

---

## ПРОБЛЕМЫ ПРЕДПРИЯТИЙ

---

### Оптимизация размера заказа с учетом потерь от иммобилизации оборотного капитала в запасах материальных ресурсов

© 2023 г. И.П. Эльяшевич

**И.П. Эльяшевич,**

*Международный центр управления цепями поставок НИУ «Высшая школа экономики», Москва;  
e-mail: ielyashevich@hse.ru*

Поступила в редакцию 03.04.2023

**Аннотация.** В статье рассматриваются подходы к оптимизации запасов в цепях поставок крупных промышленных компаний. Актуальность данного вопроса касается в первую очередь поставок наиболее дорогих категорий материальных ресурсов, при расчете размера заказа которых необходимо дополнительно учитывать потери от иммобилизации оборотного капитала (альтернативные издержки). В практике отечественных и зарубежных компаний получили широкое применение модификации формулы оптимального размера заказа, с помощью которых компании достигают экономического компромисса между уровнем доступности запасов на складе и затратами на их закупку и содержание. При этом величина потерь от иммобилизации в некоторых случаях может существенно влиять на уровни складских запасов компании, а значит — и на потребность в таких объектах логистической инфраструктуры, как складские помещения, подъемно-транспортное оборудование и пр. На сегодняшний день единая методика оценки потерь от иммобилизации оборотного капитала в запасах отсутствует, что обусловлено спецификой деятельности компаний, относящихся к разным отраслям промышленности и видам бизнеса. В связи с чем существенно отличаются подходы к выбору ставок для определения суммы таких потерь и оценки их влияния на эффективность деятельности компаний. Корректный учет альтернативных издержек может быть использован при разработке диверсифицированных подходов к планированию потребности в складских запасах, который позволит, с одной стороны, максимально удовлетворять заказы внутренних и внешних клиентов, а с другой — не допускать формирования избыточных запасов. Поэтому вопрос разработки отраслевых методик оценки финансовых потерь при работе с запасами материальных ресурсов является актуальным.

**Ключевые слова:** потери от иммобилизации; оборотный капитал; управление запасами; оптимизация размера заказа; оборачиваемость активов; альтернативные издержки; упущенная выгода; логистика и управление цепями поставок.

**Классификация JEL:** C15.

Для цитирования: Эльяшевич И.П. (2023). Оптимизация размера заказа с учетом потерь от иммобилизации оборотного капитала в запасах материальных ресурсов // *Экономика и математические методы*. Т. 59. № 4. С. 100–110. DOI: 10.31857/S042473880028219-9

## ВВЕДЕНИЕ

Анализ теоретических работ отечественных и зарубежных исследователей (Афанасьев, 2010; Коврик, 2014; Керимов, 2019; Королева, 2011; Рахматуллина, Юнусова; Яруллин, 2022; Турченко, 2021; Хоменко, Михайлова, 2022; Швецов, 2015; Vliet, Reindorp, Fransoo, 2015; Houston, Lin, Zhu, 2016; Peura, Yang, Lai, 2015; Tang, Yang, Wu, 2015; и др.) показывает, что вопросы оценки потерь от иммобилизации оборотного капитала в запасах имеют дискуссионный характер, и единой точки зрения в научном сообществе по этому поводу нет. При этом практический опыт оценки таких потерь в бизнесе свидетельствует о большом разнообразии применяемых корпоративных методик, которые не имеют общих методологических принципов. Универсальные разработки, которые могли бы использоваться в рамках экономики в целом или в отдельных отраслях промышленности (торговли), также отсутствуют.

Сам термин «альтернативные издержки» означает упущенную выгоду (прибыль, доход) в результате выбора одного из альтернативных вариантов использования ресурсов при отказе от других возможностей. Альтернативные издержки не являются предметом обязательного учета в компаниях.

Однако при ведении управленческого учета на величину потерь от иммобилизации оборотного капитала обычно уменьшают финансовый результат компании, полученный по данным бухгалтерского

учета. Тогда фактическая прибыль компании оказывается ниже по сравнению с отраженной в официальных отчетных документах. Исключением являются закупки с использованием заемных средств коммерческих банков. В этом случае в регистрах бухгалтерского учета отражаются суммы процентов, уплачиваемые компаниями за пользование предоставленными денежными средствами.

В логистической деятельности учет потерь от иммобилизации финансовых ресурсов необходим для корректных расчетов оптимальных размеров заказов на закупаемые запасы и планирования графиков поставок (Ипатьева, Эльяшевич, 2022; Эльяшевич, Мойленко, Фролова, 2014; Зайцева и др., 2021; Чашина, Онохина, 2020; Семина, 2020; Alfares, Ghaithan, 2019). Данные параметры непосредственно влияют на уровни складских запасов и определяют потребность в транспортно-складских мощностях компании, что является актуальной научно-практической задачей. Однако подходы к выбору базы для расчета величины альтернативных потерь и их влияния на общие результаты деятельности компаний существенно различаются по отраслям экономики.

Например, пренебрежение альтернативными потерями при планировании складских запасов, относящихся к дорогостоящим категориям, может изменить политику закупок компании в сторону крупных партий, которые будут гарантировать более длительные периоды деятельности. При таком сценарии вероятность дефицита запасов будет минимальной, но стоимость хранения и объем неликвидной продукции сильно возрастут. Наоборот, при переоценке потерь от иммобилизации компания сформирует слишком низкие уровни запасов с высокой скоростью обращения, что благоприятно скажется на величине складских затрат, но при этом многократно увеличит вероятность полного исчерпания запаса до момента поступления очередной поставки (Эльяшевич, 2017).

Наиболее распространенным подходом к оценке потерь от иммобилизации является сравнение между собой различных вариантов вложения денежных средств по получаемым от них выгодам. Как известно, запасы сами по себе не создают добавленной стоимости, их увеличение сокращает ресурсы, непосредственно функционирующие в производственном процессе, что приводит к ухудшению финансовых результатов компании. Следовательно, запасы должны формироваться тогда, когда они обеспечивают более высокую эффективность бизнеса по сравнению с другими альтернативными вариантами вложения денежных средств (например, банковские вклады, приобретение основных фондов). Однако наличие складских запасов позволяет повысить эффективность производства за счет сокращения простоев оборудования и увеличения объема выпуска готовой продукции (Батуров, Дробная, Федорченко, 2019; Лукинский, Маевский, 2017; Мищенко, Михеева, 2017). Поэтому вопрос оценки потерь от иммобилизации оборотного капитала связан еще с поиском баланса (экономического компромисса) между уровнем складских запасов и упущенной выгодой компании, которая определяется суммарной продолжительностью простоев производственного оборудования.

Данный вопрос является особо актуальным для крупных промышленных компаний, поскольку им приходится работать с гораздо более широким ассортиментом запасов, в который могут входить позиции, разнородные по составу и характеристикам. Например основное сырье и комплектующие — для выпуска готовой продукции, а также операционные ресурсы, необходимые для ремонта и технического обслуживания основных фондов, прочие вспомогательные и расходные материалы, в том числе административно-хозяйственного назначения.

Для целей систематизации используемых понятий в статье уточнен термин «*операционные ресурсы*», под которыми понимаются запасные части, вспомогательные и расходные материалы, которые не входят в состав выпускаемой готовой продукции, но являются необходимыми для обеспечения безостановочной работы производства и управленческой деятельности. Таким образом, операционные ресурсы не являются объектами продажи, а представляют собой ресурсы внутреннего потребления, заказчиками которых выступают производственные подразделения компаний («внутренние заказчики»).

Особое место среди промышленных предприятий занимают добывающие компании, которые являются исходными звеньями всех цепей поставок. Их собственные цепи поставок формируются исключительно для обеспечения процессов добычи операционными ресурсами и услугами. Доля затрат на закупку в таких компаниях существенно выше, чем у предприятий обрабатывающей промышленности

(Accenture<sup>1</sup>, Ernst&Young<sup>2</sup>, KPMG<sup>3</sup>), и поэтому для них вопросы оптимизации расходов, связанных с запасами, в том числе через учет альтернативных потерь, являются еще более актуальными.

Таким образом, целью исследования является разработка оригинального подхода к оценке потерь от иммобилизации оборотного капитала в крупных компаниях добывающей промышленности. А задачи исследования — модификация теоретических моделей оптимизации размера заказа и управления запасами наиболее дорогих категорий и выработка рекомендаций для подходов к расчету экономически целесообразных уровней страховых запасов на складе. Тогда у организаций бизнеса могут появиться резервы экономии текущих затрат и увеличения чистой прибыли. Высвобождаемые денежные средства могут быть направлены на инвестиционную деятельность или модернизацию имеющейся производственной и логистической инфраструктуры.

Основная гипотеза исследования заключается в предположении, что при корректном учете альтернативных издержек можно достичь снижения текущих затрат, связанных с запасами, а это, в свою очередь, приведет к увеличению прибыли промышленного предприятия и усилению его конкурентных преимуществ.

## МЕТОДЫ

В отечественной и зарубежной науке и практике (Голов, Рюкин, 2018; Лукинский, Замалетдинова, 2015; Маркина, Харина, 2018; Сторожев и др., 2017; Царькова, 2020; Gao, Wang, 2022) изучаются и применяются различные модификации классической модели оптимального (экономичного) размера заказа (Economic Order Quantity, EOQ), которые дополнительно учитывают ряд составляющих — в зависимости от сферы бизнеса и вида деятельности компании. В теоретической модели учитываются только затраты на пополнение запаса (организацию заказа) и затраты на хранение запаса на складе. Критерием оптимизации размера заказа являются минимальные суммарные затраты компании. Остальными составляющими пренебрегают, принимая в качестве допущения их постоянство и независимость от параметров заказа.

Уравнение, лежащее в основе модели, известное как формула Харриса—Уилсона, было выведено Ф. Харрисом в 1915 г., но получило широкую известность только спустя двадцать лет, после публикации работы Р. Уилсона, предложившего использовать формулы для нужд крупных производственных компаний. Однако управляя различными категориями запасов, компании часто сталкиваются с необходимостью учитывать влияния большего числа факторов, чтобы получаемые оптимальные параметры действительно давали возможность эффективно сокращать текущие затраты и увеличивать прибыль. В связи с чем целесообразно модифицировать теоретическую модель, которая будет учитывать потери от иммобилизации финансовых ресурсов, авансированных в запасы.

Для целей исследования была использована статистика об отпуске операционных ресурсов в производство за период 2015–2022 гг., которые составляют около 90% всей номенклатуры запасов, закупаемых компаниями горнодобывающей промышленности РФ. Выбор отрасли был связан с тем, что горнодобывающая промышленность РФ динамично меняется в соответствии с глобальными мировыми тенденциями. Акции лидеров отрасли торгуются на мировых биржах. Товары, которые производят горнодобывающие компании, также являются объектами биржевой торговли, цены на которые зависят от спроса на мировых рынках.

Среди категорий запасов, информация о которых легла в основу проверяемой гипотезы, можно отметить: долота и штанги буровые; зубья ковшей экскаваторов; канаты стальные; рельсы; шпалы деревянные; сортовой прокат черных и цветных металлов; трубы стальные; электроды сварочные; кабельно-проводниковая продукция; лесоматериалы; горюче-смазочные материалы; взрывчатые вещества и средства взрывания. Проверка сформулированной гипотезы исследования проводилась на основе данных примерно 100 предприятий горнодобывающей отрасли РФ, осуществляющих добычу угля и железной руды. Номенклатура потребляемых ресурсов в данных компаниях составляет в среднем от 10 до 15 тыс. наименований.

Основными источниками информации являлись Федеральная служба государственной статистики Российской Федерации и отчетность горнодобывающих предприятий, публикуемая в сети

<sup>1</sup> Accenture “Procurement’s next Frontier” (2012) (<https://www.accenture.com>).

<sup>2</sup> Ernst & Young “Indirect Procurement Optimization” (2015). (<https://ey.com>).

<sup>3</sup> KPMG “The Power of Procurement” (2012). (<https://kpmg.com>).

Интернет. При обработке исходных данных использовались методы системного, экономического и финансового анализов, а также математической статистики. Анализ выбранной статистики по номенклатуре операционных ресурсов показал в целом ее соответствие нормальному закону (закону Гаусса).

В теории менеджмента рассматривается достаточно большое число подходов к классификации материальных ресурсов, с которыми работают компании различных сфер бизнеса. Например, в работе (Kraljic, 1983) весь ассортимент закупаемых запасов разделяется на четыре категории с помощью двух критериев — влияние запаса по отдельной позиции на прибыль компании и уровень развития конкуренции на конкретном рынке, на котором этот запас приобретается (риски закупок / переговорная позиция покупателя). По нашему мнению, данный подход сегментирует ассортимент слишком укрупненно и не учитывает таких многих специфических особенностей по отдельным категориям и позициям запасов, как закупочная стоимость, объем продаж, размеры поставляемых партий и др. И поэтому может использоваться *на предварительном этапе*, при разделении закупаемых ресурсов на классы, группирующие запасы по основным направлениям деятельности компании.

Разделение закупаемых ресурсов на категории целесообразно проводить с помощью ABC-анализа, в основе которого лежит разделение запасов по правилу Парето (80/20) (Aktunc et al., 2019; Pandya, Thakkar, 2016; Scholz-Reiter et al., 2012). ABC-анализ возможен сразу по нескольким критериям, что позволяет сформировать большее число категорий ресурсов, достаточное для разработки индивидуальных подходов к управлению запасами по каждой. В данном случае приоритетным критерием является стоимость запасов, хранящихся на складе. В результате были получены первые три категории запасов, хранимые на складах, которые расположены непосредственно в местах добычи полезных ископаемых.

Следующие три категории были получены путем разделения анализируемой номенклатуры операционных ресурсов по степени изменчивости потребности относительно среднего хронологического значения (XYZ-анализ). Единственным критерием в XYZ-классификации выступает коэффициент вариации расхода запаса со склада (Негомедзянов Ю., Негомедзянов Г., 2021). В результате имеющийся ассортимент операционных ресурсов был сегментирован еще на несколько номенклатурных групп (AX, AY, AZ, BX, BY, BZ, CX, CY, CZ) со схожими тенденциями потребления.

Таким образом, наложение результатов ABC- и XYZ-анализа позволило сформировать девять укрупненных категорий с разработкой дифференцированных подходов к расчету оптимальных размеров заказов и графиков поставок, а также к управлению наличными запасами на складах. Для разработки более детальных рекомендаций был проведен дополнительный ABC-анализ по критерию потери компании от дефицита запасов на складе. При работе с запасами операционных ресурсов данные потери в промышленных компаниях представляют собой упущенную прибыль, в результате простоев производственного оборудования, вызванных нехваткой необходимых запасных частей и прочих вспомогательных и расходных материалов. В результате имеющаяся номенклатура запасов была разделена в общей сложности на 27 категорий. Для наиболее критичных из них были предложены модифицированные методы и модели.

При разработке оригинальных подходов к оптимизации размера заказа за основу была взята теоретическая модель Харриса—Уилсона, которая была упомянута выше. Модифицированный вариант модели для категорий запасов, которые одновременно являются дорогостоящими и наиболее критичными с точки зрения потерь от дефицита, определяется формулой

$$Q_{opt} = \sqrt{2AR / (S + ic)} \sqrt{(H + S + ic) / H}, \quad (1)$$

где  $Q_{opt}$  — оптимальный размер заказа на восполнение запаса;  $A$  — затраты на организацию одного заказа;  $R$  — общая потребность в запасе за плановый период времени;  $S$  — затраты на хранение единицы запаса на складе;  $i$  — ставка потерь от иммобилизации;  $H$  — потери от дефицита единицы запаса на складе;  $c$  — стоимость единицы запаса.

Оптимальный интервал времени между смежными заказами рассчитывается по формуле:

$$t_{opt} = DQ_{opt} / R, \quad (2)$$

где  $D$  — число рабочих дней компании, в течение которых возможна передача заказов поставщику. При этом потери от иммобилизации оборотного капитала по категории запасов в абсолютном выражении определяются по формуле:

$$L = 0,5Q_{opt}ic. \quad (3)$$



Для оценки суммарных потерь от иммобилизации оборотного капитала в запасах наиболее критичных категорий, которые понесла компания в течение финансового года, формулу (3) можно преобразовать следующим образом:

$$L_y = \sum_{j=1}^k \left( 0,5 Q_{opt_j} i \bar{c}_j \right), \quad (4)$$

где  $\bar{c}_j$  — среднегодовая стоимость запаса по категории  $j$ , рассчитываемая по формуле

$$\bar{c}_j = (0,5 c_1 + \sum_{j=2}^{12} c_j + 0,5 c_{13}) / 12; \quad (5)$$

$c_1$  — стоимость запасов категории  $j$  на 1 января отчетного года;  $c_j$  — стоимость запасов категории  $j$  по месяцам в период с 1 февраля по 31 декабря отчетного года;  $c_{13}$  — стоимость запасов категории  $j$  на 1 января, следующего за отчетным годом;  $k$  — число категорий запасов.

При финансировании покупки запасов собственными оборотными средствами определение численных значений ставок ( $i$ ), которые лежат в основе расчета потерь от иммобилизации, представляет собой отдельную проблему. В самом простом случае можно использовать ставку инфляции, определяемую Росстатом РФ. Однако инфляция не является единственным критерием при определении альтернативных издержек, поскольку отражает ситуацию в целом по стране и не учитывает тенденций изменения цен на отдельные товары или услуги, входящие в потребительскую корзину каждой конкретной компании.

Ставку, по которой промышленные компании могут оценивать потери от иммобилизации оборотного капитала в запасах, в общем виде можно представить как переменную величину, определяемую рядом факторов ( $r_1, \dots, r_n$ ). При формировании ставки куммулятивным способом необходимо определить базовую ставку альтернативных издержек ( $r_a$ ), а также размеры надбавок к ней за различные виды потерь, причинами которых могут быть региональные, отраслевые, а также прочие риски ( $r_k$ ):

$$i = r_a + \sum_{k=1}^n r_k. \quad (6)$$

Базовую ставку альтернативных издержек ( $r_a$ ), отражающих минимальный доход, который могла бы получить компания, можно определять на основе доходности по безрисковым инвестициям, например вложениям в облигации федерального займа (ОФЗ) или вкладам в наиболее надежные банки. Доходность по ОФЗ, как правило, немного выше инфляции, а риски минимальны. Для оценки рисков в крупных промышленных компаниях была использована модель оценки капитальных активов (Capital Asset Pricing Model, CAPM), предложенная модификация которой учитывает базовую ставку альтернативных издержек, региональную и отраслевую специфику изменения биржевых котировок акций компаний и стоимости готовой продукции:

$$r_k = r_a + \beta (r_m - r_a), \quad (7)$$

где  $r_m$  — средняя ставка доходности фондового рынка в целом;  $\beta$  — коэффициент, определяющий характер изменения доходности акций отдельной компании по сравнению с доходностью акций конкурентов и характеризующий, насколько акции компании чувствительны к изменению рыночной конъюнктуры

$$\beta = \text{cov}(r_k, r_m) / \sigma_{r_m}^2. \quad (8)$$

Таким образом, получаемая ставка доходности по приведенной выше модифицированной модели может быть интерпретирована как надбавка за риски, связанные с ведением бизнеса в определенной отрасли (отраслевая составляющая), а также за региональные риски, связанные с деятельностью компаний на разных географических территориях (региональная составляющая). С учетом формул (7) и (8) предлагаемая модель для определения ставки, по которой промышленные компании могут оценивать потери от иммобилизации оборотного капитала в запасах, будет выглядеть следующим образом:

$$i = r_a + (\bar{r}_m - r_a) \sum_{t=1}^n \left[ \left( r_{kt} - \bar{r}_k \right) \left( r_{mt} - \bar{r}_m \right) / \sigma_{r_m}^2 \right], \quad (9)$$

где  $r_{kt}$  — доходность акций отдельной промышленной компании, на коротких временных интервалах (например, по результатам ежедневных биржевых торгов);  $\bar{r}_k$  — средняя доходность акций компании за весь период расчета ставки потерь от иммобилизации;  $r_{mt}$  — изменение отраслевого индекса РТС на коротких временных интервалах;  $\bar{r}_m$  — среднее изменение отраслевого индекса РТС за весь период расчета ставки потерь от иммобилизации;  $\sigma_{r_m}$  — стандартное отклонение индекса РТС за весь период расчета ставки потерь от иммобилизаций.

Для оценки влияния альтернативных потерь на размеры заказов введем понятие «уровень доступности запаса» (service level, SL), под которым будем понимать вероятность удовлетворения потребности внутренних и внешних заказчиков промышленной компании с помощью имеющихся складских запасов в период между очередными поставками. Фактический уровень доступности за определенный период времени по категории запасов  $j$  предлагается определять по следующей формуле:

$$SL = U_j^{fact} / U_j, \quad (10)$$

$U_j, U_j^{fact}$  — число единиц операционных ресурсов, соответственно требуемых и фактически выданных в производственный процесс ( $U_j^{fact} < U_j$ ).

Как видно из формулы (10), чем меньше разница между  $U_j$  и  $U_j^{fact}$ , тем ближе уровень доступности к 100% ( $SL \rightarrow 1,0$ ) и тем полнее удовлетворяется потребность внутренних заказчиков. При расчете страховых запасов необходимо минимизировать потери от дефицита, но при этом не допустить роста затрат, связанных с иммобилизацией оборотного капитала. Поиск баланса между этими неизбежными потерями заключается в определении оптимального значения ( $SL_{opt}$ ), который для категории запасов  $j$  предлагается рассчитывать по формуле:

$$SL_{opt} = H_j / (H_j + i \bar{c}_j). \quad (11)$$

В формуле (11) затратами на хранение пренебрегаем, поскольку крупные промышленные компании используют преимущественно собственную логистическую инфраструктуру. В этом случае стоимость хранения запасов относится к условно-постоянным затратам ( $S = \text{const}$ ), которые не зависят от уровня складских остатков и соответственно не будут влиять на значение оптимального уровня доступности. В связи с чем формулу оптимального размера заказа (1) для крупных промышленных компаний можно преобразовать в виде:

$$Q_{opt} = \sqrt{2AR / ic} \sqrt{(H + ic) / H}. \quad (12)$$

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

В результате проведенных исследований была предложена методика сегментации номенклатуры закупаемых запасов на категории по следующим критериям: стоимость запасов, хранящихся на складах промышленных компаний; потери от дефицита запасов на складе; вариативность расхода запасов со склада. В контексте данного исследования особого внимания при контроле и управлении требуют категории AAX AAY AAZ. Это — запасы, которые одновременно имеют высокую стоимость и при этом могут нанести компании максимальные убытки от своего временного отсутствия на складе. Если категория А занимает 20% всей номенклатуры и замораживает до 80% всего оборотного капитала, то категория АА занимает 4% по количеству и 64% — по объему отвлеченных финансовых средств. При этом запасы данной группы могут принести до 16% всех возможных убытков от дефицита.

Также стоит уделять внимание запасам укрупненных категорий АВ, ВА и ВВ, независимо от вариативности отгрузок со склада. Эти запасы занимают промежуточное положение по своей значимости между наиболее критичными позициями (категория АА) и ресурсами второстепенной важности. Управление остальными 15-ю из 27 полученных категорий (АС, ВС, СА, СВ и СС) можно осуществлять с помощью менее строгих подходов, поскольку их влияние на общие показатели деятельности намного слабее (табл. 1).

**Таблица 1.** Результаты классификации запасов операционных ресурсов по категориям в промышленных компаниях

| Критерий классификации | Категория запасов                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------------------------|---------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Стоимость              | А — 80% всего оборотного капитала (дорогостоящие) |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Потери от дефицита     | АА                                                |     |     | АВ  |     |     | АС  |     |     |
| Вариативность          | AAX                                               | AAY | AAZ | ABX | ABY | ABZ | ACX | ACY | ACZ |
| Стоимость              | В                                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Потери от дефицита     | ВА                                                |     |     | ВВ  |     |     | ВС  |     |     |
| Вариативность          | BAX                                               | BAY | BAZ | BBX | BBY | BBZ | BCX | BCY | BCZ |
| Стоимость              | С — самые дешевые                                 |     |     |     |     |     |     |     |     |
| Потери от дефицита     | СА                                                |     |     | СВ  |     |     | СС  |     |     |
| Вариативность          | CAX                                               | CAY | CAZ | CBX | CBY | CBZ | CCX | CCY | CCZ |

**Таблица 2.** Расчет ставки потерь от иммобилизации оборотного капитала, на примере ПАО «ГМК «Норильский Никель», на основе данных за период 31.03.2022–31.03.2023

| Параметр                                                                                            | Обозначение            | Значение  |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|-----------|
| Средняя доходность акций компании (GMKN)                                                            | $\bar{r}_k$            | 0,0014894 |
| Среднее изменение доходности индекса РТС «Металлы и добыча»                                         | $\bar{r}_m$            | 0,0012249 |
| Ковариация изменений доходности акций компании и индекса РТС «Металлы и добыча»                     | $\text{cov}(r_k, r_m)$ | 0,0001804 |
| Дисперсия изменения доходности индекса РТС «Металлы и добыча»                                       | $\sigma_{r_m}^2$       | 0,0003236 |
| Коэффициент чувствительности доходности акций компании к изменению общей доходности фондового рынка | $\beta$                | 0,5574571 |
| Доходность по облигациям федерального займа (ОФЗ) со сроком погашения в 2041 г., %/год              | $r_a$                  | 10,7      |
| Ожидаемая доходность акций компании (GMKN), %/год                                                   | $r_k$                  | 4,8       |
| Ставка потерь от иммобилизации, %                                                                   | $i$                    | 15,5      |

Для дорогих (и наиболее критичных) позиций ресурсов с точки зрения потерь от их дефицита, коэффициент вариации которых не превышает 10% (группы AAX, ABX, BAX), рекомендуется минимизировать уровни страховых запасов в силу их точной прогнозируемости. Размеры заказов и страховой запас — минимальны (высокая скорость обращения), а уровень доступности — высокий ( $SL > 95\%$ ). Допускается дискретный контроль остатков на складе в соответствии с графиком заказов. В некоторых частных случаях подходы к управлению этими запасами возможны с применением технологии «just-in-time», особенно если их поставляют наиболее надежные контрагенты.

Для аналогичных позиций ресурсов, но с коэффициентами вариации в интервале от 10 до 25% (группы AAY, ABY, BAY) при планировании страховых запасов можно рекомендовать использовать значения стандартных отклонений расхода с заданным уровнем надежности. Как правило, это запасы сезонного потребления, характеризующиеся относительно точной прогнозируемостью с помощью экстраполяционных методов. Здесь также допускается дискретный контроль наличия остатков на складе, в соответствии с графиком заказов. Необходимо обеспечивать высокий уровень доступности ( $SL > 90\%$ ). Заказы и страховой запас средних размеров рассчитываются с использованием стандартного отклонения расхода.

И наконец, для ресурсов с коэффициентами вариации, превышающими 25% (группы AAZ, ABZ, BAZ), целесообразно использовать индивидуальные заказы на закупку, при полном отсутствии складского запаса. Также потребность можно определять с помощью корреляционно-регрессионных моделей или методом гармонического анализа. Прогнозирование в таком случае возможно и экспертными методами. Здесь уже необходим постоянный контроль складских остатков с установлением порогового уровня, высокий уровень доступности ( $SL > 85\%$ ), а заказы и страховой запас — больших размеров.

Проведя сегментацию запасов и выделив наиболее критичные категории, можно переходить к расчетам оптимальных размеров заказов на основании предложенной методики оценки потерь от иммобилизации оборотного капитала. Рассмотрим пример расчета ставки ( $i$ ) в ПАО «ГМК «Норильский Никель» на основании данных, размещенных в открытых источниках (табл. 2)<sup>4</sup>.

При расчете ставки потерь от иммобилизации использовалась статистика изменения отраслевого индекса РТС «Металлы и добыча в рублях» — ценовой взвешенный индекс по рыночной капитализации наиболее ликвидных акций российских компаний, экономическая деятельность которых относится к металлургической и горнодобывающей отрасли, рассчитываемый в настоящий момент ПАО «Московская Биржа». При этом полученное значение коэффициента ( $\beta \approx 0,557$ ) означает, что акции рассматриваемой компании меняются однонаправленно с общей динамикой рынка, но в более узком диапазоне.

Теперь рассмотрим пример влияния потерь от иммобилизации на размер заказа и график поставок. В табл. 3 представлены расчеты суммарных затрат, связанных с запасами по позиции «Зуб ковша экскаватора ЭКГ-15». Данная позиция относится к категории AAY ( $\sigma_{r_r} = 5,3$  шт.).

<sup>4</sup> На основе данных электронных ресурсов <https://www.nornickel.ru/>, <https://www.moex.com/>

**Таблица 3.** Суммарные затраты, связанные с запасами по позиции «Зуб ковша экскаватора ЭКГ-15»

| Число заказов в год | Размер заказа, шт. | Цена, тыс. руб./шт. | ТЗР*, тыс. руб. | Стоимость, тыс. руб. | Потери от иммобилизации, тыс. руб. | Потери от простоя, тыс. руб. | Суммарные затраты, тыс. руб. |
|---------------------|--------------------|---------------------|-----------------|----------------------|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 1                   | 2000               | 13,0                | 870,0           | 26 870,0             | 2002,0                             | —                            | 28 872,0                     |
| 2                   | 1000               | 13,0                | 870,0           | 26 870,0             | 1001,0                             | —                            | 27 871,0                     |
| 4                   | 500                | 13,1                | 870,0           | 27 070,0             | 504,4                              | —                            | 27 574,4                     |
| 5                   | 400                | 13,1                | 900,0           | 27 100,0             | 403,5                              | —                            | 27 503,5                     |
| 6                   | 333                | 13,1                | 900,0           | 27 100,0             | 335,9                              | —                            | 27 435,9                     |
| 7                   | 286                | 13,2                | 900,0           | 27 300,0             | 290,7                              | —                            | 27 590,7                     |
| 8                   | 250                | 13,3                | 900,0           | 27 500,0             | 256,0                              | 3700,0                       | 31 456,0                     |
| 10                  | 200                | 13,3                | 960,0           | 27 560,0             | 204,8                              | 7400,0                       | 35 164,8                     |

\* ТЗР — транспортно-заготовительные расходы.

Из данных в табл. 3 видно, что по критерию минимальных суммарных затрат оптимальный размер заказа составляет 333 шт., который необходимо разместить у поставщика шесть раз в течение года. Стратегия закупок с ориентацией только на минимальную стоимость будет связана с необходимостью формирования сверхнормативных запасов, как минимум, в три раза превышающих оптимальное значение. И это — только по одной позиции запаса.

Для проверки гипотезы исследования был оценен возможный экономический эффект от использования предлагаемой методики на примере отчетных документов ОАО «УК «Кузбассразрезуголь»». Так, по результатам расчетов, себестоимость реализованной продукции (в том числе стоимость использованных операционных ресурсов), которая в 2016 г. составила около 49,9 млрд руб., можно снизить до 47,4 млрд руб., или на 5% в относительном выражении.

Таким образом, к наиболее значимым результатам можно отнести вклад исследования в теорию и практику логистики, который заключается в разработке отраслевого подхода оценки потерь от иммобилизации оборотного капитала, учитывающего тенденции рынка, на котором осуществляет свою деятельность компания. Данный подход можно использовать в крупных промышленных компаниях при управлении наиболее дорогими запасами в номенклатуре закупаемых ресурсов. При этом использование данного подхода увязывается с категоризацией закупаемых запасов и направлено на разработку индивидуальных решений для оптимизации потребности в отдельных категориях.

Также было уточнено понятие «уровень доступности запаса» (SL) как часть комплексного показателя «уровень логистического сервиса» и предложена методика его расчета. На основании чего был предложен диверсифицированный подход к планированию потребности в страховых запасах в зависимости от стоимости и критичности материальных ресурсов по категориям, а также вариативности их потребления. Такие предложения позволяют адаптировать имеющиеся методы и модели математической статистики, которые имеют универсальный характер, без привязки к конкретной отрасли бизнеса, видам деятельности компаний и материальных ресурсов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование подтвердило гипотезу о возможности снижения текущих затрат, связанных с запасами, при корректном учете альтернативных издержек, что может привести к увеличению прибыли промышленного предприятия и усилению его конкурентных преимуществ. Предложенные в статье подходы могут стать основой для программирования в корпоративных информационных системах компаний и автоматизации процессов управления запасами и планирования потребности. Научно-практические работы в области управления запасами, на которые опиралось исследование, не уделяют достаточного внимания финансовым аспектам этой деятельности. А в работах о финансовом менеджменте изолировано рассматриваются вопросы альтернативных издержек, без оценки степени их влияния на эффективность управления материальными потоками компаний. Таким образом, предлагаемая в статье методологическая основа оценки альтернативных потерь существенно дополняет имеющиеся теоретические разработки и практику управления запасами в компаниях.



Разработанный интегрированный подход целесообразно использовать при координации закупочной и логистической деятельности, а также при их финансовом обеспечении. Особенно это касается повышения эффективности управления операционными ресурсами, важность которых в компаниях традиционно ниже, чем основного сырья и комплектующих для выпуска готовой продукции. Предполагается, что контрагенты промышленных компаний будут иметь более тесное взаимодействие с фокусной компанией, оперативно предоставляя информацию о состоянии ресурсов и снижая риск появления *эффекта хлыста*, когда изменения спроса в точке конечного потребления приводят к несоразмерным колебаниям запасов по всей цепи поставок.

Использование рассмотренного подхода может потребовать организации категорийного управления запасами, которые промышленные компании закупают для основной и вспомогательной деятельности. Категорийный менеджмент запасов будет способствовать переходу в компаниях от линейно-функциональных организационных структур управления к матричным. Это связано с тем, что комплекс операций и функций по оптимизации размеров заказов и планирования графиков поставок будет реализовываться специалистами (отделами) по управлению запасами, организационно подчиненными службам (дирекциям) логистики, что определит их координирующую роль во всем процессе.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Афанасьев А.М.** (2010). Анализ эффективности инвестиционного проекта с учётом альтернативных возможностей при случайной величине издержек и дохода // *Аудит и финансовый анализ*. № 3. С. 280–290. [Afanasyev A.M. (2010). Analysis of the effectiveness of an investment project, taking into account alternative possibilities with a random value of costs and income. *Audit and Financial Analysis*, 3, 280–290 (in Russian).]
- Батуров А.В., Дробная Е.Н.** (2019). Экономическая роль материально-производственных запасов в производственном процессе. В сб.: «*Экономический рост как основа устойчивого развития России. Сборник научных статей 4-й Всероссийской научно-практической конференции*». С. 78–83. [Baturov A.V., Fractional E.N. (2019). The economic role of inventories in the production process. In: “*Economic growth as a basis for Russia’s sustainable development*”. *Collection of scientific articles of the 4th All-Russian Scientific and Practical Conference*, 78–83 (in Russian).]
- Голов В.А., Рюмкин В.И.** (2018). Оптимизация системы управления запасами при стационарном случайном спросе. В сб.: «*Современные направления развития управления, экономики и образования. Сборник статей Международной научно-практической конференции*». С. 78–82. [Golov V.A., Ryumkin V.I. (2018). Optimization of the inventory management system for stationary random demand. In: “*Modern trends in the development of management, economics and education. Collection of articles of the International scientific-practical conference*”, 78–82 (in Russian).]
- Зайцева И.В., Малафеев О.А., Резеньков Д.Н., Рыжов А.В., Пожидаев С.В.** (2021). Экономико-математическое моделирование минимизации общих затрат в управлении запасами // *Фундаментальные исследования*. № 2. С. 18–22. [Zaitseva I.V., Malafeev O.A., Rezenkov D.N., Ryzhov A.V., Pozhidaev S.V. (2021). Economic and mathematical modeling of minimizing total costs in inventory management. *Fundamental Research*, 2, 18–22 (in Russian).]
- Ипатьева И.А., Эльяшевич И.П.** (2022). Модели и методы управления запасами скоропортящихся сырья и материалов: обзор публикаций с 2016 по 2021 г. // *Вестник Московского университета. Серия 6: Экономика*. № 3. С. 177–231. [Ipatieva I.A., Elyashevich I.P. (2022). Perishable raw materials and supplies stocks managing models and methods: Literature review from 2016 to 2021. *Moscow University Economics Bulletin*, 3, 177–231 (in Russian).]
- Керимов Х.Э.** (2019). Методика эффективного управления производственными запасами // *Дайджест-Финансы*. Т. 24. № 3 (251). С. 329–348. [Kerimov H.E. (2019). Methods of effective management of inventories. *Digest Finance*, 24, 3 (251), 329–348 (in Russian).]
- Коврик Е.В.** (2014). Логистическое управление запасами в условиях системы рисков и финансовых ограничений предприятия // *МИР (Модернизация. Инновации. Развитие)*. № 17. С. 97–100. [Kovrik E.V. (2014). Logistics inventory management in conditions of systemic risks and financial constraints of the enterprise. *MIR (Modernization. Innovations. Research)*, 17, 97–100 (in Russian).]
- Королева Т.В.** (2011). Оценка эффективности инвестиций с учетом альтернативных издержек // *Знание. Понимание. Умение*. № 4. С. 268–272. [Koroleva T.V. (2011). Evaluation of investment efficiency taking into account alternative costs. *Knowledge. Understanding. Skill*, 4, 268–272 (in Russian).]
- Лукинский В.В., Маевский А.Г.** (2017). Концепция MRP: выбор стратегии управления запасами // *Логистика*. № 1 (122). С. 48–53. [Lukinskiy V.V., Maevsky A.G. (2017). The concept of MRP: The choice of inventory management strategy. *Logistics*, 1 (122), 48–53 (in Russian).]
- Лукинский В.С., Замалетдинова Д.** (2015). Методы управления запасами: расчёт показателей запаса для товарных групп, относящихся к редким событиям // *Логистика*. № 1 (98). С. 28–33. [Lukinskiy V.S., Zamaletdinova D. (2015). Inventory management methods: Calculation of inventory indicators for commodity groups related to rare events. *Logistics*, 1 (98), 28–33 (in Russian).]

- Маркина С.А., Харина Н.Л.** (2018). Управление оборотными активами торговых организаций с использованием оптимизационных моделей в целях обеспечения экономической безопасности // *Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Экономика. Социология. Менеджмент*. Т. 8. № 4 (29). С. 223–234. [Markina S.A., Kharina N.L. (2018). Management of current assets of trade organizations using optimization models to ensure economic security. *Proceedings of the Southwest State University. Series: Economy. Sociology. Management*, 8, 4 (29), 223–234 (in Russian).]
- Мищенко А.В., Михеева Е.В.** (2019). Методы оценки эффективности управления производственно-финансовой деятельностью предприятия. Монография. М.: НИЦ ИНФРА-М. Серия «Научная мысль». [Mishchenko A.V., Mikhееva E.V. (2019). *Methods for assessing the effectiveness of managing the production and financial activities of an enterprise*. Monograph. Moscow: SRC INFRA-M. Series: “Scientific ideas” (in Russian).]
- Негомедзянов Ю.А., Негомедзянов Г.Ю.** (2021). Подход к оценке вероятностного характера спроса методом XYZ-анализа на базе теории корреляционных функций // *Менеджмент в России и за рубежом*. № 3. С. 46–51. [Negomedzyanov Yu.A., Negomedzyanov G.Yu. (2021). Going near the estimation of probabilistic character of demand of XYZ-analysis on the base of theory of cross-correlation functions. *Management in Russia and Abroad*, 3, 46–51 (in Russian).]
- Рахматуллина Ю.А., Юнусова Р.Ф., Яруллин Р.Р.** (2022). Концепция затраты-выгоды в экономической оценке эффективности инвестиций в государственные проекты // *Дискуссия: Журнал научных публикаций по экономике*. № 4 (113). С. 42–50. [Rakhmatullina Yu.A., Yunusova R.F., Yarullin R.R. (2022). The cost-benefit concept in the economic assessment of the effectiveness of investments in public projects. *Discussion: Journal of Scientific Publications on Economic*, 4 (113), 42–50 (in Russian).]
- Сёмина О.А.** (2020). Оптимизация размера запасов организации с помощью модели Уилсона // *Калужский экономический вестник*. № 3. С. 72–75. [Semina O.A. (2020). Optimizing organization stock size using the Wilson’s model. *Kaluga Economic Bulletin*, 3, 72–75 (in Russian).]
- Сторожев В.И., Болнокин В.Е., Чувилов Д.А., Нгуен Д.Ч.** (2017). Методика получения нечетко-множественных оценок для оптимизированного размера операционного заказа в мультимодальной транспортной сети // *Фундаментальные исследования*. № 5. С. 78–82. [Storozhev V.I., Bolnokin V.E., Chuvikov D.A., Nguyen D. Ch. (2017). The method of obtaining fuzzy-multiple assessments for optimized size of operational order in multimodal transport network. *Fundamental Research*, 5, 78–82 (in Russian).]
- Турченко А.А.** (2021). Явные и альтернативные издержки как инструмент для изучения возможных транзакционных издержек субъекта в рамках логистического аутсорсинга. В сборнике: «Актуальные проблемы учета, экономического анализа и финансово-хозяйственного контроля деятельности организации». Материалы VIII Международной научно-практической конференции: в 2 частях. С. 187–190. [Turchenko A.A. (2021). Explicit and opportunity costs as tools for studying possible transaction costs of a subject within the framework of logistics outsourcing. In: *Current problems of accounting, economic analysis and financial and economic control of organization’s activities*. Materials of the VIII International Scientific and Practical Conference: in 2 parts, 187–190 (in Russian).]
- Хоменко Е.Б., Михайлова М.Р.** (2022). Альтернативные издержки наших повседневных решений. В сб.: «Актуальные вопросы экономики и финансов. Сборник статей II международной научно-практической конференции». Ижевск: УдГУ. С. 636–641. [Khomenko E.B., Mikhailova M.R. (2022). The opportunity cost of our everyday decisions. In: *Actual issues of economics and finance. Collection of articles of the II International Scientific and Practical conference*. Izhevsk: Udsu, 636–641 (in Russian).]
- Царькова Е.В.** (2020). Модели управления запасами в условиях неопределенности. В сб.: «Трансформация национальной социально-экономической системы России». Материалы II Международной научно-практической конференции. Москва: Издательство: Российский государственный университет правосудия. С. 506–514. [Tsarkova E.V. (2020). Models of inventory management under uncertainty. In: *Transformation of the national socio-economic system of Russia. Materials of the II International Scientific and Practical Conference*. Moscow: Russian State University of Justice Publ. House, 506–514 (in Russian).]
- Чашина Д.А., Онохина Е.А.** (2020). Использование модели Уилсона для обеспечения конкурентоспособности предприятия // *Modern Science*. № 3–1. С. 154–162. [Chashchina D.A., Onokhina E.A. (2020). Using the Wilson model to ensure the competitiveness of an enterprise. *Modern Science*, 3–1, 154–162 (in Russian).]
- Швецов М.А.** (2015). Учет альтернативных издержек в дилерских организациях автомобильного рынка Российской Федерации // *Экономика и предпринимательство*. № 6–1 (59). С. 726–728. [Shvetsov M.A. (2015). Accounting for opportunity costs in dealer organizations of the automotive market of the Russian Federation. *Economics and Entrepreneurship*, 6–1 (59), 726–728 (in Russian).]
- Эльяшевич И.П.** (2017). Методы оценки потерь от иммобилизации оборотного капитала в запасах операционных ресурсов предприятий горнодобывающей промышленности // *Логистика и управление цепями поставок*. № 2 (79). С. 121–128. [Elyashevich I.P. (2017). The methods for estimation of losses caused by flowing capital immobilization in mining companies’ operational resources inventory. *Logistics and Supply Chain Management*, 2 (79), 121–128 (in Russian).]
- Эльяшевич И.П., Мойленко А.А., Фролова К.С.** (2014). Использование модифицированной формулы оптимального размера заказа для предприятий по производству спиртосодержащей продукции // *Логистика и управление*

- целями поставок. № 4 (63). С. 77–91. [Elyashevich I.P., Moylenko A.A., Frolova K.S. (2014). Application of modified formula of economic order quantity definition to the alcohol producers. *Logistics and Supply Chain Management*, 4 (63), 77–91 (in Russian).]
- Aktunc E.A., Basaran M., Ari G., Irican M., Gungor S. (2019). Inventory control through ABC/XYZ analysis. In: *Industrial engineering in the big data era*. Cham: Springer, 175–187.
- Alfares H.K., Ghaithan A.M. (2019). EOQ and EPQ production-inventory models with variable holding cost: State-of-the-art review. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 44 (3), 1737–1755.
- Gao X., Wang Y. (2015). Mining the short side: Institutional investors and stock market anomalies. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 419–448.
- Houston J.F., Lin C., Zhu Z. (2016). The financial implications of supply chain changes. *Management Science*, 62, 9, 2520–2542.
- Kraljic P. (1983). Purchasing must become supply management. *Harvard Business Review*, September–October, 109.
- Pandya B., Thakkar H. (2016). A review on inventory management control techniques: ABC–XYZ analysis. *REST Journal on Emerging Trends in Modelling and Manufacturing*, 2, 15.
- Peura H., Yang S.A., Lai G. (2017). Trade credit in competition: A horizontal benefit. *M&SOM*, 19, 2, 263–289.
- Scholz-Reiter B., Heger J., Meinecke C., Bergmann J. (2012). Integration of demand forecasts in ABC–XYZ analysis: Practical investigation at an industrial company. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 4, 445–451.
- Tang C.S., Yang S.A., Wu J. (2017). Sourcing from suppliers with financial constraints and performance risk. *Manufacturing & Service Operations Management*, 20 (1), 70–84.
- Vliet K. van der Reindorp M.J., Fransoo J.C. (2015). The price of reverse factoring: Financing rates vs. payment delays. *Eur. J. Oper. Res.*, 242, 3, 842–853.

## Optimization of the order size concerning losses from the immobilization of working capital in the reserves of material resources

© 2023 I. P. Elyashevich

**I. P. Elyashevich,**

*International Centre for Logistics Training, National Research University “Higher School of Economics”, Moscow, Russia; e-mail: ielyashevich@hse.ru*

Received 03.04.2023

**Abstract.** The article discusses approaches to optimizing stocks in the supply chains of large industrial companies. The relevance of this issue concerns primarily the supply of the most expensive categories of material resources, when calculating the order size it is necessary to additionally take into account losses from the immobilization of working capital (opportunity costs). In practice of home and foreign companies, modifications of the optimal order size formula are widely used, with the help of which companies achieve an economic compromise between the level of availability of stocks in the warehouse and the costs of their purchase and maintenance. At the same time, the losses from immobilization, in some cases, can significantly impact the levels of the company’s warehouse stocks (including insurance), and hence the need for logistics infrastructure facilities, such as warehouses, handling equipment etc. To date, there is no unified methodology for assessing losses from the immobilization of working capital in stocks, due to the specifics of companies’ activities in different industries and types of business. In this connection, approaches to the choice of rates for determining the amount of such losses and assessing their impact on the efficiency of companies’ activities are significantly different. Correct accounting of opportunity costs can be used in the development of diversified approaches to planning the need for warehouse stocks, which will allow, on the one hand, to satisfy the orders of internal and external customers, and on the other hand, to prevent the formation of excess stocks. Therefore, the issue of developing industry methods for an adequate assessment of financial losses when working with stocks of material resources is relevant.

**Keywords:** losses from immobilization; working capital; inventory management; order size optimization; asset turnover; opportunity cost; lost profit; logistics and supply chain management.

**JEL Classification:** C15.

For reference: Elyashevich I. P. (2023). Optimization of the order size concerning losses from the immobilization of working capital in the reserves of material resources. *Economics and Mathematical Methods*, 59, 4, 100–110. DOI: 10.31857/S042473880028219-9 (in Russian).