

3.2. МОДЕЛИ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Барыкин С.Е., д.э.н., доцент, профессор кафедры
логистики и организации перевозок;

Карпунин С.А., аспирант кафедры логистики и
организации перевозок

*Санкт-Петербургский государственный
инженерно-экономический университет*

Главной целью существования любой коммерческой организации является получение прибыли. Интеграция материальных и финансовых потоков корпорации позволяет максимизировать прибыль компании посредством оптимизации расходов и снижения издержек. Поэтому разработка интегрированных моделей управления потоками важна не только для дальнейшего развития теории логистики, но и для экономики страны в целом. В работе представлен качественно новый синтез моделей управления финансовыми и материальными потоками логистической системы. Была разработана новая классификация моделей управления потоками корпорации, а также распределение потоков корпорации при четырех шагах планирования.

ВВЕДЕНИЕ

В последнее десятилетие теория логистики претерпела существенные изменения. Вместо маркетинговой логистической концепции стала применяться концепция интегрированной логистики [5]. Ее преимущество заключается в том, что она объединяет управление материальными, финансовыми, информационными и другими потоками, что в итоге приводит к снижению затрат в логистических системах.

Предпосылками для интеграции потоков являются:

- понимание логистики как стратегического элемента в реализации и развитии конкурентных возможностей предприятий;
- глобализация экономических процессов, появление большого количества транснациональных компаний и банков;
- новейшие информационные технологии, открывающие принципиально новые возможности для взаимодействия в логистической сети и снижения затрат;
- тенденции по наиболее полной интеграции участников хозяйственных связей между собой, дальнейшему развитию логистических сетей.

При управлении потоками ресурсов компании сталкиваются с проблемой их эффективного распределения. Следует отметить, что направляя денежные средства на поддержание и обеспечение материального потока, компания отказывается от альтернативных вариантов вложения капитала. Действительно, вкладывая часть финансовых средств в запасы материальных ресурсов, компания лишается дополнительного дохода, который бы она получала, если бы инвестировала денежные средства в приносящие процент активы. Этот доход можно рассматривать как альтернативные издержки вложения денежных средств. При этом материальные запасы сопряжены с издержками хранения, так как они требуют складских и страховых платежей, а хранение денежных средств в наличной форме связано с упущенной выгодой от вложения временно свободных денежных средств в краткосрочные ценные бумаги. Поэтому, фирма всегда должна соизмерять выгоды от обладания запасами ресурсов с издержками (как альтернативными, так и прямыми) по их поддержанию.

Таким образом, интегрированный подход к управлению потоками логистической системы позволит добиться снижения издержек компании, включающих затраты на привлечение финансовых ресурсов, хранения денежных средств, транспортировки и хранения материальных запасов. Кроме того, необходимо отметить, что интегрированное управление потоками позволяет повысить эффективность деятельности компании с помощью синергетического эффекта.

1. АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЦИКЛА ТРАНЗАКЦИЙ ПОТОКОВ

Интегрированное управление потоками ресурсов в цепях поставок на практике осуществляется, в первую очередь, через управление финансовыми потоками на основе информации о материальных потоках. Речь может идти о возмещении логистических затрат и издержек, привлечении средств из источников финансирования, реализации продукции и услуг участникам логистической цепи.

В процессе интегрированного управления необходимо решить следующие задачи:

- определение потребности финансовых ресурсов, выбор источников финансирования, отслеживание процентных ставок по банковским и межбанковским кредитам, а также процентных ставок по ценным и государственным облигациям;
- построение финансовых моделей использования источников финансирования и алгоритма движения потоков денежных средств из источников финансирования;
- координация оперативного управления финансовыми и материальными потоками;
- формирование и регулирование свободных остатков на расчетных счетах с целью получения дополнительной прибыли от вложений в ценные бумаги.

Рассмотрим модели распределения потоков материальных, финансовых и информационных ресурсов с помощью определенной последовательности действий (транзакции). Допустим, что транзакции могут относиться ко всем рассматриваемым потокам: материальному (поставка товаров), финансовому (оплата) и информационному (передача информации о потребностях звена логистической системы). Финансовые транзакции относятся к финансовому потоку, материальные транзакции относятся к материальному потоку, а информационные транзакции – к информационному. Введем обозначения для количества транзакций:

ϕ – финансовая транзакция ($\phi = 1, 2, \dots, \Phi$);

m – материальная транзакция ($m = 1, 2, \dots, M$);

u – информационная транзакция ($u = 1, 2, \dots, U$).

Таким образом, учитывая сходство аналитического описания финансового, материального и информационного потоков, был разработан алгоритм расчета цикла транзакций потоков (рис. 1). Данный алгоритм предназначен для наглядного представления последовательности действий при расчете количества комбинаций транзакций потоков. Его использование позволяет с высокой степенью достоверности определить количество вариантов распределения потоков по заданным формулам, а, следовательно, выбрать наиболее подходящий цикл для использования на практике. Достоинством данного алгоритма является то, что он может применяться при любом количестве шагов планирования транзакций в микрологистических, мезологистических и макрологистических системах. Алгоритм основан на определении существования транзакций (или их отсутствия), а также количества их повторений при планировании цикла распределения потоков.

Пример 1

Рассмотрим случай распределения транзакций потоков при четырех шагах планирования. Предположим, что на каждом шаге возможна только одна транзакция (оплата – транзакция ϕ или поставка товаров – транзакция m), а всего возможны четыре транзакции.

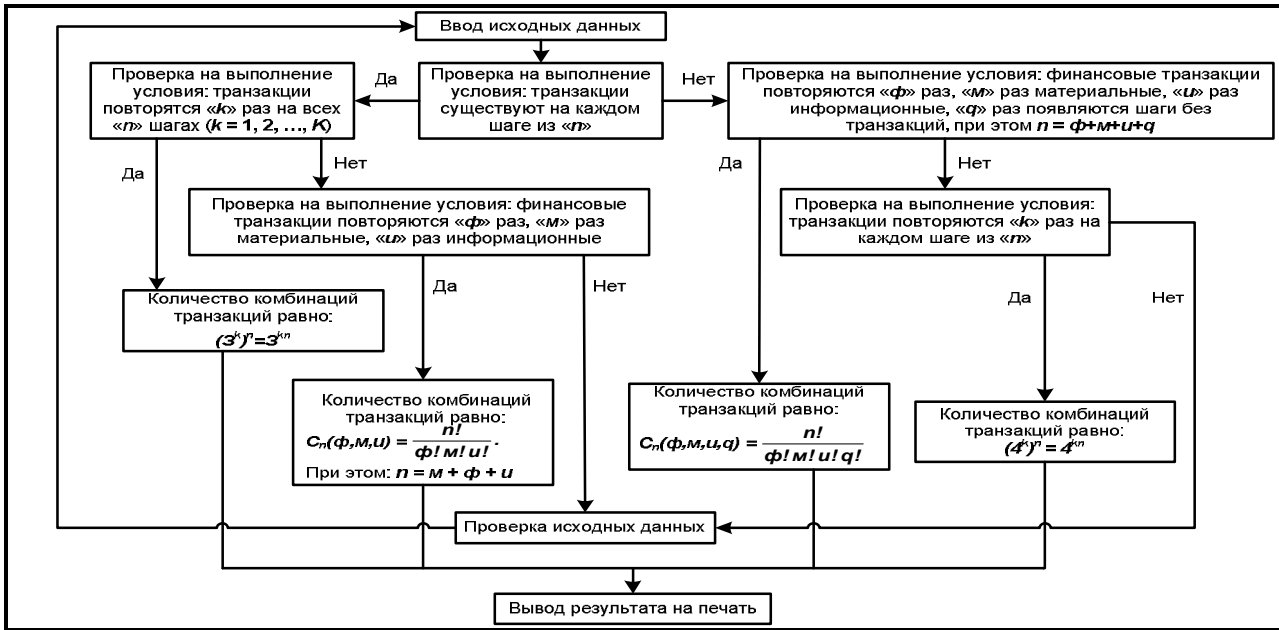


Рис. 1. Алгоритм расчета цикла транзакций потоков

Речь идет о том, что на любом шаге возможно проведение оплаты (финансовая транзакция) за полученные партии груза. При этом возможны различные ситуации, например, оплата опережает следующие за ней поставки материальных ресурсов, а возможно и, наоборот, сначала получение материальных ресурсов в течение трех шагов планирования, а затем только полученный груз оплачивается (рис. 2). Для определения количества комбинации, представленной динамики потоков, необходимо умножить число вариантов оплаты на число вариантов поставки товара:

$$n(n-1) \cdot 4 \cdot 3 \cdot 12. \tag{1}$$

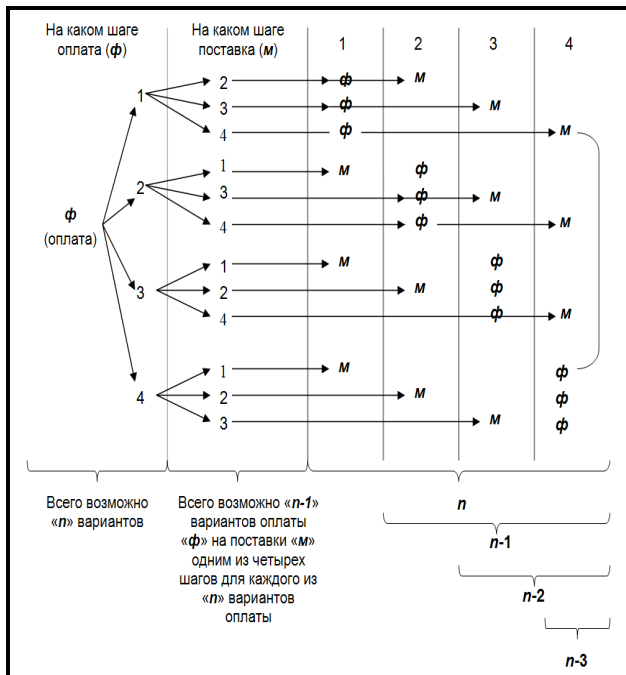


Рис. 2. Динамика финансовых и материальных потоков при планировании в четыре этапа

Далее рассмотрим все возможные ситуации и подсчитаем их общее количество.

Для определения количества комбинаций транзакций с учетом порядка их следования воспользуемся формулой размещения:

$$A_n^k = \frac{n!}{(n-k)!}. \tag{2}$$

Для ситуации с двумя видами транзакций (ф, м) получаем:

$$n(n-(k-1)) = 4(4-(2-1)) = 12. \tag{3}$$

При рассмотрении трех видов транзакций (u, ф, м) получаем:

$$n(n-1)(n-(k-1)) = 4(4-1)(4-(3-1)) = 24. \tag{4}$$

Для определения количества комбинаций транзакций без учета порядка их следования воспользуемся формулой сочетания:

$$C_n^k = \frac{n!}{(n-k)! k!}. \tag{5}$$

Для ф, м:

$$C_n^k = \frac{n(n-(k-1))}{k!} = \frac{4 \cdot 3}{2!} = 6. \tag{6}$$

Для u, ф, м:

$$C_n^k = \frac{n(n-1)(n-(k-1))}{k!} = \frac{24}{3!} = 4. \tag{7}$$

Существует также ситуация, когда транзакции повторяются на четырех этапах. Предположим, что повторяется оплата без учета размера каждой части оплаты, т.е. транзакции. Всего пусть будет две финансовых транзакции ф₁ и ф₂. Количество комбинаций четырех транзакций (u, ф₁, ф₂, м) на четырех этапах планирования с учетом порядка следования найдем по формуле:

$$P! = n! = 4! = 24. \tag{8}$$

В случае, если транзакции повторяются на четырех этапах, но ф₁ = ф₂, получаем цикл из четырех элементов (рис. 3).

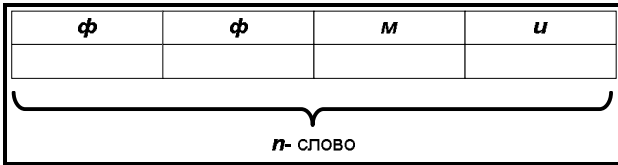


Рис. 3. Цикл из четырех элементов при $\phi_1 = \phi_2$

Для этого воспользуемся формулой (где k_1, k_2, k_3 соответственно $\phi, м, u$):

$$C_n(k_1, k_2, k_3) = \frac{n!}{\phi!m!u!} \quad (9)$$

Количество комбинаций четырех транзакций на четырех этапах планирования без учета порядка следования ϕ (платежей) будет равно:

$$C_4(2, 1, 1) = \frac{4!}{2!} = 12 \quad (10)$$

В случае если транзакции появляются одновременно на любом этапе три раза и могут повторяться, получаем цикл, как показано на рис. 4.

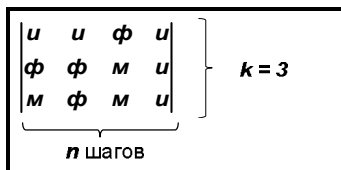


Рис. 4. Цикл из четырех элементов при одновременном появлении на любом шаге три раза и возможности повторения

В общем случае количество комбинаций будет определяться по формуле:

$$3^3 \cdot 3^3 \cdot 3^3 \dots 3^3 = 3^n \quad (11)$$

При четырех этапах планирования получаем:

$$(3^3)^4 = 3^{12} \quad (12)$$

Если транзакции повторяются любое число раз в периоде планирования, то количество комбинаций определяем по формуле (рис. 5, 6):

$$N(\{u, \phi, m\}^k) = k^n = 81 \quad (13)$$

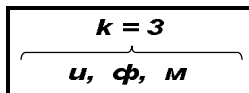


Рис. 5. Транзакции, составляющие переменную k

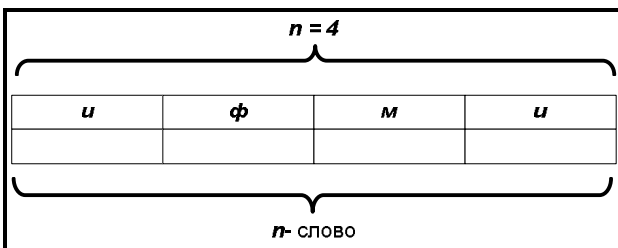


Рис. 6. Цикл из четырех транзакций

Если в вышеизложенной ситуации увеличить количество транзакций до шести (рис. 7), две из которых отсутствуют (равны нулю), то количество комбинаций данной ситуации будет равно:

$$3^4 * C_6(4, 1) = 81 * 15 = 1215 \quad (14)$$

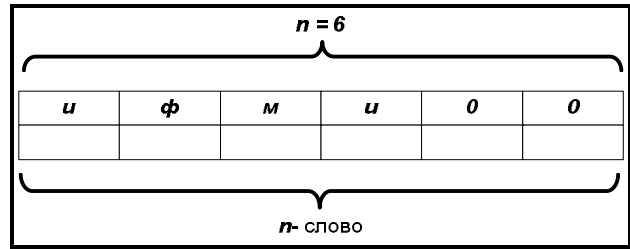


Рис. 7. Цикл из шести транзакций

В ситуации, когда транзакции появляются одновременно, но не повторяются на любом одном шаге из n (рис. 8), количество комбинаций находим по следующей формуле:

$$(2^3)^n = 2^{12} = 4096 \quad (15)$$

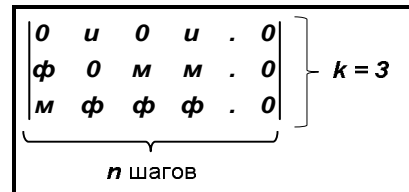


Рис. 8. Одновременное появление транзакций, без повторения на любом одном шаге из n

В этом случае каждая транзакция либо появляется один раз на любом шаге, либо не появляется на этом шаге.

Количество комбинаций в ситуации, когда транзакции появляются и исчезают, повторяясь (рис. 9), рассчитывается аналогично:

$$(4^3)^n = 4^{12} = 2^{24} = 16777216 \quad (16)$$

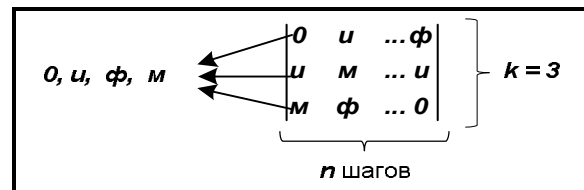


Рис. 9. Транзакции появляются и исчезают, повторяясь

На любом шаге возможно появление любой транзакции на более трех раз ($k = 3$), а также вероятно, что не появится ни одна транзакция.

Рассмотрим ситуацию, когда транзакции повторяются, но появляются не на каждом шаге. Есть шаги планирования, на которых не производится ни одной транзакции, т.е. нет ни оплаты, ни получения материальных ресурсов (рис. 10). В этом случае количество комбинаций транзакций будет равно:

$$C_6(1, 2, 1, 2) = \frac{6!}{2!2!} \cdot \frac{6!}{4} = 180 \quad (17)$$

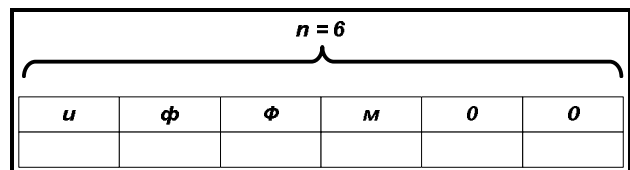


Рис. 10. Транзакции повторяются, но появляются не на каждом шаге

В случае появления только двух видов транзакций из трех на двух этапах планирования без учета порядка их следования, количество комбинаций транзакций будет равно:

$$f_3^2 = C_{2+2-1}^{3-1} = \frac{3!}{(3-2)!2!} = \frac{5 \cdot 4}{2} = 10. \quad (18)$$

В общем виде формула будет выглядеть следующим образом:

$$f_n^m = C_{n+m-1}^{n-1}. \quad (19)$$

Возможен вариант повторения двух видов транзакций, при отсутствии третьего на двух этапах планирования. Например, существуют три финансовых и четыре информационных транзакции при отсутствии материальной без учета размера каждой из них (рис. 11).

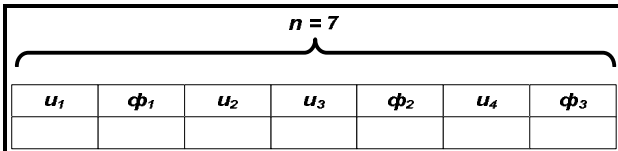


Рис. 11. Цикл из семи транзакций

В данной ситуации количество комбинаций транзакций будет равно:

$$f_7^2 = C_{7+2-1}^{7-1} = C_8^6 = \frac{8!}{2!6!} = \frac{7 \cdot 8}{2} = 28. \quad (20)$$

Если появляются все три вида транзакций (по две финансовых и информационных и три материальных) на двух этапах планирования без учета порядка их следования, то количество комбинаций транзакций рассчитывается аналогично:

$$f_7^2 = C_{7+2-1}^{7-1} = C_8^6 = \frac{8!}{2!6!} = \frac{7 \cdot 8}{2} = 28. \quad (21)$$

На основе проведенных расчетов можно сделать вывод о том, что даже при рассмотрении четырех этапов планирования распределения потоков корпорации существуют большое количество комбинаций транзакций. Значит, выбор наиболее оптимальной комбинации представляет собой достаточно сложную задачу.

Процесс управления потоками ресурсов корпорации включает в себя не только расчет числа транзакций, но и формирование объединенной модели управления потоками материальных и финансовых ресурсов.

2. МЕСТО МОДЕЛЕЙ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКАМИ РЕСУРСОВ

В результате проведенного анализа существующих моделей управления денежным запасом и моделей определения оптимального размера заказа в цепях поставок можно прийти к выводу об их некотором сходстве. К первой группе относятся модели раздельного управления потоками. В эту группу входят модели управления свободным запасом денежных средств и модели расчета размера заказа в цепях поставок. Подробно эти модели рассмотрены в [1].

Модели расчета параметров многопродуктовых поставок с учетом привлеченных ресурсов рассмотрены такими российскими учеными, как проф. Бродецкий. В работе [3] приводятся модификации модели с учетом

временной стоимости денег (по схеме простых процентов) и без учета данного показателя.

В модели с учетом временной стоимости денег на величину оптимального размера заказа влияют величина отношения заемных средств к собственным (величина финансового рычага), значение средней заемной ставки процента и величина соответствующей ставки наращивания. Оптимальный размер заказа в данной модели основан на максимизации интенсивности потока доходов на используемые собственные средства.

Модель без учета временной стоимости денег основана на анализе рентабельности собственных средств предприятия с помощью эффекта финансового рычага. Таким образом, максимизация данного показателя в рассматриваемой модификации модели и определяет оптимальное решение при выборе размера партии заказа.

Особого внимания заслуживает предложенный автором подход для синтеза моделей управления запасами в соответствии с выбором критерия оптимизации работы логистической системы (минимизация суммарных годовых затрат, максимизация показателя экономической рентабельности системы, максимизация суммарного чистого приведенного дохода, максимизация интенсивности потока доходов и т.д.).

Различные модификации классической формулы расчета оптимального размера заказа (формулы Уилсона) с учетом современных тенденций в экономике были рассмотрены профессором А.Н. Стерлиговой. В работе [7] приводится подробное описание следующих моделей:

- модель с учетом потерь от замороженного капитала;
- модель с постепенным пополнением;
- модель с учетом потерь от дефицита;
- модель с учетом потерь от дефицита при постепенном пополнении;
- модель работы с многономенклатурным заказом;
- модель с учетом оптовых скидок;
- модель с учетом налога на добавленную стоимость;
- модель с учетом затрат на содержание запаса на единицу площади склада.

Автор указывает на возможность вывода формулы оптимального размера заказа с учетом конкретной практической ситуации при помощи функции общих затрат. Это необходимо для более полного учета факторов внешней и внутренней среды организации так, как классическая формула Уилсона имеет целый ряд существенных допущений. В результате чего рассчитанный оптимальный размер заказа может существенно отличаться от реально используемых в работе организации.

Необходимо также отметить, что термин «запас», а соответственно и управление запасами, рассматривается автором только по отношению к материальному потоку и не распространяется на финансовый и информационные потоки.

В свою очередь профессор Н.К. Моисеева в своей работе [6] подробно рассматривает движение финансовых потоков во взаимосвязи с материальными потоками логистической системы. Поточковый подход открывает новые возможности в логистическом управлении ресурсами.

Одной из важнейших задач логистики является необходимость оптимизировать общие затраты в процессе продвижения материальных ресурсов, существенную часть которых составляют транзакционные издержки. Этот вид издержек имеет особое значение так, как в логистических системах присутствуют разнообразные материальные, финансовые и информационные потоки.

Автор рассматривает различные виды данных издержек, а также приводит их подробное описание.

Критерием оптимизации в логистике выступает минимум совокупных затрат при заданных значениях других ключевых факторов. Примером использования данного подхода служит модель определения оптимального размера партии заказа. Оптимальный размер партии определяется исходя из компромисса между расходами на транспортировку и издержками на хранение запасов.

Модели управления свободным запасом денежных средств можно условно подразделить на модели без учета финансовых инвестиций и модели, учитывающие такую возможность. В свою очередь модели без учета возможности финансовых инвестиций подразделяются на два типа моделей:

- без привлечения ресурсов;
- с учетом кредитования.

Модели Баумоля-Тобина, Миллера-Орра, Стоуна и модель для переходной экономики не допускают появление задолженности перед поставщиками, т.е. предполагается, что корпорация пополняет запас денежных средств (например, за счет продажи ценных бумаг) при его исчерпании или приближении к минимальному установленному уровню. Таким образом, вышеперечисленные модели не используют дополнительных ресурсов при управлении свободным денежным запасом.

Модели накопления задолженности, кредитной линии, привлечения заемных средств из различных источников финансирования разработаны с учетом возможности отсрочки платежа контрагентом корпорации за поставленные материальные ресурсы (при этом необходимо учитывать проценты, начисляемые на сумму отсроченного платежа). Вторая модель использует привлечение заемных средств для пополнения денежного запаса. Третья модель позволяет учитывать различия в ставках по кредитам, привлекаемым из нескольких кредитных организаций и, таким образом, оптимизировать издержки на привлечение заемных средств.

Модели управления свободным запасом денежных средств с учетом финансовых инвестиций можно подразделить на модели:

- при мгновенном поступлении денежных средств;
- при равномерном поступлении денежных средств.

К первому типу можно отнести модель расчета денежного запаса с возможностью нескольких финансовых инвестиций, модель запаса денежных средств с учетом кредитования и различных финансовых инвестиций, модель кредитования и финансовых инвестиций при ограничении на размер процентных платежей. Данные модели основываются на предположении о мгновенном поступлении денежных средств на расчетный счет корпорации.

В настоящее время российскими учеными разработаны модели постепенного поступления денежных средств, которые учитывают, что требуется определенное время для пополнения остатка денежных средств корпорации. Модель с учетом кредитования и модель без привлечения ресурсов при равномерном поступлении денежных средств с учетом различных финансовых инвестиций относятся ко второму типу моделей.

К моделям расчета размера заказа в цепях поставок относятся модель с использованием кредитных ресурсов и модель без привлечения заемных средств. Первая модель получила большее распространение так,

как часто компания не обладает достаточным объемом свободных денежных средств и вынуждена привлекать заемные средства для закупки необходимых материальных ресурсов.

Ко второй группе относятся модели интегрированного управления потоками. Вторая группа состоит из моделей управления потоками с учетом привлечения заемных средств и моделей без использования кредитов. Обе эти группы моделей подразделяются на многопродуктовые и однопродуктовые модели. Данные модели объединяют в себе модели управления денежным запасом и модели определения оптимального размера заказа в цепях поставок. Поэтому они позволяют рассчитать оптимальный размер заказа и оптимальный остаток денежных средств, а также минимизировать издержки корпорации, связанные с затратами на:

- выполнение заказов;
- хранение запаса на складе;
- привлечение денежных средств;
- хранение денежного запаса.

Модели интегрированного управления потоками принципиально отличаются от своих предшественниц – моделей раздельного управления потоками. В последних размер капитала, выделяемого на приобретение запасов является ограничением, а в моделях интегрированного управления материальные ресурсы приобретаются за счет выделяемого на эти цели денежного запаса, который является искомой переменной в интегрированных моделях. Переходным в направлении к интегрированному управлению является тип модели расчета многопродуктовых поставок с учетом альтернативных издержек вложения капитала и ограничения величины денежных средств на приобретение запасов, подробно рассмотренной в [1].

В соответствии с переходной моделью вначале рассчитываются оптимальные партии поставок S_{oi} по каждому i -му виду продукции ($i = 1, 2, \dots, N$) по формуле [4, с. 9-14]:

$$S_{oi} = \sqrt{\frac{2A_i C_{oi}}{C_{ni} f}}, \quad (22)$$

где

C_{ni} – цена единицы продукции, хранимой на складе, руб;

C_{oi} – затраты на выполнение одного заказа, руб;

f – доля от цены C_{ni} , приходящейся на затраты по хранению, руб;

A_i – потребность в запасах в течение рассматриваемого периода.

Затем затраты, связанные с закупкой запасов, сравниваются с капиталом, выделенным на приобретение запасов. Размер выделенного капитала C ограничен:

$$k \sum_{i=1}^N S_{oi} C_{ni} \leq C, \quad (23)$$

где k – коэффициент, введенный для учета неодновременности поступления i -х видов продукции и удовлетворяющий условию: $0 < k \leq 1$.

Если неравенство (23) соблюдается, то оптимальные партии поставок рассчитываются по формуле (22).

В случае невыполнения условия (23) для расчета оптимального размера поставки применяется метод множителей Лагранжа.

В моделях управления ресурсами, которые рассмотрены ниже, величину выделяемых денежных средств, следует определить также, как и размер заказа в многопродуктовой модели.

3. МОДЕЛЬ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ И МАТЕРИАЛЬНЫМИ ПОТОКАМИ В ЦЕПЯХ МНОГОПРОДУКТОВЫХ ПОСТАВОК

Модель интегрированного управления потоками отличается от существующих моделей отдельного управления материальными и финансовыми ресурсами, в первую очередь, целевой функцией издержек. Полные издержки компании включают не только затраты на выполнение заказов и затраты на хранение запаса на складе F_1 , но также издержки, связанные с привлечением денежных средств и хранением денежного запаса F_2 [2]:

$$F = F_1 + F_2. \tag{24}$$

Минимизация издержек (24) позволит одновременно определить оптимальный размер заказа в цепях поставок и оптимальный запас денежных средств корпорации C .

При этом:

$$F_1 = \sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i C_{oi}}{S_i} + \frac{S_i C_{ni} f}{2} \right), \tag{25}$$

$$F_2 = \frac{TC}{2} \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j + \frac{P}{C} \sum_{j=1}^m b_{fj} + P \sum_{j=1}^m b_{vj} I_j, \tag{26}$$

где S_i – оптимальные партии поставок по каждому i -му виду продукции, ед.;

C – денежный запас корпорации, руб.;

E_{oj} – доходность от вложения капитала, от которой придется отказаться, направив денежные средства на приобретение запасов, %;

T – срок финансового вложения в годах;

I_j – доля (в процентах от C), отражающая объем средств, которые могут быть выделены на конкретное финансовое вложение, в долях единицы;

b_{fj} – постоянная часть затрат на совершение сделок по продаже ценных бумаг, руб. за сделку;

b_{vj} – переменная часть затрат на совершение сделок по продаже ценных бумаг, руб. за сделку;

P – объем сделок корпорации с ценными бумагами, руб.

Ограничение в модели на размер капитала, направляемого на приобретение материальных запасов:

$$k \sum_{i=1}^N S_{oi} C_{ni} \leq C. \tag{27}$$

Тогда, исходное выражение (24) запишем в виде:

$$F = \sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i C_{oi}}{S_i} + \frac{S_i C_{ni} f}{2} \right) + z \left(C - k \sum_{i=1}^N S_i C_{ni} \right) + \frac{TC}{2} \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j + \frac{P}{C} \sum_{j=1}^m b_{fj} + P \sum_{j=1}^m b_{vj} I_j \rightarrow \min, \tag{28}$$

где z – неопределенный множитель Лагранжа.

Учитывая, что P подразумевает денежные средства, получаемые компанией от продажи ценных бумаг, для их использования на приобретение материальных ресурсов, заменим P на объем средств, необходимый для удовлетворения потребности в запасах в течение периода T :

$$P = \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} \tag{29}$$

Тогда целевая функция примет вид:

$$F = \sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i C_{oi}}{S_i} + \frac{S_i C_{ni} f}{2} \right) + z \left(C - k \sum_{i=1}^N S_i C_{ni} \right) + \frac{TC}{2} \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j + \frac{\sum_{j=1}^m b_{fj} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni}}{C} + \sum_{j=1}^m b_{vj} I_j \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} \rightarrow \min, \tag{30}$$

Оптимальные значения S_i рассчитываются как решения системы, включающей N уравнений:

$$\frac{\partial F}{\partial S_i} = 0,$$

уравнение:

$$\frac{\partial F}{\partial C} = 0,$$

а также уравнение:

$$\frac{\partial F}{\partial z} = 0.$$

Дифференцируя (30) последовательно по S_i , C и z , запишем систему уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} -\frac{A_i C_{oi}}{S_i^2} + \frac{C_{ni} f}{2} - z k C_{ni} &= 0, \text{ (для } i=1); \\ -\frac{A_2 C_{o2}}{S_2^2} + \frac{C_{n2} f}{2} - z k C_{n2} &= 0, \text{ (для } i=2); \\ \dots \\ -\frac{A_i C_{oi}}{S_i^2} + \frac{C_{ni} f}{2} - z k C_{ni} &= 0, \text{ (для } i=N); \\ \dots \\ -\frac{A_N C_{oN}}{S_N^2} + \frac{C_{nN} f}{2} - z k C_{nN} &= 0; \end{aligned} \right. \tag{31}$$

$$\left\{ \begin{aligned} z + \frac{T}{2} \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j - \frac{\sum_{j=1}^m b_{fj} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni}}{C^2} &= 0; \end{aligned} \right. \tag{32}$$

$$\left\{ \begin{aligned} C - k \sum_{i=1}^N S_i C_{ni} &= 0. \end{aligned} \right. \tag{33}$$

Решая (31), получаем формулу расчета партии поставок:

$$S_i = \sqrt{\frac{A_i C_{oi}}{C_{ni} \left(\frac{f}{2} - z k \right)}}. \tag{34}$$

Подставив (34) в (33) получим:

$$C = k \sum_{i=1}^N \frac{A_i C_{oi} C_{ni}}{\sqrt{\frac{f}{2} - z k}}. \tag{35}$$

Из (32) получим:

$$z = \frac{\sum_{j=1}^m b_{fj} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni}}{C^2} - \frac{T}{2} \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j. \tag{36}$$

Подставив в уравнение (35) значение z из уравнения (36) и, выполнив необходимые преобразования, получим формулу (37) для расчета денежного запаса с учетом оптимального размера заказа в цепях поставок:

$$C = \sqrt{\frac{2 \sum_{j=1}^m b_{ij} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} + 2k \left(\sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}} \right)^2}{\frac{f}{k} + T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j}} \quad (37)$$

Выведем формулу для расчета размера оптимальной партии поставок. Для этого в уравнение (34) подставим z из уравнения (36) и, выполнив необходимые преобразования, получаем формулу (38) для расчета оптимального размера партии поставок с учетом возможности управления денежным запасом корпорации.

$$S_i = \sqrt{\frac{A_i C_{oi} \left(2 \sum_{j=1}^m b_{ij} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} + 2k \left(\sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}} \right)^2 \right)}{k^2 C_{ni} \left(\frac{f}{k} + T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j \right) \left(\sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}} \right)^2}} \quad (38)$$

Пример 2

Рассчитаем оптимальные партии многопродуктовых поставок при условии, что компания имеет возможность вложить денежные средства в ценные бумаги сроком на 90 дней. Исходные данные, характеризующие поставки трех видов продукции представлены в табл. 1.

Таблица 1

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ ПРИ НЕЗАВИСИМЫХ ОДНОПРОДУКТОВЫХ ПОСТАВКАХ

Параметры	Вид продукции		
	1	2	3
Потребность в заказываемом продукте A_i , ед.	24 000	4 000	10 000
Цена единицы продукции C_{ni} , тыс. руб.	8	3,5	2
Затраты на хранение $C_{ni} f$ при $f = 0,2$, тыс. руб.	1,6	0,7	0,4
Затраты на выполнение одного заказа C_{oi} , тыс. руб.	16	16	16
Размер партии заказа при независимых однопродуктовых поставках S_{oi} , тыс. руб.	693	428	894
Затраты на закупку запасов $S_{oi} C_{ni}$ с учетом $k = 0,5$, тыс. руб.	2 771	748	894

Кроме того, компания может приобрести ценные бумаги различной доходности (% в год):

- $E_{\partial 1} = 24\%$;
- $E_{\partial 2} = 16\%$;
- $E_{\partial 3} = 10\%$.

Доли (в процентах от C), отражающие объем средств, которые могут быть выделены на конкретное финансовое вложение, т.е. для I_j в долях единицы:

- $I_1 = 20\%$;
- $I_2 = 35\%$;
- $I_3 = 45\%$.

При этом постоянная часть затрат на совершение сделок по продаже ценных бумаг, т.е. b_{ij} (тыс. руб. / операция):

- $b_{i1} = 2$;
- $b_{i2} = 3$;
- $b_{i3} = 4$.

Суммарные затраты на приобретение запасов составили 4 414 тыс. руб. при $k = 0,5$ (последняя строка табл. 1).

Проведя расчеты по формуле (38), получаем оптимальные партии многопродуктовых поставок S_{oi} , составляющие (ед.):

- $S_{o1} = 818$;
- $S_{o2} = 505$;
- $S_{o3} = 1 056$.

Общая величина затрат на закупку запасов составляет 5 211 тыс. руб. В течение периода T необходимо пополнять денежный запас 43,4 раза.

Сформированная модель интегрированного управления финансовыми и материальными потоками в цепях многопродуктовых поставок позволяет учитывать альтернативную стоимость вложения капитала. Использование данной модели позволяет найти оптимальное сочетание запаса материальных ресурсов и запаса денежных средств, необходимых для эффективного функционирования корпорации с минимальными издержками при осуществлении логистических процессов.

4. МОДЕЛЬ ИНТЕГРИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЦЕПЯМИ МНОГОПРОДУКТОВЫХ ПОСТАВОК С УЧЕТОМ ПРИВЛЕЧЕНИЯ КРЕДИТНЫХ РЕСУРСОВ

Рассмотрим синтез моделей управления денежными запасами и материальными ресурсами, по-другому сформулировав второе слагаемое F_2 целевой функции F , связанное с привлечением денежных средств и хранением денежного запаса C :

$$F_2 = \frac{TC^2 \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j}{2M} + \frac{\sum_{j=1}^m b_{ij} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni}}{M} + \frac{\sum_{j=1}^m b_{vj} I_j \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} + \frac{T_{кр} E_{кр} (M - C)^2}{2M}}{2M} \quad (39)$$

где

M – сумма денежного запаса корпорации C и привлеченных кредитных ресурсов, руб.;

$E_{кр}$ – ставка, по которой начисляются проценты за полученный кредит, % в день в долях единицы;

$T_{кр}$ – срок, на который компания привлекает кредитные ресурсы, лет.

Ограничение в модели на размер капитала, направляемого на приобретение материальных запасов:

$$k \sum_{i=1}^N S_{oi} C_{ni} \leq M \quad (40)$$

Тогда целевую функцию новой интегрированной модели запишем в следующем виде:

$$F = \sum_{i=1}^N \left(\frac{A_i C_{oi}}{S_i} + \frac{S_i C_{ni} f}{2} \right) + z \left(M - k \sum_{i=1}^N S_i C_{ni} \right) + \frac{TC^2 \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j}{2M} + \frac{\sum_{j=1}^m b_{ij} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni}}{M} + \frac{\sum_{j=1}^m b_{vj} I_j \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} + \frac{T_{кр} E_{кр} (M - C)^2}{2M}}{2M} \rightarrow \min, \quad (41)$$

Оптимальные значения S_i рассчитываются как решения системы, включающей N уравнений:

$$\frac{\partial F}{\partial S_i} = 0,$$

уравнение:

$$\frac{\partial F}{\partial C} = 0,$$

уравнение:

$$\frac{\partial F}{\partial M} = 0,$$

а также уравнение:

$$\frac{\partial F}{\partial z} = 0.$$

Дифференцируя (41) последовательно по S_i , C , M и z , запишем систему уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} -\frac{A_i C_{oi}}{S_i^2} + \frac{C_{ni} f}{2} - z k C_{ni} &= 0, \text{ (для } i=1); \\ -\frac{A_2 C_{o2}}{S_2^2} + \frac{C_{n2} f}{2} - z k C_{n2} &= 0, \text{ (для } i=2); \\ \dots \\ -\frac{A_i C_{oi}}{S_i^2} + \frac{C_{ni} f}{2} - z k C_{ni} &= 0, \text{ (для } i=N); \\ \dots \end{aligned} \right. \quad (42)$$

$$\left\{ \begin{aligned} -\frac{A_N C_{oN}}{S_N^2} + \frac{C_{nN} f}{2} - z k C_{nN} &= 0; \\ \frac{2TC \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j}{2M} - \frac{2T_{кр} E_{кр} M}{2M} + \frac{2T_{кр} C E_{кр}}{2M} &= 0; \end{aligned} \right. \quad (43)$$

$$z - \frac{TC^2 \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j}{2M^2} - \frac{\sum_{j=1}^m b_{fj} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni}}{M^2} + \quad (44)$$

$$\left\{ \begin{aligned} + \frac{T_{кр} E_{кр}}{2} - \frac{T_{кр} C^2 E_{кр}}{2M^2} &= 0, \\ M - k \sum_{i=1}^N S_i C_{ni} &= 0. \end{aligned} \right. \quad (45)$$

Решая (42), получаем формулу расчета партии поставок:

$$S_i = \sqrt{\frac{A_i C_{oi}}{C_{ni} \left(\frac{f}{2} - z k \right)}}. \quad (46)$$

Подставив (46) в (45) получим:

$$M = \frac{k \sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}}}{\sqrt{\frac{f}{2} - z k}}. \quad (47)$$

На следующем этапе необходимо подставить формулу (47) в формулу (43), а затем выразить из полученного уравнения C :

$$C = \frac{T_{кр} E_{кр} k \sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}}}{\left(T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j + T_{кр} E_{кр} \right) \sqrt{\frac{f}{2} - z k}}. \quad (48)$$

Подставим в уравнение (44) значение M из уравнения (47) и значение C из уравнения (48). Выполнив необходимые преобразования, получим, что:

$$z = \frac{f \sum_{j=1}^m b_{fj} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} \left(T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j + T_{кр} E_{кр} \right)}{2k \left(k \left(\sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}} \right)^2 + \sum_{j=1}^m b_{fj} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} \right) \left(T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j + T_{кр} E_{кр} \right)} - \frac{k^2 T_{кр} E_{кр} T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j \left(\sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}} \right)^2}{2k \left(k \left(\sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}} \right)^2 + \sum_{j=1}^m b_{fj} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} \right) \left(T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j + T_{кр} E_{кр} \right)}. \quad (49)$$

Подставим, в уравнение (48) значение z из уравнения (49) и, выполнив необходимые преобразования, получим формулу (50) для расчета оптимального денежного запаса с учетом оптимизации размера заказа в цепях поставок:

$$C = \frac{\sqrt{T_{кр} E_{кр}}}{\sqrt{T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j + T_{кр} E_{кр}}} * \sqrt{\frac{2 \sum_{j=1}^m b_{fj} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} + 2k \left(\sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}} \right)^2}{\frac{f T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j}{k T_{кр} E_{кр}} + \frac{f}{k} + T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j}}}. \quad (50)$$

Для расчета привлекаемых кредитных ресурсов в модели интегрированного управления цепями многопродуктовых поставок используем формулу (51).

$$M = \frac{\sqrt{T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j + T_{кр} E_{кр}}}{\sqrt{T_{кр} E_{кр}}} * \sqrt{\frac{2 \sum_{j=1}^m b_{fj} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} + 2k \left(\sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}} \right)^2}{\frac{f T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j}{k T_{кр} E_{кр}} + \frac{f}{k} + T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j}}}. \quad (51)$$

Выведем формулу для расчета оптимального размера партии поставок с учетом возможности управления денежным запасом корпорации и привлечения кредитных ресурсов. Для этого в уравнение (46) подставим z из уравнения (49) и, выполнив необходимые преобразования, получим формулу (52):

$$S_i = \frac{\sqrt{A_i C_{oi}}}{k \sqrt{C_{ni} \sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}}}} * \sqrt{\frac{\left(2 \sum_{j=1}^m b_{fj} \sum_{i=1}^N A_i C_{ni} + 2k \left(\sum_{i=1}^N \sqrt{A_i C_{oi} C_{ni}} \right)^2 \right) \left(T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j + T_{кр} E_{кр} \right)}{\frac{f T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j}{k} + T_{кр} E_{кр} \left(\frac{f}{k} + T \sum_{j=1}^m E_{oj} I_j \right)}}}. \quad (52)$$

Пример 3

Рассчитаем оптимальные партии многопродуктовых поставок при условии, что компания имеет возмож-

ность получить кредит на приобретение материальных ресурсов сроком на 90 дней $T_{кр}$ по ставке 18% годовых. Исходные данные, характеризующие поставки трех видов продукции представлены в табл. 1.

Кроме того, компания может приобрести ценные бумаги различной доходности на срок 90 дней (T , % в год):

$$E_{\partial 1} = 24\%;$$

$$E_{\partial 2} = 16\%;$$

$$E_{\partial 3} = 10\%.$$

Доли (в процентах от C), отражающие объем средств, которые могут быть выделены на конкретное финансовое вложение, т.е. для I_i в долях единицы:

$$I_1 = 20\%;$$

$$I_2 = 35\%;$$

$$I_3 = 45\%.$$

При этом постоянная часть затрат на совершение сделок по продаже ценных бумаг, т.е. b_{rj} (тыс. руб./операция):

$$b_{r1} = 2;$$

$$b_{r2} = 3;$$

$$b_{r3} = 4.$$

Суммарные затраты на приобретение запасов составили 4 414 тыс. руб. при $k = 0,5$ (последняя строка табл. 1).

Проведя расчеты по формуле (52), получаем оптимальные партии многопродуктовых поставок S_{oi} , составляющие (ед.):

$$S_{o1} = 834;$$

$$S_{o2} = 515;$$

$$S_{o3} = 1\ 077.$$

Объем финансовых ресурсов, который компания планирует привлечь на приобретение запасов, достигает 2 406 тыс. руб. Общая величина затрат на закупку запасов составляет 5 314 тыс. руб. В течение периода T необходимо пополнять денежный запас 77,7 раза.

Разработанная модель представляет большой практический интерес. Данная модель учитывает возможность привлечения заемных средств при определении оптимального денежного запаса с учетом оптимального размера заказа в цепях многопродуктовых поставок. Следует отметить, что, дальнейший прогресс теории логистики требует развития и практического внедрения интегрированных моделей управления финансовыми и материальными потоками.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные исследования позволили сделать вывод о необходимости дальнейшей интеграции потоков в логистических системах. Синтез моделей позволит упростить применение моделей и методов теории логистики, а также повысит их практическую значимость. Интеграция моделей управления денежными запасами и материальными ресурсами позволит минимизировать издержки корпорации, связанные с привлечением и хранением денежных средств, а также определением оптимального размера заказа в цепях поставок. Разработанные интегрированные модели управления потоками в цепях поставок основаны на сходстве аналитического описания финансового и материального потоков.

Рассмотренный в статье подход направлен на поиск компромисса между существующей потребностью корпорации в денежных средствах, направляемых на приобретение материальных ресурсов, и возможностью использования краткосрочных финансовых вложений для снижения издержек на хранение капитала.

Таким образом, интегрированный подход хотя и требует затрат на сбор информации и принятие управленческих решений, но окупается снижением расходов на организацию взаимодействия потоков ресурсов.

Литература

1. Барыкин С.Е. Логистическая система управления финансами корпоративных структур [Текст] / С.Е. Барыкин. – М.: ИНФРА-М, 2010. – 173 с.
2. Барыкин С.Е. Модели взаимодействия потоков микрологистической системы [Текст] / С.Е. Барыкин, С.А. Карпунин // Аудит и финансовый анализ. – 2010. – №6.
3. Бродецкий Г.Л. Управление запасами [Текст]: учеб. пособие / Г.Л. Бродецкий. – М.: Эксмо, 2008. – 352 с. (Полный курс MBA).
4. Лукинский В.В. Управление запасами в цепях поставок: оптимальный размер заказа [Текст]: монография / В.В. Лукинский. – Ставрополь: ГОУ ВПО «СевКавГТУ», 2007. – 124 с.
5. Модели и методы теории логистики [Текст]: учеб. пособие / под ред. В.С. Лукинского. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 448 с.: ил. (Учебное пособие).
6. Моисеева Н.К. Экономические основы логистики [Текст]: учеб. / Н.К. Моисеева. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 528 с. (Высшее образование).
7. Стерлигова А.Н. Управление запасами в цепях поставок [Текст]: учеб. – М.: ИНФРА-М, 2008. – 430 с. (Высшее образование).

Ключевые слова

Финансовый поток; материальный поток; инвестиции; финансовый менеджмент; финансовая логистика; управление потоками; синтез моделей; логистическая система.

Барыкин Сергей Евгеньевич

Карпунин Сергей Александрович

РЕЦЕНЗИЯ

Статья аспиранта Карпунина Сергея Александровича и доктора экономических наук, доцента Барыкина Сергея Евгеньевича «Модели интегрированного управления потоками логистической системы» подготовлена на кафедре «Логистики и организации перевозок» Санкт-Петербургского государственного инженерно-экономического университета. Статья посвящена актуальной проблеме управления потоками ресурсов на основе моделей интегрированного управления в микрологистических (небольших компаниях) и мезологистических системах (корпоративных структурах). Предложенный авторами подход к объединению моделей управления потоками позволит перейти на качественно новый уровень в развитии теории логистики, а также повысит эффективность планирования финансово-хозяйственной деятельности корпорации. Поэтому разработка моделей интегрированного управления потоками имеет не только большую теоретическую, но и практическую значимость для хозяйственных субъектов различного масштаба (от отдельных предприятий до крупной группы компаний).

В результате проведенного анализа существующих моделей управления материальными, финансовыми и информационными потоками авторами обосновывается сходство их аналитического описания. Доказывая сделанное утверждение, Барыкин С.Е. и Карпунин С.А. предлагают перейти к управлению потоками ресурсов на основе их интеграции.

Авторами показано, что использование интегрированных моделей управления потоками позволяет найти оптимальное сочетание запаса материальных ресурсов и запаса денежных средств, необходимых для эффективного функционирования корпорации. Такая интеграция призвана заменить подход применения моделей раздельного управления денежным запасом и материальными потоками корпорации. Аprobация разработанных моделей оптимизации управления потоками ресурсов приводит к снижению логистических издержек компании.

В статье приведен алгоритм расчета цикла транзакций в цепи поставок, который позволяет рассчитать количество комбинаций материальных, финансовых и информационных транзакций при различном числе шагов распределения потоков. Использование данного алгоритма значительно упрощает задачу аналитического описания потоков так, как позволяет использовать одну из формул для расчета комбинаций транзакций в зависимости от конкретной ситуации. Также рассмотрен пример распределения потоков корпорации при планировании в четыре шага, что позволяет выбрать наиболее подходящую схему распределения транзакций для корпорации.

В процессе исследований разработаны модели интегрированного управления потоками в цепях многопродуктовых поставок без привлечения денежных ресурсов, а также с использованием кредита. Характерной чертой разработанных интегрированных моделей является то, что размер денежного запаса, выделяемого для приобретения материальных ресурсов, является расчетной, а не фиксированной величиной. Интересен предложенный С.Е. Барыкиным и С.А. Карпуниным подход к формированию моделей интегрированного управления потоками в цепях многопродуктовых поставок. Практическая значимость использования данных моделей подтверждена приведенными примерами.

Можно сделать вывод, что статья Сергея Евгеньевича Барыкина и Сергея Александровича Карпунина может быть рекомендована к публикации.

Счисляева Е.Р., д.э.н., профессор, декан Международной высшей школы управления Санкт-Петербургского государственного политехнического университета

3.2. MODELS OF INTEGRATED LOGISTICS FLOW SYSTEM

S.E. Barykin, Doctor of Science in Economics, Professor of the Department of Logistics and Organization of Transportation;

S.A. Karpunin, Postgraduate of the Department of Logistics and Organization of Transportation

Saint-Petersburg State University of Engineering and Economics (ENGECON)

The main purpose of the existence of any commercial organization is profit. Integration of material and financial flows allows corporations to maximize profits through cost optimization and cost reduction. Therefore the development of integrated models for flow control is not only important for the further development of the theory of logistics, but also for the economy as a whole. This paper presents a new synthesis models of financial and material flow logistics system. Has developed a new classification of models of flow control of a corporation and distribution of flows corporation with four steps of planning.

Literature

1. S.E. Barykin. Logistic system of financial management of corporate structures. – M: INFRA-M, 2010. – 173 p.
2. S.E. Barykin, S.A. Karpunin. Logistical approach to company resource planning // Audit and financial analysis. – 2010. – №6.
3. G.L. Brodetsky. Inventory Management: Training Manual. – M.: Eksmo, 2008. – 352 p. – (Polnyi kurs MBA).
4. V.V. Lukinskii. Resources management for supply: economic manufacturing quantity: treatise – Stavropol': GOU VPO «SevKavGTU», 2007. – 124 p.
5. Models and methods of logistic theory: Handbook. 2-e izd. / Pod red. V.S. Lukinskogo. – SPb.: Piter, 2008. – 448 p.: il. – (Seriya «Uchebnoe posobie»).
6. N.K. Moiseyeva. Economic foundations of logistics: Textbook. – M.: INFRA-M, 2008. – 528 p. – (Vysshee obrazovanie).
7. A.N. Sterligova. Inventory management in supply chains: Textbook. – M: INFRA-M, 2008. – 430 p. – (Vysshee obrazovanie).

Keywords

Stock of cash, material flow, investments, financial management, financial logistics, flow control, synthesis models, logistic system.