DOI: 10.54861/ 27131211_2023_6_27

УДК 330.3:338.24

УПРАВЛЕНИЕ ЗАМКНУТЫМИ ЦЕПЯМИ ПОСТАВОК: ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

Кузьмин И.А., преподаватель, Школа бизнеса «Королевские беседы», г. Казань, Россия

Аннотация. Целью статьи является исследование теоретических аспектов использования различных цифровых технологий управления замкнутыми цепями поставок, а также предложение экономического обоснования перехода к замкнутым цепям поставок. Получен вывод, что эффективное управление замкнутыми цепями поставок позволит предприятиям уменьшить зависимость от поставщиков с помощью вторичного использования ресурсов и сырья, снизить влияние на окружающую среду, а цифровизация управления цепями поставок позволит повысить их прозрачность и интегрированность. Для российских предприятий осуществление перехода к замкнутым цепям поставок может быть мотивировано стремлением адаптироваться к условиям санкций и получить дополнительные выгоды от перехода к замкнутому циклу. Обосновано применение цифровых технологий для обеспечения эффективности управления замкнутыми цепями поставок, определены преимущества искусственного интеллекта, интернета вещей, предиктивной аналитики и облачных сервисов. Представлен инструментарий оценки эффективности цифровой трансформации цепочек поставок, основанный на расчете коэффициента эффективности трансформации цепи поставок. Предложенный инструментарий может быть применен на предприятиях с целью обоснования инвестиционных затрат.

Ключевые слова: реверсивная логистика, замкнутые цепи поставок, экономика замкнутого цикла, устойчивость цепей поставок.

CLOSED SUPPLY CHAIN MANAGEMENT: DIGITAL TRANSFORMATION AND PERFORMANCE EVALUATION

Kuzmin I.A., lecturer, Business School «Korolevskie besedy», Kazan, Russia

Abstract. The purpose of the article is to study the theoretical aspects of the use of various digital technologies for managing closed supply chains, as well as to propose an economic justification for the transition to closed supply chains. It is concluded that effective management of closed supply chains will allow enterprises to reduce dependence on suppliers through the secondary use of resources and raw materials, reduce the impact on the environment, and digitalization of supply chain management will increase their transparency and integration. For Russian enterprises, the transition to closed supply chains may be motivated by the desire to adapt to the conditions of sanctions and receive additional benefits from the transition to a closed cycle. The use of digital technologies to ensure the effectiveness of closed supply chain management is justified, the advantages of artificial intelligence, the Internet of Things, predictive analytics and cloud services are determined. A toolkit for evaluating the effectiveness of digital transformation of supply chains based on the calculation of the efficiency coefficient of transformation of the supply chain is presented. The proposed tools can be applied at enterprises in order to justify investment costs.

Keywords: reverse logistics, closed supply chains, closed-cycle economics, supply chain sustainability.

JEL classification: M15, Q57, O32.

Для цитирования: *Кузьмин И.А. управление замкнутыми цепями поставок: цифровая трансформация и оценка эффективности // Прогрессивная экономика. 2023. № 6. С. 27–40.*

Введение

Расширение масштабов производства, разнообразие ассортимента продукции, а также увеличение числа торговых партнёров и контрагентов создают для современных предприятий потребность в эффективном управлении цепями поставок. Управление цепями поставок направлено на сбалансированное удовлетворение потребностей и обеспечение поставок вдоль всей цепочки создания добавленной стоимости товаров или услуг, а также на оптимизацию взаимосвязей между всеми участниками этой цепи. Цепочка поставок включает в себя все виды деятельности, сотрудников, организации, информацию и ресурсы, необходимые для движения продукта от начала до потребителя. Итоговой целью цепочки поставок является удовлетворение потребительского спроса клиента. Управление цепочкой поставок объединяет отдельные бизнес-процессы, начиная от приобретения сырья и заканчивая потреблением готовой продукции.

В современных условиях, характеризующихся вниманием к экологическому вкладу, а также удорожанием основных источников сырья, становятся актуальными вопросы внедрения замкнутых цепочек поставок, которые включают процессы извлечении ценности из различных возвращаемых продуктов. Цепи поставок замкнутого типа строятся на принципах оптимизации производственного процесса, повторного использования продукта и переработки. Целью статьи является исследование теоретических аспектов использования различных цифровых технологий управления замкнутыми цепями поставок, а также предложение экономического обоснования перехода к замкнутым цепям поставок.

Обзор литературы

И.А. Кулькова и В.А. Лазарев определяют замкнутую цепь поставок как систему, в которой предприятие интегрирует свои процессы снабжения, производства, распределения и управления обратной логистикой таким образом, что она формирует замкнутый круг взаимосвязанных этапов, включая все участников от поставщиков сырья до конечных потребителей [2]. Особое внимание в замкнутой цепи поставок уделяется возвратному потоку – движению материальных ценностей, инициированному в связи с возвратами продукции. Также важным элементом замкнутой цепи поставок является обратный поток – представляющий собой поток товаров, восстановление потребительских свойств которых не представляется возможным, однако пригодных для вторичной переработки [1].

Для современных предприятий, функционирующих в условиях макроэкономической нестабильности, важным аспектом является определение целесообразности трансформации цепей поставок. M. Alegoz, O. Kaya и Z.P. Bayindir исследуют вопросы эффективности перехода от прямых цепей поставок, то есть не имеющих обратного потока ресурсов к замкнутым, включающим стадии повторного использования продуктов и переработку. Авторы указывают на то, что замкнутая цепь поставок, в сравнении с прямой, может функционировать при более низких углеродных ограничениях, следовательно, преимуществом замкнутой цепочки поставок является экологическая устойчивость. Замкнутые системы извлекают выгоду из этих возможностей, сокращая использование сырьевых ресурсов, полагаясь на переработанные и повторно используемые продукты и материалы [1].

С точки зрения R.M. Difrancesco и A. Huchzermeier, чтобы быть действительно устойчивой, замкнутая цепочка поставок должна приносить не только экономическую выгоду, а также пользу обществу в целом. Согласно подходу авторов, устойчивая цепочка поставок не ограничивается экологическими проблемами. Цепочки поставок замкнутого типа позволяют не только минимизировать воздействие промышленной деятельности на окружающую среду, но и максимизировать использование средств

производства за счёт переработки, повторного использования и восстановления [7]. Заметим здесь, что для российских предприятий данный переход моет быть мотивирован стремлением адаптироваться к условиям санкций и получить дополнительные выгоды от перехода к замкнутому циклу.

Таким образом, можно заключить, что замкнутая цепь поставок использует обратную логистику для возвращения продуктов, выполнивших свою функцию, обратно в процесс прямой логистики. Производитель создает продукт, поставляет его клиентам, а затем поощряет клиентов возвращать его после того, как он перестает им быть нужным. Использованные продукты возвращаются производителю для дальнейшей обработки, включающей ремонт, перепродажу или вторичное использование ресурсов (рис. 1).



Рис. 1. Концептуальная модель замкнутой цепочки поставок

Источник: составлено автором по данным [5]

Такие системы представляют собой важный компонент экономики замкнутого цикла, ориентированной на минимизацию отходов. Замкнутая цепь поставок управляет обратным потоком материалов и интегрирует его с традиционной цепью поставок. Сокращение потребления первичных ресурсов, а также подача большего количества продуктов обратно в цепочку

поставок позволяет предприятиям получить значительную экономию. Однако несмотря на теоретические преимущества, переход к замкнутым цепям поставок осуществляется достаточно медленно, поскольку перспективы являются недостаточно ясными, а экономический инструментарий обоснования перехода все еще не разработан.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели используются методы анализа научных источников, а также систематизации информации. Для разработки адаптации экономического инструментария оценки эффективности перехода к замкнутым цепям поставок используются методы аналогии и обобщения. Материалами исследования являются научные публикации современных российских и зарубежных авторов.

Результаты и обсуждение

В настоящее время с ростом затрат на утилизацию, нехваткой ресурсов и повышением осведомленности потребителей об экологических проблемах, усиливается внимание общества к окружающей среде. Компании, с целью сохранить конкурентоспособность в текущем периоде и обеспечить конкурентные преимущества в длительной перспективе, прилагают все больше усилий к разработке и внедрению экологичных производственных и операционных стратегий, чтобы повысить устойчивость всей цепочки поставок. Замкнутая цепочка поставок существует не только в теории: несколько зарубежных игроков начали использовать замкнутые системы с целью получения конкурентных преимуществ и степени негативного воздействия на окружающую среду.

Изменение бизнес-моделей и трансформация цепочек поставок в первую очередь касается производителей модной одежды. Так, например, американская транснациональная компания, специализирующаяся на спортивной одежде и обуви Nike, учредила индекс устойчивого производства и снабжения, который предназначен для стимулирования и поощрения улучшения методов охраны окружающей среды, здоровья, и безопасности

труда на заводах по всей цепочке поставок. Шведская компания H&M, являющаяся крупнейшим ритейлером одежды на европейском рынке, анонсировала обязательства использовать 100% переработанных или экологически чистых материалов к 2030 году [3].

Однако необходимо отметить, что замкнутые цепочки поставок не заканчиваются доставкой готовой продукции конечным потребителям, так как процесс продолжается до тех пор, пока из возвращенной продукции не будет получена экономическая ценность или она не будет должным образом утилизирована. Включение обратных потоков в цепи поставок современных предприятий увеличивает неопределенность и сложность для предприятий, стремящихся перейти к экономике замкнутого цикла.

Воздействие неопределенности и рисков нуждается в моделировании и оценке на всех этапах планирования процессов. Ключевой задачей является обеспечение достоверного информационного потока о протекающих процессах на различных уровнях цепи поставки. В силу сложности цепей поставок, управление цепочкой поставок производится с использованием цифровых решений. Согласно подходу В.И. Сергеева, искусственный интеллект и машинное обучение являются основными технологическими компонентами цепи поставок, обеспечивающими бесперебойную работу всей системы в динамично изменяющихся условиях окружающей среды [5].

Следовательно, эффективное управление замкнутыми цепочками поставок невозможно без использования специализированных цифровых инструментов или It-платформ. На рис. 2. представлена модель, обеспечивающая выбор наилучшего возможного варианта для организации замкнутой цепи поставок, включающей в себя процессы производства и доставки продукции потребителям, обратные и возвратные потоки, а также специализированные центры обработки данных и центы переработки. Данная модель является устойчивой, поскольку обладает способностью восстанавливаться после крупных сбоев и продолжать работать в условиях волатильности.

Модель управления цепочкой поставок объединяет поставщиков, производителей, дистрибьюторов и розничных торговцев через взаимодействие с информацией. В ее состав входит координация бизнес-потока, передача информации, управление капиталом и добавленной стоимостью, а также логистические процессы.

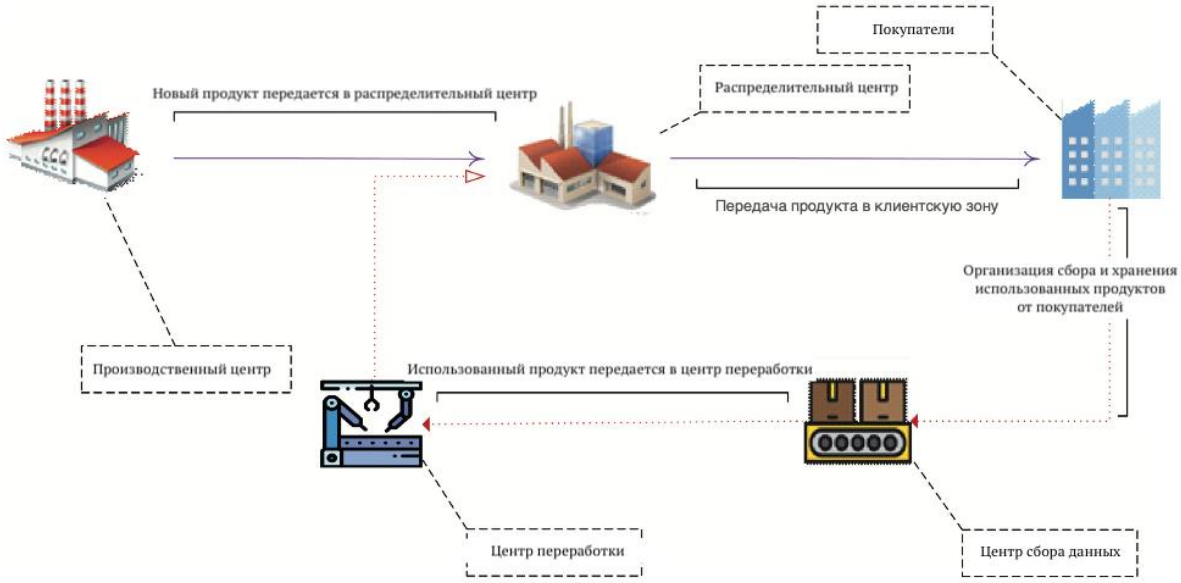


Рис. 2. Модель устойчивой замкнутой цепочки поставок

Источник: составлено автором по данным [8]

Исследование Y. Simge и E. Serpil подчеркивает, что у устойчивой замкнутой цепи поставок существуют несколько основных элементов, таких как центры производства или восстановления, центры распределения, точки сбора данных и места переработки продукции. Также в представленной структуре присутствует блок покупателей, которым предоставляются готовые продукты, а покупатели в свою очередь направляют на переработку продукты, которые уже не используются. Товары, годные для повторного использования, забираются у покупателей через розничных торговцев и доставляются в центры сбора, где, после проверки качества, классифицируются на две категории: те, которые пригодны для утилизации, отправляются в центры производства/восстановления, а утилизированные продукты направляются в

центры утилизации. Восстановленные продукты, наряду с новыми, реализуются через сеть распределительных центров [8].

Моделирование воздействия неопределенности и рисков на устойчивость цепи поставки является неотъемлемой частью планирования процессов на всех этапах. Основной задачей в данном контексте является обеспечение точного информационного потока о текущих процессах на различных уровнях цепи поставки, что осуществляется при помощи интеграции цифровых решений. Так, например, использование искусственного интеллекта (ИИ) позволяет анализировать разнородные данные на всем протяжении цепочки поставок. Преимущество использования ИИ обусловлено наличием возможностей отслеживания статуса и местоположения товаров в режиме реального времени, что позволяет использовать возможности объединения поставок или выбора более эффективной логистики в зависимости от доступного времени. Машинное обучение, как часть искусственного интеллекта, применяет большие объемы данных для выявления закономерностей, обучения на опыте и автоматизации гибких и оперативных рабочих процессов. Основные цифровые решения, которые могут быть применены в процессе управления замкнутыми цепями поставок представлены в таблице 1.

Таблица 1

Цифровые решения управления замкнутыми цепями поставок

Технология	Возможности применения
Искусственный интеллект (ИИ)	Искусственный интеллект выполняет моделирование логистических процессов, обеспечивая возможность централизованного управления обратными потоками, выявление проблемных сегментов и поиск оптимальных решений.
Big Data и предиктивная аналитика	Предиктивная аналитика может быть использована для оценки уровня запасов, а анализ больших данных позволяет создавать точные математические модели, находящие повысить эффективность принятия решений, предупреждать возникновение перебоев с поставками, оценивать динамику рынка, прогнозировать события на основе экстраполяции входящего массива данных.
Интернет вещей (IoT)	Обеспечивает комплексное взаимодействие и взаимопроникновение инструментов и технологий таких как: Blockchain, RFID-метки, NFC-метки, сенсорные датчики, облачные сервисы и др. Использование

	данных инструментов позволяет получать полную информацию о перемещении товаров и ресурсов в режиме реального времени.
Облачные сервисы	Облачные сервисы имеют высокий уровень адаптивности и создают широкие возможности для быстрого доступа к нужной информации, что позволяет повышать прозрачность цепи поставок, обеспечить быстрое реагирование и реакции на события.

Источник: составлено автором

Таким образом, трансформация традиционных цепей поставок в замкнутые должна со провождаться цифровизацией, поскольку включение в систему управления дополнительных параметров увеличивает степень неопределенности и требует использования специализированных программных решений, обеспечивающих максимизацию экономического эффекта при одновременном сокращении затрат.

Количественная оценка эффективности перехода к замкнутым цепям поставок и анализ эффектов от внедрения цифровых инструментов представляет собой существенную сложность, поскольку эффективность замкнутых цепей поставок зависит от множества взаимосвязанных факторов, включая экономические, экологические, социальные и технологические, количественное измерение которых требует комплексного подхода и учета различных показателей.

В качестве инструмента обоснования целесообразности инвестиций в создание замкнутых цепей поставок, целесообразно рассмотреть подход, изложенный в научной статье Н. В. Пахомовой, К. К. Рихтера и М. А. Ветровой, основанный на расчете показателей эффективности (KPI). Подход, изложенный в статье, был адаптирован для расчета коэффициента эффективности трансформации цепи поставок (1):

$$I = \frac{L*i_1+R*i_2+M*i_3+C*i_4}{W} * 100\% \quad (1)$$

где L – объем продукции, прошедшей техническое обслуживание (тонн или денежных единиц);

R – объем повторно используемой продукции (тонн или денежных единиц);

M – объем восстановленной продукции (тонн или денежных единиц);

C – объем переработанной продукции и отходов (тонн или денежных единиц);

i_1, i_2, i_3, i_4 – коэффициенты веса;

W – общий объем отходов и продукции, вышедшей из эксплуатации, то есть объем отходов, генерируемый до трансформации цепи поставок (тонн или денежных единиц).

Используемые при расчете индекса веса индикаторов (i_1, i_2, i_3, i_4) определяются исходя из принципов циркулярной экономики, а также с учетом экологических и экономических преимуществ. Способ расчета весовых коэффициентов представлен в таблице 2.

Таблица 2

Способ расчета весовых коэффициентов

Элемент обратного потока	Экономия ресурсов, %	Снижение отходов, %	Рентабельность, %	Итого	Весовой коэффициент
Техническое обслуживание продукции i_1	P1	P2	P3	$\sum P_n$	$i_1 = \frac{\sum P_n}{S_{max}}$
Повторное использование продукции i_2	K1	K2	K3	$\sum K_n$	$i_2 = \frac{\sum K_n}{S_{max}}$
Восстановление продукции i_3	T1	T2	T3	$\sum T_n$	$i_3 = \frac{\sum T_n}{S_{max}}$
Переработка отслужившей продукции и отходов i_4	H1	H2	H3	$\sum H_n$	$i_4 = \frac{\sum H_n}{S_{max}}$
Максимальное суммарное значение (Smax)	$S_\max = \max\left(\sum P_n; \sum K_n; \sum T_n; \sum H_n\right)$				

Источник: составлено автором по данным [4]

Индекс эффективности трансформации цепи поставок (I) изменяется в диапазоне от 0 до 100 %, и чем ближе он приближается к 100 %, тем выше

показатели эффективности замкнутой цепочки поставок. Данный метод позволяет производить технико-экономическое обоснование целесообразности трансформации цепей поставок и повышать эффективность внедрения цифровых инициатив, необходимых для управления обратным потоком. Данный индекс может быть применен для сравнительного анализа, например, при оценке эффективности собственной цепи поставок по сравнению с результатами конкурентов или установлении минимальных значений. Например, можно считать цепь поставок эффективной, если достигнут показатель более 50%.

Повышение стоимости капитала, увеличение уровня доверия и возможность управления репутацией – представляют собой выгоды, которые могут быть достигнуты посредством трансформации цепей поставок и переход к экономике замкнутого цикла. Можно заключить, что переход к замкнутым цепям поставок произойдёт в среднесрочной перспективе, а компании – лидеры получат наибольшие экономические эффекты за счет формирования клиентской базы и повышения осведомлённости потребителей.

Заключение

В настоящее время экологические преимущества замкнутых цепочек поставок обеспечивают и конкурентное преимущество для компаний, трансформирующих традиционные цепи поставок. Также стимулами перехода к замкнутым цепям поставок являются рост затрат на утилизацию и дефицит ресурсов, вызванный негативным влиянием санкций. Производственный процесс с полузамкнутым циклом, который включает использование переработанных товаров для создания чистых новых продуктов, иначе известный как переработка может стать наиболее оптимальным способом ведения хозяйственной деятельности в современных условиях.

Таким образом, внедрение замкнутых цепей поставок является трендом современной мировой экономики, сталкивающейся с необходимостью рационализации использования ресурсов и решения глобальных

экологических проблем. Однако с увеличением числа логистических потоков, участников и объемов грузоперевозок, управление цепями поставок становится чрезвычайно сложным процессом, требующим внедрения цифровых инструментов в процессы управления. Цифровые решения являются перспективными инструментами, необходимыми для эффективного управления цепи поставок, позволяют достигать цели максимизации прибыли за счет оптимизации цены материалов и сопутствующих товаров, а также обеспечения запасов на заданном уровне благодаря непрерывному процессу поставки товаров.

Литература

1. Дзюбина К.О., Дзюбина А.В., Левкин Г.Г. Исследование специфических характеристик обратных материальных потоков // Инновационная экономика и общество. 2013. С. 34–40.

2. Кулькова И.А., Лазарев В.А. Реверсивная логистика – логистика возвратных и обратных потоков // Управленец. 2014. № 5.С. 48–51.

3. Лахно Ю.В. Управление переработкой одежды в устойчивых цепях // Логистика и управление цепями поставок. 2019. № 6 (95). С. 2–9.

4. Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Ветрова М.А. Переход к циркулярной экономике и замкнутым цепям поставок как фактор устойчивого развития // Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика. 2017. Т. 33. № 2. С. 244–268.

5. Сергеев В.И. Тенденции развития логистики и управления цепями поставок // Логистика сегодня. 2022. № 2. С. 120–125.

6. Alegoz M., Kaya O., Bayindir Z.P. A Comparison of Forward and Closed-Loop Supply Chains. In: Neufeld, J.S., Buscher, U., Lasch, R., Möst, D., Schönberger, J. (eds) Operations Research Proceedings. 2019. Operations Research Proceedings. Springer, Cham.

7. Difrancesco R.M., Huchzermeier A. Closed-loop supply chains: a guide to theory and practice // International Journal of Logistics. 2016. №19. P. 443–464.

8. Simge Y., Serpil E. Sustainable Closed-Loop Supply Chain Network Design and Optimization. 2022.

References

1. Dzyubina K.O., Dzyubina A.V., Levkin G.G. Issledovanie specificheskih harakteristik obratnyh material'nyh potokov // Innovacionnaya ekonomika i obshchestvo. 2013. S. 34–40.

2. Kul'kova I.A., Lazarev V.A. Reversivnaya logistika – logistika vozvratnyh i obratnyh potokov // Upravlenec. 2014. № 5.S. 48–51.

3. Lahno YU.V. Upravlenie pererabotkoj odezhdy v ustojchivyh cepyah // Logistika i upravlenie cepyami postavok. 2019. № 6 (95). S. 2–9.

4. Pahomova N.V., Rihter K.K., Vetrova M.A. Perekhod k cirkulyarnoj ekonomike i zamknutym cepyam postavok kak faktor ustojchivogo razvitiya // Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ekonomika. 2017. T. 33. № 2. S. 244–268.

5. Sergeev V.I. Tendencii razvitiya logistiki i upravleniya cepyami postavok // Logistika segodnya. 2022. № 2. S. 120–125.

6. Alegoz M., Kaya O., Bayindir Z.P. A Comparison of Forward and Closed-Loop Supply Chains. In: Neufeld, J.S., Buscher, U., Lasch, R., Möst, D., Schönberger, J. (eds) Operations Research Proceedings. 2019. Operations Research Proceedings. Springer, Cham.

7. Difrancesco R.M., Huchzermeier A. Closed-loop supply chains: a guide to theory and practice // International Journal of Logistics. 2016. №19. P. 443–464.

8. Simge Y., Serpil E. Sustainable Closed-Loop Supply Chain Network Design and Optimization. 2022.