

3.2. АНАЛИЗ ОПТИМИЗАЦИИ СНАБЖЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ЗАПАСАМИ

Борисовский М.И., аспирант, кафедра теоретической и прикладной экономики

Прикарпатский национальный университет им. Василя Стефаника, Украина

[Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ](#)
[Вернуться к СОДЕРЖАНИЮ](#)

В статье исследованы особенности и преимущества использования модели Вильсона для оптимизации поставки производственных запасов на целлюлозно-бумажных предприятиях. Определены основные ограничения практического использования классической модели **EOQ**. Исследованы основные модификационные модели оптимальной партии поставки, которые позволят учитывать практические требования ведения бизнеса: постепенное поступление запасов, учет потерь от дефицита, многономенклатурных заказов, предоставление оптовых скидок, учет затрат на хранение с привязкой к единице площади или объема складского помещения. Также предложены усовершенствованные модели с целью учета страхового запаса и прогнозируемого изменения спроса.

Постановка проблемы

Актуальной проблемой на сегодняшний день является вопрос эффективного управления поступлением производственных запасов. Так без создания эффективной структуры снабжения предприятия необходимыми материальными запасами невозможно обеспечить высокую конкурентоспособность, качество готовой продукции, надежность ее поставок потребителям. Неудовлетворительное обеспечение процесса производства необходимыми запасами может привести к убыткам, связанным с простоями и неритмичной работой. От эффективности системы снабжения во многом зависит успешное выполнение производственной программы, а также достижение экономических показателей всего предприятия. И первоочередной задачей создания эффективной системы поступления товарно-производственных запасов на предприятие является расчет оптимальной партии поставки, что позволяет определить такой уровень материальных ресурсов, чтобы минимизировать затраты предприятия на их покупку, доставку и хранение.

Анализ последних исследований и публикаций

Вопрос оптимизации снабжения производственных запасов исследовали многие ученые: С.В. Калабухова [4], И.О. Бондарева [3], В.О. Хаврук [7], С.Е. Барыкин [2], Г.А. Семенов, А.В. Бугай, А.А. Еропутова [5], А.Н. Стерлигова [6], С.В. Архипов [1] и др. Однако в настоящее время вопросы совершенствования и модификации оптимальной партии поставки запасов в соответствии с практическими требованиями ведения бизнеса требуют дальнейших исследований.

Постановка задачи

Целью исследования является определение особенностей и основных путей совершенствования и модификации классической модели Вильсона в соответствии с практическими требованиями ведения бизнеса.

Изложение основного материала исследования

Подчеркивая важность данного вопроса, С.В. Калабухова [4, ст. 303] отмечает, что в практике хозяйствования всегда существуют два условия:

- во-первых, производственные запасы необходимо иметь, чтобы обеспечить потребности производства, а это требует дополнительных затрат на их хранение;
- во-вторых, при использовании производственных запасов в производстве, возникает потребность периодического их пополнения, а это связано с дополнительными расходами на оформление и представление заказов поставщикам на партию запасов.

И.А. Бондарева [3, ст. 10] отмечает, что на предприятиях Украины часто формирование запасов осуществляется путем создания необоснованно значительных их объемов за счет поставок крупных партий материалов без учета характера и времени потребления в производстве. Ученый отмечает, что, с одной стороны, доставка большего размера партии позволяет снизить удельные транспортные и накладные расходы на подготовку материалов к потреблению. Однако, с другой стороны, при наличии излишков материальных ресурсов сверх текущей потребности возникают дополнительные расходы, связанные с необходимостью сохранения излишних запасов, что приводит к увеличению этих расходов и росту возможных расходов вследствие естественной убыли материалов, а также обуславливает существование риска уменьшения потребности в них в будущем (табл. 1).

Таблица 1

СРАВНЕНИЕ ОСНОВНЫХ СИСТЕМ И МОДЕЛЕЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПОСТУПЛЕНИЯ ТОВАРНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗАПАСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЕ

Название системы, модели	Суть модели, системы	Положительные стороны	Отрицательные стороны
«Точно в срок» (just-in-time, JIT), канбан (CANBAN)	Полная синхронизация поставок с процессами производства и реализации: производственные запасы подаются небольшими партиями непосредственно в нужные точки производственного процесса, минимальный склад, а готовая про-	1) Короткий производственный цикл, высокая оборачиваемость активов, в том числе запасов; 2) отсутствуют или очень низки затраты на хранение товарно-производственных запасов	1) Сложность обеспечения высокой согласованности между стадиями производства продукции; 2) значительный риск срыва производства и реализации продукции; 3) значительные транспортные расходы

Название системы, модели	Суть модели, системы	Положительные стороны	Отрицательные стороны
	дукция сразу отгружается покупателям		
Метод material requirements planning (MRPI, планирование потребностей в материалах)	Базируется на данных основного производственного плана, при составлении которого за исходную точку принимается ожидаемый спрос на готовую продукцию или другие возникающие потребности в материалах	1) Ориентация на будущие потребности; 2) возможность формирования заказов на пополнение запасов именно тогда, когда это действительно необходимо, и только на реально необходимые объемы	1) Игнорирует ограниченность производственных мощностей предприятия; 2) нечувствительность к кратковременным изменениям спроса
Оптимизация технологии производства optimized production technology, (OPT)	Раключается в выявлении «узких мест», или критических ресурсов при производстве продукции	Сокращение расходов на приобретение некритических (неважных) запасов	Требуется постоянный контроль за наличием и движением критических и некритических ресурсов с целью ограничения возможности недостатка последних
Модель EOQ (модель Вильсона)	Определяет оптимальный объем запасов, исходя из цели минимизации затрат на их приобретение и хранение при удовлетворении прогнозируемого спроса на готовую продукцию	1) Простота, легкость и эффективность в применении; 2) минимизация затрат на размещение заказа и хранение запасов; 3) учета прогнозируемого спроса на готовую продукцию; 4) малочувствительна к ошибкам входной информации	Имеет целый ряд условий и ограничений по практическому применению, поэтому нуждается в усовершенствовании

На основе проведенного исследования установлено, что на предприятиях исследуемой отрасли не проводится анализ оптимизации снабжения производственных запасов, а процесс поставки осуществляется на основе ретроспективных данных и прогнозируемого потребления.

Мы считаем, что такая организация анализа поставки запасов неприемлема, ведь она не является экономически обоснованной и требует значительных затрат.

Поэтому с целью минимизации затрат предприятия на оформление заказов, доставку ценностей на

склад, их прием и хранение на складе важным является расчет оптимальной партии поставки. Для оптимизации уровня запасов используются различные модели (табл. 1).

Классическая модель Вильсона и ее модификации

Формула расчета оптимального размера заказа была разработана еще в 1915 г., и с тех пор ее много раз совершенствовали в соответствии с потребностями ведения бизнеса. Сегодня существует много ее названий, самые популярные из которых economic ordering quantity model (EOQ), модель (формула) Вильсона, формула Харриса, Кампа и др. (табл. 2).

Таблица 2

КЛАССИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ЗАКАЗА EOQ

Показатели	Формула	Условные обозначения
Общие операционные расходы на размещение заказа	$OP_{Pz} = \frac{PP}{PP} * P_{Pz} \quad (1)$	РРо – оптимальный средний размер партии поставки запасов; ПП – объем производственного потребления запасов;
Общие операционные расходы на хранение запасов	$OP_{Xp} = \frac{PP}{2} * P_{Xp} \quad (2)$	Ррз – средняя стоимость размещения одного заказа;
Общие операционные расходы на покупку и хранение запасов	$OP = OP_{Pz} + OP_{Xp} \quad (3)$	Рхр – стоимость хранения единицы запасов; ОРрз – сумма общих операционных расходов на размещение заказа;
Оптимальный размер партии	$PPo = \sqrt{\frac{2 * PP * P_{Pz}}{P_{Xp}}} \quad (4)$	ОРхр – сумма общих операционных расходов на хранение запасов на складе; Кпп – количество партий поставок запасов в год;
Количество партий поставок запасов в год	$K_{pp} = \frac{PP}{PPo} \quad (5)$	ОВ – оптимальное время между заказами; РД – количество рабочих дней.
Оптимальное время между двумя следующими (смежными) заказами	$OV = \frac{PPo}{PP} * P_{D} \quad (6)$	

А.Н. Стерлигова [6, с. 308-310] в своем исследовании справедливо отмечает, что при принятии решения об оптимальном размере партий закупок 80% внимания специалистов уделяется анализу факторов внешней среды (цена покупки, система оптовых скидок, транспортные услуги, минимальная партия отпуса поставщика, географическое размещение поставщика, возможные интервалы задержки выполнения заказа, средние партии отпуса запасов со склада и др.). Ученый отмечает, что применение модели Вильсона позволяет определить оптимальный размер партии поставки запасов, учитывать как внешние (общая потребность в запасах, цена закуп-

ки), так и внутренние факторы (расходы на выполнение заказа, затраты на хранение запасов), обеспечивающие достижение предприятием для себя максимально возможного экономически обоснованного результата деятельности.

Классическая формула Вильсона сводится к минимизации общих операционных расходов на их покупку и хранение, которые включают:

- расходы на размещение заказа (расходы на оформление заказов, доставку ценностей на склад и их прием);
- расходы на хранение запасов [1].

В табл. 2 показаны основные формулы по оптимизации партии поставки товарно-производственных запасов согласно классической модели Вильсона.

Стоит отметить, что модель **EOQ** малочувствительна к ошибкам входной информации (объем производственного потребления, расходы на размещение заказа, затраты на хранение запасов).

Например, при погрешности объема производственного потребления или затрат на размещение заказа на 25% изменение оптимальной партии заказа составит:

- погрешность +25%: $РПО = \sqrt{\frac{1 + 0,25}{1}} = 1,118$ или 11,8%;
- погрешность -25%: $РПО = \sqrt{\frac{1 - 0,25}{1}} = 0,866$ или 13,4%.

При погрешности расходов на хранение запасов на 25% изменение оптимальной партии заказа составит соответственно:

- погрешность +25%: $РПО = \sqrt{\frac{1}{1 + 0,25}} = 0,894$ или 10,5%;
- погрешность -25%: $РПО = \sqrt{\frac{1}{1 - 0,25}} = 1,154$ или 15,4%.

А.Н. Стерлигова справедливо отмечает, что путем математического преобразования формулы Вильсона можно планировать и регулировать не только оптимальный уровень партии поставки, но и цену закупки товарно-материальных ценностей, расходы на размещение заказа, затраты на хранение запасов, объем производственного потребления.

Суть и механизм этой модели легко понять на примере оптимизации снабжения производственных запасов на целлюлозно-бумажных предприятиях.

На предприятии Открытое акционерное общество (ОАО) «Жидачевский целлюлозно-бумажный комбинат» прогнозный объем производственного потребления макулатуры марки МС-1А за год составляет 7 704 т, средняя стоимость размещения одного заказа – 595 грн., а стоимость хранения единицы запасов – 434 грн. В году 260 рабочих дней. Фактически макулатура поступает на предприятие каждый день.

Воспользовавшись формулой (6) можно определить фактический средний уровень партии поставки сырья:

$$РП = (ПП * ОВ) / РД = (7704 * 1) / 260 = 29,6 \text{ т.} \quad (7)$$

С помощью формул модели оптимального размера заказа (см. табл. 2) проведем сравнение общих операционных расходов на размещение заказа и хранение запасов, фактически на предприятии, и рассчитанных по методу **EOQ** (табл. 3).

Стоит отметить, что преимущество в практическом применении модели Вильсона – возможность варьировать размером партии поставки, и не обязательно на предприятии запасы должны поступать в оптимальном размере, определенном по модели **EOQ**. С.В. Архипов [1, ст. 10] в своем исследовании справедливо отмечает, что при применении модели Вильсона практическую ценность имеет вывод о том, что незначительное изменение общих затрат позволяет варьировать размером заказа в широком диапазоне.

Таблица 3

СРАВНЕНИЕ ОБЩИХ ОПЕРАЦИОННЫХ РАСХОДОВ НА РАЗМЕЩЕНИЕ ЗАКАЗА И ХРАНЕНИЕ ЗАПАСОВ, ФАКТИЧЕСКИ НА ПРЕДПРИЯТИИ И РАССЧИТАННЫХ ПО МЕТОДУ EOQ

Данные	Объем производственного потребления макулатуры ПП, т	Средняя стоимость размещения одного заказа, Ррз, грн.	Стоимость хранения единицы запасов Рхр, грн.	Время между заказами В, дни	Размер партии поставки запасов РП, т	Количество партий поставки КПП, раз (2/6)	Сумма общих операционных расходов на размещение заказа ОРрз, грн. (2/6 * 3)	Сумма общих операционных расходов на хранение запасов на складе ОРхр, грн. (6/2 * 4)	Общие операционные расходы, ОР, грн. (8 + 9)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Фактически на предприятии	7 401	595	434	2	56,9	130	77 391	12 347	89 738
Метод EOQ	7 401	719	434	5,5	156,6	47,3	33 981	33 981	67 962
Скорректировано	7 401	719	434	5,53	157,5	47	33 786	34 178	67 964

В частности, такая необходимость возникает в случае, когда на основе определенного оптимального размера заказа количество партий поставки получается не целое число, на практике неприем-

лемо. Поэтому целесообразно скорректировать оптимальный размер заказа, что приведет к незначительному росту затрат, но обеспечит возможность практического применения данной модели.

Так, в нашем случае при оптимальном размере заказа поставки 156,6 т количество партий поставки составляет 47,3 раза в год, что на практике неприемлемо. Поэтому нужно скорректировать размер партии, чтобы количество партий поставки макулатуры МС-1А составляло целое число, например, 47 раз. Используя формулу (5), определим скорректированный размер партии:

$$РПс = ПП / Кпп = 7401 / 47 = 157,5 т. \quad (8)$$

Таблица 4

ОПЕРАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ НА ХРАНЕНИЕ ЗАПАСОВ И РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАКАЗА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ВАРИАНТАХ ОБЪЕМОВ ПАРТИЙ ПОСТАВКИ НА ОАО «ЖИДАЧЕВСКИЙ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-БУМАЖНЫЙ КОМБИНАТ»

Размер партии поставки, т	30	56,9 (фактически на предприятии)	90	120	156,6 (РПо)	157,5 (РПс)	180	210
Общие расходы на размещение заказа <i>ОРрз</i> , грн.	177377	77391	59125	44344	33981	33786	29563	25340
Общие затраты на хранение запасов <i>ОРхр</i> , грн.	6510	12347	19530	26040	33981	34178	39060	45570
Общая сумма операционных расходов (<i>ОРрз</i> + <i>ОРхр</i>), грн.	183887	89738	78655	70384	67962	67964	68623	70910

Для того чтобы лучше понять суть метода оптимальной партии поставки **EOQ**, отразим полученные результаты проведенного анализа графически (рис. 1).

Для этого, используя формулы (1-3), определим общие операционные расходы при различных вариантах объемов партий поставки макулатуры (табл. 4).

Таким образом, фактически на ОАО «Жидачевский целлюлозно-бумажный комбинат» при среднем размере партии поставки макулатуры марки МС-1А в 56,9 т и ее поставку для каждого рабочего дня общие операционные расходы на размещение заказа и хранение запасов составляют 89 738 грн. А по результатам проведенного анализа по методу **EOQ** установлено, что в случае, если бы предприятие увеличило средний размер партии поставки до 156,6 т и количество партий поставки запасов составляло бы 47,3 раза в год (каждые 5,5 рабочих дней), то общие операционные расходы составляли бы 67 962 грн., то есть экономия для предприятия

от использования метода **EOQ** составляет 21 776 грн. (89 738 – 67 962).

Также нами установлена необходимость корректировки партии поставки с 156,6 т до 157,5 т с целью доведения количества партий поставки до целого числа, в частности, в нашем случае 47 раз в год. Так, дополнительные общие расходы предприятия за увеличение партии заказа составляют только 2 грн., что свидетельствует о практической ценности модели **EOQ**, а именно возможности для предприятия варьировать размером партии поставки без значительного роста общих расходов на размещение заказа и хранение запасов.

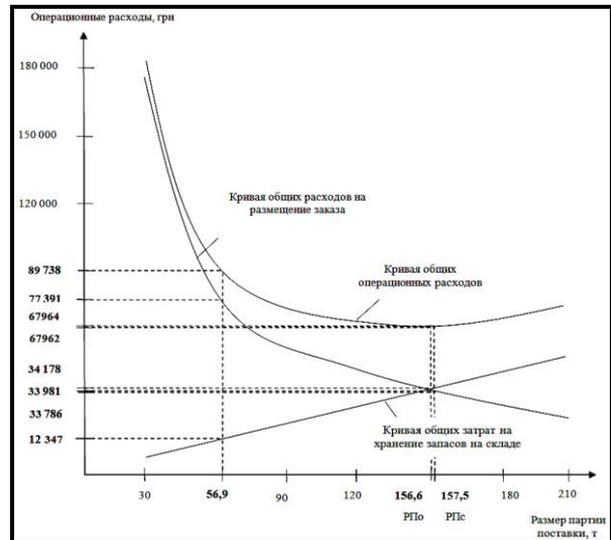


Рис. 1. Минимизация общих операционных расходов при оптимальном размере партии поставки (EOQ)

Однако, несмотря на простоту, легкость, эффективность в применении, многие ученые отмечают, что модель **EOQ** имеет существенные недостатки, ограничивающие ее практическое применение [6, с. 254; 1, с. 7-8]. В частности, данная модель имеет целый ряд условий и ограничений в применении, среди которых следующие.

1. Модель применяется отдельно для одного вида запаса.
2. Уровень спроса неизменен в течение планового периода времени.
3. Интервал времени между поставками запасов постоянный.
4. Время доставки постоянно.
5. Расходы на размещение заказа, цены на закупку постоянны.
6. Расходы на хранение запасов пропорциональны их размеру.
7. Каждый заказ поступает отдельной партией полностью и сразу.
8. Поступление запасов происходит в момент времени, когда его уровень равен нулю.
9. Транспортный, подготовительный, сезонный и страховой запасы отсутствуют.
10. Отсутствуют потери от дефицита.
11. Не учитываются оптовые скидки.

Однако, несмотря на все эти ограничения, формулу Вильсона можно эффективно использовать на практике на целлюлозно-бумажных предприятиях.

С.В. Архипов [1, ст. 4] отмечает, что имеющиеся ограничения можно преодолеть, и расчеты по этой модели дадут достаточно точные и обоснованные результаты, поскольку в ней заложен «дух оптимизации».

Так, в научной литературе существует много модификаций и усовершенствований модели оптимальной партии поставки в соответствии с практическими требованиями ведения бизнеса (табл. 5, 6).

Таблица 5

УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЕ МОДЕЛИ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ЗАКАЗА EOQ

№ п/п	Модели	Формула	Условные обозначения
1	Модель с постепенным поступлением запасов	$RPO = \sqrt{\frac{2 * PP * PRz}{Pxp \left(1 - \frac{PPc}{PЗст}\right)}} \quad (7)$	<i>RPO</i> – оптимальный средний размер партии поставки запасов; <i>PP</i> – объем производственного потребления запасов; <i>PRz</i> – средняя стоимость размещения одного заказа;
2	Модель с учетом потерь от дефицита	$RPO = \sqrt{\frac{2 * PP * PRz * Rдеф + Pxp}{Pxp * Rдеф}} \quad (8)$	<i>Pxp</i> – стоимость хранения единицы запасов; <i>PЗст</i> – объем среднесуточного поступления запасов на склад; <i>PPc</i> – среднесуточное потребление запасов на предприятии; <i>Rдеф</i> – расходы от дефицита запасов;
3	Модель определения оптимальной партии поставки для многономенклатурного заказа	$RPO = \frac{OB * PP}{PD} \quad (9)$ $OB = PD \sqrt{\frac{2 * \sum PRz}{\sum (PP + Pxp)}} \quad (10)$	<i>PPc</i> – среднесуточное потребление запасов на предприятии; <i>Rдеф</i> – расходы от дефицита запасов; <i>OP</i> – общие затраты на покупку и хранение запасов с учетом скидок; <i>Ц</i> – цена единицы запаса;
4	Модель с учетом оптовых скидок	$OP = OBPRz + OPxp + OPn \quad (11)$ $OPn = PP * Ц$	<i>OPRz</i> – сумма общих операционных расходов на размещение заказа; <i>OPxp</i> – сумма общих операционных расходов на хранение запасов на складе; <i>OPn</i> – стоимость заказа;
5	Модель с учетом страхового запаса ¹	$RPO = RPEoq - TЗ + \Delta CЗ \quad (12)$ $CЗ = PPd * BЗ$	<i>OPRz</i> – сумма общих операционных расходов на размещение заказа; <i>OPxp</i> – сумма общих операционных расходов на хранение запасов на складе; <i>OPn</i> – стоимость заказа; <i>BЗ</i> – среднее время задержки партии поставки;
6	Модель с учетом изменения спроса	$RPPn = RPEoq + \frac{\Delta PPi}{Kppi} \quad (13)$	<i>TЗ</i> – текущий запас на дату поступления новой партии; <i>ΔCЗ</i> – использование страхового запаса в период между заказами;
7	Модель с учетом затрат на хранение на единицу площади или объема складского помещения	$RPO = \sqrt{\frac{2 * PRz}{a * k}} \quad (14)$	<i>Δ PPi</i> – прогнозируемое изменение производственного потребления за i-й промежуток времени; <i>Kppi</i> – количество партий поставок запасов за i-й промежуток времени; <i>a</i> – затраты на хранение запасов с учетом площади (объема), состава, которую занимают; <i>k</i> – коэффициент, учитывающий пространственные размеры единицы запасов

Рассмотрим практическое применение основных модифицированных моделей, позволяющих учесть указанные выше ограничения классической модели **EOQ**, на предприятиях исследуемой отрасли, учитывая специфику и особенности их деятельности.

Так на основе нашего примера рассмотрим практическое применение модифицированных моделей **EOQ** в следующих случаях:

- при многономенклатурном заказе;
- при учете оптовых скидок;
- при учете страхового запаса;
- при учете изменения спроса.

Существенным ограничением применения формулы Вильсона предположение, что поставка осуществляется только однономенклатурными заказами, что на практике встречается очень редко. Чаще поступления запасов на предприятие осуществляется многономенклатурными заказами, когда в од-

ной партии поставки есть разные виды наименований товарно-материальных ценностей (ТМЦ).

Таблица 6

СУТЬ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ОПТИМАЛЬНОГО РАЗМЕРА ЗАКАЗА EOQ

Усовершенствованные модели EOQ	Суть и практическое применение
Модель с постепенным поступлением запасов	Целесообразно применять в случае, когда невозможно оприходовать один заказ отдельной партией и сразу. Это касается случаев поставки запасов крупными партиями (например, при поставке железнодорожным транспортом) или длительных процедур оприходования (например, при проверке качества полученных материалов)

¹ курсивом обозначено предложения автора.

Усовершенствованные модели EOQ	Суть и практическое применение
Модель с учетом потерь от дефицита	В ситуациях, когда возможен дефицит производственных запасов, чтобы удовлетворить спрос клиентов и при этом расходы дефицита большие и превышают затраты на хранение запасов увеличенной партии поставки при работе с отложенным спросом
Модель определения оптимальной партии поставки для многономенклатурного заказа	В случае, когда поступление запасов на предприятие осуществляется многономенклатурными заказами, т.е. когда в одной партии поставки есть разные виды наименований ТМЦ
Модель с учетом оптовых скидок	В случае предоставления поставщиком оптовых скидок при закупке больших партий ТМЦ
Модель с учетом страхового запаса	Учитывает страховой запас с целью минимизации риска возникновения дефицита производственных запасов
Модель с учетом изменения спроса	Учитывает прогнозируемое изменение производственного потребления запасов
Модель с учетом затрат на хранение на единицу площади или объема складского помещения	В случае учета расходов на хранение запасов с привязкой к площади или объема состава

Кроме того, стоит отметить, что предприятию – получателю ТМЦ экономически выгоднее многономенклатурный заказ:

- снижаются затраты на организацию, комплектацию многономенклатурных партий поставки;
- происходит полная загрузка транспортных средств, снижаются транспортные расходы;
- со стороны поставщика существуют определенные ограничения по количеству поставок и их периодичности каждому клиенту.

Рассмотрим на примере порядок определения оптимальной партии поставки при многономенклатурном заказе и его преимущества по сравнению с однономенклатурными партиями поставки.

Для этого определим оптимальные размеры партий поставок и общие расходы отдельно для независимых поставок и многономенклатурного заказа (табл. 7, 8).

Стоит отметить, что для многономенклатурной поставки расходы на размещение заказа нужно разделить на постоянные (стоимость транспортировки) и переменные расходы (расходы на доставку ценностей на склад и их прием):

$$P_{pz} = P_{pz_0} + P_{pz_i}, \tag{15}$$

где P_{pz_0} – постоянная составляющая затрат на размещение заказа;

P_{pz_i} – переменная составляющая затрат на размещение заказа.

Рассмотрим порядок расчета **EOQ** при многономенклатурном заказе.

Расходы на размещение одного заказа определяются:

$$\begin{aligned} \sum P_{pz} &= P_{pz_0} + \sum P_{pz_i} = 367 + (352 + 316) = \\ &= 1035 \text{ грн.} \end{aligned} \tag{16}$$

Таблица 7

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА EOQ ПРИ НЕЗАВИСИМЫХ ОДНОНОМЕНКЛАТУРНЫХ ПАРТИЯХ ПОСТАВКИ

Вид запасов	Объем производственного потребления, ПП, т	Расходы на размещение одного заказа, Ppz, грн.		Стоимость хранения единицы запасов Pxp, грн.	Скорректированный оптимальный размер партии поставки запаса PPs, т	Время между заказами В, дни 6/2*РД	Количество партий поставки в квартал КПП, раза 2/6	Общие операционные расходы ОР, грн.
		Ppz ₀	Ppz _i					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
МС-1А	7401	367	352	434	157,5	5,53	47	67964
МС-3А	8048	367	395	437	167,7	5,42	48	73211
Итого	-	-	-	-	-	-	-	141175

Оптимальное время между двумя смежными заказами рассчитывается по формуле:

$$\begin{aligned} OV &= PД \sqrt{\frac{2 * \sum P_{pz}}{\sum (PP + Pxp)}} = \\ &= 260 \sqrt{\frac{2 * 1035}{6680722}} = 4,6 \text{ дня} \end{aligned} \tag{17}$$

Количество партий поставок запасов в квартал:

$$K_{пп} = \frac{PД}{OV} = \frac{260}{4,6} = 56 \text{ раз.} \tag{18}$$

Оптимальный размер партии:

$$P_{Po} = \frac{OV * PP}{PД}, \tag{19}$$

$$P_{P1} = \frac{4,6 * 7401}{260} = 130,9 \text{ т}, \tag{20}$$

$$P_{P2} = \frac{4,6 * 6048}{260} = 142,4 \text{ т}. \tag{21}$$

Общие операционные расходы на покупку и хранение запасов:

$$\begin{aligned} OP &= \sqrt{2 \sum P_{pz} \sum (PP + Pxp)} = \\ &= \sqrt{2 * 1035 * 6680722} = 117 597 \text{ грн.} \end{aligned} \tag{22}$$

Итак, по данным проведенного анализа видно, что модель **EOQ** можно эффективно использовать и для многономенклатурных партий поставки. Более того, если сравнивать затраты предприятия при независимых и многономенклатурных поставках ТМЦ, существует значительная разница понесенных предприятием расходов. Так, в нашем случае при независимых партиях поставки макулатуры марок МС-1А и МС-3А общие операционные расходы на покупку и хранение запасов за год составляет 141 175 грн., а при многономенклатурных поставках

этих же сырьевых ресурсов общие затраты составляют только 117 597 грн. Таким образом, предприятие может сэкономить 23 578 грн. в случае поступления макулатуры одной партией поставки.

Таблица 8

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА EOQ ПРИ МНОГОНОМЕНКЛАТУРНЫХ ПАРТИЙ ПОСТАВКИ

Вид запасов	Объем производственного потребления ПП, т	Расходы на размещение одного заказа, ΣРрз, грн.	Стоимость хранения единицы запасов Рхр, грн.	ПП * Рхр	Время между заказами В, дни	Количество партий поставки в год Кпп, раз	Оптимальный размер партии РПО, т	Общие операционные расходы ОР, грн.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
МС-1А	7401	1035	434	3212 034	4,6	56	130,9	1175
МС-3А	8048		431	3468 688			142,4	97
Итого	-	-	-	6680 722	-	-	273,3	-

Существенным ограничением практического использования классической модели EOQ является то, что она не учитывает оптовые скидки, которые предприятие может получить при закупке крупных партий ТМЦ. Однако в научной литературе есть много предложений по совершенствованию формулы Вильсона для преодоления данного ограничения [6, с. 23-28]. Модифицированная модель, в отличие от классической, учитывает цену приобретения запасов.

Суть модифицированной модели заключается в минимизации общих операционных расходов на размещение заказа, хранения и покупку запасов путем сравнения данных расходов при различных вариантах приобретения ТМЦ (рис. 2).

По данным вышеприведенного примера рассмотрим, как изменятся общие операционные расходы предприятия и оптимальный объем поставки при наличии оптовых скидок.

На ОАО «Жидачевский целлюлозно-бумажный комбинат» прогнозный объем производственного потребления макулатуры марки МС-1А за год составляет 7 704 т, средняя стоимость размещения одного заказа – 595 грн., а стоимость хранения единицы запасов – 434 грн.

Поставщик сырья предоставляет такую систему скидок (табл. 9).

Таблица 9

СИСТЕМА СКИДОК ПОСТАВЩИКОВ СЫРЬЯ

Размер партии поставки макулатуры МС-1А, т	Цена за т, грн.
К 149	2 500
150-159	2 350
160-169	2 200
Больше 170	2 050

Оптимальный скорректированный размер партии поставки макулатуры составляет 157,5 т (см. табл.

3). 157,5 т макулатуры марки МС-1А можно приобрести по цене 2 200 грн. за 1 т.

Так как цена 2 200 грн. не является минимальной, рассчитаем общие операционные расходы на размещение заказа, хранение и покупку запасов при цене 2 200 грн. и 2 050 грн. (табл. 10).

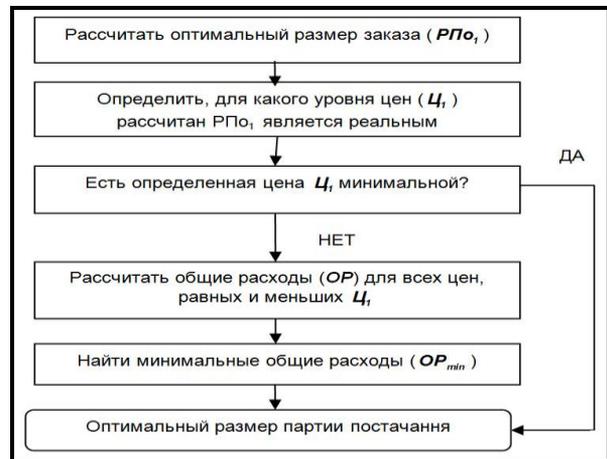


Рис. 2. Порядок расчета оптимальной партии поставки при наличии оптовых скидок

Таким образом, на основе проведенного анализа видно, что при учете оптовых скидок, предоставленных поставщиком, оптимальный размер партии поставки макулатуры должен быть увеличен с 157,5 т (рассчитано по классической формуле Вильсона) до 160 т, ведь общие операционные расходы на размещение заказа, хранения и покупку запасов в данных случаях составляют 414 464 грн. и 395 978 грн. соответственно. Т.е. в случае поступления партии поставки в размере 160 т экономия для предприятия составит 18 486 грн.

Также существенным ограничением практического применения модели оптимальной партии поставки EOQ является неучет страхового запаса. Так, в случаях отклонения в периодичности и величине партий поставок, задержки поставок в пути существует высокий риск возникновения дефицита производственных запасов и, как следствие, приостановление производства, недовольство и потеря клиентов. Поэтому очень важным является создание и поддержание на должном уровне резервного (страхового) запаса. Уровень страхового запаса мы предлагаем рассчитывать по формуле:

$$CЗ = ППд * \bar{вз}, \tag{23}$$

где CЗ – страховой запас, натуральные единицы; ППд – объем производственного потребления запасов за день, натуральные единицы / день;

$\bar{вз}$ – среднее время задержки партии поставки, дни.

Классическая модель Вильсона предусматривает, что в интервал между заказами запасы полностью потребляются, а потому каждая партия поставки поступает на предприятие в оптимальном размере РПеоq. Однако на практике в случаях снижения интенсивности использования производственных запасов, простоев производственного процесса суще-

ствуется неполное использование имеющихся ресурсов. В таком случае при следующем поступлении на предприятие запасов в размере, определенном по

модели Вильсона, накапливаются избыточные запасы и соответственно дополнительные расходы на их содержание.

Таблица 10

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА EOQ ПРИ УЧЕТЕ ОПТОВЫХ СКИДОВ

Размер партии поставки (диапазон), т	Цена за единицу, грн.	Объем производственного потребления ПП, т	Стоимость размещения одного заказа, Ррз, грн.	Стоимость хранения единицы запасов Рхр, грн.	Общие расходы на размещение заказа ОРз, грн.	Общие затраты на хранение запасов ОРхр, грн.	Общие расходы на покупку ОРп, грн.	Общие расходы ОР, грн.
157,5 (150-169)	2200	7401	719	434	33786	34178	346500	414464
160 (более 160)	2050	7401	719	434	33258	34720	328000	395978

Поэтому в целях учета уровня текущего и страхового запаса оптимальный размер партии поставки мы предлагаем определять по формуле:

$$P_{По} = P_{Пеоq} - TЗ + \Delta CЗ, \tag{24}$$

где $P_{Пеоq}$ – размер партии поставки, определенный по модели EOQ ;

$TЗ$ – текущий запас на дату поступления новой партии;

$\Delta CЗ$ – использование страхового запаса в период между заказами.

Таким образом, уровень пополнения запаса, определенный по методу Вильсона, следует корректировать на величину текущего и страхового запаса, причем страховой запас нужно поддерживать на определенном уровне и пополнять нужно только в случае его использования.

Рассмотрим на основе вышеприведенного примера, как изменится размер оптимальной партии поставки с учетом страхового запаса и имеющегося текущего запаса (табл. 11).

Таблица 11

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА EOQ ПРИ УЧЕТЕ СТРАХОВОГО ЗАПАСА

Номер п/п	Параметры	Значение
1	Объем производственного потребления ПП, т	7401
2	Оптимальное время между заказами OB , дни	5,53
3	Среднее время задержки партии поставки, дни	0,5
4	Производственное потребление за день $ППд$, т/день ($2 / РД$)	28,46
5	Текущий запас на дату поступления новой партии $TЗ$, т	21,3
6	Страховой запас $CЗ$, т ($4 * 5$)	14,23
7	Оптимальный размер партии поставки $EOQ P_{Пеоq}$, т	157,5
8	Оптимальный размер партии $P_{По}$, т ($7 + 8 - 6$)	150,43

Таким образом, по результатам проведенного анализа, учитывая пополнение уровня страхового запаса, с целью минимизации рисков возникновения недостачи запасов и обеспечения бесперебойного производственного процесса оптимальный размер поставки макулатуры МС-1А должен быть увеличен до 171,73 т (157,5 + 14,23). Однако с учетом имеющегося текущего запаса на дату поступления новой

партии в размере 21,3 т оптимальный уровень партии поставки составляет 150,43 т (171,73 – 21,3).

Следующим ограничением применения классической модели EOQ на практике, которое отмечают ученые, является неизменный спрос в течение рассматриваемого периода. Однако и это условие можно учесть. Так, с учетом прогнозируемой смены производственного потребления запасов оптимальный уровень партии поставки мы предлагаем определять по формуле:

$$P_{Пес} = P_{Пеоq} + \frac{\Delta BCi}{Kппi}, \tag{25}$$

где $P_{Ппп}$ – оптимальный размер партии потребления запасов с учетом изменения производственного потребления;

ΔBCi – прогнозируемое изменение производственного потребления по i -й промежуток времени;

$Kппi$ – количество партий поставки по i -й промежуток времени;

Рассмотрим на нашем примере, как изменится оптимальный размер партии поставки с учетом изменения производственного потребления запасов (табл. 12). Так, на следующий месяц, апрель, ожидается увеличение производственного потребления макулатуры марки МС-1А 100 т.

Таблица 12

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТА EOQ ПРИ УЧЕТЕ ПРОГНОЗНОГО ИЗМЕНЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПОТРЕБЛЕНИЯ МАКУЛАТУРЫ МС-1А

Номер п/п	Параметры	Значение
1	Оптимальный размер партии поставки $EOQ P_{Пеоq}$, т	157,5
2	Прогнозированное изменение производственного потребления за апрель $\Delta ППi$, т	100
3	Количество рабочих дней в апреле $РДi$, шт.	21
4	Оптимальное время между заказами OB , дни	5,53
5	Количество партий поставки за апрель $Kппi$, шт. $3/4$	3,79
6	Оптимальный размер партии потребления макулатуры с учетом изменения производственного потребления $P_{Ппп}$, т $1 + 2 / 5$	183,9

Таким образом, с целью учета прогнозируемого увеличения производственного потребления макулатуры марки МС-1А 100 т оптимальный размер партии поставки возрастет на 26,4 т (183,9 – 157,5)

и составит 183,9 т.

ВЫВОДЫ

Итак, важным условием эффективной производственной деятельности предприятий целлюлозно-бумажной промышленности является создание научно обоснованной системы поступления товарно-производственных запасов на предприятие. Так, использование метода оптимальной партии поставки **EOQ** позволит минимизировать расходы предприятия на покупку, доставку и хранение запасов. Несмотря на ограничения практического использования классической модели **EOQ**, нами определены и предложены основные модификационные модели оптимальной партии поставки, которые позволят учитывать практические требования ведения бизнеса: постепенное поступление запасов, учет потерь от дефицита, многономенклатурных заказов, предоставление оптовых скидок, учет страхового запаса, учета прогнозируемого изменения спроса, учетом затрат на хранение с привязкой к единицу площади или объема складского помещения.

Литература

1. Архипов С.В. Модификация модели управления запасами Харриса-Уилсона [Текст] / С.В. Архипов // Экономист. – 2012. – №1. – С. 59-62.
2. Барыкин С.Е. Совершенствование моделей управления логистическими финансовыми потоками корпорации [Текст] / С.Е. Барыкин, В.В. Лукинский // Аудит и финансовый анализ. – 2008. – №2. – С. 163-176.
3. Бондарева И.О. Управление производственными запасами на предприятии [Текст] : автореф. дисс. ... канд. экон. наук / И.О. Бондарева. – Донецк, 2003. – 19 с.
4. Калабухова С.В. Аналитическое обеспечение управления производственными запасами субъектов хозяйствования [Текст] / С.В. Калабухова // Экономика и предпринимательство : сб. науч. работ молодых ученых и аспирантов. – 2010. – Вып. 24. – С. 301-311.
5. Семенов Г.А. и др. Экономический механизм формирования и использования оборотного капитала предприятий [Текст] / Г.А. Семенов, А.В. Бугай, А.А. Еропутова. – Запорожье : КПУ, 2009. – 364 с.
6. Стерлигова А.Н. Управление запасами в цепях поставок [Текст] : учеб. / А.Н. Стерлигова. – М. : ИНФРА-М, 2008. – 430 с.
7. Хаврук В.О. Анализ систем управления запасами [Текст] / В.О. Хаврук // Вестник НТУ. – 2012. – Вып. 26. – С. 313-324.

Ключевые слова

Запасы; партия поставки; целлюлозно-бумажная промышленность; модель оптимальной партии поставки; модель Вильсона; классическая формула Вильсона; модификационные модели; модель **EOQ**; оптимальная партия поставки; расходы на размещение заказа; затраты на хранение запасов; общие операционные расходы.

Борисовский Марьян Игоревич

РЕЦЕНЗИЯ

Актуальность темы. Актуальной проблемой на сегодняшний день является вопрос эффективного управления поступлением производственных запасов. Так, без создания эффективной структуры снабжения предприятия необходимыми материальными запасами невозможно обеспечить высокую конкурентоспособность, качество готовой продукции, надежность ее поставок потребителям. Неудовлетворительное обеспечение процесса производства необходимыми запасами может привести к убыткам, связанным с простоями и неритмичной работой. От эффективности системы снабжения во многом зависит успешное выполнение производственной программы, а также достижение экономических показателей всего предприятия. И первоочередной задачей создания эффективной системы поступления товарно-производственных запасов на предприятие является расчет оптимальной партии поставки, что позволяет определить такой уровень материальных ресурсов, чтобы минимизировать затраты на их покупку, доставку и хранение.

Научная новизна и практическая значимость. В статье определена важность оптимизации поставки производственных запасов с помощью метода Вильсона с целью минимизации общих операционных расходов на покупку и хранение товарно-материальных ценностей. Несмотря на ограничения практического использования классической модели **EOQ**, автором определены и предложены основные модификационные модели оптимальной партии поставки, которые позволяют учитывать практические требования ведения бизнеса: постепенное поступление запасов, учет потерь от дефицита, многономенклатурный заказ, предоставление оптовых скидок, учет страхового запаса, учет прогнозируемого изменения спроса, учет расходов на хранение с привязкой к единицу площади или объема складского помещения. Разработанные модификационные модели оптимизации поставки производственных запасов могут найти практическое применение на промышленных предприятиях Украины.

Заключение: рецензируемая статья отвечает требованиям, предъявляемым к научным публикациям, и может быть рекомендована к опубликованию.

Пыльпиг Н.И., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой теоретической и прикладной экономики Прикарпатского национального университета им. Василя Стефаника

[Перейти на ГЛАВНОЕ МЕНЮ](#)
[Вернуться к СОДЕРЖАНИЮ](#)