

# Подход к определению понятия синхронизация в логистических системах

В.Н. Трегубов

<sup>1</sup>*Аннотация*— Синхронизация относится к довольно часто используемым терминам в логистике и имеет положительную смысловую характеристику. Интуитивно обеспечение синхронизации логистических потоков понимается как деятельность, направленная на повышение эффективности функционирования цепи поставок за счет внешней координации и согласования логистических потоков во времени. Однако подобное понимание концепции синхронизации является не полным, явление синхронизации, изучаемое в естественнонаучных дисциплинах, показывает, что синхронизация имеет различные проявления и дополнительные эффекты, связанные с самоорганизацией различных процессов. До настоящего времени нет общепринятого определения понятия синхронизации в логистике, отсутствуют единые методы измерения и количественной оценки логистической синхронизации. Нами выполнен анализ существующих подходов к пониманию синхронизации в различных научных дисциплинах, что позволило сформулировать целостную интерпретацию термина «синхронизация» применительно к логистике. Также нами сделана попытка описания особенностей синхронизации в рамках различных логистических концепций. В результате была сформирована система взглядов на синхронизацию как на явление, возникающее во взаимодействующих логистических системах путем информационных обменов между элементами, что обеспечивает их адаптацию друг к другу. Предложен алгоритм описания логистической синхронизации, который является основой для дальнейшей разработки количественных способов измерения синхронизации.

*Ключевые слова*— синхронизация, логистическая система, управление цепями поставок, самоорганизация.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Требования к качеству логистических услуг непрерывно возрастают, это обусловлено как ростом спроса на доставку различных видов продукции, так и желанием потребителей максимально сократить сроки поставки, обеспечить максимальную сохранность и комплектность грузов [1]. Логистические компании конкурируют друг с другом как за увеличение доли рынка логистических услуг, так и за расширение номенклатуры поставляемых товаров [2].

Существующие методы логистического администрирования уже не дают необходимого эффекта [3]. Современные транспортно-логистические сети, производственные системы, интегрированные цепи поставок, логистические кластеры требуют использования новых сетевых механизмов [4] позволяющих повысить эффективность логистики, обеспечить снижение затрат времени на поставку продукции и снизить расход финансовых

средств [5; 6].

Обеспечение синхронизации потоков в цепи поставок является одним из перспективных инструментов, который позволит согласовать разнонаправленные требования в управлении логистикой. Вместе с тем, до настоящего времени отсутствует общепринятое целостное и единое понимание концепции логистической синхронизации. Не достигнут консенсус и в понимании сущности синхронизации как феномена самоорганизации логистического процесса, активно исследуемого в настоящее время в естественных, инженерных и социальных системах.

Синхронизация как самостоятельный термин достаточно часто используется в публикациях по различным научным дисциплинам. Восприятие этого термина основано на языковой интуиции и, часто, не отражает всю глубину и потенциальную полезность обеспечения синхронизации для повышения эффективности функционирования цепей поставок. Выполненный нами анализ публикаций [7–13] показывает, что к настоящему времени объем исследований, описывающих особенности синхронизационного процесса в логистике сравнительно мал, особенно недостаточно публикаций в российских журналах. Также почти отсутствуют публикации по методам измерений уровня синхронизации и расчету показателей, характеризующих синхронизацию.

Ключевая цель нашего исследования механизмов синхронизации в логистических системах, связана с получением новых знаний о возникновении феномена синхронизации в процессе функционирования логистических систем и в определении возможностей его целенаправленного достижения для повышения эффективности логистического процесса. Важными задачами дальнейших исследований в этом направлении будет разработка теоретических методов и моделей количественной оценки синхронизации, определение условий ее возникновения, выработки новых методов логистического менеджмента с использованием показателей синхронизации, а также в изучении влияния синхронизации логистических процессов на эффективность логистической системы.

В статье нами сделана попытка рассмотреть концепцию синхронизации с различных сторон исходя из результатов существующих исследований феномена синхронизации в других научных дисциплинах. Подобный подход позволит более полно понять и определить суть синхронизации применительно к логистике и управлению цепями поставок. Целостное понимание сущности синхронизационного процесса позволит в дальнейших исследованиях более точно оперировать термином «логистическая синхронизация», отделить его от интуитив-

но похожих понятий, а также обеспечит возможность разработки методики количественной оценки уровня синхронизации. В дальнейшем это позволит использовать показатели синхронизации как критерии оптимальности при формировании интегрированных цепей поставок.

Потенциал использования логистической синхронизации для повышения производительности логистических систем достаточно высокий, а проблемы достижения синхронизации затрагивают самый широкий спектр исследовательских задач в логистике и в управлении цепями поставок. Синхронизация является важной частью концепции точно вовремя, оптимизации складских запасов, автономной логистики, ориентированной на использование интернета вещей, а также дает возможность уменьшить негативное влияние от эффекта хлыста.

В интуитивном понимании термин синхронизация в логистике и управлении цепями поставок используется для описания согласованности прохождения логистических процессов без количественной оценки степени согласованности, под синхронными понимаются процессы, которые происходят одновременно [12]. Также термин «синхронизация» используется как синоним термина «логистическая координация», синхронизация одним из способов координации, который позволяет обеспечить эффективную коммуникацию, через синхронное взаимодействие и синхронный обмен информацией в логистической системе. Нельзя сказать, что указанное понимание синхронизации является неверным, но, по нашему мнению, оно недостаточно для полного понимания логистической синхронизации, как глубинного явления, обуславливающего, в том числе, и возникновение самоорганизационных процессов.

Для полноценного и всестороннего изучения явления синхронизации, необходимо:

- выполнить анализ существующих подходов к изучению синхронизации в различных науках и сферах деятельности;
- осуществить поиск аналогий в других науках и сферах деятельности процессам синхронизации в логистических системах;
- выполнить описание синхронизации в рамках существующих логистических концепции;
- определить сферы логистики, в которых синхронизация проявляется неявно, но играет важную роль и требует специального учета.

После того как данные этапы исследования будут выполнены удастся установить внутреннюю сущность синхронизационного процесса, дать точное определение термина «логистическая синхронизация», предложить методику количественной оценки синхронизации, определить влияние достижения синхронизации на эффективность функционирования логистической системы и т.д. Дальнейшие исследования синхронизации в логистических системах должны быть направлены на разработку количественных критериев расчета синхронизации в логистических процессах.

## II. ПОНЯТИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ

В широком смысле в современном понимании синхронизация характеризует процессы согласования во времени определенного поведения или состояния нескольких взаимодействующих объектов. В таком смысле синхронизация понимается и исследуется в естественнонаучных дисциплинах: физике, химии, биологии и т.д. Strogatz и Stewart [14] в своем исследовании рассматривают синхронизацию как «тонкие информационные связи, которые выравнивают ритмы часов, мозговые ритмы, хаотические процессы».

В естественных науках сложилось понимание синхронизации как феномена, который возникает в результате взаимодействия колебательных систем и обуславливает согласование колебательных процессов во времени [15–17]. Объектами подобных исследования являются физические и биологические системы, в которых происходят колебательные процессы, например, механические часы, колонии насекомых, ритмы мозга. Все эти системы относятся к классу осциллирующих динамических систем. Под системой, в данном случае, понимается физический объект, у которого однозначно установлено понятие состояние, которое представляет собой совокупность характеристик объекта для конкретного момента времени, а также определён физический закон, который описывает переход между состояниями системы. Знание данного закона позволяет выполнить прогноз будущих состояний исследуемой системы, а также описать эволюцию системы и ее параметров во времени. В большинстве случаев закон записывается с использованием дифференциальных уравнений. Исследованием подобных синхронизационных процессов уже длительное время занимаются целые научные школы [18; 19].

Явление синхронизации спонтанно возникает в автоколебательных динамических системах, которые преобразуют энергию внешнего постоянного источника в энергию колебаний [17]. Основными элементами автоколебательной системы являются: сама колебательная система (осциллятор), управляющий элемент, определяющий поступление энергии от осциллятора, внешний источник энергии, цепь обратной связи между осциллятором и источником энергии. Ключевой характеристикой автоколебательной системы является время одного колебания или в период колебаний, притом автоколебательная система может характеризоваться частотой колебаний это число колебаний в единицу времени. Два осциллятора с различными периодами колебаний при наличии связи между ними подстраивают свои ритмы и через какое-то время начинают демонстрировать колебания с общим периодом, это явление называется захватом частот или синхронизацией в ее техническом понимании. Возникновение синхронизации обусловлено соотношением между двумя ключевыми факторами: силой связи осцилляторы и степенью расстройки по частоте. Сила связи характеризует насколько сильно или слабо один осциллятор воздействует на другой, а степень расстройки по частоте описывает различия периодов колебаний осцилляторов.

Пиковский [17] в своем классическом труде опреде-

ляет синхронизацию как выравнивание ритмов взаимодействующих циклических процессов, им описываются синхронизированные системы, в которых объекты находятся в состоянии непрерывной связи. Это позволяет ему сформулировать основной признак синхронизации: будучи связанными, два осциллятора с изначально различными частотами и независимыми фазами подстраивают свои ритмы и начинают осциллировать на общей частоте. Таким образом, можно сказать, что синхронизация – это сложный динамический процесс и определить синхронизацию в физических системах *как подстройку ритмов осциллирующих объектов за счет слабого взаимодействия между ними*. Данный подход к рассмотрению синхронизации является описательными, так как он фокусируется на достижении синхронного по времени взаимодействия объектов, которое обеспечивает гармонизацию отношений между ними в процессе их взаимодействия.

Существует так же другой подход, который предполагает рассматривать синхронизацию исходя из количественного измерения временного рассогласования. Системы рассматриваются как фазовые осцилляторы и производится сравнение длины фаза цикла, такой подход называется фазовой синхронизацией. Если в результате синхронизации разность фаз близка к нулю, то такой режим называется синфазной синхронизацией. Фазовый сдвиг может быть очень мал, но он всегда присутствует, если две системы изначально имели разные периоды или же разные частоты. Если разность фаз синхронизированных осцилляторов близка к  $\pi$ , то говорят о синхронизации в противофазе [15; 16].

### III. ПОНЯТИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ В ЛОГИСТИКЕ

Выполненный нами ретроспективный анализ иностранных источников по теме «логистическая синхронизация» показал, что существует несколько различных подходов к изучению концепции «синхронизации» применительно к логистике. Так Fastabend [20] считает, что логистическая синхронизация возникает, когда в логистическом процессе для управления используется потокоориентированная координация. Becker [21] определяет логистическую синхронизацию как процесс балансировки входа-выхода, когда выпуск продукции фирмой и закупка тщательно спланированы и отрегулированы. В более поздний период следует обратить внимание на исследования немецкой школы логистики и их работы [8; 9; 22–24]. В этих работах явление логистической синхронизации изучается достаточно глубоко и с различных сторон предлагаются методы измерения и практического использования показателей синхронизации. В российских публикациях интерес к исследованию вопросов связанных логистической синхронизации был достаточно небольшой, следует выделить ряд работ Саратовских исследователей [7; 25–27]. В этих работах рассмотрены вопросы синхронизации в логистических системах общественного транспорта, описаны теоретические основания и условия возникновения.

Однако полного понимания сущности синхронизации в логистических системах до настоящего времени не сформировано. Например, не совсем понятно, что явля-

ется объектом и субъектом синхронизации, какие качественные преимущества для логистической системы имеет достижение синхронизации и т.д. Большой потенциал разработка концепции синхронизации имеет для выработки понимания самоорганизационных процессов в логистике.

Исследователи используют понятие логистической синхронизации в различных аспектах. В первую очередь, синхронизация понимается как согласование временного протекания процессов и обеспечение их одновременного протекания. Темпоральный аспект заложен в самом слове «синхронизация» и обусловлен его происхождением от греческого «synchronos». Фокус на достижении темпоральной синхронности процессов проявляется во многих исследованиях феномена синхронизации в физических системах [15].

Следующим часто используемым в литературе является понимание синхронизации как причинно-следственной последовательности событий. Синхронизированные события последовательно следуют друг за другом и обуславливают различные виды взаимодействий, при этом иницирующие вызовы могут возникать как вне логистической системы (экзогенные), так и внутри нее (эндогенные). Синхронизация может рассматриваться как механизм самоорганизации, который обусловлен внутренними взаимодействиями (эндогенный вариант), либо является управляемым и координируемым извне системы (экзогенный вариант) [22].

Синхронизация может возникать как между состояниями системы, так и между процессами, происходящими внутри системы. Процессное представление тесно коррелирует с существующим пониманием синхронизации в логистических системах, как внешней координации направленной на приведением потоковых процессов к одновременному протеканию [20], а синхронизация состояний больше относится к физическим представлением о теории синхронизации [28]. В рамках объектного подхода к синхронизации «логистическая синхронизация» рассматривается как взаимодействие между логистическими объектами, обладающими собственным набором характеристик, в результате синхронизации эти характеристики становятся одинаковыми или приводятся в соответствие друг с другом.

### IV. СИНХРОНИЗАЦИЯ В РАМКАХ РАЗЛИЧНЫХ ЛОГИСТИЧЕСКИХ КОНЦЕПЦИИ

До того чтобы понять особенности синхронизации для логистических систем в первую очередь необходимо уточнить современное понимание логистики, как экономической науки. В России, с конца 90 годов длительное время велась широкая дискуссия, в рамках которой ведущие ученые в области логистики пытались максимально точно и сжато дать определение понятию «логистика», а также уточнить объект и предмет ее исследования. Сергеев [29] вслед за Бауэрсоком [30] указывает, что логистика направлена на достижение так называемых 7R (поставщик, место, время, качество, количество, потребитель, затраты), это определение получило название логистический микст. Цель логистической деятельности считается достигнутой, если все семь

условий выполнены: нужный товар необходимого качества в необходимом количестве доставлен в нужное время в нужное место с минимальными затратами.

В результате дискуссии было установлено, что свести все многообразие логистической деятельности в узкие рамки единого определения почти невозможно и были выделены отдельные концепции, определяющие и описывающие различные стороны логистического процесса. Под логистической концепцией в широком смысле понимается прикладной инструментарий оптимизации ресурсов фирмы используемый для управления основными и сопутствующими логистическими потоками, а также платформа для управления бизнесом в сфере логистики [29].

Каждая из логистических концепций по-своему рассматривает синхронизацию. Ряд логистических концепций напрямую использует термин «синхронизация» для описания своевременности исполнения логистических процессов и приведение в норму их параметров. В частности, в рамках концепция планирования производства [31] в качестве параметра, обуславливающего синхронизацию, может выступать время такта, которое для производственной логистики определяется внешним спросом на единицу продукции за единицу времени и позволяет согласовать (синхронизировать) внешний спрос и внутреннее производство. В синхронизированной логистической системе объем производства должен точно соответствовать внешнему спросу, это позволяет минимизировать создание складских запасов готовой продукции, а также минимизировать издержки, связанные как с избытком, так и с недостатком продукции.

Следующая распространенная логистическая концепция напрямую связана с синхронизацией, так она ориентирована на временное согласование логистической деятельности, это концепция оперативного управления производством или, как она часто называется, концепция «точно вовремя». Данная концепция возникла в японской компании Тойота для построения высокоэффективной производственной системы для сборки автомобилей [22; 31]. Концепция точно вовремя означает, что необходимые элементы в необходимом количестве должны быть доставлены в нужное место точно к тому моменту, когда они там необходимы.

Свое дальнейшее развитие концепция «точно вовремя» получила в рамках концепции синхронизированного производства [32]. Этот подход расширяет сферу деятельности концепции точно вовремя и дополнительно учитывает потребности внешних покупателей и их требования к производимой продукции. Автор отмечает, что систему синхронизированного производства можно применять не только на промышленных предприятиях, но и в сферах торговли, общественного транспорта и информационных технологий. В исследовании подробно описываются практические советы по организации синхронизированного производства, а также даются декларативные заявления о преимуществе данной концепции над традиционным производством исходя их практики ее применения. В большей степени данная концепция является некоторой японской философией, а не теоретическим обоснованием синхронизационного

подхода [32].

С развитием теоретической базы логистики и переходом от логистики к управлению цепями поставок, термин синхронизация часто подменяется терминами «интеграция цепей поставок», «координация в цепях поставок», «взаимодействие в цепях поставок». Например, в исследовании [33] рассматривается взаимодействие компаний в цепях поставок, а синхронизация означает ситуацию при которой две или больше независимых компаний совместно работают по доставке продукции, используют единый план доставки, обеспечивают совместное выполнение логистических операций, что позволяет им увеличить эффективность своей деятельности. Они определяют синхронизацию в цепи поставок как взаимодействие участников логистической деятельности, которые вовлечены в процесс обмена информацией и для достижения оптимального результата им необходимо синхронизировать свои решения. Основной фокус в данном понимании сделан на обеспечение доверительного обмена между компаниями частной информацией, например, информацией о спросе на конкретную продукцию, а также на обеспечение совместного принятия решений всеми участниками цепи поставок.

Концепция интегрированной логистики [29; 34] подразумевает повышение эффективности логистического процесса за счет внешней координации и увеличение степени доверия между участниками цепи поставок. Вместе с тем, в современных условиях, добиться интеграции через внешнюю координацию всех участников невозможно из-за большого размера цепи поставок. Ряд исследователей используют термин синхронизация как вариант «мягкой» координации и синоним терминам «интеграция», «координация», «взаимодействие», либо рассматривают его как производную от них. Например, в исследовании Сергеева [29] синхронизация рассматривается как один из четырех типов логистической координации цепи поставок. Однако, а таком узком смысле синхронизация не связана напрямую с тем явлением как его описывают в естественно-научных дисциплинах. Такая синхронизация обеспечивается внешней координацией и достигается обеспечением скоординированного взаимодействия потоков, а также обусловлена ориентацией взаимодействующих сторон на достижение положительного эффекта через внешнюю координацию потоков, более подробно о сравнении подходов к логистическому управлению на основе синхронизации и координации можно прочитать в [35].

В последнее время распространение получила концепция кросс-докинга [36–38]. Сущность кросс-докинга состоит в том, что процесс приемки и отгрузки товара происходит напрямую без его размещения в зоне длительного хранения, что позволяет обеспечивает более быструю доставку к местам хранения сокращает использования складских площадей, снижает затраты на аренду складов и персонала по промежуточному складированию. Связь кросс-докинга с синхронизацией обусловлена тем, что ключевой задачей кросс-докинга также является обеспечение максимально синхронного выполнения всех логистических операций внутри цепочки поставок, чтобы отгрузка продукции со склада, и ее до-

ставка точно согласовывались по времени, чтобы обеспечить минимальный срок доставки груза.

В таблице 1 приведены обобщённые результаты проявлений синхронизации для различных видов логистических концепций. Нами определено, какие факторы синхронизации являются приоритетными в рамках раз-

как внешне наблюдаемое и доступное к количественному измерению явление, возникающее в процессе прямого или косвенного взаимодействия участников логистической системы и обеспечивающее повышение эффективности логистического процесса.

Данное определение учитывает различные аспекты

Таблица 1. Виды синхронизации в рамках различных логистических концепций

Логистическая концепция	Внешняя координация для достижения внутренней синхронизации	Выравнивание ритмов циклических процессов за счет внешней координации	Координация логистических потоков	Согласование входных и выходных потоков
Бережливое производство	Да	Да	Нет	Нет
Точно вовремя	Да	Нет	Да	Да
Синхронизированное производство	Да	Да	Нет	Да
Интегрированная цепь поставок	Да	Да	Да	Нет
Кросс-докинг	Нет	Да	Нет	Да

личных механизмов синхронизации.

#### V. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ В ЛОГИСТИКЕ

Немецкие исследователи [9] предлагают рассматривать синхронизацию как некоторый черный ящик, который согласует между собой координационные действия внутри цепи поставок и обеспечивает достижения максимального согласования действий всех участников цепи поставок (рис. 1).



Рис. 1. Представление синхронизации в виде черного ящика

Суть данной метафоры состоит в том, что даже если не выполнять управленческих действий по координации элементов в цепи поставок, то самопроизвольно возникающая в цепи поставок синхронизация сможет обеспечить необходимую степень координации. Самопроизвольность объясняется тем, что синхронизация выгодна всем участникам, и они неосознанно будут координировать свои действия для ее достижения. При этом основной задачей управления будет определение условий возникновения синхронизации, а также оценка того, как и почему определенные действия могут вызывать синхронизацию логистических элементов.

Можно выполнить оценку влияния эффекта от достижения синхронизации на эффективность выполнения логистических операций. Подобное понимание позволяет определить синхронизацию в логистических системах

проявления синхронизации. Именно увязка процессов во времени является наиболее важным свойством синхронизации, так как этимологически это слово было образовано именно от согласования процессов во времени.

При этом синхронизация может быть обусловлена как прямыми (целенаправленными), так и косвенными (не ориентированными на достижение цели) действиями. Следует различать логистическую синхронизацию, которая вызывается внешней координацией и синхрони-

зацию, которая сама возникает в процессе самоорганизации, и является результатом взаимодействия отдельных участников для достижения между ними взаимовыгодного сотрудничества. Полное объяснение этих явлений требует использования количественных мер оценки синхронизации и выявления ее связи с производительностью логистического процесса.

#### VI. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИНХРОНИЗАЦИИ В ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Рассматривая глубинные причины возникновения синхронизации, следует обратиться к теории адаптации, кибернетике и теории циклов [35]. Логистическую синхронизацию в таком рассмотрении можно определить как процесс адаптивного управления поведением двух или более логистических подсистем в рамках одной логистической цепи, в

которых происходят циклические процессы, осуществляемые и поддерживаемые посредством их информационного взаимодействия. Синхронизации в логистических системах присущи основные черты, обнаруживаемые в физических и биологических системах: наличие слабого взаимодействия (информационное взаимодействие), наличие автоколебательных процессов (системы с циклическим поведением), подстройка характеристик логистической системы под влиянием внешних изменяющихся условий (адаптивное управление).

Адаптация в данном контексте может рассматриваться как процесс целенаправленного изменения функциональных и структурных параметров логистической системы таким образом, чтобы обеспечить оптимальное функционирование всей логистической системы (цепи поставок). Адаптивное управление представляет собой процесс целенаправленного воздействия на логистические подсистемы в результате, которого они достигают своего целевого состояния обеспечивается их эффективное взаимодействие

Наличие информационного обмена между взаимодействующими подсистемами является обязательным условием достижения синхронизации. Ключевым условием достижения синхронизации является наличие цикличности в процессах. Логистическим процессам строгая периодичность свойственна достаточно часто и многие из них характеризуются циклической динамикой и это дает возможность адаптироваться друг к другу через их синхронизацию. Также причиной цикличности может быть наличие запаздывания в цепи управления логистической системой, когда сигнал, идущий от значения регулируемой переменной на управление, запаздывает на некоторую величину. Подобное запаздывание обусловлено дискретностью учета текущего процесса, и задержкой в принятии управленческих решений.

Нами выполнено обобщение ключевых факторов синхронизации в виде уровней и синхронизационный процесс представлен в виде алгоритма (рис. 2).

Предложенное понимание синхронизации в цепях поставок, делает акцент не на внешнее администрирова-



Рис. 2. Алгоритм достижения синхронизации в логистических системах

ние, а на достижение внутренней согласованности текущего состояния логистической системы (цепи поставок) и на обеспечении согласованного режима работы ее подсистем. Синхронизация достигается самоподстраивания ритмов функционирования подсистем, либо за счет использования новых стратегии принятия управленческих решений через выстраивание эффективной коммуникации и обмена информацией, что в итоге обуславливает оптимальность функционирования всей цепи поставок.

## VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ключевой целью нашего исследования является определение сущности синхронизации для логистических процессов. Классическая парадигма логистики основана на использовании внешней логистической координации, как основного управленческого действия обеспечивающего эффективность логистического менеджмента. Вместе с тем рост сложности современных логистических систем делает невозможным обеспечить их эффективную внешнюю координацию даже с помощью самых современных информационных технологий, поэтому необходимо ориентироваться на эффекты самоорганизации и самокоординации, которые и обеспечиваются через синхронизацию. Изучение синхронизации является важным шагом к построению систем автономной логистики, основанных на использовании технологии интернета вещей.

Анализ современного понимания синхронизации в естественных науках дает возможность выявить ключевые факторы возникновения синхронизации, в частности это цикличность процессов, наличие информационных связей и информационного обмена, а также способность взаимодействующих элементов к адаптации. Проведенный анализ существующих представлений о синхронизации в логистических системах позволил нам предложить его более полное описание и установить его определение применительно к логистике. Дальнейшие исследования будут ориентированы на разработку методов, которые позволят применять полученную информацию о синхронизации в практической деятельности, используя показатель синхронизации как критерий оптимизации функционирования логистических систем.

## БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] На пути к физическому интернету: индустрия, логистика и электронная коммерция 4.0. Европейский вариант / В.П. Куприяновский [и др.] // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2019. – Т. 7. – № 5. – С. 89-104.
- [2] Прорывные инновационные технологии для инфраструктур. Евразийская цифровая железная дорога как основа логистического коридора нового Шелкового пути / И.А. Соколов [и др.] // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2017. – Т. 5. – № 9. – С. 102-118.
- [3] Цифровая совместная экономика: технологии, платформы и библиотеки в промышленности, строительстве, транспорте и логистике / В.П. Куприяновский [и др.] // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2017. – Т. 5. – № 6. – С. 56-75.
- [4] Мобильное производство на базе совместной экономики, цифровых технологий и логистики / В.П. Куприяновский [и др.] // *International Journal of Open Information Technologies*. – 2017. – Т. 5. – № 8. – С. 47-69.
- [5] Дыбская В.В. Межорганизационная логистическая координация в сети распределения предприятий пищевой промышленности / В.В. Дыбская, М.И. Постернакова // *Логистика и управление цепями поставок*. – 2017. – № 2 (79). – С. 28-37.
- [6] Айштадт Т. Управление цепями поставок: какие тренды в технологиях и менеджменте станут реальностью к 2020-2025 годам / Т. Айштадт, К. Фролова, Д. Шестова // *Логистика и управление цепями поставок*. – 2018. – № 3(86). – С. 3-19.
- [7] Трегубов В.Н. Прогнозирование показателей развития логистической системы общественного транспорта на основе методологии синхронизации / В.Н. Трегубов // *Вестник СГТУ*. – 2011. – Т. 1. – № 1 (52). – С. 23-35.
- [8] Becker T. Synchronization measures in job shop manufacturing environments / T. Becker, S.M. Chankov, . Windt // *Procedia CIRP*. – 2013. – Vol. 7. – P. 157-162.
- [9] Chankov S.M. Towards definition of synchronization in logistics systems / S.M. Chankov, T. Becker, K. Windt // *Procedia CIRP*. – Elsevier B.V., 2014. – Vol. 17. – P. 594-599.
- [10] Crespo Márquez A. Dynamic Modelling for Supply Chain Management / A. Crespo Márquez. – London: Springer London, 2010. – 1-297 p.
- [11] Трегубов В.Н. Синхронизация автономных взаимодействий элементов в логистической системе общественного транспорта / В.Н. Трегубов, Э.В. Морозов // *Материалы международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы инновационного развития экономики»* / ред. А.Н. Плотников. – Саратов: СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2014. – С. 413-418.
- [12] Гордиенко А.С. Синхронизация информационных и финансовых потоков логистической системы / А.С. Гордиенко, И.Ю. Квятковская // *Вестник АГТУ*. – 2012. – № 1. – С. 171-178.
- [13] Трегубов В.Н. Развитие концепции синхронизации в логистических системах / В.Н. Трегубов // *Российское предпринимательство*. – 2010. – № 6(2).
- [14] Strogatz S.H. Coupled Oscillators and Biological Synchronization / S.H. Strogatz, I. Stewart // *Scientific American*. – 1993. – Vol. 269. – № 6. – P. 102-109.
- [15] Osipov G. V. Synchronization in Oscillatory Networks : Springer Series in Synergetics / G. V. Osipov, J. Kurths, C. Zhou. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. – 368 p.
- [16] Pikovsky A. Phase synchronization in regular and chaotic systems / A. Pikovsky, M. Rosenblum, J. Kurths // *International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering*. – 2000. – Vol. 10. – № 10. – P. 2291-2305.
- [17] Пиковский А.Н. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление / А.Н. Пиковский, М.Г. Розенблом Owner: Владимир Added to JabRef: 2014.12.09. – М.: Техносфера, 2003. – 493-493 с. с.
- [18] *Nonlinear Dynamics of Chaotic and Stochastic Systems : Springer Series in Synergetics / V.S. Anishchenko [и др.]*. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006.
- [19] Anishchenko V.S. Deterministic Nonlinear Systems : Springer Series in Synergetics / V.S. Anishchenko, T.E. Vadivasova, G.I. Strelkova. – Cham: Springer International Publishing, 2014.
- [20] Fastabend H. Kennliniengestützte Synchronisation von Fertigungs- und Montageprozessen : 2]: [Fortschrittberichte VDI / H. Fastabend. – VDI-Verlag, 1997.
- [21] Scholl A. Balancing and Sequencing of Assembly Lines. Vol. 168 / A. Scholl. – Heidelberg: Physica-Verlag HD, 1995. – 694-715 p.
- [22] Chankov S. Synchronization in manufacturing systems: quantification and relation to logistics performance / S. Chankov, M.T. Hütt, J. Bendul // *International Journal of Production Research*. – 2016. – Vol. 54. – № 20. – P. 6033-6051.
- [23] Schäfer R. What is Really “On-Time”? A Comparison of Due Date Performance Indicators in Production / R. Schäfer, S. Chankov, J. Bendul // *Procedia CIRP*. – 2016. – Vol. 52. – P. 124-129.
- [24] Chankov S.M. The Influence of Manufacturing System Characteristics on the Emergence of Logistics Synchronization: A Simulation Study / S.M. Chankov, G. Malloy, J. Bendul // *Part of the Lecture Notes in Logistics*. – 2017. – P. 29-40.
- [25] Трегубов В.Н. Интегральная оценка и обоснование целевых значений показателей логистической системы пассажирского транспорта на основе предельной организованности / В.Н. Трегубов // *Экономические науки*. – 2010. – Т. 1. – № 1. – С. С. 241-245.
- [26] Трегубов В.Н. Концепция синхронизации как основа администрирования в самоорганизующихся логистических системах / В.Н. Трегубов // *Вестник СГТУ*. – 2010. – Т. 4. – № 2с. – С. 174-180.
- [27] Трегубов В.Н. Администрирование в системе общественного пассажирского транспорта на основе концепции синхронизации / В.Н. Трегубов // *V Международная научно-практическая конференция*

- ренция «Логистика и экономика регионов». – Краснодар: КУГЭУ, 2011. – С. 353-356.
- [28] Manrubia S.C. Emergence of Dynamical Order: Synchronization Phenomena in Complex Systems / S.C. Manrubia, A.S. Mikhailov, D.H. Zanette. – River Edge, NJ: World Scientific, 2004. – 360 p.
- [29] Сергеев В.И. Корпоративная логистика: 300 ответов на вопросы профессионалов / Под ред. В.И.Сергеева. / В.И. Сергеев. – М.: Инфра-М, 2008. – 976 с.
- [30] Бауэрсокс Д. Дж. Логистика: интегрированная цепь поставок / Д. Дж. Бауэрсокс. – М.: Олимп-Бизнес, 2008. – 635 с.
- [31] Оно Т. Toyota production system beyond large-scale production / Т. Оно. – Productivity Press, 2002. – 152 p.
- [32] Такеда Х. Синхронизированное производство / Х. Такеда Owner: ВладимирAdded to JabRef: 2014.12.09. – М.: Институт комплексных стратегических исследований, 2008. – 285 с.
- [33] Simatupang T.M. Design for supply chain collaboration / T.M. Simatupang, R. Sridharan // Business Process Management Journal. – 2008. – Vol. 14. – № 3. – P. 401-418.
- [34] Лукинский В.С. Интегрированное управление цепями поставок: теории, модели и методы / В.С. Лукинский, Ю.Н. Панова, А.В. Стримова // Логистика и управление цепями поставок. – 2017. – № 3 (80). – С. 40-56.
- [35] Трегубов В.Н. Сравнение методов логистического администрирования на основе координации и синхронизации / В.Н. Трегубов, В.М. Разделкин, Э.В. Морозов // Инновационная деятельность. – 2015. – № 1 (32). – С. 60-71.
- [36] Apte U.M. Effective Cross Docking for Improving Distribution Efficiencies / U.M. Apte, S. Viswanathan // International Journal of Logistics Research and Applications. – 2000. – Vol. 3. – № 3. – P. 291-302.
- [37] Buijs P. Synchronization in cross-docking networks: A research classification and framework / P. Buijs, I.F.A. Vis, H.J. Carlo // European Journal of Operational Research. – 2014. – Vol. 239. – № 3. – P. 593-608.
- [38] Chiarello A. Truck synchronization at single door cross-docking terminals / A. Chiarello, M. Gaudio, M. Sammarra // OR Spectrum. – 2018. – Vol. 40. – № 2. – P. 395-447.



# Approach to definition synchronization in logistics systems

Vladimir Tregubov

**Abstract** - Synchronization is one of the most commonly used terms in logistics and has a positive semantic characterization. Naturally, 'synchronization' is understood as an activity that aims to improve supply chain performance through external coordination of logistics flows in time. However, such understanding of synchronization is not perfect. Synchronization phenomenon studied in natural science disciplines, shows that synchronization has various aspects and additional effects associated with the self-organization of various processes. Now, there is no single definition of synchronization concept in logistics, there are no generally accepted methods of measurement and quantitative evaluation of logistics synchronization. We have analyzed some existing approaches to understanding synchronization in various scientific disciplines, which allowed us to formulate a holistic interpretation of the term "synchronization" in relation to logistics. We also have described some features of synchronization within different logistic concepts. As a result, we have formed a system of views on synchronization as a phenomenon that occurs in interoperable logistics systems through information exchange between elements, which ensures their adaptation to each other. We propose an algorithm for describing logistic synchronization, which is the basis for developing quantitative methods of measuring synchronization.

**Keywords** – smart urban mobility, bibliographic analyze, research trends, MAAS

## REFERENCES

- [1] Na puti k fizicheskomu internetu: industrija, logistika i jelektronnaja komercija 4.0. Evropejskij variant / V.P. Kuprijanovskij [i dr.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2019. – T. 7. – № 5. – S. 89-104.
- [2] Proryvnye innovacionnye tehnologii dlja infrastruktur. Evrazijskaja cifrovaja zheleznoj doroga kak osnova logisticheskogo koridora novogo Shelkovogo puti / I.A. Sokolov [i dr.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – T. 5. – № 9. – S. 102-118.
- [3] Cifrovaja sovmestnaja jekonomika: tehnologii, platformy i biblioteki v promyshlennosti, stroitel'stve, transporte i logistike / V.P. Kuprijanovskij [i dr.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – T. 5. – № 6. – S. 56-75.
- [4] Mobil'noe proizvodstvo na baze sovmestnoj jekonomiki, cifrovih tehnologij i logistiki / V.P. Kuprijanovskij [i dr.] // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – T. 5. – № 8. – S. 47-69.
- [5] Dybskaja V.V. Mezhorganizacionnaja logisticheskaja koordinacija v seti raspredelenija predpriyatij pishhevoj promyshlennosti / V.V. Dybskaja, M.I. Posternakova // Logistika i upravlenie cepjami postavok. – 2017. – № 2 (79). – S. 28-37.
- [6] Ajshtadt T. Upravlenie cepjami postavok: kakie trendy v tehnologijah i menedzhmente stanut real'nost'ju k 2020-2025 godam / T. Ajshtadt, K. Frolova, D. Shestova // Logistika i upravlenie cepjami postavok. – 2018. – № 3(86). – S. 3-19.
- [7] Tregubov V.N. Prognozirovanie pokazatelej razvitiya logisticheskoy sistemy obshhestvennogo transporta na osnove metodologii sinhronizacii / V.N. Tregubov // Vestnik SGTU. – 2011. – T. 1. – № 1 (52). – S. 23-35.
- [8] Becker T. Synchronization measures in job shop manufacturing environments / T. Becker, S.M. Chankov, . Windt // Procedia CIRP. – 2013. – Vol. 7. – P. 157-162.
- [9] Chankov S.M. Towards definition of synchronization in logistics systems / S.M. Chankov, T. Becker, K. Windt // Procedia CIRP. – Elsevier B.V., 2014. – Vol. 17. – P. 594-599.
- [10] Crespo Márquez A. Dynamic Modelling for Supply Chain Management / A. Crespo Márquez. – London: Springer London, 2010. – 1-297 p.
- [11] Tregubov V.N. Sinhronizacija avtonomnyh vzaimodejstvij jelementov v logisticheskoy sisteme obshhestvennogo transporta / V.N. Tregubov, Je.V. Morozov // Materialy mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Problemy i perspektivy innovacionnogo razvitiya jekonomiki» / red. A.N. Plotnikov. – Saratov: SGTU imeni Gagarina Ju.A., 2014. – S. 413-418.
- [12] Gordienko A.S. Sinhronizacija informacionnyh i finansovyh potokov logisticheskoy sistemy / A.S. Gordienko, I.Ju. Kvjatkovskaja // Vestnik AGTU. – 2012. – № 1. – S. 171-178.
- [13] Tregubov V.N. Razvitie koncepcii sinhronizacii v logisticheskijh sistemah / V.N. Tregubov // Rossijskoe predprinimatel'stvo. – 2010. – № 6(2).
- [14] Strogatz S.H. Coupled Oscillators and Biological Synchronization / S.H. Strogatz, I. Stewart // Scientific American. – 1993. – Vol. 269. – № 6. – P. 102-109.
- [15] Osipov G. V. Synchronization in Oscillatory Networks : Springer Series in Synergetics / G. V. Osipov, J. Kurths, C. Zhou. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2007. – 368 p.
- [16] Pikovsky A. Phase synchronization in regular and chaotic systems / A. Pikovsky, M. Rosenblum, J. Kurths // International Journal of Bifurcation and Chaos in Applied Sciences and Engineering. – 2000. – Vol. 10. – № 10. – P. 2291-2305.
- [17] Pikovskij A.N. Sinhronizacija. Fundamental'noe nelinejnoe javlenie / A.N. Pikovskij, M.G. Rozenbljum Owner: VladimirAdded to JabRef: 2014.12.09. – M.: Tehnosfera, 2003. – 493-493 c. s.
- [18] Nonlinear Dynamics of Chaotic and Stochastic Systems : Springer Series in Synergetics / V.S. Anishchenko [i dr.]. – Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2006.
- [19] Anishchenko V.S. Deterministic Nonlinear Systems : Springer Series in Synergetics / V.S. Anishchenko, T.E. Vadivasova, G.I. Strelkova. – Cham: Springer International Publishing, 2014.
- [20] Fastabend H. Kennliniengestützte Synchronisation von Fertigungs- und Montageprozessen : 2: [Fortschrittberichte VDI / H. Fastabend. – VDI-Verlag, 1997.
- [21] Scholl A. Balancing and Sequencing of Assembly Lines. Vol. 168 / A. Scholl. – Heidelberg: Physica-Verlag HD, 1995. – 694-715 p.
- [22] Chankov S. Synchronization in manufacturing systems: quantification and relation to logistics performance / S. Chankov, M.T. Hütt, J. Bendul // International Journal of Production Research. – 2016. – Vol. 54. – № 20. – P. 6033-6051.
- [23] Schäfer R. What is Really "On-Time"? A Comparison of Due Date Performance Indicators in Production / R. Schäfer, S. Chankov, J. Bendul // Procedia CIRP. – 2016. – Vol. 52. – P. 124-129.
- [24] Chankov S.M. The Influence of Manufacturing System Characteristics on the Emergence of Logistics Synchronization: A Simulation Study / S.M. Chankov, G. Malloy, J. Bendul // Part of the Lecture Notes in Logistics. – 2017. – P. 29-40.
- [25] Tregubov V.N. Integral'naja ocenka i obosnovanie celevyh znachenij pokazatelej logisticheskoy sistemy passazhirskogo transporta na os-

- nove predel'noj organizovannosti / V.N. Tregubov // *Jekonomicheskie nauki*. – 2010. – T. 1. – № 1. – S. S. 241-245.
- [26] Tregubov V.N. Konceptija sinhronizacii kak osnova administrirovanija v samoorganizujushhijh logisticheskikh sistemah / V.N. Tregubov // *Vestnik SGTU*. – 2010. – T. 4. – № 2s. – S. 174-180.
- [27] Tregubov V.N. Administrirovanie v sisteme obshhestvennogo passazhirsogo transporta na osnove koncepcii sinhronizacii / V.N. Tregubov // *V Mezhdunarodnaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Logistika i jekonomika regionov»*. – Krasnodar: KUGJeU, 2011. – S. 353-356.
- [28] Manrubia S.C. Emergence of Dynamical Order: Synchronization Phenomena in Complex Systems / S.C. Manrubia, A.S. Mikhailov, D.H. Zanette. – River Edge, NJ: World Scientific, 2004. – 360 p.
- [29] Sergeev V.I. Korporativnaja logistika: 300 otvetov na voprosy profesionalov / Pod red. V.I.Sergeeva. / V.I. Sergeev. – M.: Infra-M, 2008. – 976 s.
- [30] Baujersoks D. Dzh. Logistika: integrirovannaja cep' postavok / D. Dzh. Baujersoks. – M.: Olimp-Biznes, 2008. – 635 s.
- [31] Ōno T. Toyota production system beyond large-scale production / T. Ōno. – Productivity Press, 2002. – 152 p.
- [32] Takeda H. Sinhronizirovanoe proizvodstvo / H. Takeda Owner: VladimirAdded to JabRef: 2014.12.09. – M.: Institut kompleksnyh strategicheskikh issledovanij, 2008. – 285 s.
- [33] Simatupang T.M. Design for supply chain collaboration / T.M. Simatupang, R. Sridharan // *Business Process Management Journal*. – 2008. – Vol. 14. – № 3. – P. 401-418.
- [34] Lukinskij V.S. Integrirovannoe upravlenie cepjami postavok: teorii, modeli i metody / V.S. Lukinskij, Ju.N. Panova, A.V. Strimovskaja // *Logistika i upravlenie cepjami postavok*. – 2017. – № 3 (80). – S. 40-56.
- [35] Tregubov V.N. Sravnenie metodov logisticheskogo administrirovanija na osnove koordinacii i sinhronizacii / V.N. Tregubov, V.M. Razdelkin, Je.V. Morozov // *Innovacionnaja dejatel'nost'*. – 2015. – № 1 (32). – S. 60-71.
- [36] Apte U.M. Effective Cross Docking for Improving Distribution Efficiencies / U.M. Apte, S. Viswanathan // *International Journal of Logistics Research and Applications*. – 2000. – Vol. 3. – № 3. – P. 291-302.
- [37] Buijs P. Synchronization in cross-docking networks: A research classification and framework / P. Buijs, I.F.A. Vis, H.J. Carlo // *European Journal of Operational Research*. – 2014. – Vol. 239. – № 3. – P. 593-608.
- [38] Chiarello A. Truck synchronization at single door cross-docking terminals / A. Chiarello, M. Gaudio, M. Sammarra // *OR Spectrum*. – 2018. – Vol. 40. – № 2. – P. 395-447.