

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЦЕПЕЙ ПОСТАВОК НА ПРОМЫШЛЕННОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Бутрин Андрей Геннадьевич
профессор кафедры «Экономика и финансы»
Южно-Уральского государственного университета
e-mail: butrin_ag@mail.ru

Морозова Лариса Шагиевна
доцент кафедры «Экономика и финансы»
Южно-Уральского государственного университета
e-mail: morozova_lara@rambler.ru

В статье предложен комплекс методов моделирования и оптимизации процессов снабжения материальными ресурсами и реализации готовой продукции промышленного предприятия, логистической системы предприятия с участием факторинговой компании, затрат в логистической системе в условиях интеграции с поставщиками и потребителями, а также оптимизация и моделирование цепи издержек в концепции добавленной стоимости.

Ключевые слова: ресурсосбережение, методы управления, затраты, оптимизация

В начале 21 века интегральная парадигма управления породила новую идеологию управления логистическими процессами и бизнесом в целом – Supply Chain Management (SCM) – управление цепями поставок. Это привело к образованию инновационной (интегральной) парадигмы логистики. Она отражает новое понимание бизнеса: отдельные предприятия рассматриваются как звенья цепи поставок, связанные в едином (интегральном) процессе управления пото-

ками всех видов ресурсов для оптимального удовлетворения покупателей в соответствии с их специфическими потребностями. На интегральной парадигме основывается интегрированная логистика. У нее существуют два объекта внутри одной фирмы: во-первых, единый материальный поток как связанные процессы снабжения, производства, складирования, транспортирования и распределения; во-вторых, множество потоков всех видов ресурсов. Однако сегодня этого объективно недостаточно и развитием интегрированной логистики за пределами фокусной компании (в нашем исследовании это промышленное предприятие-производитель) в плане межфункциональной и межорганизационной координации разных субъектов является SCM. Таким образом, произошло принципиальное изменение в эволюции управления: прежняя координирующая роль логистики и сквозное управление потоками становятся прерогативой SCM, т.е. логистика – это часть управления цепями поставок. Таким образом, логистика – это функционал оптимизации операционной деятельности внутри компании, а SCM – это интегрированный функционал, включающий трех и более участников, участвующих в потоках продукции, услуг, финансов и информации от первичного источника до конечного потребителя [1].

Оптимизация и последующее экономико-математическое моделирование включает следующие взаимосвязанные этапы:

- оптимизация и моделирование снабжения материальными ресурсами;
- оптимизация и моделирование реализации готовой продукции, включая оптимизацию затрат на реализацию продукции;
- оптимизация и моделирование логистической системы предприятия с участием факторинговой компании;
- оптимизация и моделирование затрат в логистической системе в условиях интеграции с поставщиками и потребителями;
- оптимизация и моделирование цепи издержек в концепции добавленной стоимости.

Моделирование было реализовано в рамках набора подпрограмм на языке MatLAB. Основным достоинством MatLAB является относительная простота

манипуляций с матричными и другими видами данных, а также удобными средствами вывода всевозможных графиков. Главное преимущество данной системы в том, что в ней реализованы многочисленные эффективные математические алгоритмы практически для всех областей деятельности, в т.ч. для решения систем уравнений и задач оптимизации.

Метод оптимизации и моделирование снабжения промышленного предприятия. Новизна предложенного подхода в том, что, во-первых, мы разделили все затраты на классические (традиционные) и логистические на каждой стадии цепи поставок; во-вторых, установили состав и структуру затрат в зависимости от режима взаимосвязи потоков: запаздывание финансового потока относительно материального (отсрочка оплаты) и опережение финансового потока относительно материального (предварительная оплата) [7]. Состав интегральных затрат в снабжении при опережении поставки закупаемых ресурсов представлен на рис.1 [2].

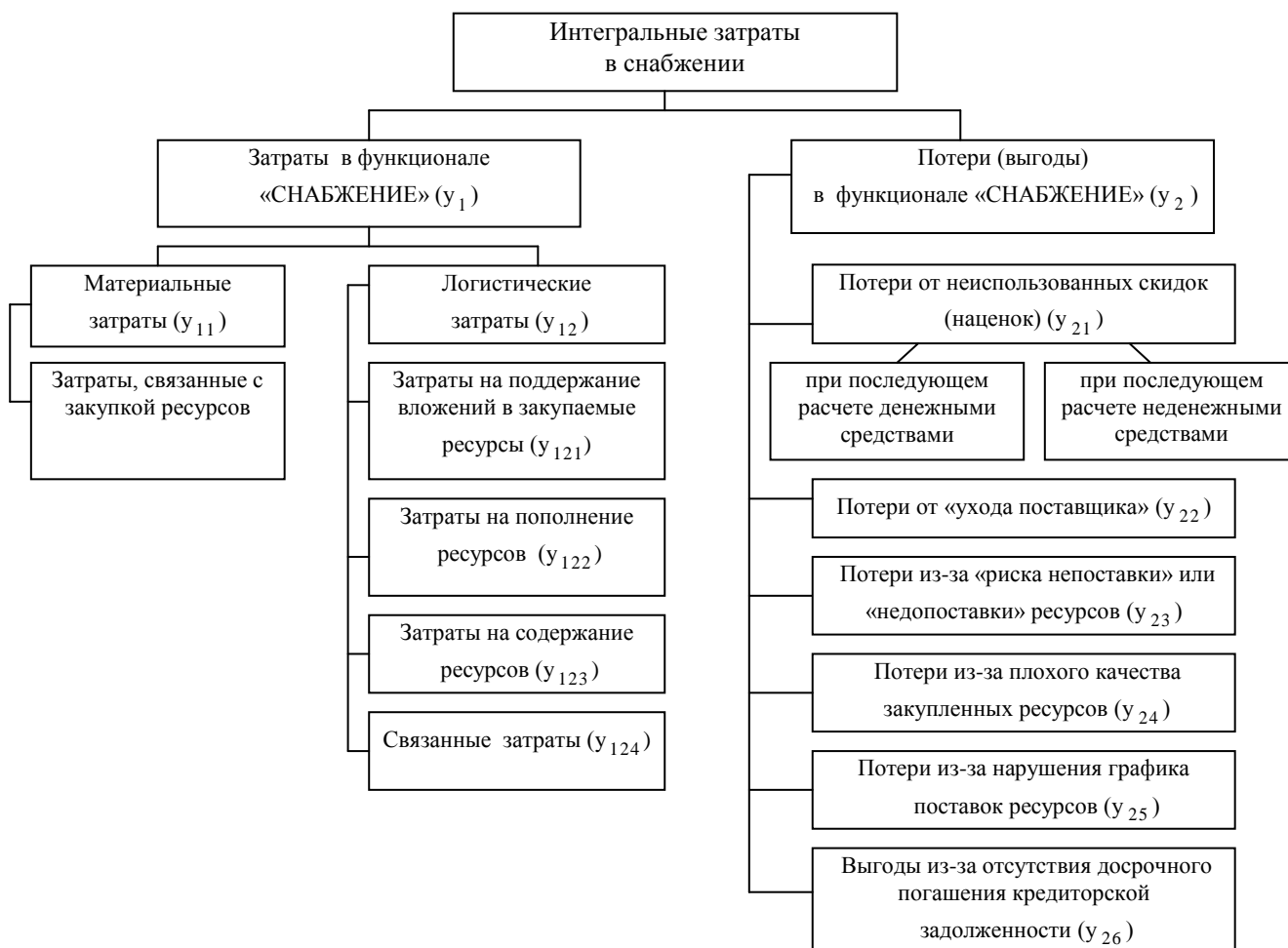


Рисунок 1 – Состав интегральных затрат в снабжении

Построена и апробирована экономико-математическая модель оптимального снабжения предприятия. Апробация была проведена на крупном машиностроительном предприятии в России – ООО «Челябинский тракторный завод – Уралтрак». Результаты экономико-математического моделирования в системе Matlab показали, затраты в функционале «Снабжение» в динамике возрастают с увеличением времени запаздывания оплаты, а потери снижаются. Минимальное значение интегральных затрат в снабжении для реализации 396 млн. рублей в месяц обеспечивается при запаздывании оплаты закупаемых ресурсов относительно их поставки 6 дней и составляет 475,47 млн. руб. в месяц. Рекомендуемая стратегия работы для менеджеров отдела снабжения – заключение всех договоров на планируемый месяц работы с отсрочкой платежа 6 дней с момента поставки. При соблюдении данной отсрочки платежа минимизируются интегральные затраты в снабжении.

Метод оптимизации и моделирование реализации продукции промышленного предприятия. Он базируется на идентификации источников затрат и потерь в интегрированной цепи реализации готовой продукции «производитель-потребитель»; во-вторых, учитывает корреляцию между затратами и потерями; в-третьих, отражает разные схемы реализации продукции с учетом требований внешней среды и взаимодействия с покупателями, каждая из которых по своему влияют на причину и величину затрат и потерь. Критерием является минимум интегральных затрат (рис. 2) [3].

Имеем оптимизационную задачу: найти время оплаты реализованной готовой продукции, обеспечивающее оптимум целевой функции [4]:

$$y = \left[\begin{aligned} & \sum_{i=1}^n (C_i * Q_i + D_i) + \sum_{i=1}^n (S_i / Q_i * \frac{O_{op}}{N_Q}) + \sum_{i=1}^n ((Z_s + Q_i / 2) * I) + \\ & + \sum_{i=1}^n (C_i * Q_i + D_i) * \%_{rent} + \frac{\%_{rent} * B_1 * t}{365} + \\ & + \frac{B_1 * \%_B * (t_{произв} + t - t_{кр})}{365} + \frac{\%_H * B_1 * t}{365} + \frac{B_1 * t}{365} * 3П\% + \\ & + \frac{3П_{окл}}{365} + \frac{B_1 * t_{инв} * УС}{365} + \frac{B_1 * t_{векселя} * УС}{365} + B_1 * \%_{rent} * s \end{aligned} \right] \rightarrow \min_t, \quad (1)$$



Рисунок 2 – Состав затрат на реализацию продукции

где C_i – цена приобретаемого i -го ресурса, руб.; Q_i – количество приобретаемого i -го ресурса (размер заказа), единиц; D_i – стоимость доставки приобретаемого i -го ресурса до склада предприятия, руб.; S_i – объем потребности в определенном запасе, единиц; O_{op} – совокупные годовые затраты на содержание отдела, выполняющего заказы на восполнение запасы, руб.; N_Q – число выданных за год заказов по всем позициям запаса, Z_s – размер страхового запаса единиц определенного вида ресурса, единиц; I – затраты на содержание единицы определенного вида запаса, руб.; $\%_{rent}$ – норма прибыли предприятия как показатель альтернативного вложения капитала; V_1 – стоимость реализованной

продукции в кредит, руб./год; t – время оплаты реализованной продукции, дни; $\%_B$ – процентная ставка по кредиту в год, безразмерная; $t_{произв}$ – производственный цикл (включающий время транспортировки материальных ресурсов, время складирования, переработки в готовый продукт, дни; $t_{кр}$ – время оплаты счетов поставщиков материальных ресурсов, дни; $\%_H$ – процент неоплаченной задолженности потребителями продукции, %; $ЗП_{окл}$ – окладная часть оплаты труда службы взыскания задолженности, руб.; $ЗП_{\%}$ – премиальная часть, %; $УС$ – учетная ставка факторинговой компании, %; $t_{инв}$ – период инвестирования фактор-компанией средств в покупку долга, дни; $t_{векселя}$ – время обращения векселя в денежный эквивалент при неденежной форме оплаты товара, S – процент скидки, безразмерная величина.

Моделирование позволило получить следующие зависимости и результаты (рис. 3).

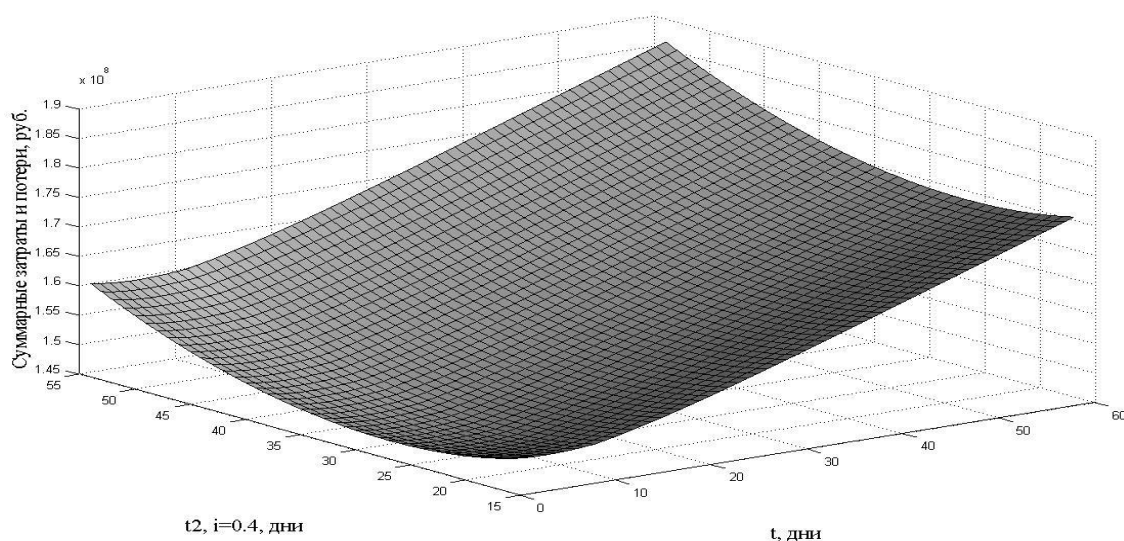


Рисунок 3 – Зависимость затрат при различных сочетаниях реализации продукции

Во-первых, с точки зрения минимизации суммарных затрат и потерь при синхронизации вариантов минимум достигается при времени оплаты реализованной продукции $t_1 = 5$ дней и времени ожидания готовой продукции $t_2 =$ от 17

до 34 дней в зависимости от величины предоплаты и объема продаж по предоплате. Во-вторых, в режиме сочетания интегральные затраты более чувствительны к изменению времени ожидания готовой продукции, чем к изменению времени оплаты. В-третьих, с увеличением величины предоплаты и объема продаж по предоплате снижается с 34 дней в случае $B_1/B_2=0/1$ (т.е. все продажи продукции по предоплате) до 17 дней в случае $B_1/B_2=0,9/0,1$ и $B_1/B_2=1/0$ (т.е. нет продаж по предоплате).

Метод оптимизации затрат на реализацию продукции промышленного предприятия. Метод позволяет оптимизировать не только систему сбыта, но и повысить эффективность работы компании в целом, вести мониторинг и контроль операционных и системных показателей деятельности фирм, а также осуществлять своевременное управленческое воздействие в зависимости от создавшегося положения на рынке и на самом предприятии [5].

Совокупные издержки состоят из бухгалтерских затрат и логистических потерь. Необходимо, с одной стороны, рассмотреть зависимости логистического цикла и затрат от фактора времени, с другой – рассчитать соответствующие затраты (как бухгалтерские, так и логистические) в зависимости от длительности логистического цикла. Как упоминалось ранее, длительность логистического цикла складывается из запаздываний материального и финансового потоков. Запаздывание материального потока возникает вследствие задержки при выполнении заказа (разрыв во времени от момента поступления заказа до момента поставки готовой продукции потребителю). Запаздывание финансового потока возникает вследствие задержки при оплате готовой продукции потребителем (разрыв во времени от момента поставки готовой продукции потребителю и оплаты им выполненного заказа). Ограничивающие критерии следующие:

1) срок выполнения заказа (длительность логистического цикла) должен, с одной стороны, удовлетворять потребителя, с другой – соответствовать оптимальному размеру совокупных затрат;

2) оптимальный размер совокупных затрат также должен учитывать и ценовый фактор: предприятие должно показать прибыль, и качество произведенной продукции должно удовлетворять потребителя.

Чем меньше время выполнения заказа (то есть меньше запаздывание материального потока), тем больше скорость их выполнения. Таким образом, темп выполнения заказов (F) определяется [6] «объемом невыполненных заказов и запаздыванием выполнения заказов»:

$$F = \frac{Q}{ЗМП}, \quad (2)$$

где Q – объем заказов, которые необходимо выполнить, шт. Скорость выполнения заказов (F) измеряется в количестве готовой продукции, доставляемой покупателю в единицу времени. Показатель скорости является одной из важнейших базовых характеристик, отражающих качество работы системы, ее гибкость.

В формуле 2 умножим обе части уравнения на цену (P). Имеем:

$$P * F = \frac{P * Q}{ЗМП}. \quad (3)$$

Произведение ($P * F$) отражает стоимость готовой продукции, доставляемой покупателю в единицу времени. Выражение ($P * Q$) является совокупным доходом (выручка), который получит предприятие при выполнении данного заказа. Выручка включает в себя бухгалтерские издержки и прибыль.

Следовательно, произведение ($P * Q$) примет вид:

$$P * Q = \text{БИ} + P_f, \quad (4)$$

где БИ – бухгалтерские издержки, которые понесет предприятие при осуществлении данного заказа, руб.; P_f – прибыль, которую может получить предприятие при осуществлении данного заказа, руб.

Подставим полученное выражение в формулу 3:

$$P * F = \frac{\text{БИ} + P_f}{ЗМП}. \quad (5)$$

Выразим из полученной формулы бухгалтерские издержки:

$$\text{БИ} = \text{ЗМП} * \text{F} * \text{P} - \text{P}_f . \quad (6)$$

Исходя из формулы 6, видно, что чем больше запаздывание материального потока, тем больше бухгалтерские издержки, и наоборот. Кроме того, чем больше скорость доставки заказа, тем фактические издержки больше, и наоборот.

Кроме того, величина прибыли предприятия может быть рассчитана и иным способом. Как уже отмечено выше, прибыль является разностью выручки и понесенных издержек, а также произведением цены продукции на норму прибыли:

$$\text{P}_f = \text{Q P} * j_{pf} , \quad (7)$$

где j_{pf} – норма прибыли на предприятии по данному заказу. Измеряется в долях. Если норма прибыли на предприятии выше, чем по альтернативным вложениям, то считается, что предприятие работает эффективно.

Подставим полученное выражение в формулу 6:

$$\text{БИ} = \text{ЗМП} * \text{F} * \text{P} - \text{P} * j_{pf} * \text{Q} . \quad (8)$$

Критерием оптимизации логистического цикла является минимум совокупных затрат. Исходя из формулы 8 бухгалтерские издержки зависят от запаздывания материального потока, скорости выполнения заказов, цены реализации продукции и нормы прибыли предприятия. Сделаем допущение, что темп выполнения заказов, цена готовой продукции и норма прибыли предприятия величины постоянные. Тогда формулу 7 представим в виде функции бухгалтерских издержек, зависящих от длительности запаздывания материального потока. Следовательно:

$$\text{БИ (ЗМП)} = \text{ЗМП} * (\text{F} * \text{P}) - (\text{P} * \text{Q} * j_{pf}) . \quad (9)$$

Полученная функция является линейной зависимостью, график которой имеет положительный наклон. Область допустимых значений данной функции является также строго положительной.

Функция бухгалтерских издержек, зависящих от длительности запаздывания материального потока, также определяется суммой функций статей затрат на стадиях логистического цикла от соответствующих им отрезков времени, определяющих прохождение этих стадий.

Рассмотрим второй вид затрат. Потери (логистические издержки) это упущенная выгода (при скидках – в цене, неисполнение условий договора – штрафы и т.д.).

Как правило, без скидок и других мер по мотивированию сбыта предприятию не обойтись, иначе уйдут покупатели. Ситуация на рынке меняется, и может оказаться, что в какой-то момент действительно невыгодно заниматься своей деятельностью, но «свернуть» производство и заняться другой деятельностью может оказаться дороже. Также возможна ситуация, когда предприятию выгоднее нарушить условия договора поставки и заплатить штраф, чем наоборот не нарушать. Следовательно, без потерь предприятию также не обойтись. Они неизбежно возникают в ходе текущей деятельности предприятия.

Альтернативные издержки возникают в случае, если предприятию оказывается выгоднее использовать денежные средства в финансовых (или любых других) операциях, нежели в основной деятельности. Штрафы и неустойки компания обязана заплатить, если нарушает условия договора поставки готовой продукции потребителю. Скидки покупатели могут получить в случае более «быстрой» оплаты приобретаемой продукции.

Метод оптимизации и моделирование логистической системы предприятия с участием факторинговой компании в концепции аутсорсинга. Предложенный подход, во-первых, учитывает квазиинтеграцию промышленного предприятия с поставщиками материальных ресурсов и потребителями готовой продукции в макрологистической системе, во-вторых, учитывает идентифицированные затраты в традиционном представлении и транзакционные издержки; в третьих, позволяет определить баланс интересов производителя и финансовой инфраструктуры логистической системы в виде факторинговой

компании (банка). Производитель вправе либо самостоятельно (инсорсинг) взыскивать дебиторскую задолженность (неся при этом в цепи «поставщик – покупатель» затраты в традиционном понимании на инкассацию долга, на омертвление капитала, риск неплатежа), либо продать (аутсорсинг) долг аутсорсеру (неся при этом транзакционные затраты на взаимодействие с аутсорсером) (рис. 4,5).



Рисунок 4 – Затраты при управлении логистической системой в концепции аутсорсинга

Итоговые затраты:

$$y_2 = \begin{cases} 0, & \text{при } t_{зан} < a; \\ \frac{M_K \cdot (t_{зан} - a) \cdot YC}{365} + \frac{M_K \cdot t_{зан} \cdot R_{аут}}{365} + \\ + \frac{(1 - \%) \cdot (t_{зан} - a) \cdot H_{np} \cdot M_K \cdot (t_{зан} - (t_{зан} - a) \cdot YC)}{365 \cdot 365}, & \text{при } t_{зан} \geq a \end{cases} \quad (10)$$

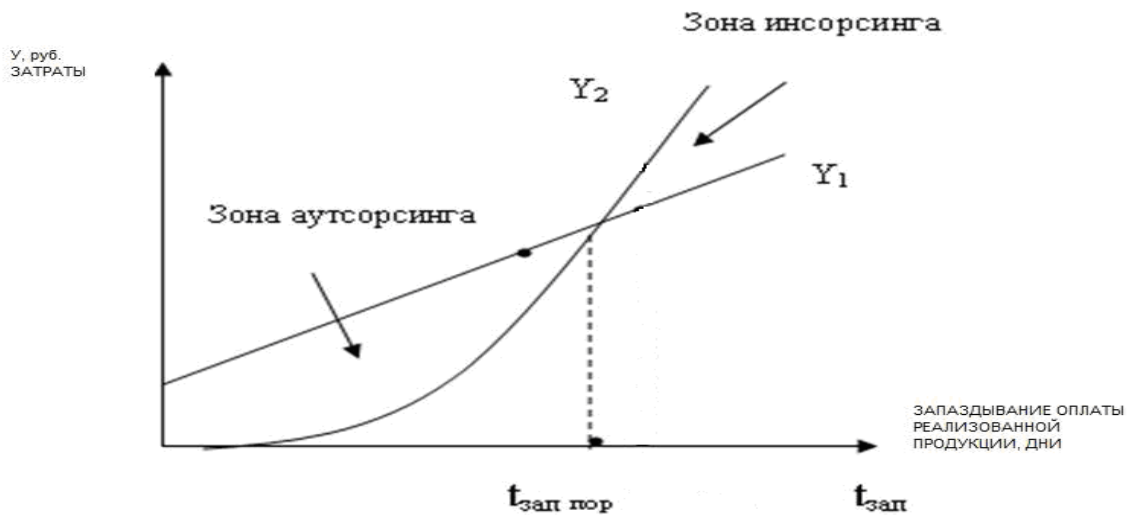


Рисунок 5 – Динамика традиционных (y_1) и транзакционных (y_2) затрат

Таким образом, имеем следующую оптимизационную задачу: найти пороговый параметр время оплаты готовой продукции в логистической системе, при превышении которого производителю целесообразно использовать механизм инсорсинга, до него – аутсорсинга.

Метод оптимизации и моделирования затрат в логистической системе. Предложенный подход, во-первых, основывается на выявленных традиционных (традиционно фиксируемых), транзакционных и логистических затратах и исключает их дублирование; во-вторых, применим в условиях квазиинтеграции производителя и его контрагентов; в-третьих, учитывает разные схемы формирования логистической системы; в-четвертых, ориентирован на определение соответствия оборотных производственных фондов фондам обращения. Динамика затрат промышленного предприятия в зависимости от условий со-

трудничества с контрагентами ($t_{\text{зап}}^{\text{пост}}$ и $t_{\text{зап}}^{\text{пок}}$) была проанализирована при помощи имитационного моделирования на языке программирования MATLAB. В качестве исходных данных для модели заданы: структура активов и пассивов промышленного предприятия на начало построения модели, условия сотрудничества с поставщиками (цена сырья, величина скидки/наценки), производственный процесс (стадии, оборудование, его производительность и мощность, производимая продукция, её рецептура), условия сотрудничества с покупателями (цена готовой продукции, размер скидки/наценки, количество покупателей, максимальная отсрочка поставки), ежемесячный спрос на продукцию предприятия, виды затрат, которые в рамках предлагаемой модели считаются постоянными.

Поскольку затраты являются функцией двух переменных, то графики строятся в трехмерной системе координат. Диапазон изменений $t_{\text{зап}}^{\text{пост}}$ установлен от 0 до 15 дней. Диапазон изменений $t_{\text{зап}}^{\text{пок}}$ установим от 0 до 30 дней. Это обусловлено средой, в которой функционирует анализируемое предприятие, и целями оптимизации времени построения модели. Результаты моделирования затрат в режиме опережения поставки (отсрочки оплаты) представлены на рис. 6,7.

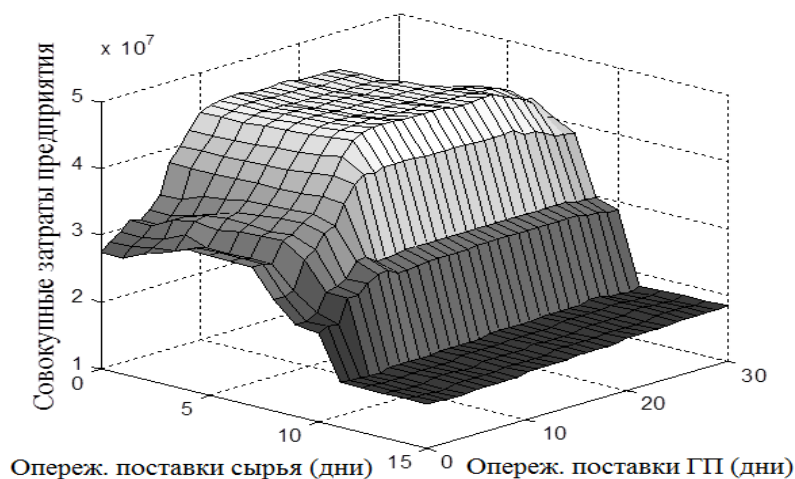


Рисунок 6 – Совокупные затраты предприятия и количество отгруженной продукции на условиях отсрочки платежа

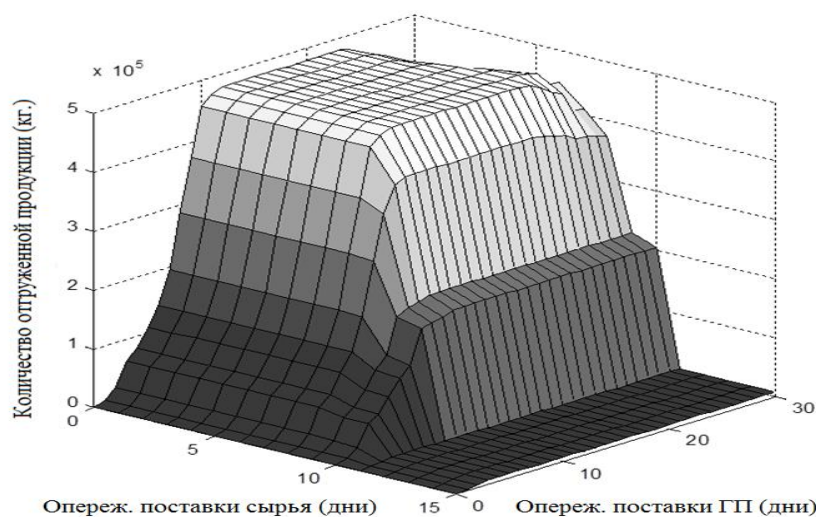


Рисунок 7 – Совокупные затраты предприятия и количество отгруженной продукции на условиях отсрочки платежа

Моделирование позволило получить следующие оптимальные условия сотрудничества на условиях отсрочки платежа: минимум общих затрат обеспечивают опережение поставки материальных ресурсов – 2 дня, опережение поставки готовой продукции – 24 дня, минимальные затраты – 44 366 598 руб., количество отгруженной продукции – 476 513,9 кг.

Метод формирования оптимальной цепи издержек. Метод, во-первых, основывается на выявленных традиционных, логистических и транзакционных затратах на предприятии металлургии; во-вторых, применим в условиях квазиинтеграции производителя и его контрагентов; в-третьих, основывается на концепциях добавленной стоимости и полезного времени при движении товара от точки зарождения до точки конечного потребителя; в-четвертых, предполагает выбор и использование метода сокращения операционного цикла и общих затрат [8].

Апробация была произведена на конкретном крупном металлургическом предприятии Челябинской области. Допустим, покупатели продукции - металлотрейдеры делают предоплату заказа в размере 30% (операция 1). Если производитель будет настаивать на более высоком первом платеже, что целесообразно в плане снижения финансовых рисков, то в условиях высокой конку-

ренции это может привести к уходу покупателя и срыву поставки. Учитывая, что доля материальных затрат в цене продукции составляет 50%, производитель вынужден брать кредит в банке в размере недостающих 20%. (2). После согласования условий поставки с поставщиком совершается оплата материальных ресурсов (3) и их поставка производителю (4). Технологический цикл на заводе включает складирование полученного сырья (5), переработку (6) и складирование готовой продукции (7). После отгрузки покупателю (8) последний без запаздывания оплачивает полностью заказ (9). Операционный (производственно-коммерческий цикл) в данном случае представлен на рис. 8, цепь затрат – на рис. 9.

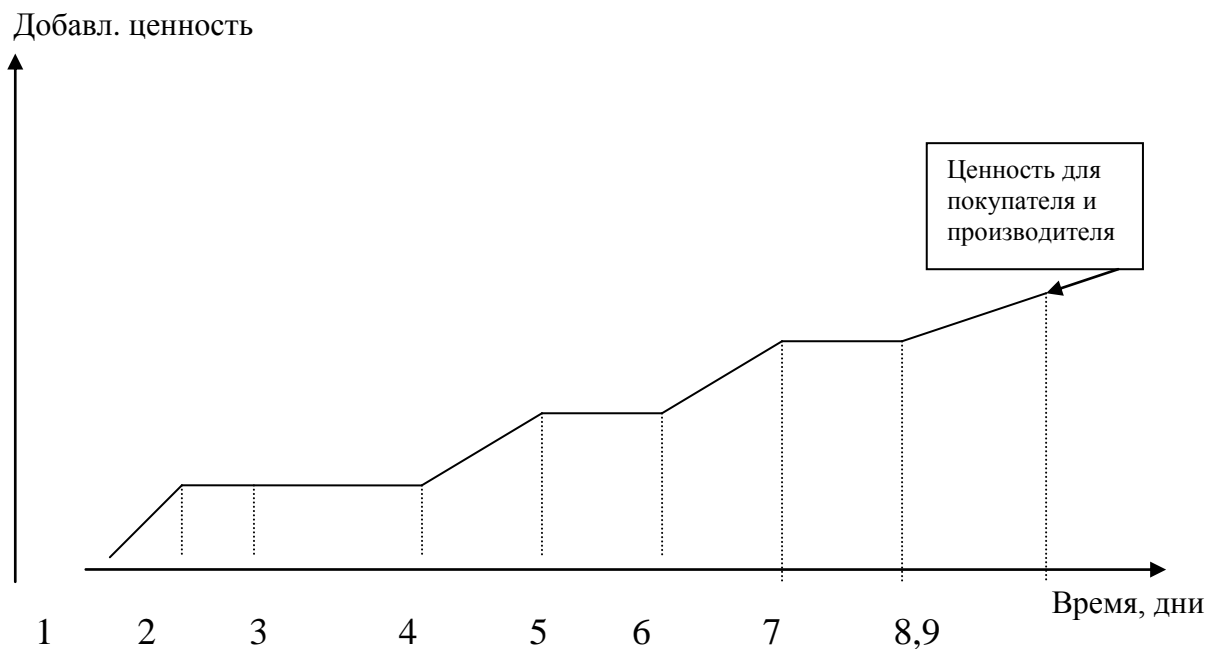


Рисунок 8 – Операционный цикл

Условные обозначения: 1- получение предоплаты в размере 30%; 2 – взятие кредита; 3 – согласование поставки и оплата сырья; 4 – транспортировка сырья; 5 – складирование сырья; 6- производство; 7-складирование готовой продукции; 8 – транспортировка продукции и ее немедленная оплата.

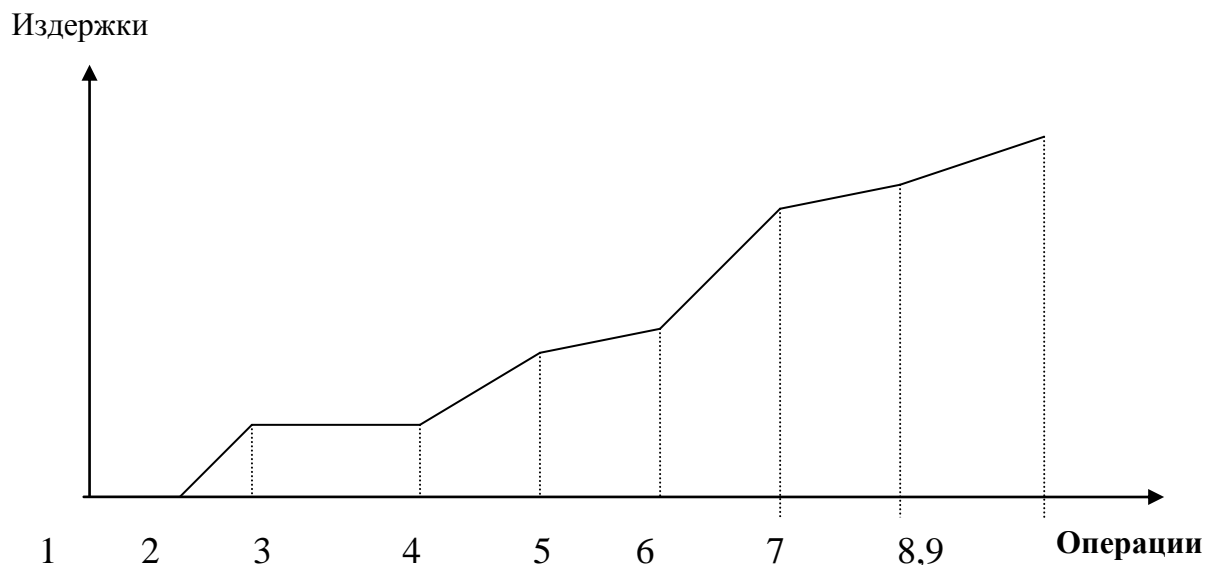


Рисунок 9 – Цепь издержек (базовая).

Условные обозначения: 1- издержки на получение предоплаты; 2 – издержки в виде процентов по кредиту; 3 – издержки на согласование поставки; 4 – издержки на транспортировку сырья; 5 – издержки на складирование сырья; 6- издержки на производство; 7- издержки на складирование готовой продукции; 8 – издержки на транспортировку продукции.

Резервы сокращения производственного цикла и сокращения затрат заключаются в 1 и 2 операциях. Если производитель попросит у покупателя больше предоплату (от 30 до 50%), то это сократит операционный цикл, сократит процентные выплаты банку по кредиту (экономия на издержках по 2 операции), но меньше будет потребителей, соответственно меньше выручка и выше скидка потребителям как плата за предоставленные ими ресурсы в кредит производителю (рис. 10).

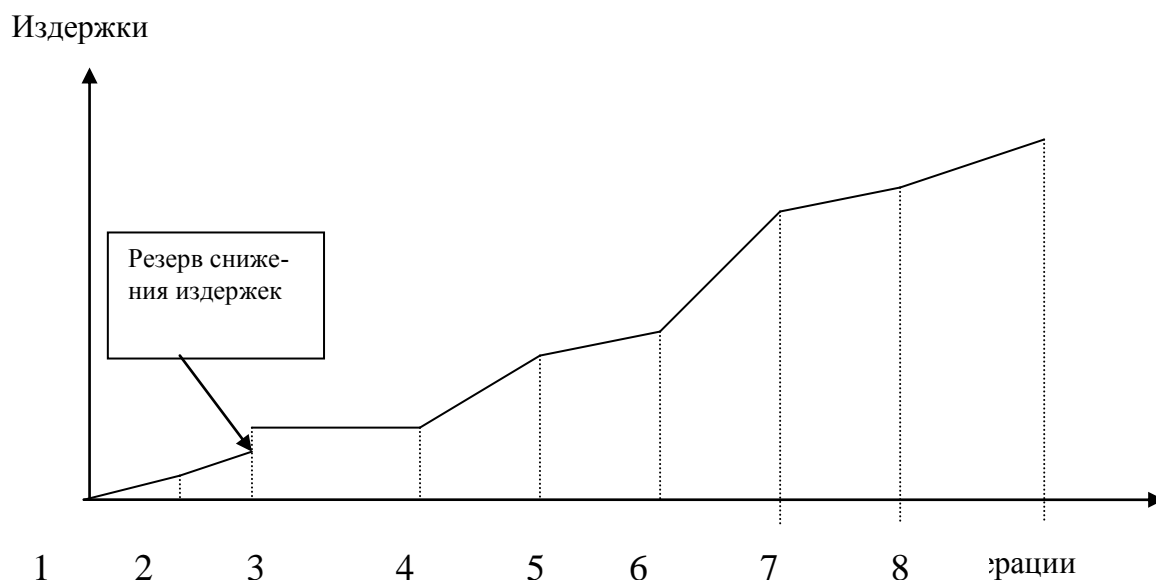


Рисунок 10 – Цепь издержек (измененная 1)

Условные обозначения: 1- издержки в виде скидки покупателю; 2 – издержки в виде процентов по кредиту

И наоборот, если снизим предоплату относительно первоначальных условий (от нуля до 30%), то увеличим процентные выплаты банку (2 операция), но возможна наценка при реализации готовой продукции, которую можно трактовать как экономию издержек на 1 операции (рис.11).

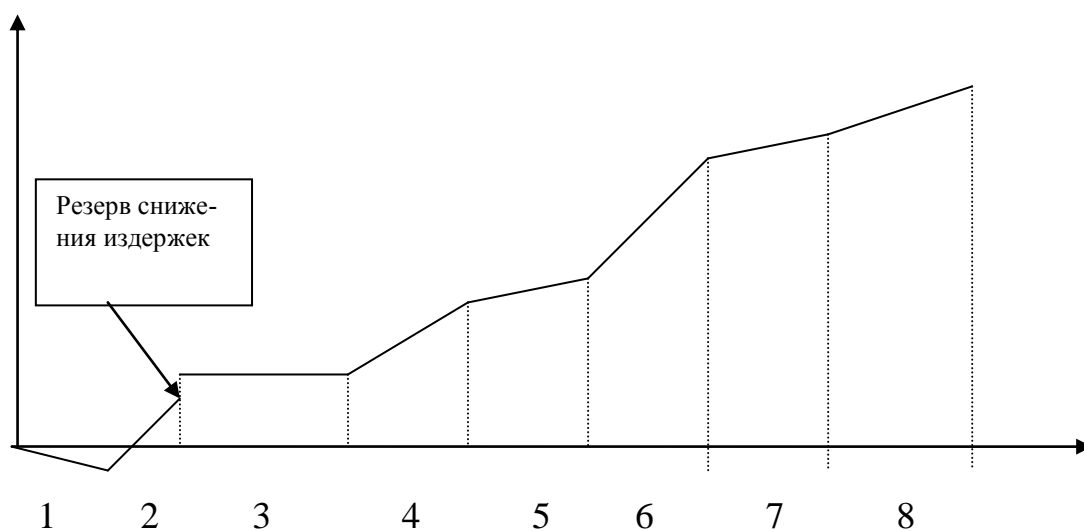


Рисунок 11 – Цепь издержек (измененная 2).

Условные обозначения: 1- экономия издержек как выгода в виде наценки покупателю; 2 – издержки в виде процентов по кредиту

Таким образом, имеем оптимизационную задачу: найти такой параметр метода регулирования цепи издержек в виде скидки (наценки), соответственно ниже (выше) которого получим экономический резерв в виде сокращения издержек.

Библиографический список

1. Бутрин, А.Г. Проектирование и оптимизация бизнес-процессов интегрированных предприятий: монография / А.Г. Бутрин.- Челябинск: издательство ЮУрГУ, 2011.- 313 с.

2. Бутрин А.Г. Моделирование цепи поставок промышленного предприятия: учебное пособие.- Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010.- 184 с.

3. Туманов, К.В. Экономико-математическое моделирование реализации продукции промышленного предприятия/ К.В.Туманов, А.Г.Бутрин// Фундаментальные исследования. – 2013 – № 10 (часть 5). – С. 1117-1121.

4. Бутрин, А.Г. Методические основы управления цепями издержек интегрированных предприятий: учебное пособие /А.Г. Бутрин.- Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2011.- 105 с.

5. Баев И.А., Бутрин А.Г., Морозова Л.Ш. Совершенствование управления процессом реализации продукции промышленного предприятия на базе логистической концепции// Вестник УГТУ-УПИ. Серия «Экономика и управление». – 2006. – Вып. 8. – № 1(72). – С. 130–136.

6. Ширяев В.И., Ширяев Е.В., Рогова Е.Ф. Динамическая теория фирмы: Учебное пособие / Под ред. В.И. Ширяева. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 1997. – 180 с.

7. Бутрин, А.Г. Организационно-экономические особенности снабжения в промышленном холдинге/ А.Г. Бутрин З.С. Гельманова//Металлург. – 2013. – № 11. - С. 4-9.

8. Цаплин, В.И. Формирование эффективной цепи издержек промышленного предприятия/В.И. Цаплин, А.Г.Бутрин// Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Экономика и менеджмент. – 2011. – № 28(45). – С. 177-182.

MODELLING OF SUPPLY CHAIN AT THE INDUSTRIAL ENTERPRISE

Butrin A.G.

Professor of Economics and finance department

South Ural State University

e-mail: butrin_ag@mail.ru

Morozova L.S.

Associate professor of Economics and finance department

South Ural State University

e-mail: morozova_lara@rambler.ru

***Abstract.** This paper proposes a set of methods for modeling and optimization of supply chain of material resources and realization of end product of the industrial enterprise, logistic system of the enterprise with participation of the factoring company, expenses in the logistic system in the conditions of integration with suppliers and consumers and also optimization and modeling of a chain of expenses in the value added concept.*

***Keywords:** resource saving, management technique, expenses, optimization*