

Как построить на практике систему с фиксированным размером заказа?

(Автор – Дроздов Пётр)

Производственные запасы, или продукция, ожидающая потребления, являются структурной составляющей **оборотных производственных фондов**, потребляются в каждом цикле производства, полностью переносят свою стоимость на производимую продукцию и возмещаются после каждого производственного цикла.

Производственные запасы включают следующие элементы: сырье, основные и вспомогательные материалы, покупные полуфабрикаты и комплектующие изделия, топливо, тара, запасные части для ремонта оборудования, малоценные и быстроизнашивающиеся предметы. К категории малоценных и быстроизнашивающихся предметов относят: предметы, служащие менее одного года, специальные инструменты и специальные приспособления, сменное оборудование независимо от их стоимости; специальная одежда, специальная обувь независимо от их стоимости и срока службы и др.

Как показывает анализ (с учетом длительности производственного цикла) производственные запасы в структуре оборотных производственных фондов занимают обычно не менее 50 %, а при незначительных по величине производственных циклах, их доля может составлять более 90 %.

Материальные запасы, являющиеся наименее ликвидными краткосрочными активами, представляют собой по сути "замороженные" денежные средства.

Между тем, некоторые менеджеры, опасаясь возможной нехватки товаров, систематически создают избыточные запасы в целях подстраховки.

Однако большинство предприятий избегает больших запасов с низкой оборачиваемостью. Это позволяет увеличить оборачиваемость запасов, а также сократить издержки на содержание запасов. Достижение высокой оборачиваемости не легкая задача и требует строгого контроля над запасами.

Обеспечение необходимого уровня оборачиваемости с одной стороны, а также обеспечение бездефицитной работы отделов материально-технического снабжения – с другой, требует применение эффективной системы управления производственными (сырьевыми) запасами.

Из логистики запасов известно о существовании двух основных системах управления запасами: система с фиксированным размером заказа и система с фиксированным интервалом времени между заказами. На базе данных систем разработан еще целый ряд производных систем управления запасами.

Не указывая на достоинства и недостатки отдельных систем управления запасами, представим сущность и возможность применения на практике системы с фиксированным размером заказа как наиболее эффективной из всех известных систем.

Исходя из названия системы, размер заказа производственных запасов определенного наименования здесь строго зафиксирован и не меняется в течение установленного промежутка времени или сезона. Поэтому определение величины

заказа является основной задачей, которая решается при работе с данной системой. Объем закупки (заказа) должен быть оптимальным, то есть самым лучшим для определенных условий.

В логистике запасов широкую известность получила зависимость по определению оптимального размера заказа, названная в честь ученого впервые ее представившего – формула Уилсона (1934 г.).

При ее выводе ученый исходил из условия идеальной системы управления запасами, суть которой заключается в том, что доставка нового заказа осуществляется в момент, когда предыдущий полностью закончился, тем самым, устанавливая средний размер запаса (остатка) товара на складе на уровне половины величины заказываемой партии. Так, если размер одной заказываемой и доставляемой партии равен (q), то средняя величина запаса товара на складе составит ($q/2$).

При этом ученым учитывались затраты, связанные с приобретением товара, его доставкой и хранением. Так, например, за определенный период времени объем оборота (потребления или сбыта) определенного наименования товара составляет (S). Тогда затраты на приобретение товара за определенный период времени представляют собой произведение величины (S) на цену за единицу товара (P). Установив транспортные и связанные с ними расходы на выполнение одного заказа на уровне (C_o^e) совокупные издержки (C_o) по доставке товара в течение периода времени, за которое потребляется величина (S), ученый предложил определять по формуле:

$$C_o = C_o^e \cdot \frac{S}{q} \quad (1)$$

Причем отношение (S/q) представляет собой количество заказов за период времени потребления величины (S).

Аналогично установив тариф за хранение единицы запасов в течение периода времени, за которое потребляется величина (S) в размере (C_{xp}^e) ученый предложил следующую зависимость по определению затрат на хранение (C_{xp}^e) :

$$C_{xp} = C_{xp}^e \cdot \frac{q}{2} \quad (2)$$

Таким образом, было получено *основное уравнение по определению совокупных издержек (C_c) при формировании и управлении запасами*:

$$C_c = P \cdot S + C_o^e \cdot \frac{S}{q} + C_{xp}^e \cdot \frac{q}{2} \quad (3)$$

Очевидно, что **оптимальный размер заказа товара** – это такой размер заказа, при котором *совокупные издержки (C_c) при формировании и управлении запасами* принимают минимальное значение.

Следовательно, оптимальный размер заказа будет достигнут, когда функ-

ция, отражающая совокупные издержки, принимает минимальное значение или когда первая производная данной функции по размеру заказа будет равна нулю.

$$C'_c = \frac{C_{xp}^e}{2} - C_o^e \cdot \frac{S}{q^2} = 0. \quad (4)$$

Откуда оптимальный размер заказа (q_o)

$$q_o = \sqrt{2 \cdot \frac{C_o^e \cdot S}{C_{xp}^e}}, \quad (5)$$

где q_o – оптимальный размер заказа по конкретному наименованию материальных запасов (товару), шт. (тонн, м³, рулонов);

C_o^e – транспортные и связанные с ними расходы (погрузка, разгрузка) на выполнение одного заказа по данному наименованию товара, тыс. руб.;

S – величина спроса (потребления) данного наименования товара за установленный промежуток времени, шт./кв. (шт./мес., шт./год);

C_{xp}^e – издержки на хранение единицы (одной штуки, тонны и т.д.) товара в течение периода времени потребления величины (S), тыс. руб./шт.кв. (тыс. руб./шт.год) и т.д.).

Данная зависимость в теории управления запасами известна как формула Уилсона.

Между тем, анализируя порядок вывода данной формулы, а также саму формулу можно утверждать, что она не учитывает потери финансового капитала ("замораживание"), вложенного в создание запасов, или другими словами потери, обусловленные затормаживанием оборачиваемости вложенных в запасы финансовых средств. Поэтому для того, чтобы сократить влияние негативного эффекта (замораживание денежного капитала, вложенных в создание запасов), совокупные издержки при формировании запасов должны дополнительно включать расходы, обусловленные потерями от недополучения дохода ($C_{п}$).

Исходя из идеальной системы управления запасами, на складе в течение установленного промежутка времени в среднем хранится денежная сумма равная произведению цены за товар (P) на средний размер запаса или средний остаток товара на складе ($q/2$).

Тогда величина потерь ($C_{п}$) за период времени потребления величины (S) составит:

$$C_{п} = E \cdot \frac{q}{2} \cdot P, \quad (6)$$

где E – коэффициент эффективности финансовых вложений за период времени потребления величины (S).

Коэффициент (E) показывает, какая доля денежных средств "замораживается" при создании запасов за период времени потребления величины (S).

Таким образом, величина (C_{π}) имеет двойственную экономическую природу с одной стороны она оценивает размер потерь, обусловленных вложением финансовых средств в создание запасов ("замораживание"), а с другой – устанавливает величину дополнительного дохода, который можно было бы получить в случае отказа от создания запасов. Так, например, финансовые средства, необходимые для создания среднего запаса $q/2$, в размере ($P \cdot q/2$) можно было, как минимум, положить в банк и получать доход по депозиту или вложить в дальнейшее развитие организации с целью увеличения доходов в перспективе. По этой причине величину (C_{π}) не включают в структуру прямых производственных затрат (при бухгалтерском учете). Однако, при проведении расчетов по сравнительной экономической эффективности или при бизнес-планировании учет данной величины должен быть обязательным.

Коэффициент (E), может варьировать в следующих пределах.

1. Минимальный размер должен составлять величину, соответствующую депозитному проценту за период времени потребления величины (S). Так, например, анализируемый период – один месяц. Следовательно, депозитный процент за месяц при 12%-ом годовом составит 1%. В этом случае коэффициент (E) равен 0,01 за один месяц (1%/100%).

2. Максимальный размер должен определяться достигнутым уровнем рентабельности на предприятии и устанавливается в случае интенсивного развития предприятия (бывает крайне редко). Его величину в соответствии с выбранным анализируемым периодом необходимо определять по следующей формуле:

$$E = \frac{R}{n \cdot 100\%} \cdot N_{об}, \quad (7)$$

где R – достигнутый среднегодовой уровень рентабельности продукции на предприятии, %;

n – количество установленных промежутков времени (анализируемых периодов), за которое потребляется величина (S), в течение года;

$N_{об}$ – количество оборотов готовой продукции в течение года.

Например, достигнутый среднегодовой уровень рентабельности продукции на предприятии составляет 12%; анализируемый период – один месяц; количество оборотов готовой продукции в течение года – 12 оборотов. Следовательно, в данном случае коэффициент (E), в отличие от первого пункта, равен 0,12 за один месяц. То есть в большинстве случаев минимальная величина коэффициента (E) отличается от максимальной на порядок (в 10 раз).

Таким образом, предложенная нами формула по определению оптимального размера заказа с учетом потерь от недополучения дохода (C_{π}) в отличие от формулы Уилсона будет иметь следующий вид:

$$q_0 = \sqrt{2 \cdot \frac{C_0^e \cdot S}{C_{xp}^e + E \cdot P}}, \quad (8)$$

где E – коэффициент эффективности финансовых вложений за период времени потребления величины (S), 1/кв. (1/год, 1/мес.);

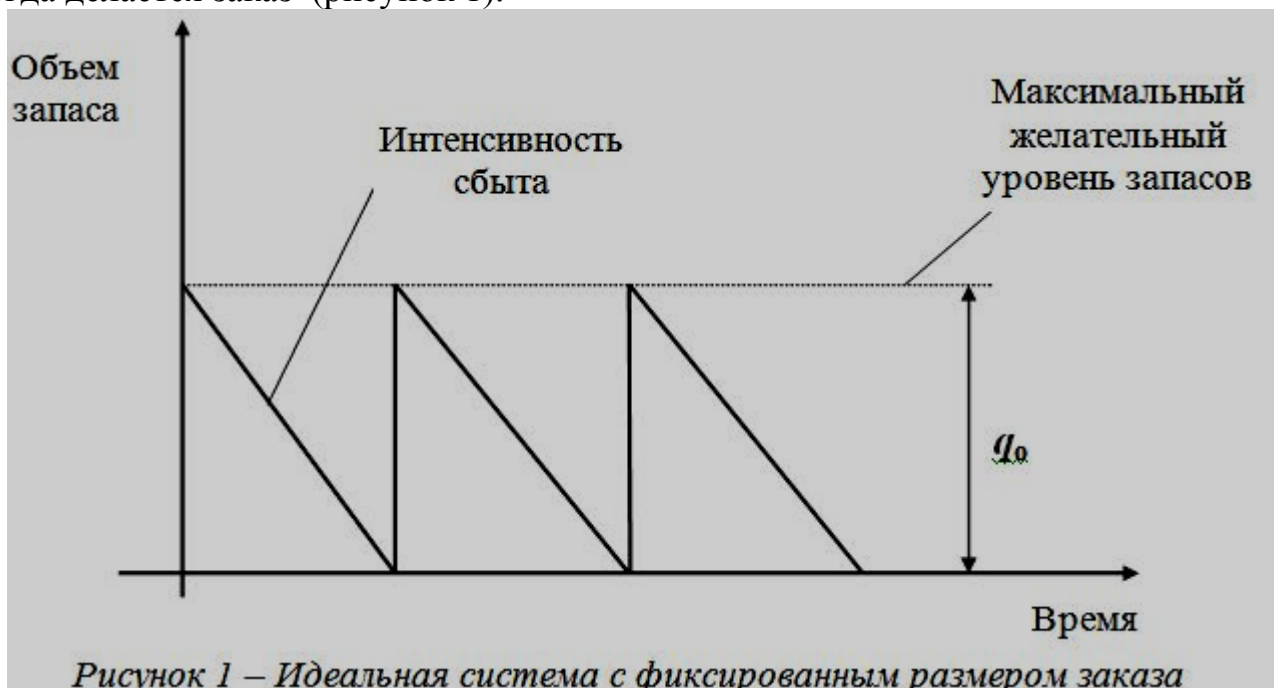
P – цена за единицу товара, тыс. руб./шт. (тыс. руб./тонн и т.д.).

Важно подчеркнуть, такие составляющие формулы (8), как издержки на хранение единицы товара ($C_{\text{хр}}^e$), а также коэффициент эффективности финансовых вложений (E) должны быть привязаны к временному интервалу за который потребляется величина (S). Так, например, если величина потребления или сбыта определенного наименования товара (S) рассматривается за квартал, то и величины ($C_{\text{хр}}^e$) и (E) должны рассчитываться за квартал.

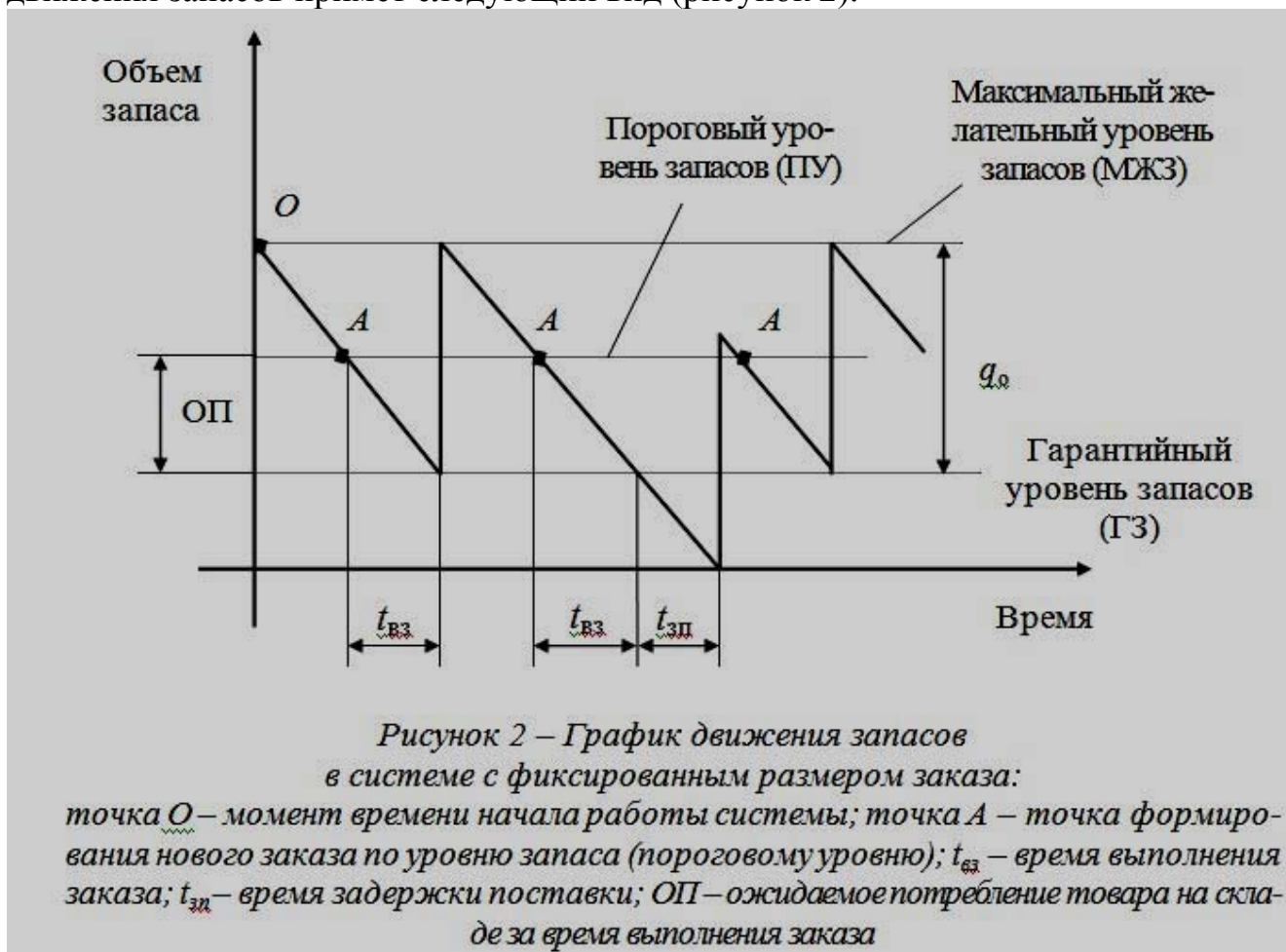
Как показывает опыт хозяйственной деятельности, на практике редко применяют формулу по определению оптимального размера заказа, объясняя это или скорее "оправдываясь" тем, что величина (спроса) потребления товара с течением времени постоянно меняется. Однако, на самом деле, такое положение вещей вызвано **простым неумением** применять данную зависимость на практике. Так, например, оптимальный размер заказа может быть рассчитан (в случае необходимости) для различных интервалов времени (месяц, декада, неделя и даже один день).

Контроль и сравнение

После установления оптимального размера заказа (закупки) необходимо определить момент времени, когда требуется осуществлять заказ. Так, например, для идеальной системы управления запасами, которую рассматривал Уилсон при выводе формулы по определению оптимального размера заказа, (доставка нового заказа осуществляется в момент, когда предыдущий полностью закончился) неясно, когда делается заказ (рисунок 1).



В этой связи в реальной ситуации должен быть предусмотрен, во-первых, пороговый уровень запасов, который обеспечивает бездефицитную работу склада на время выполнения заказа, тем самым, определяя уровень запасов и момент времени, когда необходимо делать очередной заказ. Во-вторых, гарантийный (страховой) запас, который позволяет обеспечить необходимую потребность в товаре в период времени предполагаемой задержки поставки. В этом случае график движения запасов примет следующий вид (рисунок 2).



Данная система управления запасами работает следующим образом. После выполнения заказа размер запасов на складе по определенному наименованию товара равен максимальному желательному уровню запасов (точка O). С течением времени уровень запаса товара на складе уменьшается в соответствии с интенсивностью потребления (в нашем случае ее величина постоянная). То обстоятельство, что в данной системе предусмотрен пороговый уровень запасов, обуславливает необходимость постоянного контроля уровня запасов. Так, служащий склада ежедневно отслеживает размер запаса товара и сравнивает его с величиной порогового уровня (расчетной). В случае, если текущий уровень запаса (остаток) оказался равным или меньше порогового уровня (точка A), то необходимо делать заказ. В противном случае заказ не делается. За время выполнения заказа размер запаса товара на складе уменьшается на величину ожидаемого потребления (ОП). В случае задержки поставки потребляется гарантийный запас товара. После выполнения заказа уровень запаса товара на складе пополняется на величину оптимального размера заказа (q_0).

Для расчета параметров системы необходимы следующие исходные данные:

- объем оборота (потребления или сбыта сырья, полуфабрикатов или готовой продукции) за определенный период (S);
- оптимальный размер заказа (q_o);
- время выполнения заказа ($t_{вз}$);
- время задержки поставки ($t_{зп}$).

Порядок расчета основных параметров рассматриваемой системы.

1. Дневное потребление товара на складе определяется как отношение объема оборота (потребления или сбыта сырья, полуфабрикатов или готовой продукции) за определенный период (S) к количеству рабочих дней в данном определенном периоде.

2. Гарантийный запас на складе рассчитывается как произведение дневного потребления товара на складе и времени задержки поставки.

3. Ожидаемое потребление товара на складе за время выполнения заказа (ОП) определяется как произведение дневного потребления товара на складе и времени выполнения заказа.

4. Пороговый уровень запасов на складе рассчитывается как сумма гарантийного запаса на складе и ожидаемого потребления товара на складе за время выполнения заказа.

5. Максимальный желательный уровень запасов на складе определяется как сумма гарантийного запаса на складе и оптимального размера заказа.

Важно подчеркнуть, что величину оптимального размера заказа по i -му наименованию товара (q_o^i) требуется всегда увязывать с величиной порогового уровня запасов по данному наименованию товара ($ПУ_i$). Так, если рассчитанный размер заказа (q_o^i) меньше порогового уровня запасов ($ПУ_i$), размер заказа рекомендуется увеличить до величины, численно составляющей не менее $(1,2 \cdot ПУ_i)$. В противном случае, если оставить все на своих местах (q_o^i меньше $ПУ_i$) система работать не будет.

Подчеркнем, что особенностью работы системы с фиксированным размером заказа является постоянный (ежедневный) контроль уровня запасов на складе и сравнение его с пороговым уровнем, что при большой номенклатуре запасов обуславливает необходимость применения компьютерной техники. Между тем данная особенность системы исключает дефицит запасов на складе.

Когда известно годовое потребление

Рассмотрим возможность применения системы с фиксированным размером заказа для следующей производственной ситуации: агросервисная организация планирует производство рабочих органов сельскохозяйственных машин. При этом известно, что в соответствии с технологией изготовления будет использоваться листовая сталь с линейными размерами 6000x1500x10 мм стоимостью 2700 тыс. руб. за одну тонну. Поставщиком стали будет «Торговый дом Волгоградского металлургического завода "Красный октябрь"» (г. Москва). Расстояние транспортировки в одну сторону – 750 км. В соответствии с прогнозной годовой программой производства рабочих органов сельскохозяйственных машин потребуется 100 тонн листовой стали в год. При этом в соответствии с проведенными маркетинговыми исследованиями (возможных каналов сбыта готовой товарной продукции) планируемое потребление стали в разрезе по месяцам года представлена в таблице 1. Также известно, что допустимая нагрузка на 1 м² пола для склада по хранению стали составляет 4 т/м². Издержки на содержание 1 м² склада за месяц составляют 7,0 тыс. руб. В результате письменных переговоров с торговым домом установлено, что время выполнения одного заказа составит 30 календарных дней. Время возможной задержки поставки – 7 дней. Среднее количество рабочих дней в месяце – 22 дня.

Таблица 1 – Потребление листовой стали по месяцам года, % (тонн)

январь	февраль	март	апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
6	12	15	10	6	5	8	15	10	5	4	4
(6)	(12)	(15)	(10)	(6)	(5)	(8)	(15)	(10)	(5)	(4)	(4)

Важнейшими параметрами, необходимыми для работы системы, являются оптимальный размер заказа (q_0) и пороговый уровень запасов (ПУ).

Рассчитаем **оптимальный размер заказа** листовой стали по формуле (8) с учетом исходных данных.

Так как транспортные расходы на выполнение одного заказа C_o^e , а также затраты на хранение одной тонны стали $(C_{\text{хр}}^e)$ зависят от размера заказа, который еще предстоит определить, необходимо в качестве первого приближения интуитивно установить размер заказа.

Принимаем размер заказа на уровне 10 тонн, тем самым, предполагая, что для транспортировки будет использоваться автотранспорт.

Во-первых, определим транспортные расходы на выполнение одного заказа C_o^e по доставке листовой стали из Москвы. По состоянию на 01.01.2011 г. величина тарифной ставки на оказание автотранспортных услуг для автотранспортного агрегата грузоподъемностью 10 тонн составляла в среднем 1,5 тыс. руб. за один километр. Следовательно, издержки на выполнение одного заказа из Москвы (1500 км туда и обратно) составят 2250 тыс. руб. (1500км · 1,5 тыс. руб./км).

Во-вторых, определим издержки на хранение одной тонны стали в течение года $(C_{\text{хр}}^e)$. С учетом линейных размеров стального листа (6000x1500мм), допустимой нагрузки на 1 м² пола для складов по хранению стали (4 тонны/м²), а также ширины проходов и проездов минимально необходимая площадь хранения должна составлять

15 м². Рассчитаем издержки на хранение одной тонны стали (C_{xp}^e) за год. Они составят 252,0 тыс. руб. ($15 \text{ м}^2 \cdot 7,0 \text{ тыс. руб./}(\text{мес.} \cdot \text{м}^2) \cdot 12 \text{ мес.} : 5 \text{ тонн}$), где 5 тонн – это среднее количество стали (средний остаток), которое будет иметь место на складе ($q/2 = 10/2$).

Принимая величину коэффициента эффективности финансовых вложений (E) за период времени равный одному году на уровне 0,5 (то есть, предполагая возможность дальнейшего наращивания производственной программы новых изделий), определим размер заказа согласно зависимости (8):

$$q_o = \sqrt{2 \cdot \frac{C_o^e \cdot S}{C_{xp}^e + E \cdot P}} = \sqrt{2 \cdot \frac{2250 \cdot 100}{252,0 + 0,5 \cdot 2700}} = 16,8 \text{ тонн.}$$

Полученный расчетный размер заказа (16,8 тонн) позволяет утверждать, что принятый интуитивно размер заказа на уровне 10 тонн имеет значительное отличие от оптимальной величины.

В этой связи осуществляем второе приближение. Для этого устанавливаем размер заказа с определенным опережением к уровню 16,8 тонн, принимая размер заказа равным 20 тонн.

Уточняем транспортные расходы на выполнение одного заказа (C_o^e) по доставке листовой стали из Москвы. По состоянию на 01.01.2011 г. величина тарифной ставки на оказание автотранспортных услуг для автотранспортного агрегата грузоподъемностью 20 тонн составляла в среднем 1,9 тыс. руб. за один километр. Следовательно, издержки на выполнение одного заказа из Москвы (1500 км туда и обратно) будут равны 2850 тыс. руб. ($1500 \text{ км} \cdot 1,9 \text{ тыс. руб./км}$).

Уточняем издержки на хранение одной тонны стали в течение года (C_{xp}^e). Они составят 126,0 тыс. руб. ($15 \text{ м}^2 \cdot 7,0 \text{ тыс. руб./}(\text{мес.} \cdot \text{м}^2) \cdot 12 \text{ мес.} : 10 \text{ тонн}$), где 10 тонн – это среднее количество стали (средний остаток), которое будет иметь место на складе ($q/2 = 20/2$).

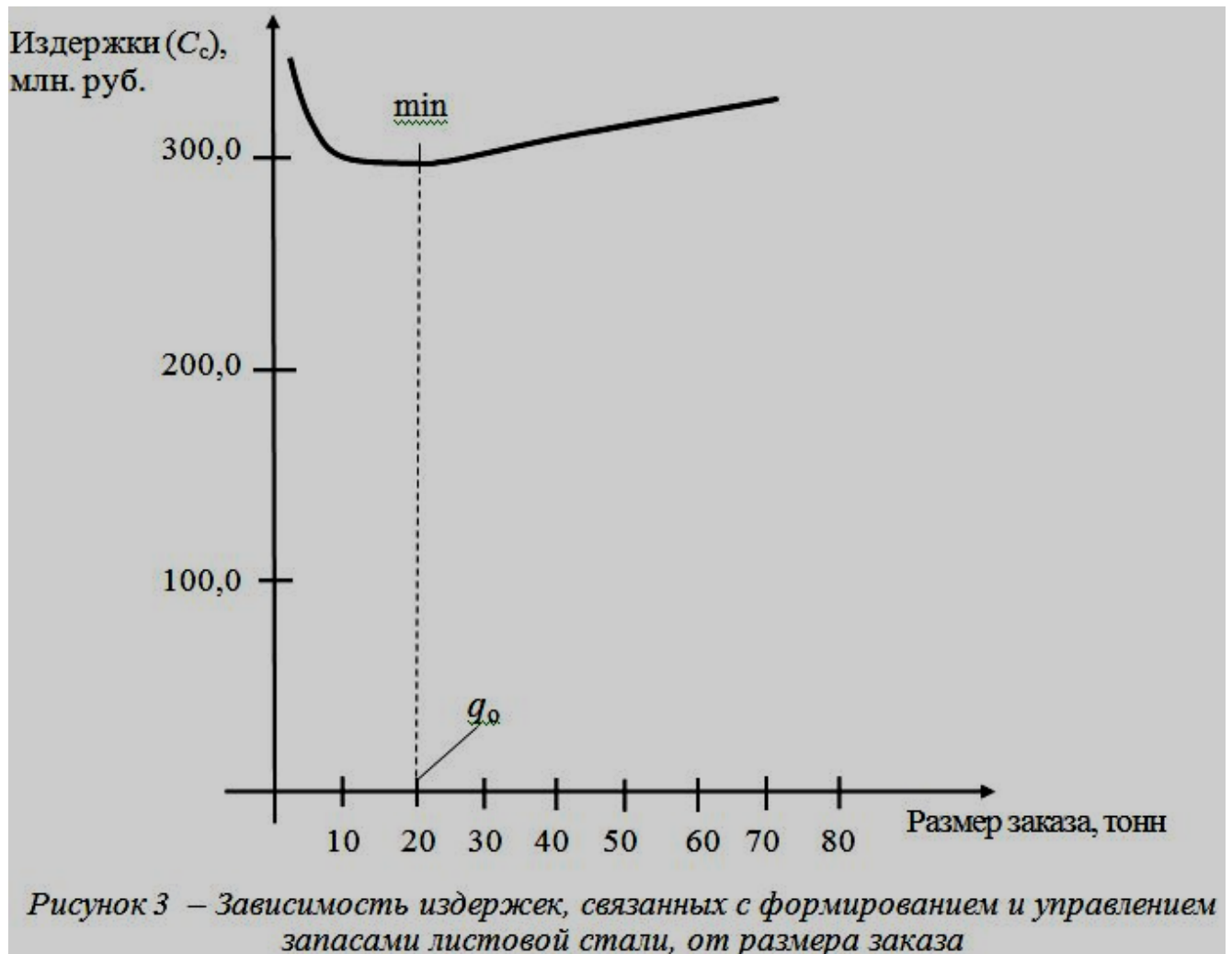
Уточняем размер заказа согласно зависимости (8):

$$q_o = \sqrt{2 \cdot \frac{C_o^e \cdot S}{C_{xp}^e + E \cdot P}} = \sqrt{2 \cdot \frac{2850 \cdot 100}{126,0 + 0,5 \cdot 2700}} = 19,7 \cong 20,0 \text{ тонн.}$$

Так как принятый размер заказа согласно второму приближению (20,0 тонн) практически не отличается от оптимальной величины (19,7 тонн), следовательно, окончательно устанавливаем размер заказа на уровне 20,0 тонн.

На рисунке 3 представлен график, отражающий зависимость издержек, связанных с формированием и управлением запасами листовой стали, от размера заказа с учетом потерь денежных ресурсов, вложенных в создание запасов затрат ($C_{п}$) согласно формуле:

$$C_c = P \cdot S + C_o^e \cdot \frac{S}{q} + C_{xp}^e \cdot \frac{q}{2} + E \cdot \frac{q}{2} \cdot P.$$



Рассчитаем размер заказа листовой стали по формуле Уилсона (5) с учетом исходных данных и того, что ее доставка предположительно будет осуществляться автотранспортом:

$$q_0 = \sqrt{2 \cdot \frac{C_0^e \cdot S}{C_{xp}^e}} = \sqrt{2 \cdot \frac{2850 \cdot 100}{126,0}} = 67,3 \text{ тонн.}$$

Полученный размер оптимального размера заказа согласно формуле Уилсона позволяет утверждать, что доставка листовой стали должна осуществляться не автомобильным, а железнодорожным транспортом, так как максимальный размер одной партии поставки автомобильным транспортом ограничивается грузоподъемностью автотранспортного агрегата (фуры), которая обычно не превышает 25 тонн.

В свою очередь минимальная площадь склада, занимаемая сталью должна составлять уже не 15 м², а не менее 30 м². Это объясняется тем, что на 9 м² площади пола, которую занимает один стальной лист (6000x1500мм) с учетом допустимой нагрузки на 1 м² (4 т/м²), максимально можно хранить не более 36 тонн стали. В

этой связи, чтобы разместить 67,3 тонн стали с учетом ширины проходов и проездов потребуется не 15, а 30 м² площади склада.

Уточним оптимальный размер заказа по формуле Уилсона. Во-первых, пересчитаем транспортные расходы на выполнение одного заказа (C_o^e) по доставке листовой стали из Москвы. По состоянию на 01.01.2011 г. величина тарифной ставки на оказание услуг железнодорожного транспорта составляла в среднем 6,0 тыс. руб. за один вагону-километр. Следовательно, издержки на выполнение одного заказа из Москвы (750 км в одну сторону), с учетом того, что потребуются один вагон, составят 4500 тыс. руб. (1 вагон · 750 км · 6,0 тыс. руб./км · вагон).

Во-вторых, пересчитаем издержки на хранение одной тонны стали в течение года (C_{xp}^e). Они составят 63,0 тыс. руб. (30 м² · 7,0 тыс. руб./(мес. · м²) · 12 мес. : 40 тонн), где 40 тонн – это предполагаемое среднее количество стали, которое будет иметь место на складе.

Тогда уточненный размер заказа согласно формуле Уилсона составит:

$$q_o = \sqrt{2 \cdot \frac{C_o^e \cdot S}{C_{xp}^e}} = \sqrt{2 \cdot \frac{4500 \cdot 100}{63,0}} = 119,5 \text{ тонн.}$$

Уточненный согласно формуле Уилсона размер заказа, позволяет утверждать, что для транспортировки стали, потребуется два вагона, а для хранения стали четыре штабеля. Пересчитаем издержки на транспортировку и хранение.

Издержки на выполнение одного заказа из Москвы (750 км в одну сторону), с учетом того, что потребуются два вагона, составят 9000,0 тыс. руб. (2 вагона · 750 км · 6,0 тыс. руб./км · вагон).

Издержки на хранение одной тонны стали в течение года (C_{xp}^e) составят 72,0 тыс. руб. (60 м² · 7,0 тыс. руб./(мес. · м²) · 12 мес. : 70 тонн), где 70 тонн – это предполагаемое среднее количество стали, которое будет иметь место на складе.

Тогда уточненный размер заказа согласно формуле Уилсона составит:

$$q_o = \sqrt{2 \cdot \frac{C_o^e \cdot S}{C_{xp}^e}} = \sqrt{2 \cdot \frac{9000 \cdot 100}{72,0}} = 158,0 \text{ тонн.}$$

Вновь полученный размер заказа позволяет утверждать, что для хранения стали потребуется пять штабелей. Следовательно, издержки на хранение одной тонны стали в течение года (C_{xp}^e) составят 90,0 тыс. руб. (75 м² · 7,0 тыс. руб./(мес. · м²) · 12 мес. : 70 тонн), где 70 тонн – это предполагаемое среднее количество стали, которое будет иметь место на складе.

Тогда уточненный размер заказа согласно формуле Уилсона составит:

$$q_o = \sqrt{2 \cdot \frac{C_o^e \cdot S}{C_{xp}^e}} = \sqrt{2 \cdot \frac{9000 \cdot 100}{90,0}} = 141,4 \text{ тонн.}$$

Таким образом, размер заказа согласно формуле Уилсона колеблется в пределах 150,0 тонн листовой стали. При этом издержки на хранение одной тонны стали в течение года (C_{xp}^e) составят 84,0 тыс. руб. ($75 \text{ м}^2 \cdot 7,0 \text{ тыс. руб./}(\text{мес.} \cdot \text{м}^2) \cdot 12 \text{ мес.} : 75 \text{ тонн}$).

Анализ полученных результатов показывает, что оптимальный размер заказа согласно формуле (8) в 7,5 раза меньше по сравнению с размером заказа согласно формуле Уилсона.

Определим размер годового экономического эффекта по следующей зависимости:

$$\mathcal{E} = C_{c1} - C_{c2},$$

где C_{c1} – совокупные годовые издержки на формировании и управлении запасами при размере заказа, рассчитанном согласно формуле Уилсона (5), тыс. руб.;

C_{c2} – совокупные годовые издержки на формирование и управление запасами при размере заказа, рассчитанном согласно формуле (8), тыс. руб.

Определим совокупные годовые издержки на формирование и управление запасами с учетом потерь, обусловленных «замораживанием» финансовых средств, вложенных в создание запасов, при размере заказа, рассчитанном согласно формуле Уилсона:

$$\begin{aligned} C_{c1} &= P \cdot S + C_o^e \cdot \frac{S}{q} + C_{xp}^e \cdot \frac{q}{2} + E \cdot \frac{q}{2} \cdot P = \\ &= 2700 \cdot 100 + 9000 \cdot \frac{100}{150} + 84,0 \cdot \frac{150}{2} + 0,5 \cdot \frac{150}{2} \cdot 2700 = 383550,0 \text{ тыс.руб.} \end{aligned}$$

Определим совокупные годовые издержки на формирование и управление запасами при размере заказа, рассчитанном согласно формуле (8):

$$\begin{aligned} C_{c2} &= P \cdot S + C_o^e \cdot \frac{S}{q} + C_{xp}^e \cdot \frac{q}{2} + E \cdot \frac{q}{2} \cdot P = \\ &= 2700 \cdot 100 + 2850 \cdot \frac{100}{20} + 126,0 \cdot \frac{20}{2} + 0,5 \cdot \frac{20}{2} \cdot 2700 = 299010,0 \text{ тыс.руб.} \end{aligned}$$

Тогда величина годового экономического эффекта при формировании и управлении запасами при размере заказа, рассчитанном согласно формуле (8) составит:

$$\mathcal{E} = C_{c1} - C_{c2} = 383550,0 - 299010,0 = 84540,0 \text{ тыс.руб.}$$

Следовательно, формирование материальных запасов путем осуществления заказов по отдельным наименованиям товаров в размерах, рассчитанных согласно

предложенной нами зависимости (8) в отличие от формулы Уилсона позволит получать значительный экономический эффект в результате ускорения оборачиваемости финансового капитала, вкладываемого в создание запасов, а также сокращения издержек, связанных с хранением товаров. Однако, при небольших расстояниях транспортировки (доставки) товара и относительно высоких издержках на хранение единицы товара (C_{xp}^e) размер заказа, рассчитанный по формуле (8), может иметь незначительную величину. В подобных ситуациях размер заказа следует увеличить с учетом ожидаемого потребления товара за время выполнения заказа.

Таким образом, оптимальный (фиксированный) размер заказа (q_0) составляет 20,0 тонн или 29 листов (с учетом того, что масса 1 листа равна 0,702 тонн).

Полученный оптимальный размер заказа (20 тонн), был рассчитан исходя из годового потребления стали (100 т/год). Однако важно определить, как меняется размер заказа, если в качестве временного интервала берется другая величина, например, месяц.

Если потребление колеблется

Принимая во внимание данные таблицы 1, можно утверждать, что в течение года наблюдаются серьезные колебания потребления листовой стали. Так, например, потребление за март почти в **четыре раза** превышает потребление за декабрь. Возникает вопрос: будет ли наблюдаться аналогичное колебание размера заказа, если в качестве временного интервала выступает календарный месяц.

Рассчитаем оптимальный размер заказа по формуле (8), принимая временной интервал равный одному месяцу, на примере мая месяца.

Величина потребления листовой стали за май составляет 6 тонн ($S = 6$ тонн) (см. таблицу 1). Транспортные расходы на выполнение одного заказа C_0^a оставляем на прежнем уровне ($C_0^a = 2850$ тыс. руб.). В свою очередь, издержки на хранение одной тонны стали (C_{xp}^e) должны быть привязаны к временному интервалу (один месяц), то есть должны быть пересчитаны. Принимая во внимание ранее проведенный расчет, они составят 10,5 тыс. руб. ($15 \text{ м}^2 \cdot 7,0 \text{ тыс. руб./}(\text{мес.} \cdot \text{м}^2) \cdot 1 \text{ мес.} : 10 \text{ тонн}$), где 10 тонн – это предполагаемое среднее количество стали, которое будет иметь место на складе ($q/2$). По этой же причине должен быть пересмотрен и коэффициент эффективности финансовых вложений (E). Так, за год его величина составляла 0,5, следовательно, за месяц он будет равен 0,042 ($0,5/12$).

Тогда оптимальный размер заказа согласно зависимости (8) составит:

$$q_0 = \sqrt{2 \cdot \frac{C_0^a \cdot S}{C_{\text{xp}}^e + E \cdot P}} = \sqrt{2 \cdot \frac{2850 \cdot 6}{10,5 + 0,042 \cdot 2700}} = 16,6 \text{ тонн.}$$

Пересчитаем издержки на хранение одной тонны стали (C_{xp}^e) , за месяц исходя из полученного размера заказа. Они составят 12,65 тыс. руб. ($15 \text{ м}^2 \cdot 7,0 \text{ тыс. руб./}(\text{мес.} \cdot \text{м}^2) \cdot 1 \text{ мес.} : 8,3 \text{ тонн}$), где 8,3 тонн – это среднее количество стали, которое будет иметь место на складе ($16,6/2$).

Уточним оптимальный размер заказа согласно зависимости (8):

$$q_0 = \sqrt{2 \cdot \frac{C_0^e \cdot S}{C_{\text{хр}}^e + E \cdot P}} = \sqrt{2 \cdot \frac{2850 \cdot 6}{12,65 + 0,042 \cdot 2700}} = 16,5 \text{ тонн.}$$

Аналогичным образом были проведены расчеты для остальных месяцев года. Их результаты представлены в таблице 2.

Важно подчеркнуть, что при определении оптимального размера заказа за месяц (см. таблицу 2), не принималась во внимание зависимость расходов на выполнение одного заказа (C_0^e) от величины заказа. Данное обстоятельство объясняется тем, что величина этих затрат, зависит не только от размера заказа, но и от имеющихся в наличии автотранспортных агрегатов, которые могут использоваться для транспортировки листовой стали. Так, для транспортировки 15,0 тонн стали может применяться транспортный агрегат грузоподъемностью 15,0 тонн. При этом расходы на выполнение одного заказа с помощью данного агрегата, как правило, сопоставимы с расходами на транспортировку 20,0 тонн стали транспортным агрегатом грузоподъемностью 20,0 тонн. Между тем следует отметить, что в случаях, когда транспортное средство за один рейс осуществляет доставку товаров нескольких наименований, расходы на выполнение одного заказа (C_0^e) по каждому наименованию товара должны рассчитываться исходя из занимаемой доли грузоподъемности (грузовместимости) транспортного средства.

Таблица 2 – Расчет оптимального размера заказа по месяцам года

Наименование месяца	Величина потребления листовой стали, тонн	Затраты на хранение одной тонны стали за месяц ($C_{\text{хр}}^e$), тыс. руб./ (тонну · мес.)	Коэффициент эффективности финансовых вложений (E), 1/мес.	Расчетный оптимальный размер заказа (q_0), тонн
Январь	6	12,65	0,042	16,5
Февраль	12	8,94	0,042	23,6
Март	15	8,00	0,042	26,5
Апрель	10	9,81	0,042	21,5
Май	6	12,65	0,042	16,5
Июнь	5	13,85	0,042	15,0
Июль	8	10,95	0,042	19,2
Август	15	8,00	0,042	26,5
Сентябрь	10	9,81	0,042	21,5
Октябрь	5	13,85	0,042	15,0
Ноябрь	4	15,49	0,042	13,3
Декабрь	4	15,49	0,042	13,3

Анализ полученных результатов показывает, что, несмотря на значительные колебания потребления листовой стали в течение года (4-х кратные), вариация оп-

тимального размера заказа не превышает 2 раз. Данный факт указывает на то, что оптимальный размер, в большинстве случаев, может рассчитываться, исходя из средних значений потребления материальных запасов, за достаточно продолжительный период времени, например, за квартал.

В противном случае, когда наблюдаются многократные колебания спроса (потребления), год целесообразно разбить, например, на два (и более) сезона (сезонов), в которых наблюдается минимальная и максимальная величина спроса (потребления). Затем необходимо определить оптимальный размер заказа для соответствующего сезона и использовать эти величины при оперативной работе по управлению запасами в течение соответствующего сезона.

Определение порогового уровня запасов

Другим важнейшим параметром для работы системы с фиксированным размером заказа является пороговый уровень запасов, для определения которого необходимо знать дневное потребление запаса товара.

Дневное потребление стали листовой на складе определяем как отношение объема ее оборота за год к количеству рабочих дней в году. Его величина будет равна 0,380 тонн (100 тонн : 264 раб. дня).

Пороговый уровень запасов (ПУ) стали листовой представляет собой произведение дневного потребления стали и суммы времени выполнения заказа и задержки поставки. Среднее дневное потребление за рабочий день составляет 380 кг. Согласно исходной информации время выполнения заказа ($t_{вз}$) и задержки ($t_{зп}$) составляет соответственно 30 и 7 календарных дней или 22 и 6 рабочих дней соответственно. Следовательно, пороговый уровень стали листовой составит 10,64 тонны ($380 \text{ кг} \cdot (22+6)$) или 15 листов.

Сравнивая размер заказа (29 листов) и пороговый уровень (15 листов), можно утверждать, что система будет работать.

Гарантийный запас (ГЗ) стали листовой рассчитывается как произведение среднего дневного потребления стали на время задержки поставки и составит 2,28 тонны ($380 \text{ кг} \cdot 6 \text{ дн.}$) или 3 листа.

Максимальный желательный запас (МЖЗ) стали листовой определяется как сумма гарантийного запаса и оптимального размера заказа и составит 22,28 тонн ($2,28 + 20 \text{ тонн}$) или 32 листа. Данный показатель в системе с фиксированным размером заказа используется лишь для того, чтобы определить, сколько места на складе следует выделить для хранения стали листовой, если она хранится в штабеле. Принимая во внимание, что на 9 м^2 площади пола, которую занимает один стальной лист ($6000 \times 1500 \text{ мм}$) с учетом допустимой нагрузки на 1 м^2 (4 т/м^2), максимально можно хранить не более 36 тонн стали, можно утверждать, что для хранения стали потребуется один штабель, который с учетом проходов и проездов на складе будет занимать не более 15 м^2 .

На рисунке 4 представлен график движения запасов стали листовой за период январь–июнь в соответствии с планируемым потреблением стали (см. таблицу 1) и расчетными параметрами. При этом принималось, что в нулевой момент времени уровень запасов стали на складе составлял максимальный желательный запас (22,28 тонн).

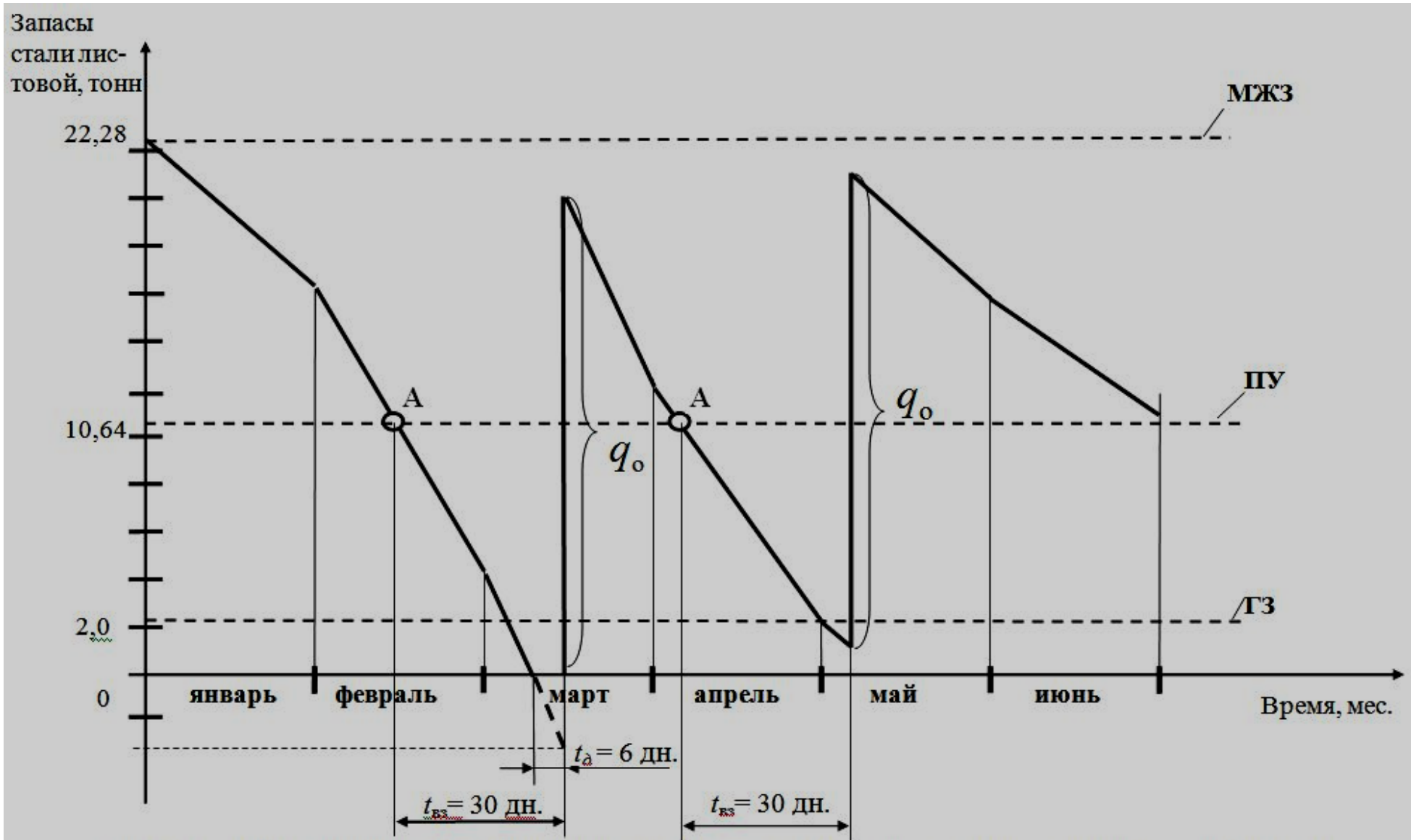


Рисунок 4 – График движения запасов стали листовой в системе с фиксированным размером заказа (вариант № 1)

Анализ графика показывает, в марте месяце образуется дефицит стали на недельный период ($t_d = 6$ дней) в размере 4 тонн. Это обусловит значительные потери производства, связанные с простоем рабочих мест. Данное обстоятельство вызвано неравномерностью потребления стали в течение года, а также тем, что пороговый уровень запасов рассчитывался исходя из средней величины потребления (380 кг за день) притом, что в марте дневное потребление составит около 680 кг.

Решение данной проблемы возможно в результате пересчета порогового уровня запасов (ПУ), исходя не из среднего, а из максимального месячного потребления стали.

Так, в нашем примере, максимальное месячное потребление составляет 15 тонн или 680 кг за рабочий день. Следовательно, пороговый уровень стали листовой составит 19,1 тонны ($680 \text{ кг} \cdot (22+6)$) или 27 листов. Тогда график движения запасов будет иметь следующий вид (рисунок 5).

Анализ рисунка 5 показывает, что при установлении порогового уровня запасов стали из расчета ее максимального дневного потребления, будет наблюдаться бездефицитная работа производства. Однако, при этом будет превышен максимальный желательный уровень запасов. Так, максимальная величина превышения составит порядка 13 тонн (по сравнению с вариантом № 1) или на 60 %. Между тем, это не вызовет увеличения площади склада, занятую сталью листовой ($35 < 36$ тонн), где 36 тонн – допустимая нагрузка на 9 м^2 . Прямые потери за месяц, связанные с общим увеличением уровня запасов стали ("замораживание" финансового капитала), составят порядка 1 млн. руб.:

$$(0,5 \cdot 9,0 \cdot 2,7) : 12 \text{ мес.} \approx 1,0 \text{ млн.руб.}$$

где 0,5 – коэффициента эффективности финансовых вложений (E) за период времени равный одному году;

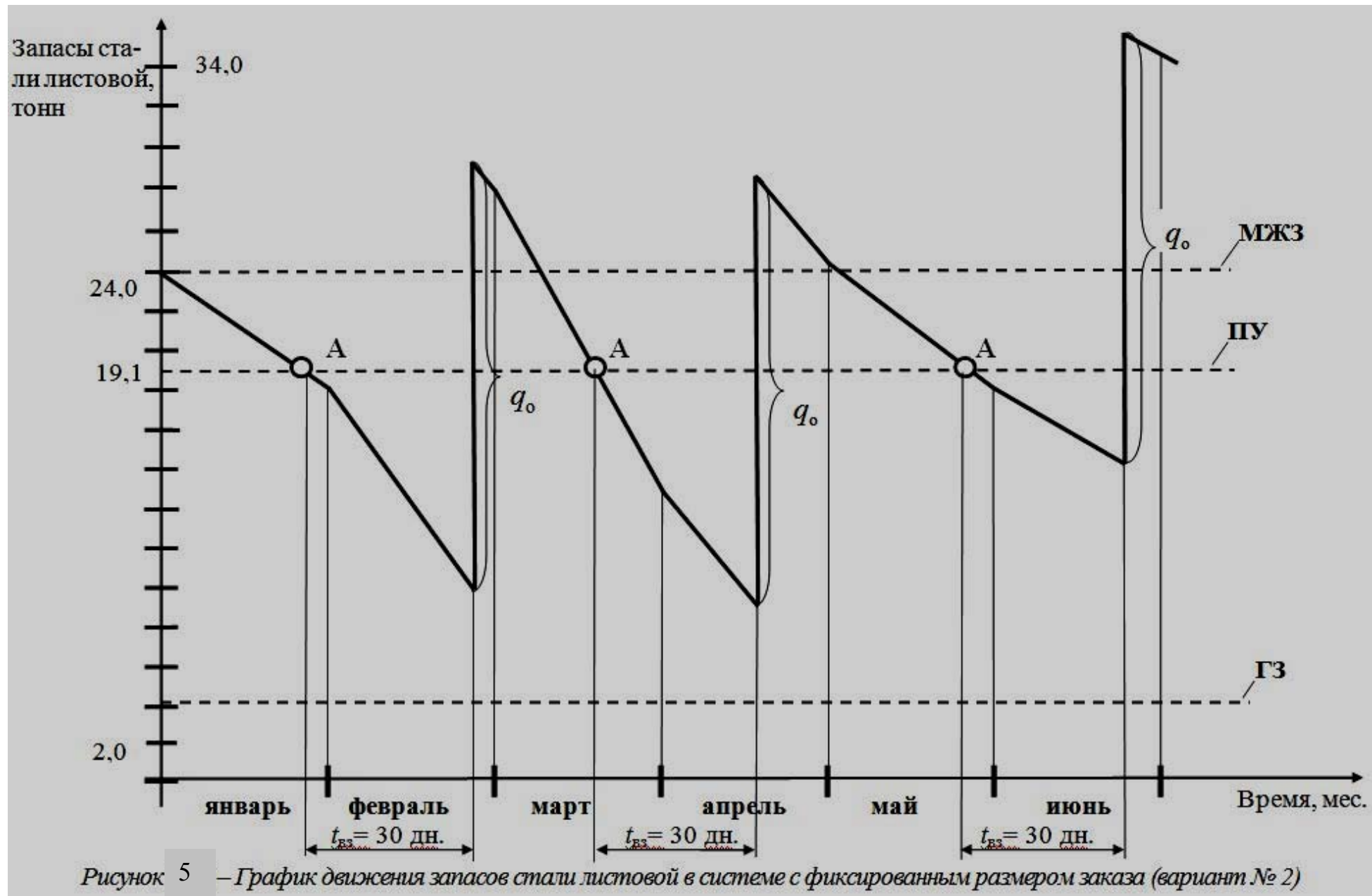
9,0 – среднее увеличения уровня запасов на складе для варианта № 2 по сравнению с вариантом № 1, тонн;

2,7 – цена 1 тонны стали, млн руб.

Кроме того, увеличение уровня запасов обусловит выполнения дополнительного заказа стали. Однако, связанные с этим издержки, носят разовый характер и распространяются на весь период работы производства. Поэтому ими можно пренебречь.

Следовательно, общие потери производства, связанные с управлением запасами стали по варианту № 2 не превысят 12,0 млн. руб. за год. В свою очередь, управление запасами по варианту № 1 вызовет гораздо большие потери, связанные с простоем производства. Так, например, при стоимости производства на уровне 1 млрд руб. дневной простой рабочих мест обусловит прямые потери на уровне 3–5 млн руб., что более, чем в 3 раз превысит потери по варианту № 2.

Таким образом, несмотря на увеличение общего уровня запасов стали при управлении ими согласно системе с фиксированным размером заказа по варианту № 2, данный вариант является более предпочтительным с экономической точки зрения.



Выводы и предложения

Таким образом, из всего вышесказанного можно сделать следующие выводы и предложения:

1. Система с фиксированным размером заказа рекомендуется к внедрению при управления производственными запасами в любых коммерческих организациях независимо от их размера, а также количества наименований в общей номенклатуре сырьевых запасов.

2. В коммерческих организациях, в которых номенклатура производственных запасов насчитывает значительное количество наименований (например, более 30), для снижения трудоемкости управления запасами, связанной с ежедневным контролем текущего уровня запасов по каждому наименованию запасов и сравнения его с пороговым уровнем запасов, необходимо внедрять информационные системы управления производством (*ERP*-системы) или хотя бы использовать прикладные конфигурации типа "1С:Склад".

3. Управление производственными запасами предусматривает определение в отдельности по всем без исключения наименованиям запасов (с учетом производственного опыта и планируемого потребления) трех параметров: оптимального размера заказа, порогового уровня запасов и максимального желательного уровня запасов. При этом максимальный желательный уровень запасов должен использоваться лишь для определения полезной площади склада, которую необходимо выделить для хранения соответствующего наименования запаса. В свою очередь, численные значения порогового уровня запасов (**ПУ**) и фиксированный (оптимальный) размер заказа (q_0) каждого наименования запасов должны быть внедрены в соответствующие электронные таблицы прикладные конфигурации типа "1С:Склад". Это позволит в оперативном порядке осуществлять управление запасами: как только остатки товара достигают расчетного порогового уровня (**ПУ**) необходимо сделать заказ в размере q_0 .

Следует подчеркнуть, что прикладная конфигурация типа "1С:Склад" может в режиме "on-line" самостоятельно (в автоматическом режиме) отслеживать остатки товаров на складе и сравнивать их значения с расчетными величинами пороговых уровней запасов, а по результатам сравнения сигнализировать снабженцу о необходимости заказа.

4. Для товаров, которые характеризуются ярко выраженным сезонным спросом (потреблением) с целью обеспечения бездефицитной работы склада по данным наименованиям товаров должна применяться одна из двух следующих тактик управления:

– расчет параметров системы должен осуществляться отдельно для каждого из сезонов;

– пороговый уровень необходимо рассчитывать не из среднего, а из максимального дневного потребления.

5. При управлении жидкими и газообразными товарами (дизельное топливо, бензин, сжиженный газ и т.п.) полученные в результате расчетов оптимальный размер заказа и максимальный желательный уровень запасов устанавливают соответственно величины емкостей для транспортировки и хранения.

ЛИТЕРАТУРА

Дроздов, П.А. Основы логистики в АПК: учебник / П.А. Дроздов. – Минск: Изд-во Гревцова, 2012. – 288 с.

Автор: Дроздов Петр Анатольевич доцент Белорусского государственного аграрного технического университета, к.э.н.

e-mail: drozdov77@ tut.by