

Цифровизация интегрированных логистических потоков фокусного предприятия

Тяпухин Алексей Петрович¹

Д-р экон. наук, проф. каф. цифровой экономики и логистики
ORCID: 0000-0002-1819-5905, e-mail: aptyapuhin@mail.ru

Стародубцев Владимир Сергеевич²

Преп. каф. менеджмента
ORCID: 0009-0009-4613-5377, e-mail: vstarodubtsev95@mail.ru

¹Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, г. Москва, Россия

²Оренбургский государственный университет, г. Оренбург, Россия

Аннотация

Целью настоящего исследования является уточнение и дополнение теории и методологии проектирования, формирования и оптимизации управления интегрированными, гомогенными и гетерогенными потоками материальных, информационных, финансовых и человеческих ресурсов в каналах, цепях, фронтах, эшелонах и сетях различного типа. В качестве методов исследования выбраны дескрипторный и фасетный методы классификации, методы анализа и синтеза, индукции и дедукции, а в качестве инструментов использованы бинарные матрицы, сформированные на основе качественных признаков и дихотомий объектов и компонентов управления интегрированными логистическими потоками. Обоснованы варианты интеграции субъектов и объектов управления бизнес-системой. Разработана сквозная классификация предприятий и отношений между ними, процессов и логистических операций с целью цифровизации интегрированных логистических потоков и бизнес-систем различного типа. Определены и оцифрованы варианты данных потоков, а также созданы теоретические и методические предпосылки для моделирования данных потоков. Ценность исследования заключается в создании теоретических и методических предпосылок для цифровизации нефизических субъектов и объектов управления интегрированными логистическими потоками, а также их интеграции с прочими физическими субъектами и объектами с целью выработки рациональных управленческих решений как на уровне звеньев, так и на уровне бизнес-системы.

Ключевые слова

Интеграция, логистика, поток, цифровизация, бизнес-система, модель, прототип цифрового двойника, управление

Для цитирования: Тяпухин А.П., Стародубцев В.С. Цифровизация интегрированных логистических потоков фокусного предприятия // Вестник университета. 2024. № 10. С. 36–49.



Digitalizing an integrated logistics flows of a focus enterprise

Alexey P. Tyapukhin¹

Dr. Sci. (Econ.), Prof. at the Digital Economy and Logistics Department
ORCID: 0000-0002-1819-5905, e-mail: aptyapuhin@mail.ru

Vladimir S. Starodubtsev²

Lecturer at the Management Department
ORCID: 0009-0009-4613-5377, e-mail: vstarodubtsev95@mail.ru

¹Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, Moscow, Russia

²Orenburg State University, Orenburg, Russia

Abstract

The purpose of the study is to clarify and supplement the theory and methodology of design, formation, and optimization of management of integrated, homogeneous, and heterogeneous flows of material, information, financial, and human resources in channels, chains, fronts, echelons, and networks of various types. The descriptor and facet classification methods and methods of analysis and synthesis, induction and deduction have been chosen as research methods, and binary matrices formed on the basis of qualitative attributes and dichotomies of objects and components of integrated logistics flows management were used as tools. The variants of business system management subjects and objects integration have been substantiated. An end-to-end classification of enterprises and relations among them, processes, and logistics operations has been developed for the purpose of digitalization of integrated logistics flows and business systems of various types. The variants of these flows have been defined and digitized, and theoretical and methodological prerequisites for modeling these flows have been created. The value of the study lies in theoretical and methodological prerequisites creation for digitalization of non-physical subjects and objects of integrated logistics flows management, as well as their integration with other physical subjects and objects in order to develop rational management decisions both at the level of links and at the level of the business system.

Keywords

Integration, logistics, flow, digitalization, business system, model, digital twin prototype, management

For citation: Tyapukhin A.P., Starodubtsev V.S. (2024) Digitalizing an integrated logistics flows of a focus enterprise. *Vestnik universiteta*, no. 10, pp. 36–49.



ВВЕДЕНИЕ

Использование компьютерных технологий при принятии управленческих решений улучшает их качество и способствует повышению конкурентоспособности цепей поставок за счет снижения упущенной выгоды и лояльности конечных потребителей продукции и услуг. Однако решение данной проблемы сопровождается рядом негативных факторов, таких как:

- сложность исследования разнообразных бизнес-систем, таких как каналы, цепи, фронты, эшелоны, а также сети, теория и методология проектирования, формирования и оптимизации которых требуют совершенствования;
- наличие нескольких объектов управления бизнес-системами, к числу которых относятся предприятия, отношения, процессы и потоки, имеющие сложную структуру [1];
- необходимость учета специфики и вариантов поведения значительного количества лиц, принимающих управленческие решения (субъектов управления), вследствие чего каждое звено бизнес-системы может достигать собственные цели в ущерб ее цели;
- ограниченные возможности измерения, идентификации и цифровизации нефизических субъектов и объектов управления бизнес-системой, а именно ценностей и поведения конечных потребителей продукции и услуг, отношений в системе, управленческих решений ее звеньев, целей, задач и принципов управления, факторов внешней среды и др.

Особую сложность при создании и внедрении информационных технологий, в частности цифровых двойников управления бизнес-системами, представляют вопросы структуризации, цифровизации и моделирования интегрированных потоков материальных, информационных, финансовых и человеческих ресурсов, являющихся объектами исследования логистики. Данные вопросы по-прежнему не решены по причине необоснованного включения объекта управления «поток» в компетенцию управления цепями поставок, в результате чего внимание специалистов переключилось на объект управления «цепь», сущность и содержание которого не могут быть конкретизированы без уточнения сущности и содержания первого объекта [2]. Ориентация на управление не одним, но несколькими потоками ресурсов одновременно или интегрированным, в том числе гетерогенным, или логистическим, потоком создает ряд конкурентных преимуществ для создания потока ценностей конечных потребителей продукции и услуг, устранения межорганизационных и межфункциональных барьеров в бизнес-системах и повышения качества продукции и услуг.

В настоящем исследовании впервые предложена сквозная классификация объектов управления бизнес-системами: предприятий, отношений и процессов, на основе которых определены базовые варианты интегрированных логистических потоков и созданы теоретические и методические предпосылки для их цифровизации, структуризации, стандартизации, моделирования и последующего проектирования прототипа цифрового двойника управления бизнес-системами, включающими физические и нефизические субъекты и объекты управления с дальнейшим созданием их экземпляров и агрегатов [3].

В рамках исследования предполагается решение следующих задач:

- обоснование вариантов интеграции субъектов и объектов управления бизнес-системой;
- разработка сквозной классификации предприятий и отношений между ними, объектов управления, процессов и логистических операций с целью цифровизации бизнес-систем различного типа;
- определение вариантов интегрированных логистических потоков ресурсов, а также их шифров и кодов;
- создание теоретических и методических предпосылок для моделирования данных потоков в различных управленческих ситуациях.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Термины «интеграция» и «интегрированный» широко и неравномерно распространены в теории и методологии управления бизнес-системами и логистического менеджмента. Исследование литературы по данному аспекту позволило выявить несколько вариантов их использования.

1. Вариант уточнения сущности и содержания данных терминов в целом и по основным объектам управления бизнес-системой в частности, поскольку «это слово имеет множество значений, которые неправильно понимаются» [4]. Применительно к управлению определение термина «интеграция» может быть следующим – «качество взаимодействия, существующего между подразделениями, необходимое

для достижения единства усилий в соответствии с требованиями окружающей среды» [5]. Из этого следует, что интеграция является внутренней для объекта управления «предприятие». Кроме того, объектами исследований являются термины «интеграция отношений» и «интеграция процессов» [6; 7]. Сочетания слов «поток» и «интеграция», а также «движение» и «интеграция» также встречаются в литературе, но в первом случае они характеризуют сферу управления информационными потоками, а во втором – «непрерывный сбор и перемещение любых корпоративных данных в режиме реального времени» [8; 9]. Это означает, что задача создания теории и методологии управления интегрированными, в первую очередь материальными, потоками на данный момент не считается актуальной.

2. Вариант взаимосвязей терминов «интеграция» и «логистика», поскольку «логистическая интеграция относится к операционной деятельности, которая координирует поток материалов от поставщиков к клиентам», причем эта деятельность относится к компетенциям логистического менеджмента, интегрированного логистического менеджмента, и, наконец, «интегрированной логистики» [10–14]. Данный аспект исследования в очередной раз подтверждает сложность цифровизации объектов управления бизнес-системой без доработки содержания терминологических словарей.

3. Вариант создания логистических бизнес-систем, таких как «интегрированная система управления логистикой», «интегрированная система распределения», призванных воздействовать на логистические потоки ресурсов в соответствии с «интегрированной концепцией управления физическим распределением», поскольку именно она должна обеспечить эффективное обслуживание конечных потребителей продукции и услуг [15–17].

4. Вариант разработки и использования иерархически взаимосвязанных «интегрированных логистических стратегий» и «стратегий интегрированной цепи поставок», которые могут использоваться совокупностью звеньев бизнес-системы или же на уровне функциональных областей управления бизнес-системой, включая логистический менеджмент [18; 19].

5. Вариант учета структуры «интегрированной цепи поставок», формируемой с помощью «интеграции цепи поставок» [20; 21]. Последний вариант интеграции предназначен для того, чтобы «предоставить эффективные потоки продуктов, услуг, информации, денег и решений с целью обеспечения максимальной отдачи для своих клиентов» [22].

6. Дефицит терминов, близких по содержанию к термину «интегрированный поток ресурсов», который в дальнейшем планируется структурировать, оцифровать и моделировать. На данный момент специалистами предложены термины «интеграция потоков в цепи поставок», «интеграция логистических ресурсов» и «интеграция информационных потоков» [23–25]. Авторам настоящего исследования не удалось найти информацию об интеграции материальных, финансовых и человеческих потоков как по гомогенному, так и по гетерогенному признаку, хотя именно данная функция придает необходимую специфику исследованию.

Таким образом, изучение литературы позволило прийти к следующим выводам:

- несмотря на значимость управления интегрированными логистическими потоками, специалистами не используется термин, отражающий его сущность и содержание, или же он им не известен;
- теория и методология управления потоками данного типа не проработаны в должной степени, хотя для конечных потребителей продукции и услуг их потоки или потоки ценностей важнее, чем бизнес-системы, их производящие и перемещающие;
- одними из главных причин данной проблемы являются преждевременный отказ специалистов от изучения термина «поток» и логически необоснованный переход к изучению термина «цепь поставок» – поскольку поставка является процессом, основным и объектам и интеграции стали не потоки, а процессы, примером чему являются, в частности, такие информационные продукты, как SCOR- и DCOR-модели;
- термины логистики и управления бизнес-цепями, в состав которых входят слова «интеграция» и «интегрированный», не представляют целостную систему элементов, в связи с чем качественная цифровизация данных терминов проблематична;
- подавляющее большинство изложенных выше терминов являются нефизическими объектами управления, которые трудно поддаются измерению, поэтому теория и методология создания цифровых двойников физических объектов цепей поставок не могут быть основой для создания цифровых двойников управления бизнес-цепями и интегрированными логистическими потоками.

В настоящем исследовании под интегрированным логистическим потоком будем понимать совокупность гомогенных и гетерогенных объектов и компонентов, перемещаемых в пространстве и во времени и адаптированных к количественным и качественным изменениям в соответствии с воздействием на них субъекта управления.

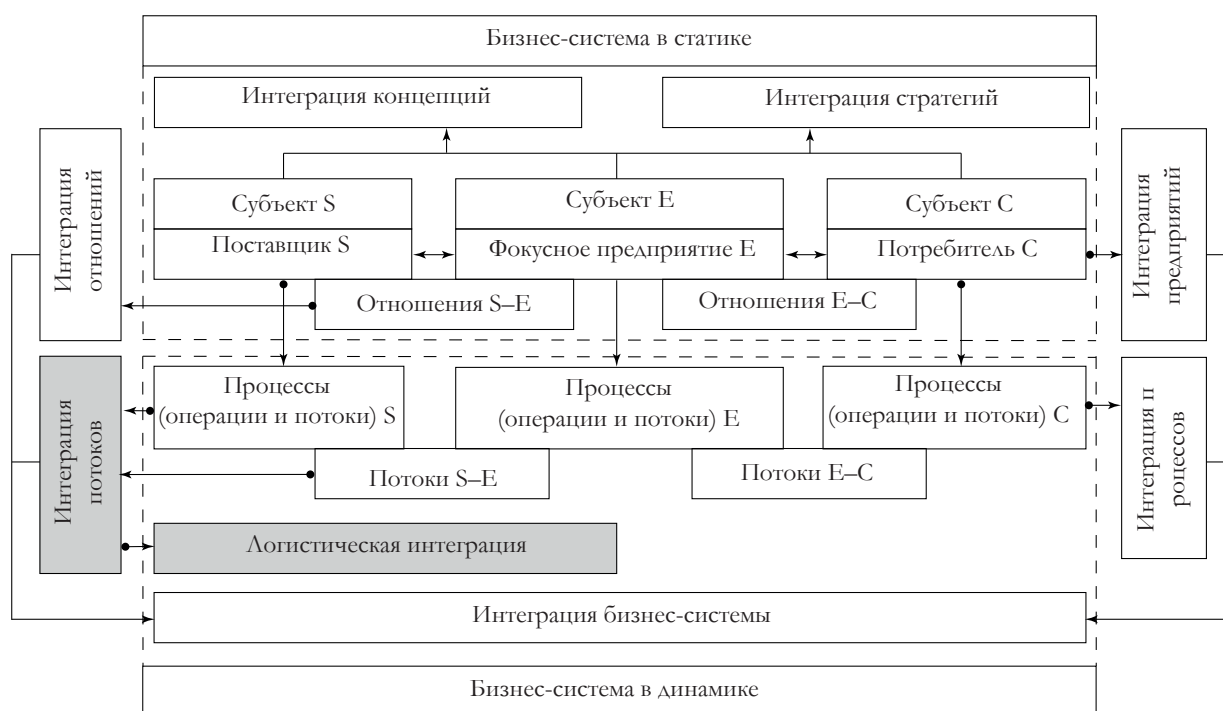
МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Поскольку бизнес-система и управление бизнес-системой являются сложными как по структуре, так и по вариантам использования, их цифровые двойники состоят из совокупности цифровых двойников не только физических (транспорт, склады, запасы, тара, станки, оборудование и др.), но и нефизических объектов. Наибольшую сложность создания цифровых двойников данного типа представляет вопрос обоснования шкал и инструментов измерения нефизических объектов. В связи с этим в качестве основных методов исследования выбраны качественные, к числу которых относятся:

- дескрипторный метод, основанный на определении совокупности актуальных качественных признаков субъектов и объектов управления и их дихотомий, или раздвоенностей, предусматривающих последовательное деление субъектов и объектов на две части, более связанные внутри, чем между собой, – данные признаки и дихотомии определяются с помощью анализа литературных источников и социологических опросов;
- фасетный метод, позволяющий определить рациональные сочетания актуальных качественных признаков по два, три и более и идентифицировать различные варианты субъектов и объектов управления бизнес-системой, расположенные в ячейках бинарных матриц (например, совместное использование двух качественных признаков и их дихотомий позволяет получить четыре варианта субъекта или объекта управления, три признака, используемые одновременно, способствуют обоснованию 8 их вариантов и т.д.).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Достижение цели исследования должно носить системный характер. Иными словами, нужно показать место объекта исследования «интегрированный логистический поток» при управлении бизнес-системами. Одно из решений данной задачи представлено на рис. 1.



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 1. Структура бизнес-системы и вариантов интеграции субъектов и объектов управления

Содержание рисунка позволяет сделать следующие выводы:

- целесообразно разграничивать бизнес-цепи в статике (предприятия и отношения между ними) и бизнес-цепи в динамике (процессы и связывающие их потоки ресурсов), при этом на уровне предприятий следует выделять субъекты управления или лица, принимающие управленческие решения, и исполнителей, связанных с выполнением заказов потребителей;
- типовая бизнес-цепь включает три объекта управления: поставщика «S», фокусное предприятие «E» и потребителя «C», связанных отношениями «S–E» и «E–C» и выполняющих процессы, состоящие из операций и внутренних для предприятий потоков, а также перерабатывающих входящие и выходящие потоки ресурсов «S–E» и «E–C»;
- каждый объект управления разрабатывает и внедряет концепцию и стратегию управления, что предполагает согласование их содержания и формирование интегральных концепции и стратегии;
- целесообразно решить проблему интеграции основных объектов управления бизнес-цепью: предприятий, отношений, процессов и потоков (последний вариант интеграции может быть назван логистической интеграцией).

Методология исследования позволяет не только получить новые варианты известных решений, но и подтвердить правильность этих решений, создав тем самым теоретические предпосылки для цифровизации исследуемых субъектов и объектов. Поскольку управление интегрированными логистическими потоками предполагает выбор связанных с ним конкретных объектов управления по количеству и качеству в той или иной их комбинации, целесообразно разработать сквозную классификацию данных объектов, что способствует формированию логически обоснованной системы шифров и кодов, используемых при их цифровизации.

Для того чтобы определить роль предприятия, управляющего интегрированными логистическими потоками, целесообразно использовать следующие признаки и дихотомии:

- «тип создаваемых предприятием ценностей»: нематериальные (символ «0») и материальные (символ «1»);
- «тип функции субъекта управления»: поставка ресурсов (символ «0») и переработка ресурсов (символ «1»).

Совместное использование данных признаков и дихотомий позволяет определить, что основной ролью данного предприятия является роль «логист» (код «10») наряду с такими ролями, как «партнер» (код «00»), «собственник» (код «01») и «технолог» (код «11»). Таким образом, начальным кодом для цифровизации интегрированного логистического потока является код «10».

Предприятие как объект управления располагает минимально необходимым имуществом, обеспечивающим эффективное управление не только интегрированными логистическими потоками, но и его компонентами (далее именуемые струями), причем каждый вид имущества создает предпосылки для выделения локальной струи данного потока. Для обоснования данных компонентов рекомендуется использовать следующие качественные признаки и дихотомии:

- «автономность объектов интегрированного логистического потока»: автономные (символ «0») и неавтономные (символ «1»);
- «назначение объектов интегрированного логистического потока»: содействие решению задачи (символ «0») и решение данной задачи (символ «1»).

На основе данных признаков и дихотомий может быть создана бинарная матрица, в ячейках которой располагаются следующие компоненты управления: подъемно-транспортное средство (код «00»), упаковка (код «01»), транспортное средство (код «10») и материальный ресурс (код «11») в определенном количестве и качестве, рассматриваемый либо как «продукт», либо как «партия». Предприятие, выступающее в роли логиста (код «10»), воздействуя, например, на транспортное средство (код «10»), образует более сложный объект управления бизнес-системой, который имеет код «10.10».

Объект управления «отношения» также отличается разнообразием, упорядочить которое можно с помощью таких качественных признаков и дихотомий, как:

- «длительность отношений»: краткие (символ «0») и длительные (символ «1»);
- «наличие общей цели с контрагентом (поставщиком S или потребителем C)»: нет (символ «0») и есть (символ «1»);
- «приоритет контрагента при принятии решений»: нет (символ «0») и есть (символ «1»).

Совместное использование данных признаков и дихотомий позволяет обосновать 8 вариантов отношений исследуемого предприятия с контрагентом (табл. 1).

**Классификация типов отношений субъектов управления интегрированным
логистическим потоком (контрагентов)**

Классификационные признаки			Тип отношений
Длительность отношений: краткие (0); длительные (1)	Наличие общей цели: нет (0); есть (1)	Приоритет контрагента: нет (0); есть (1)	
0	0	0	Неопределенность
0	0	1	Диктат
0	1	0	Взаимодействие
0	1	1	Субординация
1	0	0	Сотрудничество
1	0	1	Принуждение
1	1	0	Партнерство
1	1	1	Доверительность

Составлено авторами по материалам исследования

Если данное предприятие находится в длительных отношениях, имеет общую цель и учитывает приоритет контрагента, к полученному ранее коду «10.10» следует добавить код «111», и в результате исследователь может использовать семизначный код «10.10.111», обозначающий доверительные отношения предприятия, воздействующего на транспортное средство, используемого в интересах контрагента или в собственных целях.

Если поставить задачу классификации объекта «процесс», выполняемые компонентами управления операции могут совпадать и в то же время различаться. Учитывая данный аспект, целесообразно обосновать двухуровневую классификацию процессов, выполняемых с компонентами управления, которые могут быть представлены в движении, то есть как струи и как интегрированный логистический поток. Первый уровень классификации направлен на выделение базовых, или унифицированных, процессов. Для решения данной задачи целесообразно использовать следующие качественные признаки и дихотомии:

- «цель воздействия на компоненты управления»: создание ценности (символ «0») и сохранение потребительских свойств (символ «1»);
- «стадии жизненного цикла компонентов управления»: создание и упадок (символ «0») и развитие и зрелость (символ «1»).

Совместное использование данных признаков и дихотомий позволяет обосновать четыре базовых процесса, выполняемых предприятием в роли логиста:

- приобретение (изготовление), код «00»;
- хранение (переработка/утилизация), код «01»;
- использование (эксплуатация), код «10»;
- подготовка (обслуживание и ремонт), код «11».

Для обоснования каждого из них необходимо использовать соответствующие актуальные качественные признаки и их дихотомии, что является задачей будущих исследований. Для дальнейшей классификации объекта управления «процесс» примем за основу такой его вид, как «использование (эксплуатация)», код «10».

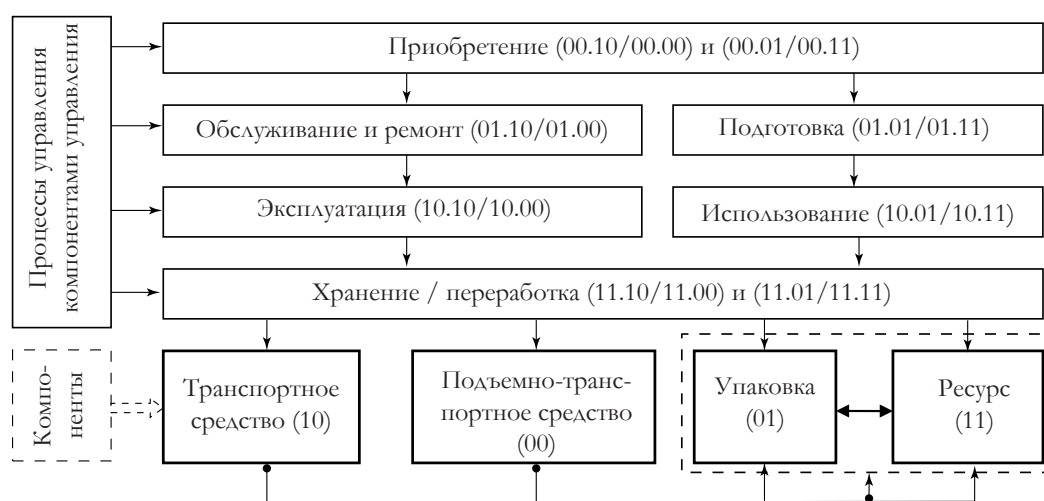
Если учесть, что одни компоненты управления являются автономными (подъемно-транспортное и транспортное средства, символ «1»), а другие – неавтономными (упаковка и ресурс, символ «0»), выполняемые ими логистические операции различаются. Так, например, для обоснования количества и качества операций, выполняемых автономными компонентами управления, целесообразно использовать следующие качественные признаки и дихотомии:

- «компонент “место” комплекса маркетинга»: место приемки (символ «0») и место передачи (символ «1»);
- «тип логистической операции»: начально-конечная (символ «0») и основная (символ «1»).

Данные признаки и дихотомии позволяют обосновать четыре логистические операции, выполняемые автономными компонентами управления: соединение (шифр «s», код «1.00»), разъединение (шифр «t», код «1.01»), маневрирование (шифр «m», код «1.10») и транспортировка (шифр «b», код «1.11»).

Аналогичным образом при совместном использовании тех самых качественных признаков и дихотомий можно определить логистические операции, выполняемые неавтономными компонентами управления, такие как хранение (шифр «h», код «0.00»), складирование (шифр «w», код «0.01»), манипуляции (шифр «n», код «0.10») и перемещение (шифр «r», код «0.11»). Разделение логистических операций по признаку автономности компонента управления актуально с точки зрения определения и назначения владельца логистической операции или собственника данного компонента, заинтересованного в его максимальной эффективности. При этом логистические операции «хранение» или «простой» распространяются также на автономные компоненты управления.

Изложенная выше информация позволяет установить взаимосвязи и оцифровать компоненты управления интегрированным логистическим потоком, а также выполняемые ими процессы (рис. 2).



Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 2. Взаимосвязи и коды компонентов управления интегрированным логистическим потоком, а также логистических процессов и операций

На верхней части рисунка представлены процессы, выполняемые транспортным средством (код «10») и подъемно-транспортным средством (код «00»), и процессы, связанные с воздействием на упаковку (код «01») и ресурс (код «11»). Каждый процесс обозначен четырехзначным бинарным кодом, первая часть которого содержит код процесса, а вторая – код компонента управления. В нижней части рисунка отражены возможности транспортировки транспортным и подъемно-транспортным средствами упаковки и ресурса по отдельности и ресурса в упаковке.

Каждый из компонентов управления может двигаться (транспортироваться или перемещаться) и в связи с этим рассматриваться как струя или часть интегрированного логистического потока. При этом совместное движение двух и более струй создает предпосылки для исследования интегрированных логистических потоков, которые могут быть элементарными в случае совместного движения компонентов управления (морского судна с материальными ресурсами) или сложными в случае параллельного движения нескольких автономных компонентов управления (видов городского пассажирского транспорта). Рассмотрим простейший случай формирования элементарных интегрированных потоков компонентов управления.

Поскольку основу данных потоков составляют четыре компонента управления, можно выделить 16 вариантов интегрированных потоков, причем один из них с кодом «0000» представляет запас, четыре варианта могут рассматриваться как струи, 6 – как двухкомпонентные интегрированные потоки, три – как трехкомпонентные интегрированные потоки, один – как четырехкомпонентный интегрированный поток (табл. 2).

Таблица 2

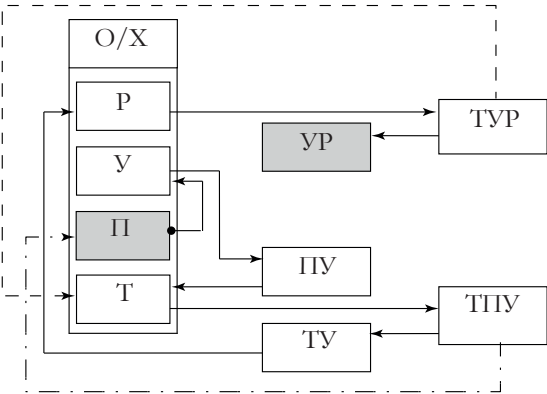
Варианты интегрированных логистических потоков
(процесс «эксплуатация/использование»)

Транспортное средство (Т)	Подъемно-транспортное средство (П)	Упаковка (У)	Ресурс (Р)	Шифры вариантов
Коды объектов потока				
1000	1001	1010	1011	
0	0	0	0	О/Х
0	0	0	1	Р
0	0	1	0	У
0	0	1	1	У1Р2
0	1	0	0	П
0	1	0	1	П1Р2
0	1	1	0	П1У2
0	1	1	1	(ПУ)1Р2; (ПР)1У2; (УР)1П2; ТРП
1	0	0	0	Т
1	0	0	1	Т1Р2
1	0	1	0	Т1У2
1	0	1	1	(ТУ)1Р2; (ТР)1У2; (УР)1Т2; ТУР
1	1	0	0	Т1П2
1	1	0	1	(ТП)1Р2; (ТР)1П2; (ПР)1Т2; ТРП
1	1	1	0	(ТП)1У2; (ТУ)1П2; (ПУ)1Т2; ТРП
1	1	1	1	(ТП)1(УР)2; (ТУ)1(ПР)2; (ТР)1(ПУ)2; (ТПУ)1(Р)2; (ТУР)1(П)2; (ПУР)1(Т)2; (ТПР)1(У)2; ТПУР

Составлено авторами по материалам исследования

Информация, представленная в таблице, позволяет сделать следующие выводы.

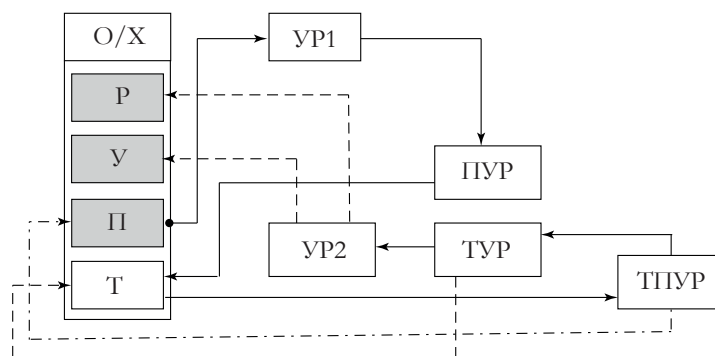
- 1. Интегрированные логистические потоки могут создаваться по принципу «от простого к сложному», и наоборот.
- 2. Содержание таблицы может быть конкретизировано или адаптировано под определенные управленческие задачи, например, «упаковку ресурса» и «отделение упаковки от ресурса» с использованием транспортного и подъемно-транспортного средств (рис. 3, рис. 4).



Примечание: Т – транспортное средство, Р – ресурс, У – упаковка, П – подъемно-транспортное средство

Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 3. Модель управления интегрированными потоками, ориентированными на упаковку ресурса (УР)



Примечание: Т – транспортное средство, Р – ресурс, У – упаковка, П – подъемно-транспортное средство

Составлено авторами по материалам исследования

Рис. 4. Модель управления интегрированными потоками, ориентированными на отделение упаковки (У) от ресурса (Р)

При решении первой задачи подъемно-транспортное средство «П» транспортируется к месту приемки (хранения) упаковки «У» и захватывает ее, формируя двухкомпонентный поток «ПУ». Он движется к транспортному средству «Т» и образует трехкомпонентный поток «ТПУ», целью которого является перевалка упаковки «У» с подъемно-транспортного средства «П» на транспортное средство «Т». После этого подъемно-транспортное средство «П» возвращается к месту хранения, а вновь образованный двухкомпонентный поток «ТУ» движется к месту приемки (хранения) ресурса «Р», трансформируясь в трехкомпонентный поток «ТУР». После разгрузки упаковки «У» (например, с помощью подъемно-транспортного средства «П» – на рис. 3 не показано) транспортное средство «Т» возвращается к месту хранения. Далее ресурс «Р» упаковывается, образуя двухкомпонентный поток (вернее, запас) «УР». Аналогичным образом можно моделировать решение задачи «отделение упаковки от ресурса» (рис. 4), осуществляемое по алгоритму: струя «П» к компоненту «УР» → поток «ПУР» к компоненту «Т» → поток ТПУР → струя «П» и поток «ТУР» → поток (запас) «УР» и струя «Т» → струя (запас) «Р» и струя (запас) «У».

3. При управлении интегрированными логистическими потоками возможны различные варианты движения (транспортировки и/или перемещения) компонентов управления. Данные варианты можно обосновать на основе таких качественных признаков и дихотомий, как «состояние компонента «1» и «состояние компонента «2»: пассивное (символ «0», ожидает) и активное (символ «1», движется). Созданная на основе данных признаков и дихотомий бинарная матрица включает следующие блоки:

- «А»: объекты 1 и 2 ожидают (код «000»);
- «Б»: объект 1 движется либо к объекту 2 (код «010»), либо от объекта 2 (код «011»);
- «В»: объект 2 движется либо к объекту 1 (код «100»), либо от объекта 1 (код «101»);
- «Г»: объекты 1 и 2 движутся либо друг к другу (код «110»), либо друг от друга (код «111»).

Данная матрица также учитывает направления движения компонентов «1» и «2»: к объекту или от объекта. Например, шифр двухкомпонентного потока типа «Т1П2» (код «1100») означает, что в первом варианте транспортное средство «Т» движется к подъемно-транспортному средству «П» (блок «Б»), во втором варианте, наоборот, подъемно-транспортное средство «П» движется к транспортному средству «Т» (блок «В»), в третьем варианте они движутся друг к другу или друг от друга (блок «Г»).

4. Информация таблицы может быть дополнена сведениями о количестве струй потока ресурсов «N» (увеличиваются (символ «0») или уменьшаются (символ «1»), их качестве «Q» (гомогенные (символ «0») и гетерогенные (символ «1»), а также о модели потока, в состав которого входят данные струи. Базовые виды данной модели можно обосновать на основе следующих качественных признаков и дихотомий:

- «состояние потока ресурсов»: не движется (символ «0») и движется (символ «1»);
- «состояние струи потока ресурсов»: не движется (символ «0») и движется (символ «1»).

Совместное использование данных признаков и дихотомий позволяет выделить такие виды искомой модели, как стационарная (код «00»), мобильная (код «01»), статическая (код «10») и динамическая (код «11»).

Изложенный выше материал позволяет оцифровать интегрированные логистические потоки, то есть присвоить им логически увязанные коды с учетом вариантов их движения (транспортировки и/или перемещения) (табл. 3).

Таблица 3

Коды вариантов интегрированных логистических потоков

Количество компонентов	Структура кода									
	Таблица 2			Блоки				Модель	–	–
	Шифр	Код	Тип	А	Б	В	Г	–	N	Q
Один компонент	Р	0001	–	–	–	–	–	–	–	–
	У	0010								
	П	0100								
	Т	1000								
Два компонента	У1Р2	0011	000	000	010 или 011	100 или 101	110 или 111	00, 01,10 или 11	0 или 1	0 или 1
	П1Р2	0101								
	П1У2	0110								
	Т1Р2	1001								
	Т1У2	1010								
	Т1П2	1100								
Три компонента	(ПУ)1Р2	0111	000	000	010 или 011	100 или 101	110 или 111	00, 01,10 или 11	0 или 1	0 или 1
	(ПР)1У2		001							
	(УР)1П2		010							
	ПУР		011							
	(ТУ)1Р2	1011	000							
	(ТР)1У2		001							
	(УР)1Т2		010							
	ТУР		011							
	(ТП)1Р2	1101	000							
	(ТР)1П2		001							
	(ПР)1Т2		010							
	ТПР		011							
	(ТП)1У2	1110	000							
	(ТУ)1П2		001							
	(ПУ)1Т2		010							
	ТПУ		011							
Четыре компонента	(ТП)1(УР)2	1111	000	000	010 или 011	100 или 101	110 или 111	00, 01,10 или 11	0 или 1	0 или 1
	(ТУ)1(ПР)2		001							
	(ТР)1(ПУ)2		010							
	(ТПУ)1(Р)2		011							
	(ТУР)1(П)2		100							
	(ПУР)1(Т)2		101							
	(ТПР)1(У)2		110							
	ТПУР		111							

Составлено авторами по материалам исследования

Информация, представленная в таблице, позволяет сделать следующие выводы.

1. Классификация логистических потоков основана на таких качественных признаках, как «тип компонента управления», «вариант движения компонентов потока», «направление движения компонентов потока», «модель потока», «количество струй потока» и «качество струй потока». На их основе можно создать бинарный код интегрированного потока из 14 символов. Например, код «0111.010.100.11.0.1»

с использованием таблицы означает «интегрированный трехкомпонентный логистический поток, включающий подъемно-транспортное средство, упаковку и ресурс, в котором подъемно-транспортное средство движется к упакованному ресурсу, используя динамическую модель с увеличивающимся количеством гетерогенных струй».

2. Представленные коды используются на стадии разработки прототипа цифрового двойника управления бизнес-системой для того, чтобы:

- получить системное представление о субъектах, объектах, компонентах, элементах и взаимосвязях между ними;
- создать представление о возможностях их структуризации, формализации, идентификации, цифровизации и моделирования бизнес-системы с помощью информационных технологий и компьютерного обеспечения;
- разработать техническое задание исполнителям на создание экземпляров и агрегатов цифрового двойника управления бизнес-системой, в котором данные субъекты, объекты, компоненты, элементы и взаимосвязи между ними будут оцифрованы другими методами и кодами;
- обосновать своевременный переход от одного набора субъектов, объектов, компонентов, элементов и взаимосвязей между ними к другому в связи с заменой классификационных признаков и дихотомий на более актуальные признаки и дихотомии, что позволяет перестроить бизнес-систему.

3. В случае необходимости количество компонентов управления и классификационных признаков интегрированных логистических потоков может быть дополнено. Однако решение более сложной задачи цифровизации и моделирования объектов управления бизнес-системой может быть получено исключительно с помощью информационных технологий и компьютерного обеспечения.

4. Более сложная задача цифровизации и моделирования возникает в случае исследования бизнес-систем различного типа: каналов, цепей, фронтов, эшелонов, а также сетей, в которых интегрированные логистические потоки являются одним из основных объектов управления. Данная задача не может быть решена с помощью преобладающих на сегодняшний день субъективных методов исследования, поскольку бизнес-системы нельзя отнести к физическим объектам, однозначно структурируемым на субъекты, объекты, компоненты, элементы и взаимосвязи между ними.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вклад результатов настоящего исследования в теорию заключается в разработке матричного подхода к цифровизации нефизических субъектов, объектов, компонентов управления, а также взаимосвязей между ними, основанного на дескрипторном и фасетном методах качественного исследования, позволяющего гибко реагировать на изменения внутренней и внешней среды бизнес-систем различного типа в условиях их глобальной конкуренции.

Вклад в практику обусловлен возможностью создания прототипов цифровых двойников управления интегрированными логистическими потоками, а также бизнес-системами, на основе которых можно разработать техническое задание на проектирование экземпляров и агрегатов данных цифровых двойников, позволяющих существенно сократить упущенную выгоду субъектами управления.

Результаты исследования являются новыми и нуждаются в плодотворной дискуссии. К ним относятся:

- выявление совокупности качественных признаков и дихотомий, позволяющих упорядочить термины субъектов, объектов и компонентов управления бизнес-системами;
- формирование теории и методологии создания прототипов цифровых двойников управления интегрированными логистическими потоками и бизнес-системами, описываемых в основном качественными характеристиками и дихотомиями;
- актуальность создания методологии ручного кодирования данных объектов на стадии подготовки технического задания (в том числе на основе компьютерных программ с учетом того факта, что ручные и машинные коды между собой не совпадают);
- методы согласования параметров и характеристик цифровых двойников различного типа и др.

В настоящем исследовании получены следующие результаты, имеющие признаки научной новизны:

- на основе системного подхода обоснованы варианты интеграции субъектов и объектов управления бизнес-системой;

– разработана сквозная классификация предприятий и отношений между ними, объектов управления, процессов и логистических операций с целью цифровизации интегрированных логистических потоков и бизнес-систем различного типа;

– определены и оцифрованы варианты данных потоков, а также созданы теоретические и методические предпосылки для моделирования данных потоков в различных управленческих ситуациях.

В ходе дальнейших исследований предполагается создать целостную теорию и методологию проектирования и совершенствования цифровых двойников управления бизнес-цепями и перейти к созданию цифровых двойников более сложных бизнес-систем, таких как фронты, эшелоны и сети субъектов и объектов управления, обеспечивая при этом лояльность конечных потребителей продукции и/или услуг, а также их устойчивость в непрерывно усложняющихся условиях деятельности.

Список литературы / References

1. *Tyapukhin A.P.* Matrix approach to digitalization of management objects. *Journal of Modeling in Management*. 2024;1(19):119–144. <https://doi.org/10.1108/JM2-02-2022-0057>
2. *Rogers D.S., Leuschner R.* Supply chain management: retrospective and prospective. *Journal of Marketing Theory and Practice*. 2004;4(12):60–67. <https://doi.org/10.1080/10696679.2004.11658533>
3. *Grieves M., Vickers J.* Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems. In: *Kahlen F.-J., Flumerfelt S., Alves A. (eds.) Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems: New Findings and Approaches*. Springer: Cham; 2017. Pp. 85–113.
4. *Gulledge T.* What is integration? *Industrial Management & Data Systems*. 2006;1(106):5–20. <https://doi.org/10.1108/02635570610640979>
5. *Lawrence P.R., Lorsch J.W.* Organization and Environment: Managing Differentiation and Integration. Boston, MA: Harvard Business School Press; 1986. 279 p.
6. *Fayez S., Zomorodi M.* The role of relationship integration in supply chain agility and flexibility development: An Australian perspective. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2015;8(26):1126–1157. <https://doi.org/10.1108/JMTM-11-2014-0123>
7. *Berente N., Vandenbosch B., Aubert B.* Information flows and business process integration. *Business Process Management Journal*. 2009;1(15):119–141. <https://doi.org/10.1108/14637150910931505>
8. *Kolinski A., Dujak D., Golinska-Dawson P.* Integration of Information Flow for Greening Supply Chain Management. Springer: Cham; 2020. 409 p.
9. *Wilkes S., Parcek A.* Streaming Integration A Guide to Realizing the Value of Real-Time Data. Sebastopol: O'Reilly Media Inc; 2020. 108 p.
10. *Kim S.T., Lee H.H., Hwang T.* Logistics integration in the supply chain: a resource dependence theory perspective. *International Journal of Quality Innovation*. 2020;5(6):1–14. <https://doi.org/10.1186/s40887-020-00039-w>
11. *Stock G.N., Greis N.P., Kasarda J.D.* Enterprise logistics and supply chain structure: the role of fit. *Journal of Operations Management*. 2000;5(18):531–547. [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(00\)00035-8](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(00)00035-8)
12. *Hlali A., Wanis A.* Theoretical highlights in container port logistics systems. *Journal of Marine and Island Cultures*. 2020;2(9):181–185. <https://doi.org/10.21463/jmic.2020.09.2.13>
13. *Frikha R., Hlali A.* The evolution of logistics management toward the digital transition. *International Journal of Commerce, Industry and Entrepreneurship Studies*. 2023;1(3):66–75.
14. *Gustin C.M.* Integrated logistics: the perceptions and the future. *Production and Inventory Management*. 1991;6(11):1–4.
15. *Hart M.* The Design of Integrated Logistics Management System of an Industrial Company. In: *LOGI 2017: Proceedings of the 18th International Scientific Conference, November 8, 2017. MATEC Web Conferences*; 2017. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201713400018>
16. *Shah S.K.* Designing an integrated distribution system. *Journal of Systems Management*. 1989;8(40):27–32.
17. *Lambert D.M., Robeson J.F., Stock J.R.* An appraisal of the integrated physical distribution management concept. *International Journal of Physical Distribution & Materials Management*. 1978;1(9):74–88. <https://doi.org/10.1108/eb014439>
18. *McKinnon A.* Integrated Logistics Strategies. In: *Brewer A.M., Button K.J., Hensher D.A. (eds.) Handbook of Logistics and Supply-Chain Management*. Leeds: Emerald Group Publishing Limited; 2017. Pp. 157–170. <https://doi.org/10.1108/9780080435930-010>
19. *Vickery S.K., Jayaram J., Droge C., Calantone R.* The effects of an integrative supply chain strategy on customer service and financial performance: an analysis of direct versus indirect relationships. *Journal of Operations Management*. 2003;5(21):523–539. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2003.02.002>

20. Bowersox D.J., Closs D.J., Cooper M.B. Supply chain logistics management. New York: McGraw-Hill Companies, Inc.; 2002. 656 p.
21. Srinivasan R., Swink M. Leveraging supply chain integration through planning comprehensiveness: An organizational information processing theory perspective. *Decision Sciences*. 2015;5(46):823–861. <https://doi.org/10.1111/deci.12166>
22. Zhao X., Huo B., Flynn B.B., Yeung J.H.Y. The impact of power and relationship commitment on the integration between manufacturers and customers in a supply chain. *Journal of Operations Management*. 2008;26:368–388. <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.08.002>
23. Rahman Z., Qureshi M.R. Integrating the supply chain flows for Business Effectiveness. *Studies in Business and Economics*. 2007;1(13):5–19. <https://doi.org/10.29117/sbe.2007.0027>
24. Lihui S., Zhongyi Z., Xifu W., Zhiwei C. Integration of Logistics Resources Based on Logistics Network. *Contemporary Logistics*; 2011. <https://doi.org/10.5503/J.CL.2011.03.009>
25. Rai A., Patnayakuni R., Patnayakuni N. Firm Performance Impacts of Digitally-enabled Supply Chain Integration Capabilities. *MIS Quarterly*. 2006;2(30):225–246.