

Федеральное государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Санкт-Петербургский государственный университет
Институт «Высшая школа менеджмента»

**ЦЕЛЕВОЕ УПРАВЛЕНИЕ РАБОЧИМ КАПИТАЛОМ В ФИНАНСОВЫХ
ЦЕПЯХ ПОСТАВОК**

Выпускная квалификационная работа
студентки 4 курса направление 38.03.02 –
Менеджмент, шифр образовательной
программы СВ.5070.2015

Осташова Анастасия Алексеевна



(подпись)

Научный руководитель: д.э.н., доцент
кафедры операционного менеджмента,
Зенкевич Николай Анатольевич



(подпись)

Санкт-Петербург

2022

ЗАЯВЛЕНИЕ О САМОСТОЯТЕЛЬНОМ ХАРАКТЕРЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Я, Осташова Анастасия Алексеевна, студентка четвертого курса бакалавриата направления 38.03.02 «Менеджмент», заявляю, что в моей выпускной квалификационной работе на тему «Целевое управление рабочим капиталом в финансовых цепях поставок», представленной в службу обеспечения программ бакалавриата для последующей передачи в государственную аттестационную комиссию для публичной защиты, не содержится элементов плагиата.

Все прямые заимствования из печатных и электронных источников, а также из защищенных ранее выпускных квалификационных работ, кандидатских и докторских диссертаций имеют соответствующие ссылки.

Мне известно содержание п. 9.7.1 Правил обучения по основным образовательным программам высшего и среднего профессионального образования в Санкт-Петербургском государственном университете о том, что «ВКР выполняется индивидуально каждым студентом под руководством назначенного ему научного руководителя», и п. 51 Устава федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет» о том, что «студент подлежит отчислению из Санкт-Петербургского университета за представление курсовой или выпускной квалификационной работы, выполненной другим лицом (лицами)».



(подпись)

Осташова Анастасия Алексеевна

(расшифровка подписи)

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК	7
1.1 Понятие управления финансовой цепью поставок	7
1.2 Рабочий капитал и цикл оборачиваемости денежных средств	11
1.3 Многоцелевой характер управления общим рабочим капиталом	15
1.4 Современные инструменты управления рабочим капиталом	17
Выводы по Главе 1	22
ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ЦЕЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ КАПИТАЛОМ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК	24
2.1 Анализ математических методов многокритериальной оптимизации	24
2.2 Методика целевого программирования	25
2.3 Модели целевой оптимизации и управления общим рабочим капиталом	28
2.4 Многошаговый алгоритм решения модели целевого управления общим рабочим капиталом	39
Выводы по Главе 2	44
ГЛАВА 3. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ЦЕЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБЩИМ РАБОЧИМ КАПИТАЛОМ НА КЕЙСАХ РЕАЛЬНЫХ КОМПАНИЙ	46
3.1 Методика целевого управления общим рабочим капиталом для дистрибутивной цепи поставок	46
3.2 Реализация методики целевого управления для типовой цепи поставок	46
3.3 Реализация методики целевого управления для дистрибутивной сети	57
Выводы по Главе 3	62
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	63
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	65
ПРИЛОЖЕНИЯ	70
П.1 Сравнение методов многокритериальной оптимизации	70
П.2 Дилеммы ранжирования целей	72
П.3 Варианты постановки целей	73
П.4 Ранжирование целей	74

ВВЕДЕНИЕ

В течение длительного периода времени в литературе по управлению цепями поставок цепь поставок рассматривалась как совокупность трех или более компаний, непосредственно участвующих в создании и регулировании восходящих и нисходящих потоков продукции, материалов и/или информации от поставщика к потребителю [Mentzer и др., 2001]. Следовательно, основные исследования цепей поставок в основном фокусировались на материальных и на информационных потоках [Kaipia, 2009; Sun & Yen, 2005; Ferrer & Whybark, 2001]. Однако, испытав улучшения благодаря применению принципов управления цепями поставок к материальным цепям поставок, компании теперь обращают свое внимание на финансовую цепь поставок, чтобы получить аналогичные преимущества. Драйверами развития области управления финансовыми цепями поставок во всем мире и в России стали мировой финансовый кризис 2008 года, а также кризисы 2014 и 2020 года в России. Исходя из вышеприведенных утверждений, можно сделать вывод о том, что область управления финансовыми цепями поставок становится все более актуальной с каждым днем.

В настоящее время необходимость управления финансовыми цепями поставок подчеркивается теоретиками и практиками. Консалтинговая компания Killen&Associates отмечает, что финансовая цепь поставок параллельна физической, следовательно, менеджменту стоит управлять ей так же тщательно, как и физическими цепями [Weiss, 2012]. Академическое сообщество, представленное Эриком Хофманном, поддерживает вышеприведенную точку зрения [Hofmann, 2005]. Как следствие, многие исследователи попытались разработать основу управления финансовыми цепями поставок. И здесь одним из самых важных аспектов стало управление рабочим капиталом в цепи поставок.

В настоящее время можно утверждать, что перспектива управления рабочим капиталом с точки зрения цепи поставок становится все более популярной [Hofmann & Zumsteg, 2015; Huff & Rogers, 2015; Virolainen et al., 2019]. Прежде всего, практики и ученые признают, что управление рабочим капиталом не может быть выполнено должным образом на внутриорганизационном уровне, так как оно связано с обязательствами на межорганизационном уровне и требует сотрудничества на всех этапах цепи поставок [Seifert, 2010]. Более того, во многих исследованиях, посвященных управлению рабочим капиталом в цепочке поставок, подчеркивается, что управление рабочим капиталом на межорганизационном уровне является финансово выгодным как для отдельных компаний цепи, так и для всей цепи поставок в совокупности [Hoffman & Kotzab, 2010; de Boer et al., 2015]. Например, общие финансовые затраты цепи поставок могут быть снижены за счет

внедрения таких решений по управлению величиной рабочего капитала, как факторинг, финансирование запасов и другие [de Boer et al., 2015].

Большинство литературы по управлению рабочим капиталом описывают лишь внутриорганизационный уровень. Некоторые исследователи уже подчеркивали необходимость управления рабочим капиталом на меж-организационном уровне [Hofmann & Kotzab, 2010; Huff & Rogers, 2015]. В академическом и бизнес-сообществах существуют механизмы и инструменты для управления рабочим капиталом в цепи поставок, но в большинстве случаев они представлены только на концептуальном уровне. Существует мало работ, в которых проблема управления рабочим капиталом в цепи поставок рассматривается как многокритериальная [Knight, 1972; Panda & Nanda., 2018; Zenkevich & Ivakina. 2018].

Данная работа направлена на устранение исследовательского пробела в практических инструментах для многокритериального совместного управления рабочим капиталом на основе использования решений для финансирования цепочки поставок.

Цель работы – усовершенствование методики управления общим рабочим капиталом цепи поставок для уменьшения затрат при заданных диапазонах ликвидности.

Для достижения цели работы были поставлены следующие *задачи*.

- 1) Провести анализ современного состояния исследований по управлению рабочим капиталом в финансовых цепях поставок;
- 2) На основе анализа научно-практической литературы и современных практик обосновать многоцелевой характер управления совместным рабочим капиталом в цепи поставок;
- 3) Исследовать возможности отдельных финансовых инструментов для уменьшения затрат на общий рабочий капитал при заданных диапазонах ликвидности;
- 4) На основе анализа возможных методов многокритериальной оптимизации обосновать необходимость использования методики динамического целевого программирования в задаче управления рабочим капиталом;
- 5) Разработать модель и алгоритм целевого управления общим рабочим капиталом;
- 6) Реализовать алгоритм целевого управления общим рабочим капиталом на кейсах реальных компаний.

Объектом исследования является скоординированная дистрибутивная цепь поставок.

Предмет исследования – затраты на общий рабочий капитал и диапазоны ликвидности участников цепи поставок.

Формат ВКР – исследовательская работа.

Структура работы состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложений. Во введении сформулированы исследуемая проблема, ее актуальность, цель и задачи исследования, изложено краткое содержание работы по главам. В Главе 1 представлен обзор литературы, на основе которого проанализировано современные исследования по управлению рабочим капиталом в финансовых цепях поставок, обоснован многоцелевой характер управления общим рабочим капиталом в цепи поставок, а также исследованы отдельные возможности финансовых инструментов для уменьшения затрат на общий рабочий капитал при заданных диапазонах устойчивости. Глава 2 посвящена выбору метода многокритериальной оптимизации, разработке модели и методики целевого управления затратами на общий рабочий капитал в финансовой цепи поставок. В главе 3 методика целевого управления реализована на кейсах реальных компаний. В заключении представлены результаты исследования, его основные ограничения, а также анализ его теоретического и практического вклада. В нем также предлагаются способы дальнейшего развития темы и даются рекомендации для будущих исследований.

Ключевые слова: цепь поставок (ЦП); управление цепями поставок (УЦП), финансовая цепь поставок, управление финансовыми цепями поставок, рабочий капитал (РК), общий рабочий капитал (ОРК), цикл оборачиваемости денежных средств (ЦОДС), совместный цикл оборачиваемости денежных средств (СЦОДС), затраты на рабочий капитал (ЗРК), затраты на общий рабочий капитал (ЗОРК), обратный факторинг, финансирование запасов.

ГЛАВА 1. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК

1.1 Понятие управления финансовой цепью поставок

В условиях возрастающей конкуренции на рынке, а также после экономического шока, вызванного пандемией Covid-19, многие компании осознали важность цепей поставок для обеспечения устойчивости и прибыльности. Некоторые представители мирового научного и бизнес-сообществ утверждают, что в 21 веке конкуренция ведется уже не между брендами компаний, а между их сетями поставок [Mangrulkar et al., 2022].

В настоящее время концепция цепи поставок хорошо изучена, в научной литературе можно найти множество определений термина «цепь поставок». Например, цепь поставок - объединение фирм, которые выводят товары или услуги на рынок [Lambert, Stock, Ellram, 1998]. Исследователи цепей поставок Чопра и Мейндль утверждают, что цепь поставок состоит из всех компаний, прямо или косвенно участвующих в удовлетворении запроса клиента [Chopra, Meindl, 2007]. Чен и Полрадж в статье [Chen, Paulraj, 2004] заявляют, что цепь поставок — это сеть связей по обработке и трансформации материалов и информации для удовлетворения спроса.

Цепь поставок обычно состоит из трех типов участников: поставщиков, потребителей и контрагентов-посредников [Krylatkov et al., 2018].

- *Поставщики и потребители* выполняют основную деятельность в процессе донесения продукта или услуги до конечного потребителя. Часто поставщик или потребитель является фокусной компанией цепи. Фокусная компания выполняет самую важную функцию по производству продукта или его донесения до конечного потребителя. Она обладает наибольшей силой в цепи.
- *Контрагенты-посредники* выполняют вспомогательную деятельность в процессе донесения продукта или услуги до конечного потребителя. К контрагентам-посредникам обычно относят дистрибьюторов, экспедиторов, перевозчиков, факторинговые компании, страховые компании и т.п.

Количество участников во многом определяет сложность и тип их взаимодействия друг с другом. В статье «Определяя управление цепями поставок» Ментзер с группой из 6 исследователей выделили 3 вида цепей поставок в зависимости от количества её участников: «прямые», «расширенные» и «максимальные» [Mentzer et al., 2001].

«Прямые» цепи поставок – цепи, состоящие из 3-х участников: поставщика, фокусной компании (промышленной или торговой фирмы) и потребителя (например, дистрибьютора).

«Расширенные» цепи поставок отличаются от «прямых» включением в них дополнительных поставщиков и потребителей. Схематически «расширенную» цепь поставок можно представить следующим образом (Рис. 1.1):



Рис. 1.1 «Расширенная» цепь поставок (Источник: Krylatkov et al., 2018)

«Максимальные» цепи поставок состоят из фокусной компании и всех компаний, участвующих в производстве и донесении продукта до конечного потребителя. В «максимальной» цепи больше участников, чем в «прямой» и «расширенной». Также в «максимальной» цепи присутствуют контрагенты-посредники. Взаимодействие между участниками сложное и требует комплексного подхода. Из-за большого количества связанных между собой фирм «максимальную» цепь поставок иногда называют *сетью поставок*. На рисунке Рис. 1.2 представлена схема «максимальной» сети поставок.

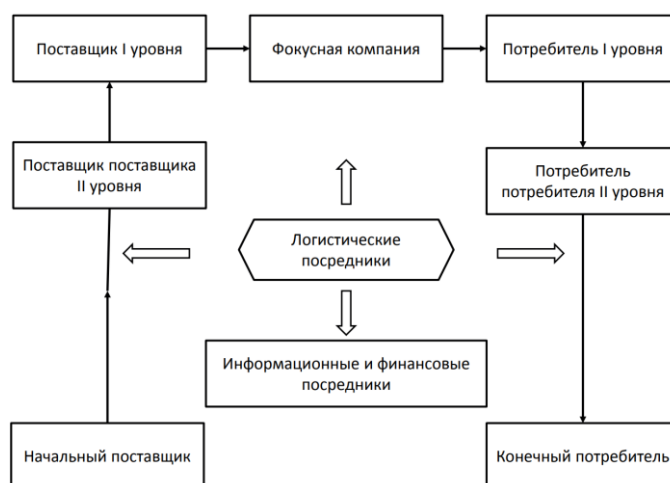


Рис. 1.2 «Максимальная» цепь поставок (источник: Krylatkov et al., 2018)

Ниже представлены выводы о понятии «цепь поставок»:

- Цепь поставок состоит из нескольких компаний;
- Все компании, состоящие в цепи, прямо или косвенно участвуют в производстве конечного продукта или услуги;
- Участники цепи поставок создают потоки различного вида и направленности.

В данной работе будут рассмотрены только скоординированные цепи поставок. К скоординированным цепям поставок относятся цепи, которые:

- Имеют совместную информационную систему;
- Регулярно обмениваются информацией;
- Синхронизируют управленческие решения;
- Имеют интегрированные процессы [Soosay & Hyland, 2015].

Несогласованное принятие решений приводит к неэффективности распределения ресурсов. Следовательно, прибыль каждого участника цепи, достигнутая независимо от других участников, значительно ниже, чем та, которая могла бы быть достигнута при координации [Jorgensen & Zaccour, 2003].

Потоки в цепи поставок бывают 3-х видов: материальные, информационные и финансовые [Leng & Zailani, 2012].

Материальные потоки – потоки готовой продукции и материалов, которые возникают на разных этапах цепи поставок и движутся по направлению к конечному потребителю. Также материальные потоки могут двигаться по направлению от потребителя к производителю при необходимости пост-продажного обслуживания.

Информационные потоки возникают в процессе обмена информацией о продукте и производстве между участниками цепи поставок. Информационный поток очень важен, так как он позволяет участникам цепи эффективно принимать решения. Как правило, участники передают информацию как вверх по цепи (то есть от конечного потребителя к производителю), так и вниз (от производителя к конечному потребителю).

Финансовые потоки – потоки денежных средств, возникающие в результате транзакций между участниками цепи. Обычно денежные потоки направляются в направлении от конечного потребителя до поставщика.

Потоки, идущие по направлению от поставщика до потребителя, называются нисходящими. Понятно, что материальные потоки относятся к нисходящим.

Восходящие потоки, напротив, направлены от покупателя к поставщику. Финансовый поток – восходящий.

В виду того, что информация передается между участниками цепи поставок в обоих направлениях, они являются одновременно восходящими и нисходящими.

Схематично можно представить потоки в цепи поставок следующим образом (рисунок 1.3):

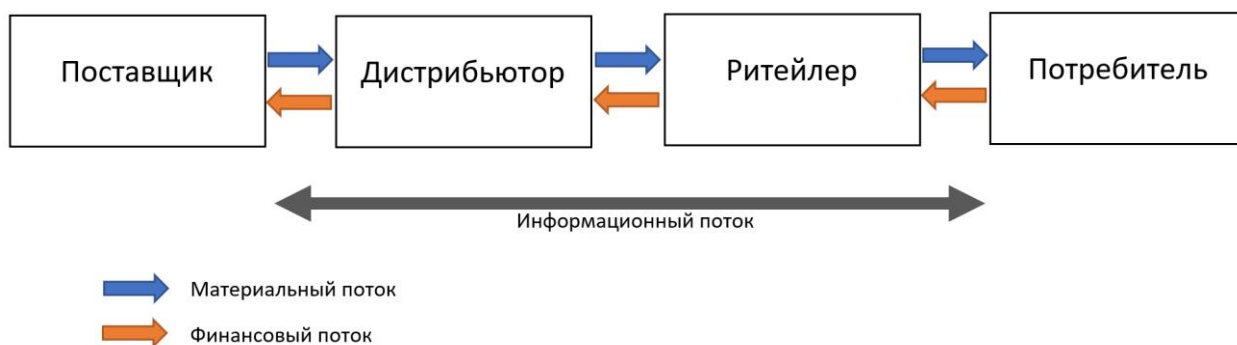


Рис. 1.3 Виды потоков в цепи поставок (Источник: составлено автором)

Для успешного функционирования любая цепь поставок нуждается в управлении. В настоящее время управление цепями поставок (УЦП) - отдельная функциональная область менеджмента. Функции управления цепями поставок (УЦП) постепенно смещаются от тактических и «бэк-офисных» к стратегическим. В современном мире УЦП становится драйвером капитализации компаний [Gomm, M.L., 2009]. В литературе существует множество определений понятия «управление цепями поставок». Ниже приведены некоторые из них:

- УЦП охватывает поток продукции от поставщика, сквозь производителя и каналы распределения к конечному покупателю [Oliver & Webber, 1982];
- УЦП — это управление сетью взаимосвязанных предприятий, участвующих в предоставлении продуктов и услуг, необходимых конечным потребителям. УЦП охватывает все процессы перемещения и хранения сырья, незавершенного производства и готовой продукции от места их происхождения до места потребления конечными потребителями [Harland, C.M., 1996];
- УЦП — это комплекс управленческих подходов и информационно-инструментальных средств, обеспечивающих эффективную интеграцию поставщиков, производителей, посредников и продавцов [Крылатков & Прилуцкая, 2019].

В большинстве научных работ термин УЦП включает в себя координацию исключительно материальных потоков. Только в последние десятилетия ученые и практики стали уделять отдельное внимание управлению финансовыми потоками, как важному элементу УЦП, способному увеличить совокупную прибыль участников цепи. Таким образом, термин УЦП стал включать в себя не только управление материальными потоками, но также и *управление финансовыми цепями поставок*.

Одним из наиболее известных авторов, способствовавших развитию теории управления финансовыми цепями поставок, является Э. Хофманн. По его мнению, область управления финансовыми цепями поставок расположена на пересечении областей логистики, УЦП, кооперации и финансов. Автор определяет термин «управление финансовыми цепями поставок» как подход для двух или более организаций к совместному созданию ценности посредством планирования, управления и контроля потока финансовых ресурсов на меж-организационном уровне [Hofmann, 2005]. По данным исследовательской компании Killen&Associates финансовая цепь поставок параллельна физической и представляет все операции, связанные с движением денежных средств с момента возникновения заказа клиента до предоставления ему конечного продукта [Weiss, 2012].

Оптимизация денежных потоков, возникающих в цепи поставок, способствует снижению капитала, «замороженного» в запасах и дебиторской задолженности. Грамотное управление финансовой цепью поставок является драйвером прибыльности и ликвидности всех компаний цепи.

1.2 Рабочий капитал и цикл оборачиваемости денежных средств

В этом параграфе описаны показатели эффективности управления финансовой цепью поставок.

В статье «Подход к управлению оборотным капиталом, ориентированный на цепь поставок» Э. Хофман и Г. Котзаб выделяют *рабочий капитал (РК)* как лучшую метрику эффективности управления финансовыми цепями поставок [E. Hofmann & H. Kotzab, 2010].

Рабочий капитал одновременно является одним из индикаторов ликвидности, операционной эффективности, а также краткосрочной финансовой позиции компании. Краткосрочная финансовая позиция в этом контексте относится к временному горизонту года или меньше [Emery & Finnerty, 1997].

Ученые и практики выделяют несколько способов расчета РК. Один из них предполагает, что РК состоит из 2-х частей: оборотных (текущих) активов и текущих обязательств. Минимизация РК происходит за счет сокращения оборотных активов и увеличения текущих обязательств [Ross, Westerfield, and Jaffe, 2005]. Данный способ представлен в (1.1):

$$\text{Рабочий капитал} = \text{Оборотные активы} - \text{Текущие обязательства} \quad (1.1)$$

В формуле (1.1) оборотные активы включают в себя дебиторскую задолженность, товарно-материальные запасы, денежные средства и высоколиквидные ценные бумаги.

Текущие обязательства включают в себя кредиторскую задолженность и краткосрочные ссуды [Owolabi & Alayemi, 2004].

Вторая формула расчета рабочего капитала состоит из трёх слагаемых: собственного капитала, долгосрочных обязательств и внеоборотных активов (1.2).

$$\text{РК} = \text{Собственный капитал} + \text{Долгосрочные обязательства} - \text{Внеоборотные активы} \quad (1.2)$$

Оба метода расчёта подходят для нахождения величины рабочего капитала.

Величина рабочего капитала может принимать положительные и отрицательные значения. Однако, нет универсальной рекомендации о необходимом знаке и значении величины РК.

Например, положительная величина РК означает, что компания в состоянии покрыть все свои краткосрочные обязательства за счет оборотных активов, а также имеет потенциал для дальнейшей бесперебойной работы. Однако, излишне высокое значение РК может означать, что часть активов компании «заморожена» и не инвестируется в развитие бизнеса.

Отрицательным РК становится, когда у компании величина заемных активов превышает величину собственных. В таком случае компания, как правило, имеет низкий уровень запасов или дебиторской задолженности. Исследователи утверждают, что чем ниже величина РК, тем больше у компании «высвобожденных» денежных средств, которые могут быть направлены на её развитие. Однако, для инвесторов низкий РК компании может означать риски возникновения её банкротства.

Невозможно подобрать универсальную для всех компаний величину РК. Каждому бизнесу необходимо самостоятельно определять наилучшее значение РК для поддержания эффективной работы.

РК не подходит для управления финансовой цепью поставок, так как рассчитывается для 1-й компании цепи. В литературе упоминается показатель, подходящий для управления всей цепью поставок, – **общий рабочий капитал (ОРК)** [Kuzmina & Zenkevich, 2020]. ОРК рассчитывается как сумма индивидуальных значений РК всех участников цепи поставок (Формула 1.3):

$$\text{ОРК} = \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^n \text{РК}_l^k, \quad (1.3)$$

где ОРК – общий рабочий капитал цепи поставок, l – уровень участника цепи поставок (например, поставщик - 1, дистрибьютор – 2, ритейлер - 3), k – число компаний на одном уровне, $РК_l^k$ – значение рабочего капитала участника k уровня l .

Управление общим рабочим капиталом – управление показателями, влияющими на величину ОКР, для достижения тактических и стратегических целей цепи поставок.

Одним из способов управления рабочим капиталом является сокращение времени, не добавляющего ценности [Christopher & Ryals, 1999]. Другими словами, сокращение времени с момента закупки производственных материалов до получения денежных средств за готовую продукцию. Для измерения этого промежутка времени используется показатель **цикл оборачиваемости денежных средств (ЦОДС)**, рассчитываемый по следующей формуле (1.4):

$$\text{ЦОДС} = \text{ПОЗ} + \text{ПОДЗ} - \text{ПОКЗ} = \frac{\text{Средний уровень запасов}_t \times t}{\text{Себестоимость продаж}_t} + \frac{\text{Среднее уровень ДЗ}_t \times t}{\text{Себестоимость продаж}_t} + \frac{\text{Среднее уровень КЗ}_t \times t}{\text{Выручка}_t}, \quad (1.4)$$

где ПОЗ – период оборачиваемости запасов в днях. ПОДЗ – период оборачиваемости дебиторской задолженности в днях. ПОКЗ – период оборачиваемости кредиторской задолженности в днях. t – временной промежуток, для которого рассчитывается оборачиваемость. Величины средних уровней запасов, ДЗ и КЗ, а также себестоимости и выручки должны соответствовать временному промежутку.

Графически показатель цикл оборачиваемости денежных средств, состоящий из трех частей (ПОЗ, ПОДЗ, ПОКЗ), можно представить в виде схемы (Рисунок 1.4):

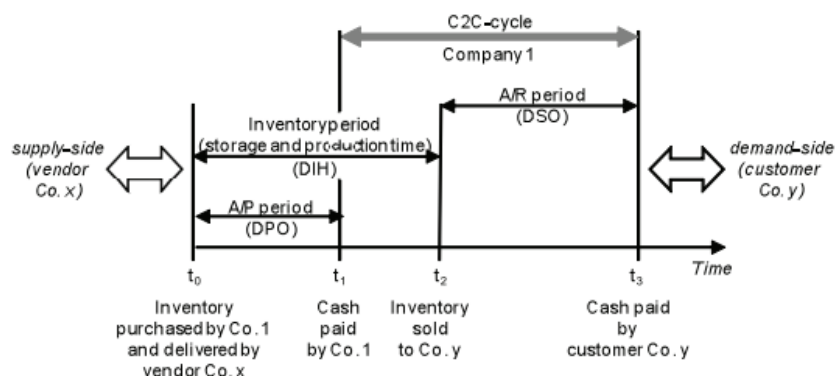


Рис. 1.4 Цикл оборачиваемости денежных средств для 1-ой компании (Источник: Hofmann & Kotzab, 2010)

Чтобы увеличить величину ЦОДС необходимо уменьшить период оборачиваемости кредиторской задолженности, а также увеличить периоды оборачиваемости дебиторской

задолженности и запасов. Для уменьшения показателя необходимо увеличивать период оборачиваемости кредиторской задолженности, и уменьшать периоды оборачиваемости дебиторской задолженности и запасов.

Показатель ЦОДС не подходит для измерения эффективности управления ОРК в цепи поставок. В работе «Подход к управлению рабочим капиталом, ориентированный на цепочку поставок» Э. Хофманн и Х. Котзаб утверждают, что в цепи поставок уменьшение показателя ЦОДС одного игрока происходит за счет увеличения этого же показателя у «соседнего» игрока. Например, увеличение ПОДЗ у поставщика происходит за счет увеличения ПОКЗ у покупателя. Следовательно, поставщик будет испытывать увеличение ЦОДС, в то время как покупатель – уменьшение. По этой причине был введен показатель измерения эффективности управления скоординированными финансовыми цепями поставок – *совместный цикл оборачиваемости денежных средств (СЦОДС)* [Hoffman & Kotzab, 2010].

СЦОДС рассчитывается как сумма индивидуальных ЦОДС всех членов цепи поставок. Формула расчета показателя представлена ниже:

$$\text{СЦОДС} = \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^n \text{ЦОДС}_l^k, \quad (1.5)$$

где l – уровень участника цепи поставок (например, поставщик - 1, дистрибьютор – 2, ритейлер - 3), k обозначает число компаний на одном уровне, ЦОДС_l^k – значение цикла оборачиваемости денежных средств участника k уровня l .

Графически СЦОДС можно представить следующим образом (рисунок 1.5):

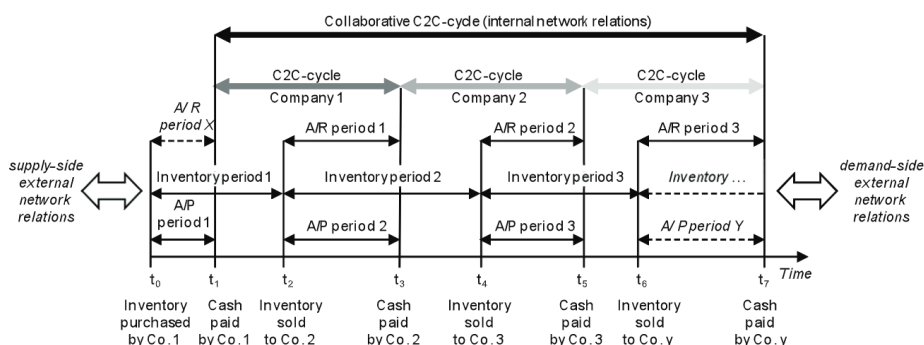


Рис. 1.5 Совместный цикл оборачиваемости денежных средств цепи поставок
(Источник: Hofmann & Kotzab, 2010)

Уменьшение ЦОДС и СЦОДС сокращает время, не добавляющее ценности => уменьшается время, в период которого капитал компании «заморожен» в активах, => уменьшаются затраты на содержание этого капитала.

В случае отдельной компании *затраты на рабочий капитал (ЗРК)* будут рассчитаны следующим образом (Формула (1.6):

$$\text{ЗРК} = \text{Запасы} * \left[(1 + \text{WACC})^{\frac{\text{ПОЗ}}{\tau}} - 1 \right] + \text{ДЗ} * \left[(1 + \text{WACC})^{\frac{\text{ПДЗ}}{\tau}} - 1 \right] + \text{КЗ} * \left[(1 + \text{WACC})^{\frac{\text{ПКЗ}}{\tau}} - 1 \right], \quad (1.6)$$

где WACC – средневзвешенная сумма капитала компании, ПОЗ – период оборачиваемости запасов, ПДЗ – период оборачиваемости дебиторской задолженности, ПКЗ – период оборачиваемости кредиторской задолженности.

Затраты на общий рабочий капитал (ЗОРК) цепи поставок рассчитываются сумма затрат на рабочий капитал всех компаний цепи (1.7).

$$\text{ЗОРК} = \sum_{l=1}^m \sum_{k=1}^n \text{ЗРК}_l^k, \quad (1.7)$$

где l – уровень участника цепи поставок (например, поставщик - 1, дистрибьютор - 2 или ритейлер - 3), k обозначает число компаний на одном уровне, ЗРК_l^k – рабочий капитал участника k уровня l .

Показатели ЦОДС и СЦОДС могут принимать положительные и отрицательные значения. Чем меньше значения ЦОДС и СЦОДС, тем меньше будут значения ЗРК и ЗОРК соответственно. Уменьшение любых общих затрат скоординированной цепи увеличивает её общую прибыль.

1.3 Многоцелевой характер управления общим рабочим капиталом

Вопрос баланса между ликвидностью и прибыльностью компании стоит перед научным и бизнес-сообществами уже несколько десятилетий. Проблемой менеджмента является разработка стратегии, которая будет одновременно обеспечивать необходимые уровни ликвидности и прибыльности для компании. Научно доказано, что между ликвидностью и прибыльностью существует отрицательная корреляция [Al-Qadi, Naim & Khanji, Ibrahim, 2018]. То есть, увеличение объема ликвидных активов ведет к уменьшению прибыли и наоборот.

Ликвидность – это способность активов быстро конвертироваться в денежные средства на рынке без потери первоначальной стоимости. Под ликвидными активами обычно подразумевают текущие активы компании (денежные средства, запасы, незавершенное производство, готовая продукция, а также дебиторская задолженность). Текущие активы относят к ликвидным, так как они могут быть конвертированы в денежные средства в течение одного года. У ликвидности есть несколько показателей измерения:

- Коэффициент текущей ликвидности, рассчитываемый как отношение текущих активов к текущим обязательствам компании;
- Коэффициент быстрой ликвидности, рассчитываемый как отношение текущих активов за вычетом запасов к текущим обязательствам компании;
- Цикл оборачиваемости денежных средств, подробнее о котором рассказано в Параграфе 1.2;

Нет универсального значения ЦОДС для всех компаний. Обычно компания самостоятельно определяет необходимый уровень показателя или же использует выявленные учеными *отраслевые интервалы ликвидности*. В работе «Ликвидность, цикл конвертации денежных средств и финансовые показатели: кейс российских компаний» Т. Гаранина и О. Петрова, проанализировав данные отчетности 720 компаний из 10 отраслей, выявили рекомендованные интервалы ЦОДС для каждой из отраслей. При попадании ЦОДС в отраслевой интервал компания может положительно оценивать свою ликвидность [Garanina & Petrova, 2015].

Прибыльность – способность проекта или фирмы приносить прибыль. В отличие от прибыли, прибыльность – относительная величина. Прибыльность измеряется с помощью нескольких показателей:

- 1) Чистая рентабельность, рассчитываемая как отношение чистой прибыли к выручке;
- 2) Рентабельность активов, рассчитываемая как отношение чистой прибыли к средней стоимости активов;
- 3) Рентабельность собственного капитала, рассчитываемая как отношение чистой прибыли к собственному капиталу организации;

В параграфе 1.2 также выделены показатели прибыльности компании и цепи поставок – ЗРК и ЗОРК соответственно. Однако в отличие от показателей рентабельности, ЗРК и ЗОРК имеют обратную зависимость от прибыльности. Это означает, что при увеличении значений ЗРК и ЗОРК уменьшается прибыльность и наоборот. Такая зависимость была проанализирована многими учеными. Например, Н. Ghodrati и J. Ghanbari в статье «Исследование о зависимости между рабочим капиталом и прибыльностью» посредством статистического анализа доказали обратную зависимость между величиной рабочего капитала и прибыльностью [Ghodrati, Ghanbari, 2014], об этой же зависимости говорили в своих работах ученые S. Vishnani и B. Shah [Vishnani & Shah, 2008], M. Sen и E. Oğuc [Sen & Oğuc, 2009] и многие другие.

Показатель общий рабочий капитал и связанные с ним величины (СЦОДС) влияют на два свойства, определяющие благосостояние цепи поставок: ликвидность и

прибыльность. Так как эти показатели разнонаправленные (увеличение одного ведет за собой уменьшение другого), задача управления ОРК в цепи поставок носит многоцелевой характер. Лица, принимающие решение о величине ОРК, всегда балансируют между желаемой величиной ликвидности участников цепи и её прибыльности.

На основе анализа выше, в основу разработки методики целевого управления ОРК будут положены следующие цели:

- 1) Уменьшение ЗОРК цепи поставок;
- 2) Попадание ЦОДС каждой компании цепи в соответствующий интервал ликвидности;

Наличие нескольких разнообразных конкурирующих целей управления ОРК делает управление этой величиной многокритериальной.

1.4 Современные инструменты управления рабочим капиталом

Ограниченная доступность классических способов финансирования во время кризиса 2007–2008 годов стала стимулом для многих компаний пересмотреть свои финансовые политики относительно привлечения заемных средств и сохранения желаемых уровней ликвидности и прибыльности. Именно в это время были разработаны и усовершенствованы финансовые инструменты управления рабочим капиталом, которые широко используются сегодня [Ivashina & Scharfstein, 2010].

Необходимость в финансовых инструментах у компаний-поставщиков возникает из-за того, что в среднем покупатели оплачивают отгруженные товары в течение 30-90 дней. Для ряда средних и малых компаний такая отсрочка платежа может поставить под угрозу возможность бесперебойного продолжения ведения бизнеса [Pike et al., 2005]. Финансовые инструменты применяются компаниями в качестве альтернативы банковским займам или выпуску облигаций, так как с помощью них можно достигнуть быстрого высвобождения капитала, «замороженного» в текущих активах, а также сокращения ЦОДС. Сокращение ЦОДС позволяет компаниям достигать желаемых уровней ликвидности при сокращении затрат на рабочий капитал [Kouvelis & Xu, 2020].

Описание финансовых инструментов можно найти в научных работах. Например, в статье [de Voer et al., 2015] авторы описывают и анализируют инструменты *обратного факторинга* и *динамического дисконтирования*. Эрик Хофман упоминает *финансирование запасов* [E. Hofmann, 2009]. Одна из работ Леоры Клаппер объясняет, какую роль играет *факторинг* в финансировании малого и среднего бизнеса [L. Klapper, 2006]. Группа исследователей во главе с Уильямом Марксом в одной из работ уделили

внимание *совместному управлению запасов* [G. Marques et al., 2008]. Краткое описание этих инструментов представлено в Таблица 1.1.

Таблица 1.1 Описание основных финансовых инструментов

Название инструмента	Название на английском	Краткое описание	Преимущества инструмента
Факторинг	Factoring	Факторинг – финансовая услуга с помощью которой поставщик товаров и услуг получает мгновенную оплату за товар, реализованный с отсрочкой платежа. Как правило, инициатором факторинга выступает поставщик.	<ul style="list-style-type: none"> - сокращение срока погашения дебиторской задолженности для поставщика; - удлинение срока погашения кредиторской задолженности для покупателя; - возможность более гибкого взаимодействия между покупателем и продавцом;
Обратный факторинг	Reverse factoring	При обратном факторинге используется такой же механизм взаимодействия между покупателем и поставщиком, как и при факторинге. Основное различие между этими инструментами - инициатором обратного факторинга является покупатель (имея более сильную финансовую позицию).	<ul style="list-style-type: none"> - уменьшение ставки кредитования поставщика за счет стабильного финансового положения покупателя; - сокращение срока погашения дебиторской задолженности поставщика; - удлинение срока погашения кредиторской задолженности покупателя; - улучшение долгосрочных отношений поставщика и покупателя; - повышение прозрачности в ЦП;
Динамическое дисконтирование	Dynamic discounting	Соглашение между поставщиком и покупателем об условиях ранней оплаты счетов покупателем в обмен на финансовый бонус от поставщика. Размер бонуса зависит от срока ранней оплаты.	<ul style="list-style-type: none"> - win-win ситуация для поставщика и покупателя: покупатель получает возможность уменьшить себестоимость продукции, в то время как поставщик сокращает время получения дебиторской задолженности; - более гибкие условия для покупателя; - повышение прозрачности в ЦП;
Финансирование запасов	Inventory financing	Краткосрочный кредит, предоставляющийся компании под залог её запасов.	<ul style="list-style-type: none"> - «высвобождение» части активов, замороженных в запасах; - краткосрочное кредитование позволяет гибко реагировать на волатильность среды; - повышение прозрачности в ЦП;
Совместное управление запасами	Vendor-managed inventory	Соглашение между поставщиком и покупателем, при котором поставщик получает информацию о наличии товара у клиента. На основе этих данных поставщик самостоятельно прогнозирует сроки и объемы поставок.	<ul style="list-style-type: none"> - снижение риска нехватки запасов товаров у покупателя; - снижение уровней запасов у покупателя и у поставщика; - повышение прозрачности в ЦП;

Данный список финансовых инструментов не конечен. На основе интервью с финансовыми директорами крупных и средних компаний было выявлено, что вышеперечисленные инструменты используются наиболее часто.

Для моделирования в рамках данной работы было выбрано 2 финансовых инструмента: обратный факторинг и финансирование запасов.

Обратный факторинг. Леора Клаппер – один из первых авторов, подробно описавших концепцию обратного факторинга. Её работа [L. Klapper, 2006] даёт подробное объяснение концепции обратного факторинга, а также преимуществ этой концепции относительно факторинга.

Согласно данной статье, обратный факторинг – финансовое соглашение между поставщиком, покупателем и фактором, при котором поставщик с дисконтом продает свою дебиторскую задолженность фактору для быстрого получения денежных средств. Основное различие между инструментами факторинга и обратного факторинга – инициатором обратного факторинга является покупатель, имеющий более сильную финансовую позицию [L. Klapper, 2006].

Процесс обратного факторинга заключается в следующем.

- 1) Заключение договора купли-продажи между поставщиком и покупателем;
- 2) Заключение договора обратного факторинга между поставщиком, покупателем и фактором;
- 3) Продажа поставщиком выставленного покупателю счета фактору;
- 4) Раннее погашение части дебиторской задолженности поставщика за вычетом премии фактором;
- 5) Погашение покупателем дебиторской задолженности фактору в указанный в договоре срок;
- 6) Погашение остатка дебиторской задолженности поставщика фактором.

Как и у любого финансового инструмента, у обратного факторинга есть положительные и отрицательные аспекты применения (Таблица 1.2).

Таблица 1.2 Положительные и отрицательный аспекты применения обратного факторинга (Источник: de Boer et al., 2015)

	Положительные аспекты	Отрицательные аспекты
Для поставщика	Уменьшение периода погашения ДЗ;	Сложность решения между «быстрым» или «дешевым» капиталом для поставщика;
	Уменьшение ставки кредитования поставщика за счёт проверки финансового состояния покупателя фактором;	Неполное понимание механизма обратного факторинга некоторых компаний может привести к неправильному расчету финансовых выгод при изменении условий рынка (например, при изменении ставок безрисковых ставок);
		Иногда обратный факторинг может привести к дополнительным непредвиденным расходам для поставщика (например, к затратам на изменение операционных процессов);
Для покупателя	Покупатель увеличивает срок погашения кредиторской задолженности;	Необходимость изменения текущих процессов и внедрения новых способов работы;
	Покупатель может потребовать от поставщика скидку за товар, поскольку обратный факторинг приводит к снижению стоимости финансирования для поставщика;	Затраты на внедрение обратного факторинга;
	Покупатель может стратегически помочь поставщикам предоставить финансирование без увеличения периода выплаты КЗ, что повышает вероятность долгосрочного сотрудничества между поставщиком и покупателем;	
Для поставщика факторинговых услуг (банка или 3PL оператора)	Получение прибыли за предоставление услуги обратного факторинга;	Необходимость крупных инвестиций в технологические платформы для проведения обратного факторинга;
	Предоставление услуги обратного факторинга позволяет 3PL оператору устанавливать отношения с небольшими игроками и предлагать им дополнительные услуги;	Риск мошенничества, а также возникновения юридических проблем, связанных со «слабым» поставщиком [Klapper, 2005];
Для цепи поставок	Увеличение прозрачности транзакций между поставщиком и покупателем за счет использования информационный платформы для обратного факторинга;	

Финансирование запасов

Финансирование запасов – менее распространенный финансовый инструмент по сравнению с факторингом и обратным факторингом [Hofmann, 2009]. Однако, данный

инструмент может значительно улучшить краткосрочное финансовое состояние игроков цепи поставок. Исследователь финансовых цепей поставок Эрик Хофманн в статье «Финансирование запасов в цепях поставок. Подход 3PL оператора» приводит подробное описание процесса финансирования запасов между участниками цепи поставок.

Хофманн определяет финансирование запасов как соглашение между поставщиком, покупателем и 3PL оператором, при котором 3PL оператор покупает запасы (материалы, незавершенное производство или готовую продукцию) у поставщика и получает временное юридическое право собственности на них до продажи клиентам поставщика. При таком соглашении покупатель обязуется купить товар у 3PL оператора вместо поставщика.

В данной концепции 3PL оператор выполняет сразу несколько функций. Во-первых, он выступает в роли логистического оператора, то есть предоставляет транспортные, погрузочно-разгрузочные и складские услуги. Во-вторых, 3PL оператор финансирует запасы поставщика, получая за это денежную премию [Hofmann, 2009].

В работе «Финансовые цепи поставок, их практическое применение и стратегическая ценность» Рональд де Бозер и др. описывают процесс финансирования поставщиков [de Boer et al., 2015]:

- 1) Покупатель заказывает товар у поставщика;
- 2) Поставщик принимает заказ, информирует о нем 3PL оператора и поручает ему транспортировать товар;
- 3) 3PL оператор оплачивает поставщику часть товара либо весь товар полностью;
- 4) 3PL оператор доставляет товару покупателю;
- 5) Покупатель принимает товар;
- 6) Покупатель платит за полученный товар 3PL оператору в указанный в договоре срок;
- 7) 3PL оператор оплачивает поставщику оставшуюся часть стоимости запасов, при условии, что ранний платеж был менее 100% стоимости отгруженного товара.

В Таблица 1.3 описаны положительные и отрицательные стороны данного инструмента для всех участников соглашения.

Таблица 1.3 Положительные и отрицательный аспекты применения финансирования запасов (Источник: de Boer et al., 2015)

	Положительные аспекты	Отрицательные аспекты
Для поставщика	Высвобождение средств, «замороженных» в запасах	Зачастую стоимость финансирования запасов выше, чем стоимость обычного кредитования
	Эффективный способ получения капитала без полного полагания на финансовую историю	Риск отказа поставщика от выкупа товара
Для покупателя	Удлинение срока погашения кредиторской задолженности	
Для 3PL оператора	Возможность получения дополнительной прибыли за счет финансирования запасов	Риск отказа поставщика от выкупа товара
	Услуга финансирования запасов расширяет список услуг оператора => повышает его привлекательность для поставщиков и покупателей	Сложность юрисдикции некоторых стран не всегда обеспечивает безопасность 3PL оператора как кредитора

Выводы по Главе 1

В 21 веке цепи поставок играют важную роль для успешного функционирования всего бизнеса [Mangrulkar et al., 2022]. В Главе 1 представлен *краткий анализ научно-исследовательской литературы* на тему определения цепи поставок и её компонентов [Lambert et al., 1998; Chopra & Meindl, 2007; Chen & Paulraj, 2004]. Результат анализа литературы - выявление недостатка исследований области финансовых цепей поставок [Hofmann, 2005; Weiss, 2012]. Данная ВКР будет сфокусирована именно на исследовании финансовых цепей поставок.

Общий рабочий капитал (ОРК) – распространенный показатель оценки эффективности управления финансовыми цепи поставок. Совместный цикл оборачиваемости денежных средств (СЦОДС) также рассматривается менеджерами при оценке деятельности цепи поставок [Hofmann & Н. Kotzab, 2010]. Для каждой отрасли существует рекомендованный интервал ликвидности, попадая в который, компания может положительно оценивать свою ликвидность [Garanina & Petrova, 2015]. Уменьшение СЦОДС позволит скоординированной цепи поставок сократить время, не добавляющее ценности или же сократить время, в период которого ОРК «заморожен» в активах. Как следствие, уменьшаются затраты на содержание ОРК в цепи поставок. Уменьшение любых общих затрат в скоординированной цепи поставок означает увеличение её общей прибыли, а также прибыли каждого члена, в частности.

Компании «балансируют» между различными целями бизнеса. С одной стороны, главная цель любой цепи поставок – получение прибыли, поэтому компании стремятся

максимально сократить СЦОДС для уменьшения затрат на ОРК. С другой стороны, СЦОДС не может сокращаться бесконечно, так как показатели каждого участника цепи должны попадать в интервалы ликвидности. Данные заключения, подробнее представленные в Параграфе 1.3, *обосновывают многоцелевой характер управления РК* в финансовой цепи поставок [Vishnani & Shah, 2008;].

Параграф 1.4 посвящен *исследованию современных финансовых инструментов* управления рабочим капиталом и ЦОДС. Финансовые инструменты используются для того, чтобы уменьшить кассовый разрыв, высвободить активы, «замороженные» в РК, и, как следствие, уменьшить затраты на рабочий капитал [Ivashina & Scharfstein, 2010; Pike et al., 2005]. На основе сравнительного анализа финансовых инструментов для дальнейшего исследования были выбраны: финансирование запасов и обратный факторинг [de Boer et al., 2015].

ГЛАВА 2. МЕТОДИКА ЦЕЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ РАБОЧИМ КАПИТАЛОМ В ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

2.1 Анализ математических методов многокритериальной оптимизации

Многие реальные проблемы, такие как проблема управления ОРК в цепи поставок, включают в себя несколько обычно конкурирующих задач, которые необходимо решать одновременно. В математической постановке таких задач фигурируют несколько целевых функций. Задачи, имеющие несколько конкурирующих между собой целей, решаются с помощью метода *многокритериальной оптимизации*. Многокритериальная оптимизация позволяет найти эффективные (оптимальные) значения, которые одновременно удовлетворяют нескольким критериям [Khabarova, 2013]. Эффективные решения в литературе называют Парето-оптимальными. В результате решения многокритериальной задачи таких решений может быть несколько или даже бесконечное множество. Ниже представлена математическая постановка задачи многокритериальной оптимизации (формула 2.1):

$$\text{найти: } \mathbf{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T, \quad (2.1)$$

$$\text{который минимизирует функцию: } \mathbf{F}(\mathbf{x}) = [F_1(\mathbf{x}), F_2(\mathbf{x}), \dots, F_k(\mathbf{x})]^T$$

$$\text{при ограничениях: } g_j(\mathbf{x}) \leq 0; j = 1, 2, \dots, m$$

$$h_l(\mathbf{x}) = 0; l = 1, 2, \dots, e,$$

где $\mathbf{x} \in E^n$ – вектор переменных задачи x_n , n – число переменных, $\mathbf{F}(\mathbf{x}) \in E^k$ – вектор целевых функций $F_i(\mathbf{x})$, k – количество целевых функций, $g_j(\mathbf{x})$ – активное ограничение, m – количество активных ограничений, $h_l(\mathbf{x})$ – неактивные ограничения, e – количество неактивных ограничений.

Ограничения, представленные в (2.2), определяют область допустимых решений \mathbf{X} для решения многокритериальной задачи:

$$\mathbf{X} = \{\mathbf{x} | g_j(\mathbf{x}) \leq 0; j = 1, 2, \dots, m; \text{ and } h_l(\mathbf{x}) \leq 0; l = 1, 2, \dots, e\}. \quad (2.2)$$

Решением многокритериальной задачи является множество Парето-оптимальных решений. В литературе такое множество также называют *эффективным множеством* [Dunford et al., 2014]. Для определения Парето-оптимальности решения можно воспользоваться следующим выражением: решение $x^* \in X$ называется Парето-

оптимальным, если не существует другого решения $x \in X$, для которого $F_i(x) \geq F_i(x^*)$, для всех $i = 1, 2, \dots, k$ и существует номер i_0 такой, что $F_{j_0}(x) > F_{j_0}(x^*)$.

Лицо, выбирающее наилучшее для конкретной ситуации решение из множества Парето-оптимальных, называется *лицом, принимающее решение (ЛПР)*. Решение многокритериальной задачи часто сводится к помощи лицу, принимающему решение, выбора наиболее подходящего Парето-оптимального решения из эффективного множества.

Необходимость выбора наиболее подходящего решения из эффективного множества стала драйвером для появления множества методов многокритериальной оптимизации.

Согласно Оду и Чарльз-Оваба существует 3 типа методов многокритериальной оптимизации с точки зрения изложения предпочтений ЛПР: методы с априорным изложением предпочтений, методы с апостериорным изложением предпочтений, методы без изложения предпочтений [Odu & Charles-Owaba, 2013].

1 тип: *Методы с априорным изложением предпочтений* предполагают, что ЛПР приоритизирует цели задачи до процесса моделирования.

2 тип: *Методы с апостериорным изложением предпочтений* предполагают, что ЛПР не может однозначно приоритизировать целевые функции модели. Поэтому данная группа методов позволяет ЛПР выбрать решение из ряда возможных в результате моделирования, в которое были предположительно заложены его предпочтения.

3 тип: *Методы без изложения предпочтений* предполагают, что ЛПР не совсем не может приоритизировать цели задачи. Следовательно, данная группа методов не требует какого-либо определения предпочтений [Odu & Charles-Owaba, 2013].

В данной работе будет использоваться метод с априорным изложением предпочтений. В приложении 1 представлена сравнительная характеристика методов многокритериальной оптимизации данного типа.

На основе сравнения альтернативных методов многокритериальной оптимизации был выбран метод *целевого программирования*. Данный метод признан одним из наиболее точных и эффективных для решения реальных проблем, так как он отражает процесс принятия решений в действительности [Ignizio, 1985].

2.2 Методика целевого программирования

Целевое программирование является одним из первых разработанных методов для решения проблем с несколькими целями. Концепция впервые была представлена в 1955 году учеными Чеймсом, Купером и Фергюсоном [Lee & Olson, 1999]. Сегодня метод активно применяется в решении различного рода управленческих задач, так как он интуитивно понятен руководителям. Менеджеры уже давно вовлечены в процесс

постановки целей, которые требуют стратегического подхода. Менеджеры также умеют составлять планы, которые неосуществимы в том смысле, что все поставленные цели не могут быть достигнуты одновременно [Kacem et al., 2021].

Перед применением метода целевого программирования, ЛПР должен понимать относительную важность целей друг к другу. Более того, ЛПР должен знать *желаемые значения* каждой целевой функции. После решения такой задачи ЛПР получает эффективное решение, как наиболее подходящее его набору предпочтений среди всего эффективного множества. [Taha, 2005].

В качестве примера представим, что ЛПР желает минимизировать целевую функцию ((2.3):

$$\min z = \min(c_1x_1 + \dots + c_kx_n), \quad (2.3)$$

где $z = (c_1x_1 + \dots + c_kx_n)$ – целевая функция, c_i – параметр этой функции, k – количество параметров, x_j – переменная задачи, n – количество переменных.

ЛПР также знает максимально возможное значение целевой функции или же желаемое значение функции ((2.4)

$$c_1x_1 + \dots + c_kx_n \leq g, \quad (2.4)$$

где g – желаемое значение функции для ЛПР.

В задачах целевого программирования функции вида Формулы 2.4, называются *целями* [Ogryszak & Lahoda, 1992]. Как правило, цели обычно формулируются в виде ограничений со знаками « \leq » и « \geq ».

Отличием целевого программирования от других методов многокритериальной оптимизации является включение в модель отклоняющихся переменных d_i^+ , d_i^- .

- d_i^+ - переменная избытка, показывает, на сколько значение, полученное в ходе оптимизации, больше желаемого уровня ЛПР;
- d_i^- - переменная недостатка, показывает, на сколько значение, полученное в ходе оптимизации, меньше желаемого уровня ЛПР.

Переменные отклонения от цели никогда не принимают отрицательные значения. Также включение переменных отклонений от цели преобразуют «жесткое» ограничение (Формула 2.4) в «мягкое» ограничение (Формула (2.5)). «Мягкими» ограничения становится, так как могут быть удовлетворены при любом исходе задачи. Правильно подобранные оптимизатором величины избытка (d_i^+) или недостатка (d_i^-) гарантируют выполнение ограничений в (2.5) [Edelkamp & Schrödl, 2012].

$$c_1x_1 + \dots + c_kx_n + d^- - d^+ = g, \quad (2.5)$$

где d^- - переменная недостатка значения целевой функции до желаемого уровня, определенного ЛПР. d^+ - переменная избытка значения целевой функции до желаемого уровня, определенного ЛПР. Таким образом, изменение величин избытка и недостатка всегда будут обеспечивать выполнение данного ограничения.

Для того, чтобы значение целевой функции было максимально приближенно к желаемому уровню, необходимо минимизировать переменные отклонений. В целевом программировании цель можно считать достигнутой, если соответствующая переменная отклонения от цели (или сумма 2-х переменных) равняется 0. Разным видам целевых функций соответствуют разные способы минимизации переменных отклонения от цели (Таблица 2.1) [Orumie & Ebong, 2013].

Таблица 2.1 Виды целевых функций и способы их оптимизации (Источник: Orumie & Ebong, 2013)

Вид целевой функции	Форма записи целевой функции в виде «жесткого» ограничения	Способ минимизации переменных отклонений
$c_1x_1 + \dots + c_kx_n \geq g$	$c_1x_1 + \dots + c_kx_n + d^- - d^+ = g$	d^-
$c_1x_1 + \dots + c_kx_n \leq g$	$c_1x_1 + \dots + c_kx_n + d^- - d^+ = g$	d^+
$c_1x_1 + \dots + c_kx_n = g$	$c_1x_1 + \dots + c_kx_n + d^- - d^+ = g$	$d^- + d^+$

В литературе существует понятие *функции достижения* (achievement function). Функция достижения - функция, измеряющая степень минимизации всех переменных отклонений от целей в задаче [Romero, 2004]. В зависимости от вида функции достижения, выделяют два типа методов целевого программирования: *метод приоритетов* (оптимизация ведется последовательно в порядке убывания важностей целей) и *метод весовых коэффициентов* (оптимизация ведется относительно обобщенной целевой функции) [Taha, 2005].

Метод приоритетов заключается в последовательной минимизации переменных отклонений от цели. При том, что минимизация отклонения менее приоритетной цели не может повлиять на результат оптимизации переменной отклонения более приоритетной цели. В общей форме функция достижения для метода приоритетов можно записать следующим образом ((2.6):

$$\min z = \min\{P_1d_1^-, P_2d_2^+\}, \quad (2.6)$$

где P_1 – обозначение того, что первый приоритет присвоен переменной отклонения от желаемого уровня d_1^- . P_2 – обозначение того, что второй приоритет присвоен переменной отклонения от желаемого уровня d_2^+ [Taha, 2005].

Метод весовых коэффициентов заключается в том, что каждой цели присваивается весовой коэффициент. Чем больше коэффициент, тем важнее цель для ЛПП. В общей форме функция достижения для метода приоритетов можно записать следующим образом ((287):

$$\min(P_1 d_1^- + P_2 d_2^+), P_1 > P_2, \quad (287)$$

где P_1 – вес, присвоенный переменной отклонения от желаемого уровня d_1^- для 1-й цели, P_2 – вес, присвоенный переменной отклонения от желаемого уровня d_2^+ для 2-ой цели. Часто сумма коэффициентов всех целей равняется одному, но это необязательно условие, например, когда значения целевых функций имеют разные размерности [Taha, 2005].

В данной ВКР для моделирования будет использован метод приоритетов, так как он лучше иллюстрирует логику менеджеров, принимающих решения. Дело в том, что присвоения коэффициентов зачастую может стать большой проблемой для менеджмента, так как величины коэффициентов субъективны [Kasem et al., 2021].

2.3 Модели целевой оптимизации и управления общим рабочим капиталом

В данном пункте рассматривается применение методики целевого программирования для управления ЗОРК в дистрибутивной цепи поставок **для одного периода**. Ниже предполагается, что финансовые показатели (З, ДЗ, КЗ) принимают значения оптимизируемого периода.

Дистрибутивная цепь поставок – совокупность каналов, используемых для доставки товаров до их конечного потребителя. Центральным игроком в такой цепи поставок выступает дистрибьютор, который взаимодействует с поставщиками и ритейлерами (Рис. 2.1). Дистрибутивная цепь не отвечает за производство продукта, а только за транспортировку и хранение в процессе его доставки до конечного потребителя [Hamoudi et al., 2021].

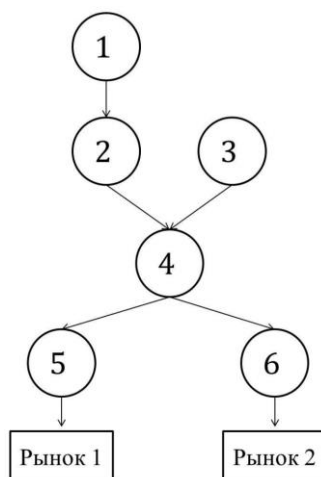


Рис. 2.1 Пример дистрибутивной цепи поставок (Источник: составлено автором)

На графе выше, узлы 1, 2, 3 обозначают поставщиков товаров/услуг, узел 4 – дистрибьюторов, узлы 5, 6 – ритейлеров.

Дистрибутивная цепь поставок выбрана для моделирования по нескольким причинам:

- 1) В дистрибутивной цепи нет производственной стадии, что упрощает процесс моделирования, так как расчеты финансовых показателей в производственных компаниях требуют большого количества факторов к рассмотрению;
- 2) Обычно дистрибутивная цепь включает в себя один продукт, в то время как производственная – несколько продуктов [Meur & Stadtler, 2005].

В основе методики целевого управления ОРК лежит концепция совместного цикла оборачиваемости денежных средств (СЦОДС), подробно описанная в Параграфе 1.2 Рабочий капитал. Для обозначения принадлежности игрока к функциональной группе (поставщик/дистрибьютор/ритейлер) используется коэффициент l . Значение 1 коэффициента l означает, что участник ЦП под этим коэффициентом – поставщик, 2 – дистрибьютор, 3 – ритейлер. Так как количество компаний в каждой функциональной группе может быть различно, вводится коэффициент k . Значения этого коэффициента находятся на промежутке от 1 до K_l ($k = \overline{1, K_l}$), K_l различна в каждой функциональной группе. Таким образом, математически СЦОДС, рассчитываемый на основе индивидуальных значений ЦОДС (2.9), можно записать следующим образом (2.8):

$$\text{СЦОДС} = \sum_{l=1}^3 \sum_{k=1}^{K_l} \text{ЦОДС}_l^k \quad (2.8)$$

$$\text{ЦОДС}_l^k = \text{ПОЗ}_l^k + \text{ПОДЗ}_l^k - \text{ПОКЗ}_l^k, \quad (2.9)$$

где СЦОДС – совместный цикл оборачиваемости денежных средств, ЦОДС_l^k – цикл оборачиваемости денежных средств компании *k*, принадлежащей к функциональной группе *l*. ПОЗ_l^k, ПОДЗ_l^k, ПОКЗ_l^k – периоды оборачиваемости запасов, дебиторской и кредиторской задолженностей соответственно для участника цепи поставок *k*, принадлежащего к функциональной группе *l*.

Способом управления рабочим капиталом является сокращение времени, не добавляющего ценности [Christopher, Ryals, 1999]. Сократить время, не добавляющее ценность, можно с помощью сокращения величины ЦОДС для конкретных игроков или же сокращения величины СЦОДС для цепи поставок. Достичь значительного уменьшения величин показателей помогают финансовые инструменты. В параграфе 1.4 Современные инструменты управления рабочим капиталом подробно описаны современные инструменты управления рабочим капиталом. В рамках данной работы было выбрано 2 инструмента: финансирование запасов и обратный факторинг. Влияние этих инструментов на ЦОДС участников цепи описано ниже.

В качестве первого инструмента для оптимизации величины рабочего капитала был выбран инструмент *финансирование запасов*. Данный инструмент применяется в парах поставщик-дистрибьютор. Э. Хофманн определяет финансирование запасов как соглашение между поставщиком, покупателем и 3PL оператором, при котором 3PL оператор покупает запасы (материалы, незавершенное производство или готовую продукцию) у поставщика и получает временное юридическое право собственности на них до продажи клиентам поставщика. При данном соглашении покупатель обязуется купить товар у 3PL оператора вместо поставщика [Hofmann, 2009]. 3PL оператор будет покупать только часть запасов у поставщика. 3PL оператору потребуется 2 дня после производства товара, чтобы забрать его у поставщика. Товар, полученный от 3PL оператора, будет храниться у дистрибьютора не менее 2-х дней, чтобы продать этот товар дальше по цепи поставок [Gelsomino & Steeman, 2017]. В связи с этим ПОЗ поставщика (2.10) и ПОЗ дистрибьютора (2.11) будут рассчитываться следующим образом:

$$\text{ПОЗ}_1^k = x_1^k \times 2 + \text{ПОЗ}_1^{0k} \times (1 - x_1^k), k = (1, N) \quad (2.10)$$

$$\text{ПОЗ}_2 = \sum_{k=1}^N (x_1^k \times 2 + (1 - x_1^k) \times (\text{ПОЗ}_2^0 \times \omega_1^k)), \sum_{k=1}^N \omega_1^k = 1, \quad (2.11)$$

где $ПОЗ_1^k$ – период оборачиваемости запасов поставщика k , x_1^k – доля продукции, поставляемая от поставщика k дистрибьютору через 3PL оператора, $ПОЗ_1^{0k}$ – период оборачиваемости запасов поставщика k до оптимизации, $ПОЗ_2$ – период оборачиваемости запасов дистрибьютора, $ПОЗ_2^0$ – период оборачиваемости запасов дистрибьютора до оптимизации, ω_1^k – доля поставки товаров от поставщика k от объема общих поставок товаров от всех поставщиков.

Применение финансирования запасов между поставщиком и дистрибьюторами оказывает влияние не только периоды оборачиваемости запасов этих участников цепи, но и на периоды оборачиваемости дебиторской задолженности поставщиков, а также на период оборачиваемости кредиторской задолженности у дистрибьютера. На этом этапе построения модели необходимо обратить внимание на несколько параметров применения инструмента финансирование запасов. 3PL оператору понадобится 10 дней для того, чтобы заплатить за товар поставщику. Дистрибьютор заплатит 3PL оператору за приобретенные товары через 30 дней.

На ПОДЗ поставщика и ПОКЗ дистрибьютора будет влиять не только финансирование запасов, но и обратный факторинг. При применении обратного факторинга только часть дебиторской задолженности поставщика будет погашена ранним платежом факторинговой компании. Остальная часть ДЗ будет погашена дистрибьютором в срок, указанный в контракте. Известно, что срок раннего погашения дебиторской задолженности поставщика факторинговой компанией равен 3-м дням. Срок погашения оставшейся части дебиторской задолженности дистрибьютором является переменной оптимизационной модели.

Формулы расчета периода оборачиваемости дебиторской задолженности поставщиков (2.12) и периода оборачиваемости кредиторской задолженности дистрибьютора (2.13) представлены ниже:

$$ПОДЗ_1^k = x_1^k \times (x_1^k \times 10 + (1 - x_1^k) \times ПОДЗ_1^{0k}) + (1 - x_1^k) \times (y_1^k \times 3 + (1 - y_1^k) \times P_2^k), k = (1, N), \quad (2.12)$$

$$ПОКЗ_2 = \sum_{k=1}^N (x_1^k \times (x_1^k \times 30 + (1 - x_1^k) \times ПОКЗ_1^{0k}) + (1 - x_1^k) \times P_2^k), \quad (2.13)$$

где $ПОДЗ_1^k$ – период оборачиваемости дебиторской задолженности поставщика k , x_1^k – доля продукции, поставляемая от поставщика k дистрибьютору через 3PL оператора, $ПОДЗ_1^{0k}$ – период оборачиваемости дебиторской задолженности поставщика k до оптимизации, y_1^k – доля раннего платежа факторинговой компании поставщику k , $ПОКЗ_2$ – период оборачиваемости кредиторской задолженности дистрибьютера, $ПОКЗ_2^0$ – период

оборачиваемости кредиторской задолженности дистрибьютера до оптимизации, P_2^k – срок погашения кредиторской задолженности дистрибьютера поставщиком k , указанный в контракте.

После применения финансовых инструментов в паре поставщик-дистрибьютор необходимо также применить их в парах дистрибьютор-ритейлер. Однако, в этих парах будет применен только обратный факторинг. Ввиду большого количества конечных потребителей, непосредственно связанных с ритейлерами, спрос на их конечную продукцию может быть крайне неравномерным. Этот факт делает невозможным заказ ритейлеров определённого количества продукции в определённый момент времени у 3PL. В результате, период оборачиваемости дебиторской задолженности дистрибьютора, а также периоды оборачиваемости запасов и периоды оборачиваемости кредиторской задолженности ритейлеров не будут затронуты финансированием запасов.

Инструмент обратного факторинга в парах дистрибьютор-ритейлер будет влиять на период оборачиваемости дебиторской задолженности дистрибьютора (2.14) и на период оборачиваемости кредиторской задолженности ритейлеров (2.15).

$$\text{ПОДЗ}_2 = \sum_{k=1}^M (z_3^k \times 3 + (1 - z_3^k) \times P_3^k) \quad (2.14)$$

$$\text{ПОКЗ}_3^k = P_3^k, k = (1, M) \quad (2.15)$$

где ПОДЗ_2 - период оборачиваемости дебиторской задолженности дистрибьютора, z_3^k - доля раннего платежа факторинговой компании дистрибьютеру k , ПОКЗ_3 - период оборачиваемости кредиторской задолженности ритейлера, P_3^k - срок погашения кредиторской задолженности ритейлера k по контракту, M – количество ритейлеров.

Стоит упомянуть показатели оборачиваемости, которые не изменятся после оптимизации: период оборачиваемости кредиторской задолженности поставщика, периоды оборачиваемости запасов и дебиторской задолженности дистрибьютора ((2.16), (2.17), (2.18)).

$$\text{ПОКЗ}_1^k = \text{ПОКЗ}_1^{0k}, k = (1, N), \quad (2.16)$$

$$\text{ПОЗ}_3^k = \text{ПОЗ}_3^{0k}, k = (1, M) \quad (2.17)$$

$$\text{ПОДЗ}_3^k = \text{ПОДЗ}_3^{0k}, k = (1, M) \quad (2.18)$$

где ПОЗ_3^k - период оборачиваемости запасов ритейлера k , ПОЗ_3^{0k} - период оборачиваемости запасов ритейлера k до оптимизации, ПОКЗ_1^k - период оборачиваемости кредиторской

задолженности поставщика k , $ПОКЗ_1^{0k}$ - период оборачиваемости кредиторской задолженности поставщика k до оптимизации, где $ПОДЗ_3^k$ - период оборачиваемости дебиторской задолженности ритейлера k , $ПОЗ_3^{0k}$ - период оборачиваемости дебиторской задолженности ритейлера k до оптимизации. N – количество поставщиков, M – количество ритейлеров.

В Таблица 2.2 представлено влияние финансовых инструментов на составляющие индивидуальных ЦОДС (ПОЗ, ПОДЗ, ПОКЗ) участников цепи поставок. Прочерк в таблице означает, что инструмент никак не влияет на величину составляющей (в этом случае величина показателя после оптимизации равняется величине показателя до оптимизации).

Таблица 2.2 Влияние финансовых инструментов на составляющие ЦОДС

	Финансирование запасов	Обратный факторинг
$ПОЗ_1^k$	$ПОЗ_1^k = x_1^k \times 2 + ПОЗ_1^{0k} \times (1 - x_1^k)$	—
$ПОДЗ_1^k$	$ПОДЗ_1^k = x_1^k \times (x_1^k \times 10 + (1 - x_1^k) \times ПОДЗ_1^{0k}) + (1 - x_1^k) \times (y_1^k \times 3 + (1 - y_1^k) \times P_2^k)$	
$ПОКЗ_1^k$	—	—
$ПОЗ_2^k$	$ПОЗ_2 = \sum_{k=1}^N (x_1^k \times 2 + (1 - x_1^k) \times (ПОЗ_2^0 \times \omega_1^k))$	—
$ПОДЗ_2^k$	—	$ПОДЗ_2 = \sum_{k=1}^M (z_3^k \times 3 + (1 - z_3^k) \times P_3^k)$
$ПОКЗ_2^k$	$ПОКЗ_2 = \sum_{k=1}^N (x_1^k \times (x_1^k \times 30 + (1 - x_1^k) \times ПОКЗ_1^{0k}) + (1 - x_1^k) \times P_2^k)$	
$ПОЗ_3^k$	—	—
$ПОДЗ_3^k$	—	—
$ПОКЗ_3^k$	—	$ПОКЗ_3^k = P_3^k$

Доля продукции, поставляемая от поставщика дистрибьютору через 3PL оператора (x), должна находиться в пределах от 0 до 1. Величины долей ранних платежей факторинговой компании поставщику и дистрибьютору, как правило, варьируется от 10% до 95%. Математически данные ограничения можно записать следующим образом (2.20), (2.21), (2.22)):

$$0 \leq x_l^k \leq 1, \quad (2.20)$$

$$0,1 \leq y_l^k \leq 0,95, \quad (2.21)$$

$$0,1 \leq z_3^k \leq 0,95. \quad (2.22)$$

Следующий шаг оптимизации – расчет ЗОРК и затрат на пользование финансовыми инструментами. В Параграфе 1.4 Современные инструменты управления рабочим капиталом упомянуто, что за пользование финансовыми инструментами необходимо платить. Однако, не все участники финансирования запасов и обратного факторинга будут нести обязанность оплаты комиссии за пользование инструментами. Обычно при финансировании запасов расходы за пользование финансовым инструментом несет покупатель (в данном случае – дистрибьютор). В схеме обратного факторинга расходы за пользование инструментом ложатся на поставщиков [de Voer et al., 2015].

Размер комиссии ЗРЛ оператора и факторинговой компании будет определяться несколькими факторами:

- 1) Величина активов (запасы или дебиторская задолженность), финансируемых ЗРЛ оператором или факторинговой компанией;
- 2) Время, во время которого будет происходить финансирование актива;
- 3) Стоимость финансирования активов, установленная ЗРЛ оператором или факторинговой компанией;

Расчет затрат на применение финансовых инструментов производится следующим образом (9.23), (2.24), (2.25):

$$З_ФЗ_2 = \sum_{k=1}^N (З_1^{0k} \times x_1^k \times \frac{t_1^k}{T} \times i_2^k), t_1^k = ПОЗ_2^0 - ПОЗ_2, \quad (9.23)$$

$$З_ОФ_1^k = ДЗ_1^{0k} \times y_1^k \times \frac{P_2^k}{T} \times r_1^k, k = (1, N), \quad (2.24)$$

$$З_ОФ_2 = \sum_{k=1}^M ((ДЗ_2^0 \times \frac{ПОКЗ_3^{0k}}{ПОДЗ_2^0}) \times z_3^k \times \frac{P_3^k}{T} \times r_2^k), \quad (2.25)$$

где $З_ФЗ_2$ – затраты на финансирование запасов, понесенные дистрибьютером, $З_1^{0k}$ – величина запасов поставщика k до оптимизации, x_1^k – доля продукции, поставляемая от поставщика k дистрибьютору через ЗРЛ оператора, t_1^k – дни, во время которых будет происходить финансирование запасов, i_2^k – стоимость финансирования запасов в паре дистрибьютор – поставщик k , $ПОЗ_2^0$ – период оборачиваемости запасов дистрибьютера до оптимизации, $ПОЗ_2$ – период оборачиваемости запасов дистрибьютера после оптимизации. $З_ОФ_1^k$ – затраты на обратный факторинг, понесенные поставщиком k , $ДЗ_1^{0k}$ – величина дебиторской задолженности поставщика k до оптимизации, y_1^k – доля раннего платежа факторинговой компании поставщику k , P_2^k – срок погашения кредиторской задолженности

дистрибьютора поставщику k по контракту, r_1^k – стоимость обратного факторинга в паре поставщик k -дистрибьютор. $З_0\Phi_2$ – затраты на обратный факторинг, понесенные дистрибьютором, $ДЗ_2^0$ – величина дебиторской задолженности дистрибьютера до оптимизации, z_3^k – доля раннего платежа факторинговой компании дистрибьютору k , P_3^k – срок погашения кредиторской задолженности ритейлера k , r_2^k – стоимость обратного факторинга в паре дистрибьютор-ритейлер k , T – временной промежуток моделирования.

Затраты на применение финансовых инструментов будут нести только поставщик и дистрибьютор, однако, существует еще одна категория затрат, которую понесут все участники цепи поставок без исключения – затраты на рабочий капитал. Они рассчитываемая по формуле (2.26):

$$З_{PK_l^k} = Z_l^k \times \left[(1 + WACC_l^k)^{\frac{поз_l^k}{T}} - 1 \right] + ДЗ_l^k \times \left[(1 + WACC_l^k)^{\frac{подз_l^k}{T}} - 1 \right] - КЗ_l^k \times \left[(1 + WACC_l^k)^{\frac{покр_l^k}{T}} - 1 \right], l = \overline{1,3}, k = \overline{1, K_l}, \quad (2.26)$$

где $З_{PK_l^k}$ – затраты на рабочий капитал компании на стадии l , Z_l^k – величина запасов компании k на стадии l , $WACC_l^k$ – стоимость капитала компании k на стадии l , $ДЗ_l^k$ – величина дебиторской задолженности компании k на стадии l , $КЗ_l^k$ – величина кредиторской задолженности компании k на стадии l .

Общие затраты каждой компании представлены ниже (2.27), (2.28), (2.29)):

$$ОЗ_1^k = З_{PK_1^k} + З_0\Phi_1^k, k = (1, N), \quad (2.27)$$

$$ОЗ_2 = З_{PK_2} + З_0\Phi_2 + З_0\Phi_2, \quad (2.28)$$

$$ОЗ_3^k = З_{PK_3^k}, k = (1, M), \quad (2.29)$$

где $ОЗ_1^k$ – общие затраты поставщика k , $ОЗ_2$ – общие затраты дистрибьютора, $ОЗ_3^k$ – общие затраты ритейлера k , $З_{PK_1^k}$ – затраты на рабочий капитал поставщика k , $З_{PK_2}$ – затраты на рабочий капитал дистрибьютора, $ОЗ_3^k$ – затраты на рабочий капитал ритейлера k .

Так как рассматриваемая цепь поставок - скоординированная, минимизация ЗОРК и применение финансовых инструментов цепи поставок является одной из целей оптимизации. Данная целевая функция уменьшается на $q\%$ в ходе оптимизации. Повторяя логику показателя СЦОДС, показатель ЗОРК и применение финансовых инструментов будет рассчитан как сумма индивидуальных затрат каждого участника цепи ((2.31).

$$OZ_{\text{ЦП}} = \sum_{l=1}^3 \sum_{k=1}^{K_l} OZ_l^k, \quad (2.30)$$

где $OZ_{\text{ЦП}}$ – затраты цепи поставок на ОРК и применение финансовых инструментов.

В скоординированная цепи поставок всем её участникам важно получить выгоду от кооперации, а именно, добиться снижения затрат. Участник будет вовлечен в кооперацию только если общие затраты при кооперации будут меньше, чем затраты до. Вышесказанное утверждение можно записать в виде ограничения (2.31):

$$OZ_l^k \leq OZ_l^{0k}, l = \overline{1,3}, k = \overline{1, K_l}, \quad (2.31)$$

где OZ_l^k – общие затраты компании k на стадии l после оптимизации, OZ_l^{0k} – общие затраты компании k на стадии l до оптимизации.

В параграфе 1.3 Многоцелевой характер управления общим рабочим капиталом описана проблема многоцелевого характера управления общим рабочим капиталом в цепях поставок. С одной стороны, компании заинтересованы в уменьшении затрат цепи на общий рабочий капитал, так как уменьшение любых общих затрат ЦП ведет к увеличению её общей прибыли [Vishnani & Shah, 2008]. С другой стороны, ЦОДС каждого участника должен попадать в заданные интервалы ликвидности, так как это один из показателей устойчивости компании, отражающий её денежный резерв [Garanina & Petrova, 2015]. Исходя из вышеприведённых утверждений, можно сформулировать цели оптимизации:

<i>Цель 1</i>	Уменьшить величину общих затрат цепи поставок на $q\%$;
<i>Цель 2</i>	Обеспечить попадание величины цикла оборачиваемости денежных средств поставщика 1 в отраслевой/индивидуальный интервал ликвидности;
...	
<i>Цель N+1</i>	Обеспечить попадание величины цикла оборачиваемости денежных средств поставщика N в отраслевой/индивидуальный интервал ликвидности;
<i>Цель N+2</i>	Обеспечить попадание величины цикла оборачиваемости денежных средств дистрибьютора в отраслевой/индивидуальный интервал ликвидности;
<i>Цель N + 3</i>	Обеспечить попадание величины цикла оборачиваемости денежных средств ритейлера 1 в отраслевой/индивидуальный интервал ликвидности;
...	

Цель $N + M + 2$ Обеспечить попадание величины цикла оборачиваемости денежных средств ритейлера M в отраслевой/индивидуальный интервал ликвидности;

Цели выше могут быть оптимизированы в любом порядке, определенном ЛПР. Так как в данной работе используется *метод приоритетов* целевого программирования, ЛПР осуществляет ранжирование целей перед запуском оптимизации. Постановка множества целей не гарантирует их полное выполнение. В ходе оптимизации некоторые цели могут быть не достигнуты, следовательно, необходимо включить переменные отклонений (избытка и недостатка) от целевых функций. Подробнее механизм включения таких переменных описан в параграфе 2.2 Методика целевого программирования

В целевом программировании целевые функции записываются в виде «мягких» ограничений модели (Таблица 2.3). Введение «мягких» ограничений и последовательное уменьшение переменных отклонения от цели в порядке, установленном ЛПР, обеспечивает нахождение эффективного решения. Необходимо подчеркнуть, что номера целей, указанных в таблице, гипотетические и могут быть поменаны ЛПР.

Таблица 2.3 «Мягкие» ограничения задачи, минимизируемые целевые функции

Цель №	Тип цели	Мягкое ограничение для целевого программирования	Минимизируемая переменная отклонения
1	$O3_ЦП \leq O3_ЦП^0 \times (1 - q)$	$O3_ЦП + d_1^- - d_1^+ = O3_ЦП^0 \times (1 - q)$	d_1^+
2	$ЦОДС_1^1 \geq ЦОДС_{1_low}^1$	$ЦОДС_1^1 + d_{2.1}^- - d_{2.1}^+ = ЦОДС_{1_low}^1$	$d_{2.1}^- + d_{2.2}^+$
	$ЦОДС_1^1 \leq ЦОДС_{1_up}^1$	$ЦОДС_1^1 + d_{2.2}^- - d_{2.2}^+ = ЦОДС_{1_up}^1$	
...
N+1	$ЦОДС_1^N \geq ЦОДС_{1_low}^N$	$ЦОДС_1^N + d_{N+1.1}^- - d_{N+1.1}^+ = ЦОДС_{1_low}^N$	$d_{N+1.1}^- + d_{N+1.2}^+$
	$ЦОДС_1^N \leq ЦОДС_{1_up}^N$	$ЦОДС_1^N + d_{N+1.2}^- - d_{N+1.2}^+ = ЦОДС_{1_up}^N$	
N+2	$ЦОДС_2 \geq ЦОДС_{2_low}$	$ЦОДС_2 + d_{N+2.1}^- - d_{N+2.1}^+ = ЦОДС_{2_low}$	$d_{N+2.1}^- + d_{N+2.2}^+$
	$ЦОДС_2 \leq ЦОДС_{2_up}$	$ЦОДС_2 + d_{N+2.2}^- - d_{N+2.2}^+ = ЦОДС_{2_up}$	
N+3	$ЦОДС_3^1 \geq ЦОДС_{3_low}^1$	$ЦОДС_3^1 + d_{N+3.1}^- - d_{N+3.1}^+ = ЦОДС_{3_low}^1$	$d_{N+3.1}^- + d_{N+3.2}^+$
	$ЦОДС_3^1 \leq ЦОДС_{3_up}^1$	$ЦОДС_3^1 + d_{N+3.2}^- - d_{N+3.2}^+ = ЦОДС_{3_up}^1$	
...
N+M+2	$ЦОДС_3^M \geq ЦОДС_{3_low}^M$	$ЦОДС_3^M + d_{N+M+2.1}^- - d_{N+M+2.1}^+ = ЦОДС_{3_low}^M$	$d_{N+M+2.1}^- + d_{N+M+2.2}^+$
	$ЦОДС_3^M \leq ЦОДС_{3_up}^M$	$ЦОДС_3^M + d_{N+M+2.2}^- - d_{N+M+2.2}^+ = ЦОДС_{3_up}^M$	

- $O3_ЦП^0$ – общие затраты цепи поставок до оптимизации, q – процент, установленный ЛПР, на который необходимо уменьшить общие затраты цепи поставок до оптимизации, d_1^- величина недостатка достижения цели 1, d_1^+ величина избытка достижения цели 1;
- $ЦОДС_1$ – цикл оборачиваемости денежных средств поставщика 1, $ЦОДС_{1_low}$ – нижняя граница интервала ликвидности для поставщика, $d_{2.1}^-$ - величина недостатка цели 2.1, $d_{2.1}^+$ величина избытка цели 2.1, $ЦОДС_{1_up}$ – верхняя граница интервала ликвидности поставщика, $d_{2.2}^-$ - величина недостатка цели 2.2, $d_{2.2}^+$ величина избытка цели 2.2;
- $ЦОДС_1^N$ – цикл оборачиваемости денежных средств дистрибьютера N , $ЦОДС_{1_low}^N$ – нижняя граница интервала ликвидности, $d_{N+1.1}^-$ - величина недостатка цели N+1.1, $d_{N+1.1}^+$ - величина избытка цели N+1.1,

- ЦОДС $_{1_up}^N$ – верхняя граница интервала ликвидности, $d_{N+1.2}^-$ - величина недостатка цели N+1.2, $d_{N+1.2}^+$ - величина избытка цели N+1.2
- ЦОДС $_2$ – цикл оборачиваемости денежных средств дистрибьютера, ЦОДС $_{2_low}$ – нижняя граница интервала ликвидности дистрибьютера, $d_{3.1}^-$ - величина недостатка цели 3.1, $d_{3.1}^+$ - величина избытка цели 3.1, $ССС_{1_up}$ – верхняя граница интервала ликвидности поставщика, $d_{3.2}^-$ - величина недостатка цели 3.2, $d_{3.2}^+$ - величина избытка цели 3.2
 - ЦОДС $_3^1$ – цикл оборачиваемости денежных средств ритейлера 1, ЦОДС $_{3_low}^1$ – нижняя граница интервала ликвидности ритейлера 1, $d_{N+3.1}^-$ - величина недостатка цели N+3.1, $d_{N+3.1}^+$ - величина избытка цели N+3.1, ЦОДС $_{3_up}^1$ – верхняя граница интервала ликвидности для ритейлера 1, $d_{N+3.2}^-$ - величина недостатка цели N+3.2, $d_{N+3.2}^+$ - величина избытка цели N+3.2
 - ЦОДС $_3^M$ – цикл оборачиваемости денежных средств ритейлера M, ЦОДС $_{3_low}^M$ – нижняя граница интервала ликвидности ритейлера M, $d_{N+M+2.1}^-$ - величина недостатка цели N+M+2.1, $d_{N+M+2.1}^+$ - величина избытка цели N+M+2.1, ЦОДС $_{3_up}^M$ – верхняя граница интервала ликвидности для ритейлера M, $d_{N+M+2.2}^-$ - величина недостатка цели N+M+2.2, $d_{N+M+2.2}^+$ - величина избытка цели N+M+2.2

Зная целевые функции и ограничения задачи, можно сформулировать математическую постановку задачи уменьшения ЗОРК при обеспечении попадания ЦОДС в отраслевые интервалы ликвидности.

Ниже представлен первый шаг оптимизации, в котором минимизируется отклонение от первой цели (2.32).

$$\text{Найти: } p_2^k, p_3^k, x_l^k, y_l^k, z_3^k, d_1^-, d_1^+, d_{2.1}^-, d_{2.1}^+, d_{2.2}^-, d_{2.2}^+, d_{N+1.1}^-, d_{N+1.1}^+, d_{N+1.2}^-, d_{N+1.2}^+, \quad (2.32)$$

$$d_{N+2.1}^-, d_{N+2.1}^+, d_{N+2.2}^-, d_{N+2.2}^+, d_{N+3.1}^-, d_{N+3.1}^+, d_{N+3.2}^-, d_{N+3.2}^+$$

которые минимизируют переменную: d_1^+

при ограничениях:

$$0 \leq x_l^k \leq 1$$

$$0,1 \leq y_l^k \leq 0,95$$

$$0,1 \leq z_3^k \leq 0,95$$

$$OЗ_1^k \leq OЗ_1^{0k}$$

$$OЗ_2^k \leq OЗ_2^{0k}$$

$$OЗ_3^k \leq OЗ_3^{0k}$$

$$OЗЦП + d_1^- - d_1^+ = OЗЦП^0 \times (1 - q)$$

$$ЦОДС_1^1 + d_{2.1}^- - d_{2.1}^+ = ЦОДС_{1_low}^1$$

$$ЦОДС_1^1 + d_{2.2}^- - d_{2.2}^+ = ЦОДС_{1_up}^1$$

...

$$ЦОДС_1^N + d_{N+1.1}^- - d_{N+1.1}^+ = ЦОДС_{1_low}^N$$

$$ЦОДС_1^N + d_{N+1.2}^- - d_{N+1.2}^+ = ЦОДС_{1_up}^N$$

$$ЦОДС_2 + d_{N+2.1}^- - d_{N+2.1}^+ = ЦОДС_{2_low}$$

$$ЦОДС_2 + d_{N+2.2}^- - d_{N+2.2}^+ = ЦОДС_{2_low}$$

$$ЦОДС_3^1 + d_{N+3.1}^- - d_{N+3.1}^+ = ЦОДС_{3_low}^1$$

$$ЦОДС_3^1 + d_{N+3.2}^- - d_{N+3.2}^+ = ЦОДС_{3_up}^1$$

...

$$ЦОДС_3^M + d_{N+M+2.1}^- - d_{N+M+2.1}^+ = ЦОДС_{3_low}^M$$

$$ЦОДС_3^M + d_{N+M+2.2}^- - d_{N+M+2.2}^+ = ЦОДС_{3_low}^M$$

При минимизации отклонения от второй цели в математическую постановку задачи добавится ограничение $d_1^+ = d_{1_step 1}^+$. Целевая функция также изменится на $d_{2.1}^- + d_{2.2}^+$.

При минимизации отклонений от следующих целей будут в приведенной математической постановке будут меняться целевые функции, а также добавляться ограничения, «фиксирующие» уровни минимизации отклонений предыдущих целей.

Менеджмент (или управление) – процесс планирования и контроля ресурсов организации, взаимодействующих упорядоченным и скоординированным образом во времени, для достижения определенного набора ключевых показателей эффективности, причем все показатели должны быть направленными на достижение основной цели компании [Hamel, 2008].

Задача применения модели целевой оптимизации рабочего капитала в цепях поставок, описанная в параграфе 2.3, не является управленческой. Модель, оптимизирующая показатели лишь одного временного промежутка, является статичной. Статичная модель не подразумевает учета результатов будущей или предыдущей ситуации при ранжировании целей. Следовательно, она не может быть использована для отслеживания финансового состояния организации в течение более одного рассматриваемого периода.

По причине, рассмотренной выше, в следующем параграфе будет описана методика целевого управления рабочим капиталом в цепях поставок во времени, а именно в течение 4-х кварталов одного года.

2.4 Многошаговый алгоритм решения модели целевого управления общим рабочим капиталом

В этом параграфе описан многошаговый алгоритм решения модели целевого управления общим рабочим капиталом для цепи поставок из 3-х участников.

Первым шагом для применения методики целевого управления ОРК в цепях поставок во времени является постановка цели на год с её декомпозицией на периоды. Допустим, ЛПР поставил первым приоритетом годовую цель: уменьшить годовые затраты на ОРК на $q\%$. Цель уменьшения ЗОРК может быть сформулирована иначе: каждый период уменьшать общие затраты цепи поставок на рабочий капитал на $q\%$, поддерживая попадание ЦОДС каждого участника в отраслевой интервал ликвидности. Порядок ранжирования целей может меняться от квартала к кварталу - приоритеты целей будут зависеть от ситуации до оптимизации.

Процесс целевого управления ОРК в цепях поставок в течение года можно разделить на 4 периода:

- 1) Оптимизация первого квартала;
- 2) Совместная оптимизация первого и второго кварталов;
- 3) Совместная оптимизация первого, второго и третьего кварталов;
- 4) Совместная оптимизация первого, второго, третьего и четвертого кварталов (года).

«Накопительный» эффект оптимизации необходим для того, чтобы обеспечить достижение цели уменьшения общих годовых затрат на рабочий капитал. Так как функция ЗОРК (2.8) является степенной, она не обладает свойством аддитивности. Нельзя утверждать, что сумма оптимизированных общих затрат на рабочий капитал за 4 периода будет равняться оптимизированным годовым затратам.

Рассмотрим данные, необходимые для целевого управления рабочим капиталом в цепях поставок:

- средние квартальные значения запасов, дебиторской и кредиторской задолженностей всех участников цепи поставок;
- средние значения себестоимости и выручки;
- квартальные значения стоимости капитала (WACC);
- квартальные ставки финансирования запасов и обратного факторинга.

Источником вышеперечисленных финансовых показателей компаний может быть управленческая отчетность. Так как в моделировании используются *средние* показатели прошедших периодов, на них можно ориентироваться для планирования деятельности в будущем.

Ниже представлена информация о деталях поэтапного поквартального моделирования.

Моделирование первого квартала

Моделирование первого квартала происходит в точности по алгоритму, описанном в параграфе 2.3 Модели целевой оптимизации и управления общим рабоч.

В качестве ***результата*** оптимизации и применения финансовых инструментов ЛПР получает оптимизированные значения балансовых показателей: $Z_{l,1}$, $DZ_{l,1}$, $KZ_{l,1}$. $Z_{l,1}$ – средняя величина запасов компании функциональной области l после оптимизации 1-го квартала, $DZ_{l,1}$ – средняя величина дебиторской задолженности компании функциональной области l после оптимизации 1-го квартала, $KZ_{l,1}$ – средняя величина кредиторской задолженности компании функциональной области l после оптимизации 1-го квартала.

Моделирование первого и второго кварталов

Для моделирования первого и второго кварталов необходимо сделать корректировку начальных данных. Входными данными для моделирования первого и второго квартала будут средние значения запасов, дебиторской и кредиторской задолженностей первого и второго квартала, рассчитываемые по формулам (2.33), (2.34), (2.35):

$$З_{l,12}^0 = \frac{З_{l,1} + З_{l,2}^0}{2}, \quad (2.33)$$

$$ДЗ_{l,12}^0 = \frac{ДЗ_{l,1} + ДЗ_{l,2}^0}{2}, \quad (2.34)$$

$$КЗ_{l,12}^0 = \frac{КЗ_{l,1} + КЗ_{l,2}^0}{2}, \quad (2.35)$$

где $З_{l,12}^0$ – средняя величина запасов компании функциональной области l до оптимизации за 1 и 2 квартал, $ДЗ_{l,12}^0$ – средняя величина дебиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 1 и 2 квартал, $КЗ_{l,12}^0$ – средняя величина кредиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 1 и 2 квартал, $З_{l,1}$ – величина запасов компании функциональной области l после оптимизации за 1 квартал, $ДЗ_{l,1}$ – величина дебиторской задолженности компании функциональной области l после оптимизации за 1 квартал, $КЗ_{l,1}$ – величина кредиторской задолженности компании функциональной области l после оптимизации за 1 квартал, $З_{l,2}^0$ – величина запасов компании функциональной области l до оптимизации за 2 квартал, $ДЗ_{l,2}^0$ – величина дебиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 2 квартал, $КЗ_{l,2}^0$ – величина кредиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 2 квартал.

Величины выручки и себестоимости были найдены сложением соответствующих величин за 1 и 2 кварталы (2.36, 2.37):

$$\text{Выручка}_l^{1,2} = \text{Выручка}_l^1 + \text{Выручка}_l^2, \quad (2.36)$$

$$СС_l^{1,2} = СС_l^1 + СС_l^2, \quad (2.37)$$

где $СС_l^{1,2}$ – себестоимость за первый и второй кварталы, $СС_l^1$ – себестоимость за первый квартал, $СС_l^2$ – себестоимость за второй квартал, $\text{Выручка}_l^{1,2}$ – выручка за первый и второй кварталы, Выручка_l^1 – выручка за первый квартал, Выручка_l^2 – выручка за второй квартал.

По сравнению с моделированием, описанным в параграфе 2.3, на данном этапе будут скорректированы формулы, в которых используется показатель количества дней периода. Во всех формулах, в которых используется количество дней (формулы расчетов оборачиваемости и затрат), необходимо сделать корректировку на количество дней в 2-х кварталах (182 дня).

В качестве результата оптимизации и применения финансовых инструментов ЛПР получает оптимизированные значения балансовых показателей: $Z_{l,12}$, $DZ_{l,12}$, $KZ_{l,12}$. $Z_{l,12}$ – средняя величина запасов компании функциональной области l после совместной оптимизации 1-го и 2-го кварталов, $DZ_{l,12}$ – средняя величина дебиторской задолженности компании функциональной области l после совместной оптимизации 1-го и 2-го кварталов, $KZ_{l,12}$ – средняя величина кредиторской задолженности компании функциональной области l после совместной оптимизации 1-го и 2-го кварталов.

Моделирование первого, второго и третьего квартала

Совместное моделирование 1-го, 2-го и 3-го кварталов будет проходить по аналогии совместного моделирования 1-го и 2-го кварталов. В качестве входных данных будут взяты средние величины запасов, дебиторской и кредиторской задолженностей за 3 периода (2.38, 2.39, 2.40)

$$Z_{l,13}^0 = \frac{Z_{l,12} + Z_{l,3}^0}{2}, \quad (2.38)$$

$$DZ_{l,13}^0 = \frac{DZ_{l,12} + DZ_{l,3}^0}{2}, \quad (2.39)$$

$$KZ_{l,13}^0 = \frac{KZ_{l,12} + KZ_{l,3}^0}{2}, \quad (2.40)$$

где $Z_{l,13}^0$ – средняя величина запасов компании функциональной области l до оптимизации за 1, 2 и 3 кварталы, $DZ_{l,13}^0$ – средняя величина дебиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 1, 2 и 3 кварталы, $KZ_{l,13}^0$ – средняя величина кредиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 1, 2 и 3 кварталы, $Z_{l,12}$ – величина запасов компании функциональной области l после совместной оптимизации 1-го и 2-го кварталов, $DZ_{l,12}$ – величина дебиторской задолженности компании функциональной области l совместной оптимизации 1-го и 2-го кварталов, $KZ_{l,12}$ – величина кредиторской задолженности компании функциональной области l совместной оптимизации 1-го и 2-го кварталов, $Z_{l,3}^0$ – величина запасов компании

функциональной области l до оптимизации за 3 квартал, $ДЗ_{l,3}^0$ - величина дебиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 3 квартал, $КЗ_{l,3}^0$ - величина кредиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 3 квартал.

Совместные величины выручки и себестоимости за 1-й, 2-й и 3-й кварталы были найдены простым сложением квартальных величин за 1-й, 2-й и 3-й кварталы.

На данном этапе будут скорректированы формулы, в которых используется показатель количества дней периода. Во всех формулах, в которых используется количество дней (формулы расчетов оборачиваемости и затрат), необходимо сделать корректировку на количество дней в 3-х кварталах (273 дня).

В качестве результата оптимизации и применения финансовых инструментов ЛПР получает оптимизированные значения балансовых показателей: $З_{l,13}$, $ДЗ_{l,13}$, $КЗ_{l,13}$. $З_{l,13}$ – средняя величина запасов компании функциональной области l после совместной оптимизации 1-го, 2-го и 3-го кварталов, $ДЗ_{l,13}$ – средняя величина дебиторской задолженности компании функциональной области l после совместной оптимизации 1-го, 2-го и 3-го кварталов, $КЗ_{l,13}$ – средняя величина кредиторской задолженности компании функциональной области l после совместной оптимизации 1-го, 2-го и 3-го кварталов.

Моделирование первого, второго, третьего и четвертого кварталов

В качестве входных данных моделирования этого этапа взяты средние величины запасов, дебиторской и кредиторской задолженностей за 3 периода ((2.41) (2.42) (2.43)).

$$З_{l,14}^0 = \frac{З_{l,13} + З_{l,4}^0}{2}, \quad (2.41)$$

$$ДЗ_{l,14}^0 = \frac{ДЗ_{l,13} + ДЗ_{l,4}^0}{2}, \quad (2.42)$$

$$КЗ_{l,14}^0 = \frac{КЗ_{l,13} + КЗ_{l,4}^0}{2}, \quad (2.43)$$

где $З_{l,14}^0$ – средняя величина запасов компании функциональной области l до оптимизации за 1-й, 2-й, 3-й и 4-й кварталы, $ДЗ_{l,14}^0$ – средняя величина дебиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 1-й, 2-й, 3-й и 4-й кварталы, $КЗ_{l,14}^0$ – средняя величина кредиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 1-й, 2-й, 3-й и 4-й кварталы, $З_{l,13}$ – величина запасов компании функциональной области l после совместной оптимизации 1-го, 2-го и 3-го кварталов, $ДЗ_{l,13}$ – величина дебиторской задолженности компании функциональной области l совместной

оптимизации 1-го, 2-го и 3-го кварталов, $KZ_{l,13}$ – величина кредиторской задолженности компании функциональной области l совместной оптимизации 1-го, 2-го и 3-го кварталов, $Z_{l,4}^0$ – величина запасов компании функциональной области l до оптимизации за 4 квартал, $DZ_{l,4}^0$ – величина дебиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 4 квартал, $KZ_{l,4}^0$ – величина кредиторской задолженности компании функциональной области l до оптимизации за 4 квартал.

Совместные величины выручки и себестоимости за 1-й, 2-й, 3-й и 4-й кварталы были найдены простым сложением квартальных величин за 1-й, 2-й, 3-й и 4-й кварталы.

Во формулах расчетов оборачиваемости и затрат необходимо сделать корректировку на количество дней в 4-х кварталах (365 дней).

В качестве результата оптимизации и применения финансовых инструментов ЛПР получает оптимизированные значения балансовых показателей: $Z_{l,14}$, $DZ_{l,14}$, $KZ_{l,14}$. $Z_{l,14}$ – средняя величина запасов компании функциональной области l после совместной оптимизации 1-го, 2-го, 3-го и 4-го кварталов, $DZ_{l,14}$ – средняя величина дебиторской задолженности компании функциональной области l после совместной оптимизации 1-го, 2-го, 3-го и 4-го кварталов, $KZ_{l,14}$ – средняя величина кредиторской задолженности компании функциональной области l после совместной оптимизации 1-го, 2-го, 3-го и 4-го кварталов.

Важно, что результаты оптимизации 1-го, 2-го, 3-го и 4-го кварталов являются результатами годовой оптимизации. Величина затрат на общий рабочий капитал, полученная на данном шаге оптимизации, равна годовой величиной затрат.

Важным моментом целевого программирования каждого этапа является ранжирование целей и минимизация отклонений от них. В каждом из этапов моделирования ЛПР на основе данных до оптимизации каждого периода будет принимать решение о ранжировании целей. Процесс минимизации отклонений описан в параграфе 2.3 Модели целевой оптимизации и управления общим рабоч, данный процесс не будет изменен в поквартальном моделировании.

Выводы по Главе 2

Многие реальные проблемы, такие как проблема совместного управления рабочим капиталом в цепи поставок, включают в себя несколько обычно конкурирующих задач, которые необходимо решать одновременно. Проблемы, решение которых оценивается по совокупности нескольких часто конкурирующих между собой критериев, можно решить с

помощью методов многокритериальной оптимизации. Методы многокритериальной оптимизации позволяют ЛПП найти эффективные или же оптимальные значения, которые одновременно удовлетворяет нескольким критериям [Khabarova, 2013]. Как правило, таких решений бывает несколько или даже бесконечное множество, которое называется Парето-оптимальным или эффективным [Taha, 2005].

После сравнительного анализа наиболее популярных методов многокритериальной оптимизации для моделирования был **выбран метод целевого программирования**. Преимущество метода целевого программирования заключается в том, что он интуитивно понятен руководителям. Менеджерам часто приходится составлять планы, которые неосуществимы в том смысле, что все цели, поставленные в плане, не могут быть достигнуты одновременно, следовательно, они вовлечены в процесс ранжирования целей в своей ежедневной деятельности [Kasem et al., 2021].

Во второй части Главы 2 данной ВКР представлена **модель целевого управления общим рабочим капиталом** в цепи поставок. Процесс построения условно разделен на 2 части:

- 1) Оптимизация затрат на общий рабочий капитал цепи поставок с учетом попадания величин ЦОДС в отраслевые интервалы в рамках *квартала*;
- 2) Поочередная оптимизация общих затрат на рабочий капитал цепи поставок с учетом попадания величин ЦОДС в отраслевые интервалы в рамках года;

Использование модели управления общим рабочим в рамках года капиталом подразумевает поочередную оптимизацию кварталов. Такая оптимизация позволит менеджерам более гибко относиться к постановке конкурирующих между собой целей минимизации затрат на рабочий капитал и попадания значений ЦОДС в отраслевые интервалы, ориентируясь при этом на годовую цель. В Главе 2 подробно описан **алгоритм применения методики управления общим рабочим капиталом в цепи поставок** во времени.

ГЛАВА 3. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ЦЕЛЕВОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБЩИМ РАБОЧИМ КАПИТАЛОМ НА КЕЙСАХ РЕАЛЬНЫХ КОМПАНИЙ

3.1 Методика целевого управления общим рабочим капиталом для дистрибутивной цепи поставок

После разработки модели управления общим рабочим капиталом в цепях поставок во времени необходимо определить, кто будет её использовать. В данной ВКР предполагается, что лицом, принимающим решение (ЛПР), будет 3PL оператор. Иногда роль 3PL оператора может выполнять поставщик финансовых услуг, например, факторинговая компания или банк.

В качестве метода моделирования данной ВКР выбран метод приоритетов целевого программирования. Метод подразумевает ранжирование целей перед началом оптимизации от наиболее важной до наименее. Из-за конкурирующего характера целей 3PL оператор будет вынужден столкнуться с решением ряда вопросов для их адекватного ранжирования.

Для решения дилемм ранжирования годовых целей 3PL оператор должен опираться на информацию о цепи поставок (например, на её поставки и силы игроков). Только после анализа всех аспектов будет возможен процесс ранжирования целей.

Приложение 2 иллюстрирует проблемы, с которыми может столкнуться ЛПР, ранжируя годовые цепи при многокритериальном управлении рабочим капиталом в цепях поставок. Прийти к общему заключению о порядке ранжирования целей можно прийти только путем анализа цепи поставок в целом и её отдельных игроков. Последовательные ответы на вопросы 1-3 в таблице могут послужить хорошим алгоритмом для выставления рангов целям при анализе дистрибутивных цепей поставок.

3.2 Реализация методики целевого управления для типовой цепи поставок

В качестве примера реализации методики управления ОРК представлен кейс цепи поставок, оперирующей в отрасли информационно-коммуникационных технологий. Годовые финансовые показатели, используемые в этом примере, были получены из финансовых отчетностей компаний. Квартальные показатели, а также информация о стоимости капитала и применении финансовых инструментов получена во время проведения интервью с представителями цепи поставок.

Краткая характеристика цепи поставок: цепь поставок состоит из 3-х участников (поставщика, дистрибьютора и ритейлера), оперирующих в отрасли

информационно-коммуникационных технологий. Дистрибьютор цепи — российская компания информационно-коммуникационных технологий, оказывающая услуги по сборке и внедрению GPS-вышек на территории РФ, Европы и Азии. Поставщик является отечественной компанией, участвующей в закупочном процессе дистрибьютора путем поставки комплектующих для сборки вышек GPS. Розничным продавцом в ЦП является российская компания мобильной связи, которая предоставляет услуги GPS как корпоративным, так и государственным абонентам во всех регионах Российской Федерации, Европы и Азии.

Рассматриваемая цепь поставок – дистрибутивная, так как участники не занимаются производством товаров или услуг, а только их донесением до конечного потребителя. Дистрибьютор в цепи обладает наибольшей силой по сравнению с поставщиком и ритейлером, а поставщик обладает наименьшей силой по сравнению с остальными.

Цепь поставок – скоординированная. Предполагается, что на начало моделирования между участниками налажены материальные поставки и заключены все контракты. В рассматриваемый период (20XX), участники ЦП не применяют финансовых инструментов для управления общим рабочим капиталом, более того, не обозначают для себя проблему управления ОРК многокритериальной. В Таблица 3.1 представлены основные балансовые и финансовые показатели компаний до оптимизации. Все балансовые показатели, а также величина РК и затрат на РК указаны в миллионах рублей, величины периодов оборачиваемости запасов, дебиторской и кредиторской

Таблица 3.1 Основные годовые показатели до оптимизации

	Поставщик	Дистрибьютор	Ритейлер
Запасы	1,342	11,593	972
Дебиторская задолженность	1,374	458	119
Кредиторская задолженность	901	4,256	85
Рабочий капитал	1,815	7,795	1,006
Период оборачиваемости запасов (ПОЗ)	77	184	64
Период оборачиваемости дебиторской задолженности (ПОДЗ)	68	6	7
Период оборачиваемости кредиторской задолженности (ПОДЗ)	52	68	6
Цикл оборачиваемости денежных средств	93	122	65
Совместный цикл оборачиваемости денежных средств	280		

Затраты на рабочий капитал	33	236	6
Общие затраты на рабочий капитал	274		

В таблице видно, что совместный цикл оборачиваемости денежных средств, а также индивидуальные циклы оборачиваемости денежных средств принимают высокие значения (280 дней суммарно, более 65 дней каждый), можно сделать аналогичный вывод о затратах на общий рабочий капитал (274 млн рублей).

Допустим, ЛПР принял решение уменьшить ЗОРК с помощью применения финансовых инструментов на 95%. Это значит, что одной из целей на каждый этап поквартальной оптимизации будет уменьшение показателя общих затрат на рабочий капитал на 95% от значения этого показателя до оптимизации.

Уменьшение показателя затрат на 95% может привести к тому, что значения ЦОДС каждого участника выйдут за пределы отраслевого интервала ликвидности. Нижнее значение интервала для информационно-коммуникационной отрасли составляет (-16.18) дней, а верхнее - 61.50 дней. При попадании ЦОДС в данный интервал компания может положительно оценивать свою ликвидность [Garanina & Petrova, 2015]. Это означает, что в процессе оптимизации каждого квартала также будут фигурировать 3 цели попадания участников цепи в интервалы ликвидности.

Процесс постановки цели в управлении общим рабочим капиталом цепи поставок можно условно разделить на 2 этапа:

- 1) Ранжирование годовых целей;
- 2) Декомпозиция годовых целей на периоды;

В рассматриваемом примере ранжирование *годовых* целей будет выглядеть следующим образом:

- *Первая цель*: уменьшение общих затрат цепи поставок на 95%;
- *Вторая цель*: обеспечение попадания величины ЦОДС дистрибьютора в отраслевой интервал ликвидности;
- *Третья цель*: обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера в отраслевой интервал ликвидности;
- *Четвертая цель*: обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика в отраслевой интервал ликвидности;

При декомпозиции годовых целей на периоды их порядок на каждом этапе, кроме последнего, может измениться. Данное изменение будет связано с тем, что во время первых трех этапов оптимизации намерения ЛПР могут меняться в зависимости от ситуации до

оптимизации. Четвертый период оптимизации должен подчиняться годовым целям, так как в нем оптимизируются годовые значения финансовых показателей цепи поставок.

В приложении 3 рассмотрены возможные варианты постановки целей на первых трех этапах оптимизации: В нем представлены не все комбинации ранжирования целей. Однако, информация в таблице хорошо иллюстрирует принцип ранжирования. Данный принцип можно сформулировать следующим образом: при непопадании ЦОДС участника цепи в интервал устойчивости, цель обеспечения его попадания в интервал выходит на первую позицию, при этом, остальные цели сохраняют годовой порядок ранжирования.

После разбора принципов постановки целей можно перейти к оптимизации. Ниже представлены результаты 4-х этапов многокритериальной оптимизации с анализом влияния финансовых инструментов на финансовые показатели и балансовые составляющие участников ЦП.

Первый этап оптимизации

Для проведения первого этапа процесса оптимизации в первую очередь необходимо проанализировать входные данные. В Таблица 3.2 представлены показатели формы 1 бухгалтерской отчётности (средние величины запасов, дебиторской задолженности, кредиторской задолженности) и показатели формы 2 бухгалтерской отчетности (себестоимость, выручка). Все величины в таблице указаны в миллионах рублей.

Таблица 3.2 Показатели Формы 1 и Формы 2 до оптимизации

	Запасы	ДЗ	КЗ	РК	Себестоимость	Выручка
Поставщик	1576	1756	754	2578	1521	1802
Дистрибьютор	9537	569	3521	6585	5765	7481
Ритейлер	1054	105	93	1066	1424	1696

Далее, на основе этих показателей необходимо рассчитать периоды оборачиваемости средних запасов, дебиторской и кредиторской задолженности (ПОЗ, ПОДЗ, ПОКЗ), показатель цикла оборачиваемости денежных средств (ЦОДС и СЦОДС), а также показатель затрат на общий рабочий капитал (ЗРК и ЗОРК). Результаты расчетов представлены в Таблица 3.3. Показатели ПОЗ, ПОДЗ, ПОКЗ, СЦОДС указаны в днях, а показатели ЗРК и ЗОРК – в миллионах рублей.

Таблица 3.3 Финансовые показатели 1-го квартала до оптимизации

	ПОЗ	ПОДЗ	ПОКЗ	ЦОДС	СЦОДС	ЗРК	ЗОРК
Поставщик	94.30	88.70	45.11	137.88	306.84	59.16	224.32
Дистрибьютор	150.55	6.92	55.58	101.89		158.61	
Ритейлер	67.38	5.63	5.95	67.07		6.55	

Показатели ЦОДС всех компаний цепи в таблице не попадают в отраслевой интервал ликвидности (-16.18; 61.5). Одна из годовых целей оптимизации – уменьшение показателя общих затрат на рабочий капитал (ЗОРК) на 95%. В случае 1-го квартала это значение в абсолютном выражении будет равняться 11.22 млн рублей. Эта величина станет желаемым уровнем ЛПР.

На основе выводов о ситуации до оптимизации можно ранжировать цели 1-го квартала следующим образом:

- *Первая цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС дистрибьютора в отраслевой интервал ликвидности;
- *Вторая цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера в отраслевой интервал ликвидности;
- *Третья цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика в отраслевой интервал ликвидности;
- *Четвертая цель:* уменьшение общих затрат цепи поставок на 95%;

Данные цели можно записать в виде «мягких» целевых ограничений (Таблица 3.4).

Таблица 3.4 Порядок целей при оптимизации 1-го квартала

Цель	Тип цели	Мягкое ограничение для целевого программирования	Оптимизируемые переменные отклонения
1.1	$\text{ЦОДС}_2 \geq \text{ЦОДС}_{2_low}$	$\text{ЦОДС}_2 + d_{2.1}^- - d_{2.1}^+ = \text{ЦОДС}_{2_low}$	$d_{2.1}^- + d_{2.2}^+$
1.2	$\text{ЦОДС}_2 \leq \text{ЦОДС}_{2_up}$	$\text{ЦОДС}_2 + d_{2.2}^- - d_{2.2}^+ = \text{ЦОДС}_{2_up}$	
2.1	$\text{ЦОДС}_3 \geq \text{ЦОДС}_{3_low}$	$\text{ЦОДС}_3 + d_{3.1}^- - d_{3.1}^+ = \text{ЦОДС}_{3_low}$	$d_{3.1}^- + d_{3.2}^+$
2.2	$\text{ЦОДС}_3 \leq \text{ЦОДС}_{3_up}$	$\text{ЦОДС}_3 + d_{3.2}^- - d_{3.2}^+ = \text{ЦОДС}_{3_up}$	
3.1	$\text{ЦОДС}_1 \geq \text{ЦОДС}_{1_low}$	$\text{ЦОДС}_1 + d_{1.1}^- - d_{1.1}^+ = \text{ЦОДС}_{1_low}$	$d_{1.1}^- + d_{1.2}^+$
3.2	$\text{ЦОДС}_1 \leq \text{ЦОДС}_{1_up}$	$\text{ЦОДС}_1 + d_{1.2}^- - d_{1.2}^+ = \text{ЦОДС}_{1_up}$	
4	$\text{ОЗ_ЦП} \leq \text{ОЗ_ЦП}^0 \times (1 - q)$	$\text{ОЗ_ЦП} + d_4^- - d_4^+ = \text{ОЗ_ЦП}^0 \times (1 - q)$	d_4^+

После ранжирования всех целей можно перейти к применению финансовых инструментов и поочередной минимизацией отклонений от целей.

В результате оптимизации первого квартала были достигнуты все цели по обеспечению попадания значений ЦОДС участников в цепи в отраслевые интервалы. Однако, при заданных ограничениях 4-я цель уменьшения затрат оказалось недостижимой. После оптимизации первых трех целей значение ЗОРК равняется 23.67 млн рублей при желаемом уровне ЛПП – 11.22 млн рублей.

Изменение сроков оборачиваемости средних запасов, дебиторской и кредиторской задолженностей должны вызывают изменения в балансовых показателях. В таблице 3.5 представлены значения балансовых показателей первого квартала после оптимизации, а также их изменение в процентах по отношению к величине до оптимизации. Все значения запасов, дебиторской и кредиторской задолженностей, а также рабочего капитала указаны в миллионах рублей.

Таблица 3.5 Значения балансовых показателей после оптимизации и их относительное изменение

	Поставщик	Дистрибьютор	Ритейлер
Запасы (З)	480	2853	1054
Дебиторская задолженность (ДЗ)	1302	2129	105
Кредиторская задолженность (КЗ)	754	5519	445
Рабочий капитал (РК)	1028	-537	714
Относительное изменение З	-69.5%	-70.1%	0%
Относительное изменение ДЗ	-25.9%	274.2%	0%
Относительное изменение КЗ	0%	56.7%	387.5%
Относительное изменение РК	-60.1%	-108.1%	-33%

Важным результатом моделирования является найденные оптимизатором переменные, относящиеся к применению финансовых инструментов. В результате 1-го этапа оптимизации было установлено, что:

- Доля товаров, поставляемых 3PL оператором от поставщика к дистрибьютеру в 1-м квартале, равна 68%;
- Доля раннего платежа факторинговой компании поставщику в 1-м квартале равна 10%;
- Срок оплаты дистрибьютера ритейлеру в 1-м квартале составляет 181 день;
- Доля раннего платежа факторинговой компании ритейлеру в 1-м квартале равна 10%;
- Срок оплаты дистрибьютера ритейлеру в 1-м квартале составляет 20 дней;

Второй этап оптимизации

Второй этап целевого управления общим рабочим капиталом в цепи поставок заключается в совместной оптимизации величин первого и второго кварталов. Данный процесс происходит аналогичным первому этапу образом. Первым шагом оптимизации является анализ начальных данных до оптимизации. В таблице 3.6 представлены средние величины запасов, дебиторской и кредиторской задолженностей за первый и второй периоды, а также сумма выручки и себестоимости за аналогичные периоды (все величины указаны в миллионах рублей).

Таблица 3.6 Балансовые показатели 1-го и 2-го периодов до оптимизации

	Запасы	ДЗ	КЗ	РК	Себестоимость	Выручка
Поставщик	551	1439	901	1089	3087	3608
Дистрибьютор	5115	1194	5085	6566	11495	14904
Ритейлер	919	125	257	1044	2815	3358

На основе данных в таблице 3.6 рассчитываются основные финансовые показатели (ЦОДС, СЦОДС, ЗРК, ЗОРК), по которым впоследствии будет проведен анализ порядка ранжирования целей (таблица 3.7). Показатели ПОЗ, ПОДЗ, ПОКЗ, ЦОДС и СЦОДС указаны в днях, показатели ЗРК и ЗОРК указаны в миллионах рублей.

Таблица 3.7 Финансовые показатели 1-го и 2-го периодов до оптимизации

	ПОЗ	ПОДЗ	ПОКЗ	ЦОДС	СЦОДС	ЗРК	ЗОРК
Поставщик	32.47	72.59	53.13	51.94	116.53	16.26	23.77
Дистрибьютор	80.98	14.58	80.51	15.05		2.81	
Ритейлер	59.39	6.78	16.63	49.54		4.71	

Показатели ЦОДС всех компаний цепи попадают в отраслевой интервал устойчивости (-16.18; 61.5). Желаемый уровень ЛПР уменьшения ЗОРК – 1.19 млн рублей.

На основе сделанных выводов о ситуации до оптимизации можно ранжировать цели 2-го квартала следующим образом:

- *Первая цель:* уменьшение общих затрат цепи поставок на 95%;
- *Вторая цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС дистрибьютора в отраслевой интервал ликвидности;
- *Третья цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера в отраслевой интервал ликвидности;

- *Четвертая цель*: обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика в отраслевой интервал ликвидности;

Вышеприведенные цели будут достигаться по очереди, при том оптимизация отклонения от цели с более низким приоритетом никак не может влиять на результат минимизации отклонения от цели с более высоким приоритетом.

В результате поочередной минимизации отклонений от целей были достигнуты все цели, поставленные ЛПР.

В таблице ниже представлены результаты оптимизации в абсолютном и относительном виде. Все балансовые значения и значения показателя РК представлены в миллионах рублей (таблица 3.8).

Таблица 3.8 Значения балансовых показателей после оптимизации и их относительное изменение

	Поставщик	Дистрибьютор	Ритейлер
Запасы (З)	228.17	1940.76	902.01
Дебиторская задолженность (ДЗ)	888.89	2998.01	122.63
Кредиторская задолженность (КЗ)	926.04	3906.22	2548.52
Рабочий капитал (РК)	191.02	1032.55	-1523.88
Относительное изменение З	-59%	-62%	-2%
Относительное изменение ДЗ	-38%	151%	-2%
Относительное изменение КЗ	3%	-23%	891%
Относительное изменение РК	-82%	-84%	-246%

Важными результатами моделирования являются найденные оптимизатором переменные, относящиеся к применению финансовых инструментов. В результате 2-го этапа моделирования было установлено, что:

- Доля товаров, поставляемых 3PL оператором от поставщика к дистрибьютору во 2-м квартале, равна 64%;
- Доля раннего платежа факторинговой компании поставщику во 2-м квартале равняется 28%;
- Срок оплаты дистрибьютора ритейлеру во 2-м квартале составляет 85 дней;
- Доля раннего платежа факторинговой компании ритейлеру во 2-м квартале равняется 10%;
- Срок оплаты дистрибьютора ритейлеру во 2-м квартале составляет 40 дней;

Третий этап оптимизации

Третий этап целевого управления общим рабочим капиталом в цепи поставок заключается в совместной оптимизации величин первого, второго и третьего кварталов. Данный процесс происходит аналогичным ранее описанным этапам образом, поэтому в результатах данного этапа будут описаны только самые основные показатели, необходимые для анализа.

В таблице 3.9 представлены показатели ПОЗ, ПОДЗ, ПОКЗ, ЦОДС и СЦОДС, указанные в днях, а также показатели ЗРК и ЗОРК, указанные в миллионах рублей.

Таблица 3.9 Финансовые показатели 1-го, 2-го и 3-го периодов до оптимизации

	ПОЗ	ПОДЗ	ПОКЗ	ЦОДС	СЦОДС	ЗРК	ЗОРК
Поставщик	25.94	27.05	35.98	17.01	23.61	1.294	23.77
Дистрибьютор	64.33	17.82	40.56	41.59		34.908	
Ритейлер	43.69	4.01	82.68	-34.98		-10.34	

Показатель ЦОДС ритейлера не попадает в отраслевой интервал ликвидности (-16.18; 61.5). Желаемый уровень ЗОРК для ЛПР – 1.29 миллионов рублей.

Цели 3-го квартала ранжированы следующим образом:

- *Первая цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера в отраслевой интервал ликвидности;
- *Вторая цель:* уменьшение общих затрат цепей поставок на 95%;
- *Третья цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС дистрибьютера в отраслевой интервал ликвидности;
- *Четвертая цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера в отраслевой интервал ликвидности;

В результате поочередной минимизации отклонений не все цели были достигнуты. ЦОДС ритейлера удалось увеличить только до значения -21 день, минимально возможное отклонение от цели составило 5.16 дней. Также не достигнута цель минимизации затрат на 95%, при желаемом уровне ЛПР, равном 1.29 млн рублей, удалось уменьшить затраты только до 34 млн рублей.

В таблице ниже представлены результаты показателей после оптимизации в абсолютном и относительном виде. Все балансовые значения и значения показателя РК представлены в миллионах рублей (таблица 3.10).

Таблица 3.10 Значения балансовых показателей после оптимизации и их относительное изменение

	Поставщик	Дистрибьютор	Ритейлер
Запасы (З)	122.78	961.30	664.92
Дебиторская задолженность (ДЗ)	582.66	4645.39	72.82
Кредиторская задолженность (КЗ)	624.52	2873.04	1050.72
Рабочий капитал (РК)	80.92	2733.65	-312.98
Относительное изменение З	-82%	-84%	-33%
Относительное изменение ДЗ	-29%	112%	-33%
Относительное изменение КЗ	-33%	-25%	-44%
Относительное изменение РК	-86%	-73%	-128%

Важными результатами моделирования являются найденные оптимизатором переменные, относящиеся к применению финансовых инструментов. В результате 3-го этапа моделирования было установлено, что:

- Доля товаров, поставляемых ЗРЛ оператором от поставщика к дистрибьютору в 3-м квартале, равна 79%;
- Доля раннего платежа факторинговой компании поставщику в 3-м квартале равняется 10%;
- Срок оплаты дистрибьютора ритейлеру в 3-м квартале составляет 95 дней;
- Доля раннего платежа факторинговой компании ритейлеру в 3-м квартале равняется 19%;
- Срок оплаты дистрибьютора ритейлеру в 3-м квартале составляет 69 дней;

Четвертый этап оптимизации

Четвертый этап целевого управления ЗОРК в цепи поставок заключается в совместной оптимизации величин первого, второго, третьего и четвертого кварталов. Данный процесс происходит аналогичным ранее описанным этапам образом, однако четвертый квартал – заключительный, это значит, результаты его оптимизации тождественны годовым результатам.

В таблице 3.11 представлены показатели ПОЗ, ПОДЗ, ПОКЗ, ЦОДС и СЦОДС, указанные в днях, а также показатели ЗРК и ЗОРК, указанные в миллионах рублей.

Таблица 3.11 Финансовые показатели 1-го, 2-го и 3-го периодов до оптимизации

	ПОЗ	ПОДЗ	ПОКЗ	ЦОДС	СЦОДС	ЗРК	ЗОРК
Поставщик	17.88	19.61	21.75	15.74	66.98	2.23	33.42
Дистрибьютор	47.68	19.00	29.21	37.47		30.09	
Ритейлер	22.86	2.59	11.68	13.78		1.10	

Показатели ЦОДС всех участников цепи поставок находятся в отраслевом интервале ликвидности (-16.18; 61.5). Желаемым уровнем затрат для ЛПР будет величина, равная 1.69 миллионов рублей.

Так как четвертый квартал – результирующий, его цели должны быть идентичными целям, поставленным на год:

- *Первая цель:* уменьшение общих затрат цепи поставок на 95%;
- *Вторая цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС дистрибьютера в отраслевой интервал ликвидности;
- *Третья цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера в отраслевой интервал ликвидности;
- *Четвертая цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика в отраслевой интервал ликвидности;

В результате поочередной минимизации все цели были достигнуты.

Важными результатами моделирования являются найденные оптимизатором переменные, относящиеся к применению финансовых инструментов. В результате 4-го этапа моделирования было установлено, что:

- Доля товаров, поставляемых 3PL оператором от поставщика к дистрибьютеру в 4-м квартале, равна 67%;
- Доля раннего платежа факторинговой компании поставщику в 4-м квартале равняется 10%;
- Срок оплаты дистрибьютера ритейлеру в 4-м квартале составляет 30 дней;
- Доля раннего платежа факторинговой компании ритейлеру в 4-м квартале – 10%;
- Срок оплаты дистрибьютера ритейлеру в 4-м квартале составляет 7 дней;

Таблица 3.12 иллюстрирует показатели З, ДЗ, КЗ и РК после годовой оптимизации, а также их сравнение с показателями начальной годовой ситуацией до оптимизации.

Таблица 3.12 Значения балансовых показателей после оптимизации и их относительное изменение

	Поставщик	Дистрибьютор	Ритейлер
Запасы (З)	62.57	533.87	173.11
Дебиторская задолженность (ДЗ)	180.33	277.80	23.39
Кредиторская задолженность (КЗ)	189.03	938.98	54.75
Рабочий капитал (РК)	53.87	-127.31	141.75
Относительное изменение З	-95%	-95%	-82%
Относительное изменение ДЗ	-87%	-39%	-80%
Относительное изменение КЗ	-79%	-78%	-36%
Относительное изменение РК	-97%	-102%	-86%

Выводы по оптимизации

Оптимизация прошла успешно – все цели, поставленные на год, были достигнуты с помощью метода приоритетов целевого программирования. Декомпозиция этих целей на кварталы позволяет контролировать процесс отклонения от поставленных целей во времени.

3.3 Реализация методики целевого управления для дистрибутивной цепи

В качестве второго примера применения методики целевого управления представлен кейс цепи поставок, оперирующей в автомобильной отрасли. Годовые финансовые показатели, используемые в этом примере, были получены из открытых финансовых отчетностей компаний. Квартальная информация, а также информация о стоимости капитала и применении финансовых инструментов получена во время проведения интервью с представителями цепи поставок.

Краткая характеристика цепи поставок: цепь поставок состоит из 5-и участников (2-х поставщиков, дистрибьютора и 2-х ритейлеров), оперирующих в автомобильной отрасли. Поставщики цепи – французские компании, специализирующиеся на производстве автомобилей. Вместе они образуют автомобильный концерн, продающий произведенные автомобили французскому дистрибьютору. Дистрибьютор участвует в процессе передачи автомобилей двум ритейлерам. Первый ритейлер оперирует в Германии, второй – в Нидерландах. Каждый ритейлер старается удовлетворить внутренний спрос в своей стране на автомобили французской сборки. Покупатели в основном являются индивидуальными потребителями, но есть и корпоративные клиенты, которые значительно увеличивают чистые продажи предприятий цепи.

Описываемая цепь поставок – дистрибутивная. Ниже игроки цепи упорядочены по силе от наибольшей до наименьшей:

- 1) Дистрибьютор
- 2) Поставщик 2
- 3) Поставщик 1
- 4) Ритейлер 2
- 5) Ритейлер 1

Порядок ранжирования был определен на основе интервью с представителями цепи.

Цепь поставок в данном примере – скоординированная. Предполагается, что на начало моделирования между участниками налажены все материальные поставки и заключены все контракты. Однако, в рассматриваемый год (20XX), компании в цепи поставок не применяют финансовых инструментов для управления общим рабочим капиталом, более того, не обозначают для себя проблему управления этим показателем многокритериальной. В Таблица 3.13 представлены основные балансовые и финансовые показатели на конец года 20XX до оптимизации и до применения финансовых инструментов. Все балансовые показатели, а также величина рабочего капитала и затрат на рабочий капитал указаны в миллионах евро, величины периодов оборачиваемости запасов, дебиторской и кредиторской задолженностей указаны в днях.

Таблица 3.13 Основные годовые показатели до оптимизации

	Поставщик 1	Поставщик 2	Дистрибьютор	Ритейлер 1	Ритейлер 2
Запасы	2 621.0	3 906.0	69 398.9	2 998.2	6 071.5
ДЗ	919.0	3 339.0	69 178.9	1 415.9	2 706.3
КЗ	509.2	1 475.0	51 685.6	804.0	3 454.8
РК	3 030.8	5 770.0	86 892,2	3 610.1	5 323.0
ПОЗ	151.5	92.3	137.2	128.5	134.9
ПОДЗ	38.5	63.7	111.2	51.6	51.1
ПОКЗ	29.4	34.8	102.2	34.5	76.8
ЦОДС	160.6	121.2	146.3	145.6	109.3
СЦОДС	682.9				
ЗРК	93.8	125.8	2833.1	133.0	198.4
ЗОРК	3384.12				

Анализируя финансовые показатели цепи поставок до оптимизации, можно сделать вывод, что показатель СЦОДС в 20XX году имеет высокое значение (682 дня или же 1.86

лет). Такой результат получен, так как значения ЦОДС всех участников не находятся в рекомендованном отраслевом интервале. Минимальное значение ЦОДС компании в автомобильной отрасли равняется – (-11.08) дней, а максимальный – 24.36 дней [Garanina & Petrova, 2015].

Лицо, принимающее решение в управлении финансовой цепи поставок в 20XX году – 3PL оператор. Предположим, что в данном кейсе 3PL оператор ранжировал цели следующим образом:

- *Первая цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС дистрибьютора в отраслевой интервал ликвидности;
- *Вторая цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика 2 в отраслевой интервал ликвидности;
- *Третья цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика 1 в отраслевой интервал ликвидности;
- *Четвертая цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера 2 в отраслевой интервал ликвидности;
- *Пятая цель:* обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера 1 в отраслевой интервал ликвидности;
- *Шестая цель:* уменьшение общих затрат цепи поставок на 70%;

При декомпозиции годовых целей на периоды их порядок на каждом этапе, кроме последнего, может измениться. Такие изменения будут связаны с тем, что во время первых трех этапов оптимизации намерения ЛПР могут меняться в зависимости от ситуации до оптимизации. Четвертый период оптимизации должен подчиняться годовым целям, так как в нем оптимизируются годовые значения финансовых показателей цепи поставок.

После разбора постановки годовых целей можно перейти к поквартальной оптимизации. Алгоритм поквартальной оптимизации величины общего рабочего капитала в данном кейсе не отличается от алгоритма, описанного в параграфе 3.2. В приложении 4 представлены сведения о ранжировании целей и их выполнении без детального анализа финансовых показателей за каждый период. Ни в одном квартале не удалось достигнуть достижения всех целей. Однако, Цель 1 была достигнута в 3-х кварталах из 4-х. Цель уменьшения затрат не была достигнута ни в одном квартале.

Несмотря на то, что ни в одном из кварталов не удалось достичь всех поставленных целей, компаниям удастся значительно сократить величины ЦОДС, а также ЗОРК. Ниже представлено сравнение годовых финансовых показателей до и после моделирования (таблица 3.14).

Таблица 3.14 Результаты финансовых показателей годовой оптимизации

	Поставщик 1	Поставщик 2	Дистр-ор	Ритейлер 1	Ритейлер 2
ПОЗ	31.9	7.7	17.4	129.8	134.3
ПОДЗ	19.9	52.4	110.7	50.6	50.7
ПОКЗ	27.5	35.8	139.3	48.9	109.5
ЦОДС	24.4	24.4	-11.1	131.4	75.5
СЦОДС	244.6				
ЗРК	55.4	59.9	573.0	125.9	117.0
ЗОРК	931.19				
Относительное изменение СЦОДС	↓ 64%				
Относительное изменение ЗОРК	↓ 73%				

Главными результатами моделирования являются уменьшенные величин СЦОДС на 64%, а также уменьшение затрат цепи поставок на 70%.

Уменьшение показателей СЦОДС и ЗОРК повлияли на высвобождение средств, «замороженных» в РК компаний. В таблице 3.15 представлены значения запасов, дебиторской и кредиторской задолженностей после оптимизации, а также их относительное изменение в %.

Таблица 3.15 Балансовые показатели после оптимизации и их относительное изменение

	Поставщик 1	Поставщик 2	Дистрибьютор	Ритейлер 1	Ритейлер 2
Запасы	3156.0	3661.0	68993.6	3060.8	5961.0
ДЗ	995.0	3162.0	66201.6	1362.6	2605.2
КЗ	406.8	1549.0	51070.5	753.9	3455.2
РК	3744.2	3744.2	3744.2	3744.2	3744.2
Относительное изменение запасов	↓ 79%	↓ 92%	↓ 87%	-1%	0%
Относительное изменение ДЗ	↓ 48%	↓ 18%	0%	↓ 2%	↓ 1%

Относительное изменение КЗ	↓ 7%	↑ 3%	↑ 36%	↑ 42%	↑ 43%
Относительное изменение РК	↓ 82%	↓ 73%	↓ 92%	↓ 9%	↓ 29%

В результате применения методики управления ОРК в цепи поставок значения рабочего капитала каждого участника цепи сократились. Так как цель попадания показателя ЦОДС дистрибьютора всегда была наиболее приоритетной, наблюдается наибольшее снижение величины РК у дистрибьютора (92%).

Рассмотрим еще один важный аспект моделирования – результаты переменных величин, относящиеся к применению финансовых инструментов. Переменные, найденные в каждом этапе моделирования, представлены в таблице 3.16:

Таблица 3.16 Переменные, полученные в результате моделирования

	1 квартал	2 квартал	3 квартал	4 квартал
Доля товаров, поставляемых 3PL оператором от поставщика 1 дистрибьютору;	76%	41%	78%	70%
Доля товаров, поставляемых 3PL оператором от поставщика 2 дистрибьютору;	61%	80%	44%	90%
Доля раннего платежа факторинговой компании поставщику 1;	95%	83%	10%	95%
Срок оплаты дистрибьютора поставщику 1 (в днях);	302	186	307	132
Доля раннего платежа факторинговой компании поставщику 2;	95%	10%	45%	10%
Срок оплаты дистрибьютора поставщику 2 (в днях);	127	273	95	436
Доля раннего платежа факторинговой компании ритейлеру 1;	95%	10%	62%	81%
Доля раннего платежа факторинговой компании ритейлеру 2;	41%	90%	10%	10%
Срок оплаты ритейлера 1 дистрибьютору (в днях);	160	98	66	49
Срок оплаты ритейлера 2 дистрибьютору (в днях);	165	121	98	110

Выводы по оптимизации

Оптимизация прошла успешно – только 2 годовые цели из 6-и не были достигнуты в ходе оптимизации. Это можно считать хорошим результатом, так как все более приоритетные цели были достигнуты. Декомпозиция годовых целей на кварталы позволила контролировать процесс отклонения от поставленных целей.

Выводы по Главе 3

Глава 3 посвящена применению методики целевого управления общим рабочим капиталом для кейсов реальных цепей поставок. В данной ВКР предполагается, что лицом, принимающим решение (ЛПР), является 3PL оператор, факторинговая компания или банк.

Процесс ранжирования целей в методе приоритетов целевого программирования сложен и субъективен, но при правильном ранжировании он обеспечивает получение ЛПР эффективного множеств. При ранжировании целей ЛПР может столкнуться с некоторыми дилеммами, например, «Какая цель должна стоять выше: уменьшения затрат или обеспечения попадания ЦОДС участников цепи поставок в отраслевые интервалы устойчивости?». В приложении 2 описаны все возможные варианты решения дилемм ранжирования целей.

Методика была использована на примере двух дистрибутивных цепей поставок: с тремя и пятью участниками. Годовые цели были ранжированы следующим образом:

- 1) Цель уменьшения общих затрат цепи поставок на 95%;
- 2) Цели обеспечения попадания ЦОДС каждого участника цепи в отраслевой интервал ликвидности;

В результате моделирования все цели цепи поставок с 3-мя участниками, поставленные на год, были достигнуты.

Цепь поставок, состоящая из пяти участников, оперирует в автомобильной отрасли. В отличие от цепи из трех участников, цели в ней были ранжированы в обратном порядке:

- 1) Цели обеспечения попадания ЦОДС каждого участника цепи в отраслевой интервал ликвидности;
- 2) Цель уменьшения общих затрат цепи поставок на 70%;

Только 4 из 6 годовых целей были достигнуты.

Разобранные кейсы проиллюстрировали, как методика работает на практике. Более того, стало ясно, какие конкретные результаты может дать практическая реализация разработанных моделей.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была поставлена следующая *цель*: усовершенствование методики многокритериального управления рабочим капиталом в цепях поставок.

Для выполнения вышеупомянутой цели были выполнены *задачи*.

- 1) Проведен анализ современного состояния исследований по управлению рабочим капиталом в финансовых цепях поставок;
- 2) На основе анализа научно-практической литературы и современных практик обоснован многоцелевой характер управления совместным рабочим капиталом в цепи поставок;
- 3) Исследованы возможности отдельных финансовых инструментов для уменьшения затрат на общий рабочий капитал при заданных диапазонах ликвидности;
- 4) На основе анализа возможных методов многокритериальной оптимизации обоснована необходимость использования методики динамического целевого программирования в задаче управления рабочим капиталом;
- 5) Разработана модель и алгоритм целевого управления общим рабочим капиталом;
- 6) Протестирован алгоритм целевого управления общим рабочим капиталом на кейсах реальных компаний.

Так как все поставленные задачи выполнены цель работы достигнута.

Теоретический и практический вклад исследования

Исследование вносит свой вклад в существующую литературу по управлению цепями поставок, так как в нем уделено особое внимание оптимизации финансовой цепи поставок и ее оптимизации во времени. Прежде всего, с помощью механизмов управления цепью поставок и рабочим капиталом, был представлен способ управления общим рабочим капиталом в цепи поставок во времени. Более того, исследование заполняет пробел в практических инструментах для многоцелевого управления общим рабочим капиталом. Этот пробел восполняется разработкой моделей для многоцелевого управления общим рабочим капиталом на протяжении 4-х периодов года. Модель позволяет более точно управлять рабочим капиталом на меж-организационном уровне, основываясь как на индивидуальных целях участников цепи поставок, так и на общей цели цепи. Метод приоритетов целевого программирования позволяет учитывать как многоцелевой характер управления оборотным капиталом в цепочке поставок, так и различную степень важности целей для лица, ответственного за управление общим рабочим капиталом. Также важно отметить, что исследование предоставляет четкие способы достижения годовых целей при их декомпозиции на периоды.

Ограничения и рекомендации для будущих исследований

Несмотря на вышеупомянутый теоретический и практический вклад, следует иметь в виду, что настоящее исследование применимо только к дистрибутивным монопродуктовым цепям поставок. Будущие исследования должны быть направлены на расширение контекста этой работы путем рассмотрения не только распределительных сетей поставок, но и других типов сетей поставок (например, производственных). Также предполагается, что количество этапов в цепочке поставок должно быть значительно увеличено. Это позволит сделать модели более применимыми к реальным ситуациям. Необходимо подчеркнуть, что в данном исследовании рассматривается применение только двух инструментов по финансированию цепочки поставок – финансирование запасов и обратный факторинг. В качестве следующего шага будет полезно рассмотреть возможность внедрения других решений по финансированию цепи поставок. Это приведет к значительным результатам в управлении общим рабочим капиталом в цепи поставок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Al-Qadi, Naim & Khanji, Ibrahim. (2018). Relationship Between Liquidity and Profitability: An Empirical Study of Trade Service Sector in Jordan. *Research Journal of Finance and Accounting*. 9.
2. Chen I. J., Paulraj A. Towards a theory of supply chain management: the constructs and measurements // *Journal of operations management*. – 2004. – Т. 22. – №. 2. – С. 119-150.
3. Chopra S., Meindl P. Supply chain management. Strategy, planning & operation // *Das summa summarum des management*. – Gabler, 2007. – С. 265-275.
4. Christopher M., Ryals L. Supply chain strategy: its impact on shareholder value // *The international journal of logistics management*. – 1999. – Т. 10. – №. 1. – С. 1-10.
5. De Boer R., Steeman M., van Bergen M. Supply chain finance, its practical relevance and strategic value: the supply chain finance essential knowledge series. – Hogeschool Windesheim, 2015.
6. Dunford R., Su Q., Tamang E. The pareto principle. – 2014.
7. Edition T., Edition G. *Operations-Research-An-Introduction-10th-Ed.-Hamdy-A-Taha*.
8. Emery D., Finnerty J. Risk and returns: Financial Securities. – 1997.
9. Eschenauer H., Koski J., Osyczka A. (ed.). *Multicriteria design optimization: procedures and applications*. – Springer Science & Business Media, 2012.
10. Ferrer G., Whybark D. C. Material planning for a remanufacturing facility // *Production and Operations Management*. – 2001. – Т. 10. – №. 2. – С. 112-124.
11. Garanina T., Petrova O. Relationship between liquidity, cash conversion cycle and returns of Russian companies // *Korporativnye finansy= Journal of Corporate Finance Research*. – 2015. – Т. 9. – №. 1. – С. 33-40.
12. Gelsomino, L. M., & Steeman, M. (2017). The future of SCF is full of opportunities, most of which revolve around integration between the physical and financial supply chain. *SCF Community*.
13. Ghodrati H., Ghanbari J. A study on relationship between working capital and profitability // *Management Science Letters*. – 2014. – Т. 4. – №. 8. – С. 1675-1684.
14. Hamel G. The future of management // *Human resource management international digest*. – 2008.
15. Hamoudi K., Bellaouar A., Petiot R. A model of systems dynamics for physical flow analysis in a distribution supply chain // *Transport and Telecommunication*. – 2021. – Т. 22. – №. 1. – С. 98-108.

16. Harland C. M. Supply chain management: relationships, chains and networks //British Journal of management. – 1996. – T. 7. – C. S63-S80.
17. Hofmann E. Inventory financing in supply chains: a logistics service provider-approach //International Journal of Physical Distribution & Logistics Management. – 2009.
18. Hofmann E. Supply chain finance: some conceptual insights //Beiträge Zu Beschaffung Und Logistik. – 2005. – T. 16. – C. 203-214.
19. Hofmann E., Kotzab H. A supply chain-oriented approach of working capital management //Journal of business Logistics. – 2010. – T. 31. – №. 2. – C. 305-330.
20. Hofmann E., Zumsteg S. Win-win and no-win situations in supply chain finance: the case of accounts receivable programs //Supply chain forum: an international journal. – Taylor & Francis, 2015. – T. 16. – №. 3. – C. 30-50.
21. Huff J., Rogers D. S. Funding the organization through supply chain finance: a longitudinal investigation //Supply Chain Forum: An International Journal. – Taylor & Francis, 2015. – T. 16. – №. 3. – C. 4-17.
22. Huff J., Rogers D. S. Funding the organization through supply chain finance: a longitudinal investigation //Supply Chain Forum: An International Journal. – Taylor & Francis, 2015. – T. 16. – №. 3. – C. 4-17.
23. Ignizio J. P. Introduction to linear goal programming. – Beverly Hills, CA : Sage, 1985.
24. Ivashina V., Scharfstein D. Bank lending during the financial crisis of 2008 //Journal of Financial economics. – 2010. – T. 97. – №. 3. – C. 319-338.
25. Jørgensen S., Zaccour G. Channel coordination over time: Incentive equilibria and credibility //Journal of Economic Dynamics and Control. – 2003. – T. 27. – №. 5. – C. 801-822.
26. Kacem I., La Torre D., Masri H. Preface: Recent advances in multiple objective optimization and goal programming //Annals of Operations Research. – 2021. – T. 296. – №. 1. – C. 1-5.
27. Kaipia R. Coordinating material and information flows with supply chain planning //The International Journal of Logistics Management. – 2009.
28. Kim I. Y., De Weck O. L. Adaptive weighted-sum method for bi-objective optimization: Pareto front generation //Structural and multidisciplinary optimization. – 2005. – T. 29. – №. 2. – C. 149-158.
29. Klapper L. The role of factoring for financing small and medium enterprises //Journal of banking & Finance. – 2006. – T. 30. – №. 11. – C. 3111-3130.
30. Knight W. D. Working Capital Management satisficing Versus Optimization //Financial Management (pre-1986). – 1972. – T. 1. – №. 1. – C. 33.
31. Kouvelis P., Xu F. A supply chain theory of factoring and reverse factoring //Management Science. – 2021. – T. 67. – №. 10. – C. 6071-6088.

32. Krylatkov P. P., Baranchikova S. G. Stakeholder Management in the Creation of Consumer Value of an Industrial Enterprise. – 2018.
33. Kuzmina Y. I., Zenkevich N. A. Supply chain finance solutions in joint working capital management //Contributions to Game Theory and Management. – 2020. – T. 13. – №. 0. – C. 252-295.
34. Lee S. M., Olson D. L. Goal programming //Multicriteria decision making. – Springer, Boston, MA, 1999. – C. 203-235.
35. Leng F. L., Zailani S. Effects of information, material and financial flows on supply chain performance: A study of manufacturing companies in Malaysia //International journal of management. – 2012. – T. 29. – №. 1. – C. 293.
36. Mangrulkar H. S., Samuel P., Prashant Kumar M. IMPORTANCE OF SUPPLY CHAIN AND LOGISTICS POST PANDEMIC //EPRA International Journal of Economics, Business and Management Studies (EBMS). – 2022. – T. 9. – №. 5. – C. 1-1.
37. Marques G. et al. Vendor Managed inventory, from concept to processes, for an unified view //ILS 2008-2nd International Conference on Information Systems, Logistics, and Supply chain. – University of Wisconsin, 2008. – C. p. 536-546.
38. Mentzer J. T. et al. Defining supply chain management //Journal of Business logistics. – 2001. – T. 22. – №. 2. – C. 1-25.
39. Meyr H., Stadtler H. Types of supply chains //Supply chain management and advanced planning. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2005. – C. 65-80.
40. Odu G. O., Charles-Owaba O. E. Review of multi-criteria optimization methods–theory and applications //IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN). – 2013. – T. 3. – №. 10. – C. 1-14.
41. Ogryczak W., Lahoda S. Aspiration/reservation-based decision support—a step beyond goal programming //Journal of Multi-Criteria Decision Analysis. – 1992. – T. 1. – №. 2. – C. 101-117.
42. Oliver K., Webber M. 1982. Supply chain management: Logistics catches up with strategy. – 1982.
43. Orumie U. C., Ebong D. W. An efficient method of solving lexicographic linear goal programming problem //International journal of scientific and research publications. – 2013. – T. 3. – №. 10. – C. 1-8.
44. Owolabi S. A., Alayemi S. A. The Study of Working Capital Management as a Financial Strategy //Asian Journal of Business and Management Science. – 2004. – T. 2. – №. 4. – C. 1-8.
45. Panda A. K., Nanda S. Working capital financing and corporate profitability of Indian manufacturing firms //Management Decision. – 2018.

46. Papavassiliou N. The aims of business management //Intereconomics. – 1975. – Т. 10. – №. 2. – С. 50-52.
47. Pfohl H. C., Gomm M. Supply chain finance: optimizing financial flows in supply chains //Logistics research. – 2009. – Т. 1. – №. 3. – С. 149-161.
48. Pike R. et al. Trade credit terms: asymmetric information and price discrimination evidence from three continents //Journal of Business Finance & Accounting. – 2005. – Т. 32. – №. 5-6. – С. 1197-1236.
49. Romero, C. (2004). A general structure of achievement function for a goal programming model. European Journal of Operational Research, 153, 675-686.
50. Ross S. A., Westerfield R. W., Jaffe J. The Concept of Capital Structure //Finance Essay. – 2005.
51. Seifert D. Collaborative working capital management in supply networks. – 2010.
52. Şen M., Köksal C. D., Oruç E. Relationship between the efficiency of working capital management and company size //12th International Conference on Finance & Banking: Structural & Regional Impacts of Financial Crises. – 2009. – С. 522-531.
53. Soosay C. A., Hyland P. A decade of supply chain collaboration and directions for future research //Supply Chain Management: An International Journal. – 2015.
54. Sun S., Yen J. Information supply chain: A unified framework for information-sharing //International Conference on Intelligence and Security Informatics. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2005. – С. 422-428.
55. Virolainen V. M. et al. Scenario development for collaborative financial supply chain management in the automotive industry //Procedia Manufacturing. – 2019. – Т. 39. – С. 1538-1544.
56. Vishnani S., Shah B. K. Value relevance of published financial statements—with special emphasis on impact of cash flow reporting //International Research Journal of Finance and Economics. – 2008. – Т. 17. – №. 1. – С. 84-90.
57. Vishnani S., Shah B. K. Value relevance of published financial statements—with special emphasis on impact of cash flow reporting //International Research Journal of Finance and Economics. – 2008. – Т. 17. – №. 1. – С. 84-90.
58. Weeks K., Mileski J. The impact of resource commitment, product route efficiency on supply chain performance and profitability: an empirical case analysis //Journal of Business and Management Sciences. – 2013. – Т. 1. – №. 5. – С. 105-111.
59. Weiss U. Quantum dissipative systems. – 2012.
60. Zenkevich N., Ivakina A. Working Capital Optimization in Supply Chains //Корпоративные финансы. – 2018. – Т. 12. – №. 4.

61. Крылатков П. П., Прилуцкая М. А., Ершова И. В. Управление цепью поставок (SCM): учебное пособие. – 2018.
62. Хабарова Д. С. Обзор программных комплексов многокритериальной оптимизации //Прикладная информатика. – 2013. – №. 2 (44). – С. 102-112.

ПРИЛОЖЕНИЯ

П.1 Сравнение методов многокритериальной оптимизации

Таблица 1 Сравнение методов априорной многокритериальной оптимизации (Источник: Odu & Charles- Owaba, 2013)

Название метода	Краткое описание	Достоинства	Недостатки
Метод взвешенной суммы	Составление общей целевой функции, посредством присвоения весов каждой начальной целевой функции	<ul style="list-style-type: none">- Прозрачный и легко применимый способ;- Можно получить истинную кривую Парето-оптимальных решений при правильно подобранных весах;	<ul style="list-style-type: none">- Сложность «взвешивания» каждой цели;- Метод часто дает плохо распределенные по эффективному множеству решения [Kim and de Weck, 2005];- Одна оптимизация – одно Парето-оптимальное решение;
Компромиссное программирование	Поиск решения, имеющего кратчайшее расстояние до точки достижения целевыми функциями оптимальных значений.	<ul style="list-style-type: none">- Сокращение набора эффективных решений без требования дополнительной информации от ЛПР;- Простая структура применения модели;	<ul style="list-style-type: none">- Сужение эффективного множества до одной точки;
Взвешенный метод минимума-максимума	Оптимизация целевых функций путем введения специальных ограничений и переменной решения	<ul style="list-style-type: none">- Метод дает возможность получения полного эффективного множества;	<ul style="list-style-type: none">- Большое число ограничений, применяемых в этом методе, существенно усложняет модель;- Выбор весов для оптимизации не всегда очевиден;

Метод взвешенного произведения	Перемножение целевых функций в степени присвоенного ей веса	Единицы измерения не должны быть преобразованы в безразмерную шкалу	<ul style="list-style-type: none"> - Сложность подбора весов для каждой цели; - Метод часто дает плохо распределенные по эффективному множеству решения [Kim and de Weck, 2005]; - Одна оптимизация – одно Парето-оптимальное решение;
Метод контрольной точки	Нахождение набора предпочтительных эффективных решений вблизи «регионов интереса» ЛПР	<ul style="list-style-type: none"> - Нахождение нескольких предпочтительных решений на эффективном множестве; - Набор решений рядом с предпочтительными решениями дает большую информацию для выбора наилучшего; 	<ul style="list-style-type: none"> - Сложность интерпретации многочисленных предпочтений; - Большое количество информации, требуемое для определения предпочтений; - Сложность сопоставления качественных критериев с количественной шкалой;
Целевое программирование	Ранжирование целевых функций и пошаговая минимизация отклонений;	<ul style="list-style-type: none"> - Удобный для практического применения; - Применение метода отражает реальный процесс принятия решений; 	<ul style="list-style-type: none"> - Сложность ранжирования целевых функций; - При большом количестве целевых функций количество оптимизируемых отклонений слишком большое;

II.2 Дилеммы ранжирования целей

Таблица 2 Дилеммы ЛПР, возникающие при ранжировании целей и способы их решения

Вопрос	Основа вопроса	Основа решения вопроса	Решение	Более приоритетные цель/цели
1.Какая цель будет иметь высший приоритет: - Цель уменьшения затрат? - Цель обеспечения попадания ЦОДС каждого участника в отраслевой интервал ликвидности?	Каких целей желает достичь цепь поставок: - обеспечить получение краткосрочной прибыли? - поддерживать уровни ликвидности участников цепи в долгосрочной перспективе?	Стратегия цепи поставок	Обеспечение получения краткосрочной прибыли	Цель уменьшения общих затрат на рабочий капитал на определенный процент
			Поддержка уровней ликвидности участников цепи в долгосрочной перспективе	Цель обеспечения попадания ЦОДС участников цепи в отраслевой интервал ликвидности
2.Какая цель будет иметь высший приоритет: - Цель обеспечения попадания ЦОДС <i>дистрибьютора</i> в отраслевой интервал ликвидности? - Цель обеспечения попадания ЦОДС <i>ритейлера</i> в отраслевой интервал ликвидности? - Цель обеспечения попадания ЦОДС <i>поставщика</i> в отраслевой интервал ликвидности?	Кто наиболее сильный участник в цепи поставок: - Дистрибьютор? - Поставщик? - Ритейлер?	Тип цепи поставок	Дистрибьютор – наиболее сильный игрок в цепи поставок, так как в данной ВКР рассматриваются только дистрибутивные цепи	Цель обеспечения попадания ЦОДС дистрибьютора в отраслевой интервал ликвидности
3.Какая цель будет иметь высший приоритет: - Цель обеспечения попадания ЦОДС <i>ритейлера</i> в отраслевой интервал ликвидности? - Цель обеспечения попадания ЦОДС <i>поставщика</i> в отраслевой интервал ликвидности?	Кто является более важным и сильным игроком для цепи поставок: - Поставщик? - Ритейлер?	Рыночная власть игрока цепи поставок	Сильнее рыночная власть поставщика;	Цель обеспечения попадания ЦОДС поставщика в отраслевой интервал ликвидности
			Сильнее рыночная власть ритейлера;	Цель обеспечения попадания ЦОДС ритейлера в отраслевой интервал ликвидности

П.3 Варианты постановки целей

Таблица 3 Варианты постановки целей ЛПР на первых трех этапах оптимизации

	Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4
Ситуация до оптимизации	Все значения ЦОДС участников цепи поставок попадают в интервалы ликвидности;	Значение ЦОДС дистрибьютера не попадает в интервал ликвидности. Значение ЦОДС остальных участников цепи поставок попадают в интервалы ликвидности;	Значения ЦОДС дистрибьютера и ритейлера не попадают в интервал ликвидности. Значение ЦОДС поставщика попадает в интервал ликвидности;	Значения ЦОДС всех участников цепи не попадают в интервал ликвидности.
Цель 1	Уменьшение общих затрат на рабочий капитал до оптимизации на 95%;	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>дистрибьютера</i> в отраслевой интервал ликвидности;	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>дистрибьютера</i> в отраслевой интервал ликвидности;	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>дистрибьютера</i> в отраслевой интервал ликвидности;
Цель 2	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>дистрибьютера</i> в отраслевой интервал ликвидности;	Уменьшение общих затрат на рабочий капитал до оптимизации на 95%;	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>ритейлера</i> в отраслевой интервал ликвидности;	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>ритейлера</i> в отраслевой интервал ликвидности;
Цель 3	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>ритейлера</i> в отраслевой интервал ликвидности;	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>ритейлера</i> в отраслевой интервал ликвидности;	Уменьшение общих затрат на рабочий капитал до оптимизации на 95%;	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>поставщика</i> в отраслевой интервал ликвидности;
Цель 4	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>поставщика</i> в отраслевой интервал ликвидности;	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>поставщика</i> в отраслевой интервал ликвидности;	Обеспечение попадания величины ЦОДС <i>поставщика</i> в отраслевой интервал ликвидности;	Уменьшение общих затрат на рабочий капитал до оптимизации на 95%;

II.4 Ранжирование целей

Таблица 4 Ранжирование целей и их выполнение

Квартал	Цель 1	Цель 2	Цель 3	Цель 4	Цель 5	Цель 6	Все цели достигнуты?	Недостигнутые цели
1	Обеспечение попадания величины ЦОДС дистрибьютора в отраслевой интервал ликвидности;	Обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика 2 в отраслевой интервал ликвидности	Обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика 1 в отраслевой интервал ликвидности	Обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера 2 в отраслевой интервал ликвидности	Обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера 1 в отраслевой интервал ликвидности	Уменьшение общих затрат на рабочий капитал на 70%	Нет	6
2	Обеспечение попадания величины ЦОДС дистрибьютора в отраслевой интервал ликвидности;	Обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика 2 в отраслевой интервал ликвидности	Обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика 1 в отраслевой интервал ликвидности	Обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера 2 в отраслевой интервал ликвидности	Обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера 1 в отраслевой интервал ликвидности	Уменьшение общих затрат на рабочий капитал на 70%	Нет	1, 2, 3, 4, 5, 6
3	Обеспечение попадания	Обеспечение попадания	Обеспечение попадания	Обеспечение попадания	Обеспечение попадания	Уменьшение общих затрат	Нет	2, 3, 4, 5, 6

	величины ЦОДС дистрибьютора в отраслевой интервал ликвидности;	величины ЦОДС поставщика 2 в отраслевой интервал ликвидности	величины ЦОДС поставщика 1 в отраслевой интервал ликвидности	величины ЦОДС ритейлера 2 в отраслевой интервал ликвидности	величины ЦОДС ритейлера 1 в отраслевой интервал ликвидности	на рабочий капитал на 70%		
4	Обеспечение попадания величины ЦОДС дистрибьютора в отраслевой интервал ликвидности;	Обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика 2 в отраслевой интервал ликвидности	Обеспечение попадания величины ЦОДС поставщика 1 в отраслевой интервал ликвидности	Обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера 2 в отраслевой интервал ликвидности	Обеспечение попадания величины ЦОДС ритейлера 1 в отраслевой интервал ликвидности	Уменьшение общих затрат на рабочий капитал на 70%	Нет	4, 5