мила, или «общих затрат за период» (TCU);
- «экономичного размера заказа» (EOQ).

Анализ показал, что стратегии управления запасами при зависимом спросе условно могут быть разделены на две основные группы. Первая группа – эмпирические стратегии, основанные на формировании различных вариантов объемов поставок. К ним относятся три стратегии: LFL, FOQ и POQ. Под объемом поставки подразумевается объединение потребностей в блок ряда последовательных периодов. Так, при стратегии LFL рассматриваются единичные (не-

зависимые поставки) в соответствии с потребностями в каждом периоде. Стратегия FOQ предусматривает постоянство величин поставок в течение всего планового периода (при этом периодичность поставок варьируется). Стратегия POQ предусматривает переменную величину поставок при фиксированной периодичности. Следует подчеркнуть, что эмпирические стратегии не предусматривают формирование блоков по критерию минимизации затрат.

Вторая группа – экономические стратегии, использующие оптимизационные алгоритмы формирования партий поставок с учетом затрат на поставку (или пусконаладочные работы) и хранение запаса. Получившие наибольшее распространение три стратегии LUC, LTC и TCU (или метод Сильвера-Мила) аналогичны по характеру используемой процедуры: поиск и определение показателей локальных группировок в виде блоков поставок в течение планового периода по критерию минимума затрат.

Рассмотрим некоторые из экономических стратегий подробнее.

Метод наименьших удельных затрат (LUC). Многошаговый метод определения размеров партий, при котором общие затраты на организацию заказа (пусконаладочные работы) и затраты на хранение сум-

« ...несмотря на довольно длительный период с момента появления MRP-систем, разработанных для управления плановой потребностью поставок при зависимом спросе, интерес к ним не ослабевает, но при этом ряд вопросов остается дискуссионным.

мируются нарастающим итогом (кумулятивные затраты).

Поскольку с увеличением количества периодов k растут затраты и увеличивается размер поставки, для выбора наилучшей партии вводятся удельные затраты, которые рассчитываются по формуле:

$$C_y(k) = \frac{C_3 + \sum_{i=1}^k C_{xi}}{\sum_{i=1}^k Q_i} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где i – номер учитываемого периода, $i = 1, 2, \dots, k$, Q_i – размер партии (заказа) в i -м периоде, C_3 , C_{xi} – затраты на организацию заказа (или на пусконаладочные работы) и хранение.

Величина минимума $C_y(k)$ определяет размер партии:

$$Q = \sum_{i=1}^k Q_i. \quad (2)$$

Таким образом, расчеты по формулам (1) и (2) повторяются для всего планового периода T и позволяют сформировать N блоков, т.е. количество поставок.

Метод наименьших общих затрат (LTC) – многошаговый метод, при котором размер партии определяется по результатам сравнения затрат на хранение и затрат на организацию заказа (или пусконаладочные работы). Величина размера партии определяется из условия

$$\Delta_k = \left| C_3 - \sum_{i=1}^k C_{xi} \right| \rightarrow \min. \quad (3)$$

Метод Сильвера-Мила (или TUC) аналогичен стратегии LUC, но критерий для выбора формируемых блоков определяется как минимум из общих затрат на организацию заказа и хранение, отнесенных к одному периоду.

Величина размера одного блока определяется с учетом минимума функции:

$$TCU_k = \frac{C_3 + \sum_{i=1}^k C_{xi}}{k} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Метод экономического размера заказа (EOQ).

Для расчета размера заказа, одинакового для всего периода T , воспользуемся формулой Харриса-Уилсона:

$$Q_0 = \sqrt{\frac{2A \cdot C_3}{T \cdot C_x}}, \quad (5)$$

где A – объем потреблений продукции за плановый период, шт.;

C_3 – затраты на выполнение одного заказа, у.е.;

C_x – затраты на хранение единицы продукции в единицу времени (например, в неделю), у.е.;

T – плановый период потребления продукции.

Количество поставок N и минимальные общие затраты C_Σ за расчетный период T рассчитываются по формулам:

$$N = \sqrt{\frac{A \cdot T \cdot C_x}{2C_3}}, \quad (6)$$

$$C_\Sigma = \sqrt{2AC_3TC_x}. \quad (7)$$

Следует подчеркнуть, что расчетное количество поставок N не является целым и при расчетах по фактическим данным производится корректировка последнего блока в сторону увеличения размера Q_0 или вводится еще одна поставка меньшего объема, чем Q_0 .

3. Количественный анализ показателей стратегий в MRP-системах

В табл. 6 приведены данные из различных источников о величинах показателей, входящих в расчетные зависимости для стратегий управления запасами при зависимом спросе. В табл. 7 указаны стратегии, которые были применены различными авторами.

Обобщая источники, в которых приведены примеры расчета пара-

метров различных стратегий планирования величины запасов комплектующих при зависимом спросе, можно констатировать:

1. Минимальные и максимальные величины запасов в каждом плановом периоде охватывают широкий диапазон значений, например от 0 до 50 изделий или от 20 до 100 изделий. Длительность плановых периодов T , для которых проводится расчет, колеблется от 6 до 12 недель.

2. Для выбора наилучшей стратегии с использованием экономических критериев используются два вида затрат: на выполнение заказа и хранение запаса. В то же время размеры страховых запасов упоминаются в двух работах [1, 12], но никаких указаний по способу их определения не приводится.

3. Из табл. 7 следует, что в различных источниках для расчета в среднем использовалась половина из возможных стратегий.

4. Ни в одной работе не рассмотрены все методы, поэтому выводы о преимуществах того или иного из рассмотренных методов носят противоречивый характер. Так, в работе [3] указывается, что «партия за партией» – лучший метод. В то же время авторы [10] считают, что не существует какой-то одной самой лучшей модели даже для конкретной ситуации. Логисты должны оценить несколько моделей и определить одну, дающую приемлемые результаты в течение длительного периода, хотя эта модель может и не быть оптимальной.

5. Количество стратегий планирования величин запасов и их периодичности колеблется от одной до шести; наиболее часто указываются стратегии LFL, EOQ и LTC, при этом никаких указаний по наиболее предпочтительной стратегии не приводится.

Продолжение статьи в следующем номере журнала «ЛОГИСТИКА».

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Axsäter S. Inventory control. 2nd ed. – New York: Springer Science + Business Media, 2006.
2. Ballou R. Business logistics Management. – New York: Prentice-Hall International, Inc, 1999.
3. Bowersox D. and Closs D. Logistical Management. The Integrated

Таблица 6.

Показатели, характеризующие запасы при зависимом спросе

Источник	Плановый период, Т, нед.	Количество продукции, ед. в неделю		Объем потребления за период Т, А, ед.	Цена продукции, Сп, у.е.	Сх, у.е/год	Сз, у.е.
		минимум	максимум				
[1]	10	20	100	600	–	52	300
[10]	10	0	50	200	–	26	20
[17]	9	0	30	115		0,325	5,75
[18]	10	0	55	270	–	52	100
[21]	12	30	100	765	100	20	5000
[4]	8	50	92	524	10	2,6	47
[15]	6	7	25	90	2	1-3	5-50
[8]	9	6	27	118	100	25	400
[9]	8	0	150	260	–	–	–

Таблица 7.

Стратегии управления запасами, использованные различными авторами

Источник	Количество недель	Модели						
		LFL	FOQ	POQ	LTC	LUC	TCU	EOQ
[17]	9	+	+	+	+	+	–	–
[18]	10	+	–	–	+	–	–	+
[10]	10	+	–	–	+	–	–	+
[4]	8	+	–	–	+	+	–	+
[9]	8	+	+	+	–	–	–	–

- Supply Chain Process. – New York: McGraw-Hill Companies, Inc, 1996.
- Chase R., Aquilano N., Jacobs F. Production and operations management. 8th ed. – Irvin, McGraw-Hill Companies, Inc, 1998.
 - Christopher M. Logistics and supply chain management. 4th ed. – Harlow: Pearson Education Limited, 2011.
 - Coyle J., Bardi E., Langley C. The Management of Business Logistics: A Supply Chain Perspective, 7th ed. – South-Western Thomson Learning, 2003.
 - Heizer J.; Render B. Operations Management. 10th ed. – Edinburgh Gate Harlow England: Pearson Education Limited, 2011.
 - Jonsson P. Logistics and Supply Chain Management. – UK: McGraw-Hill Companies, Inc, 2008.
 - Krajewski L.; Ritzman L.; Malhotra M. Operations Management, Processes and Supply chains. 10th ed. – Upper Saddle River, New Jersey: Pearson Education Limited, 2013.
 - Leenders M., Fearon H. Purchasing and Supply Management, 11th ed. – Chicago, Illinois, USA: Irwin, 1997.
 - Lukinskiy V.S., Lukinskiy V.V. Evaluation of stock management strategies reliability at dependent demand. – Proceedings of the 16th International Conference “Reliability and Statistics in Transportation and Communication” (RelStat’16), 19–22 October 2016, Riga, Latvia.
 - Lysons K., Gillingham M. Purchasing and supply chain management. – London: Prentice Hall, 2003.
 - Stadtler H., Kilger C. Supply Chain Management and Advanced Planning. Concepts, Models, Software, and Case Studies. 4th ed. – Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2008.
 - Stock J.R., Lambert D.M. Strategic Logistics Management. 4th ed. – Boston: McGraw-Hill Irwin, 2001.
 - Taha H. Operations Research: an Introduction. 9th ed. – Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall, 2011.
 - Wisner J.; Tan K.; Leong G. Supply Chain Management: A Balanced Approach, third edition. – South-Western, Cengage Learning, 2012.
 - Гаврилов Д.А. Управление производством на базе стандарта MRPII. – СПб.: Питер, 2003. – 352 с.
 - Козловский В.А., Козловская Э.А., Савруков Н.Т. Логистический менеджмент: учебное пособие. 2-е изд., доп. – СПб.: Изд-во «Лань», 2002 – 272 с.
 - Лукинский В.С. Логистика и управление цепями поставок: учебник и практикум для академического бакалавриата / В.С. Лукинский, В.В. Лукинский, Н.Г. Плетнева – М. Издательство Юрайт, 2016 – 358 с.
 - Модели и методы теории логистики / под ред. В.С. Лукинского. – СПб.: Питер, 2007. – 448 с.
 - Управление запасами в цепях поставок: учебное пособие / под общ. и науч. ред. В.С. Лукинского – СПб.: СПбГИЭУ, 2011. – 287 с.