УДК 656.078.1:502.131.1

<https://doi.org/10.18503/2222-9396-2019-9-1-27-40>

ПАРАМЕТРЫ И ПОКАЗАТЕЛИ ПОТОКОВ В ЗЕЛЁНЫХ ЦЕПЯХ ПОСТАВОК

Осинцев Н.А.¹
¹ Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, Россия

Аннотация

Сложность управления цепями поставок связана с недостаточной изученностью системы показателей и параметров логистических потоков, а также с недостатком методик комплексной оценки зелёных цепей поставок на соответствие принципам концепции устойчивого развития. В статье представлены результаты анализа измерителей логистических потоков. Установлено, что общепринятые логистические критерии управления потоками в цепях поставок слабо учитывают экологические и социальные аспекты, что снижает эффективность управления в соответствии с требованиями концепции устойчивого развития. В статье представлена оригинальная система параметров и показателей логистических потоков в зелёных цепях поставок. Выделены управляемые параметры логистических потоков, изменение которых обеспечивает реализацию принципов концепции устойчивого развития. Разработаны нечёткая модель управления параметрами логистических потоков и подход к формированию ресурсного баланса в логистической системе, обеспечивающие функционирование логистической системы в соответствии с принципами концепции устойчивого развития.

Ключевые слова: логистические потоки, зелёная цепь поставок, устойчивое развитие, транспортная система, параметры, показатели, зелёная логистика, нечёткая модель.

1. Введение*

Снижение антропогенного воздействия на окружающую среду является важнейшей общегосударственной и международной задачей, решение которой в настоящее время основывается на использовании концепции устойчивого развития [1]. В условиях развития международной торговли и увеличения товарооборота между странами [2], становятся особо актуальны задачи формирования и развития транспортных систем, как элементов «зелёных» цепей поставок, обеспечивающих доставку товаров с наименьшим негативным влиянием на окружающую среду на основе использования принципов устойчивого развития и «зелёной» логистики [3–5].

Продвижение логистических потоков в цепях поставок сопровождается следующими видами воздействия на окружающую природную среду (рис. 1).

1. Потребление первичных и вторичных энергетических ресурсов. Все без исключения элементы логистической системы являются потребителями невозобновляемых ресурсов (органическое топливо), необходимых для выполнения логистических операций, связанных с генерацией, преобразованием, накоплением, хранением, транспортировкой и поглощением материальных и сопутствующих им информационных, финансовых и сервисных потоков. Данные ресурсы напрямую (в виде топлива для транспортных средств) или через системы преобразования, передачи и распределения энергии (ТЭЦ, ГЭС, ТЭС) в виде электроэнергии и теплоты необходимы для обеспечения технологических процессов, освещения, отопления, вентиляции и водоснабжения.

2. Загрязнение окружающей среды вредными ве-

ществами. В процессе горения топлива, наряду с выделением тепловой энергии с отходящими газами, выбрасываются вещества, оказывающие отрицательное воздействие на биосферу. Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми в атмосферу, являются: диоксид серы (SO_2); оксид азота (NO_x); моноксид углерода (CO); двуоксид углерода (CO_2); твёрдые частицы.

3. Выбросы тепловой энергии в окружающее пространство от объектов логистической инфраструктуры, зданий и сооружений, транспортных средств. Это воздействие способствует возникновению парникового эффекта и является причиной, в том числе, глобального потепления.

Наиболее энергоёмким и наименее экологичным элементом логистической системы является транспортный элемент. В настоящее время системная оценка вредного воздействия транспорта в составе логистических систем не осуществляется. Однако по данным The International Energy Agency [6] в период между 1990 и 2011 годами энергопотребление транспорта увеличилось почти на 55%, то есть транспорт стал самым быстрорастущим сектором конечного потребления.

Решение проблем формирования и устойчивого развития цепей поставок во всем мире основывается на применении принципов концепции устойчивого развития и «зелёной» логистики [5,7]. В условиях интеграции транспортных и ресурсных потоков в цепях поставок, необходимости учёта соблюдения экологических требований при продвижении потоков, актуальной задачей становится повышение эффективности оценки параметров логистических потоков для формирования баланса этих параметров для достижения целей устойчивого развития.

Рис. 1. Схема влияния логистических потоков на окружающую среду

2. Подход к формализованному описанию логистических потоков

В современной литературе понятие «поток» достаточно широкое и является базовым в различных фундаментальных науках — физике, математике,

философии, экономике и других. В табл. 1 представлены словарные определения понятия «поток», анализ которых позволяет сделать вывод о том, что поток материален, обладает некоторой массой и движется в пространстве и во времени.

Таблица 1

Словарные определения понятия «поток»	
Определение	Источник
Движущаяся масса чего-нибудь	Толковый словарь Ожегова. С.И. Ожегов, Н.Ю. Шведова. 1949-1992
Движущаяся в каком-либо направлении масса чего-либо	Толковый словарь русского языка Дмитриева. Д.В. Дмитриев. 2003
О чем-нибудь текущем, исходящем откуда-нибудь в большом количестве. <u>Ход, непрерывное движение чего-нибудь (в большом количестве)</u>	Толковый словарь Ушакова. Д.Н. Ушаков. 1935-1940
Непрерывное движение массы, большого количества кого-либо, чего-либо	Новый толково-словообразовательный словарь русского языка. Т.Ф. Ефремова. 2000
Пространство, заполненное частицами энергии, газа, жидкости, которые движутся в определённом направлении	Большая политехническая энциклопедия. В.Д. Рязанцев М.: Мир и образование. 2011
Динамическая система с непрерывным временем, определяемая действием аддитивной группы действительных чисел R (или аддитивной полугруппы неотрицательных действительных чисел) на некотором фазовом пространстве W	Математическая энциклопедия. М.: Советская энциклопедия. И.М. Виноградов. 1977-1985
Экономическая величина, измеряемая количеством чего-либо, проходящим за определенный период времени	Новый англо-русский словарь-справочник. Экономика. О.В. Сиполс. М.: Флинта, Наука. 2010

Изучению потоковых явлений в сферах материального производства (экономике, логистике, на транспорте) посвящено множество исследований, а решение проблем управления материальными потоками способствовало формированию отдельной науки — рохрематик. В рамках настоящей статьи не представляется возможным выполнить анализ управления

потоками всех сфер материального производства из-за большого числа работ в данной области. Поэтому, на примере исследования проблем управления потоками в логистической системе и в транспортной деятельности, можно сделать следующие выводы:

1. *Понятие потока.* Анализ используемых в логистике определений термина «поток» [8–10] позволяет

говорить о достаточно устоявшемся понятии. В общем случае поток представляет собой множество объектов (элементов потока) разнообразной природы, воспринимаемых как единое целое и существующее как процесс на некотором временном интервале, измеряемый в абсолютных единицах за определённый период времени. В логистике принято выделять четыре вида потоков – материальный, информационный, финансовый и поток услуг. В транспортной деятельности при исследовании потоков [11–14], как правило, оперируют понятиями транспортный поток, грузовой и пассажирский потоки.

2. *Классификация потоков.* Общепринятой классификации потоков по их свойствам в настоящее время не существует, однако в качестве классификационных признаков различные авторы [10,8] выделяют следующие основные свойства потока: непрерывность, регулярность, стабильность, изменчивость, периодичность, сложность, ритмичность, управляемость, упорядоченность элементов, отношение к рассматриваемой системе и другие.

3. *Связь потока и запаса.* Многими исследователями [8,9,15,10,16] отмечается тесная взаимосвязь и противоположность понятий «поток» и «запас». Если запас рассматривается как поток с нулевой скоростью движения, тогда поток представляет собой «ускоренный» запас. С математической точки зрения величина запаса представляет собой результат интегрирования величины интенсивности входного потока в течение периода времени, а интенсивность потока – результат дифференцирования (изменения) запаса по времени.

4. *Измерители потока.* Анализ научной литературы [17] показал, что отсутствует общепринятая универсальная система параметров и показателей логистических потоков. В качестве основных измерителей в логистической практике используются такие параметры потока, как масса, скорость (время) и маршрут продвижения.

5. *Моделирование потоков.* Исследование транспортных потоков с использованием моделей различных типов представлено в трудах отечественных и зарубежных учёных. В работах [18–21] представлены обзоры существующих подходов к моделированию транспортных потоков на основе построения прогнозных, имитационных и оптимизационных моделей. Большинство существующих моделей можно поделить на три класса [19,22]: макроскопические (построенные на гидродинамической аналогии), в которых поток уподобляется движению жидкости и описывается в усреднённых терминах, таких как плотность, средняя скорость и др.; микроскопические, в которых моделируется движение каждого элемента потока; кинетические (газодинамические), в которых поток описывается кинетическим уравнением и динамикой фазовой плотности потока, т.е. плотности распределения элементов потока в фазовом пространстве координат и скоростей.

Таким образом, поток в логистической системе, с одной стороны, можно рассматривать как совокупность отдельных объектов (элементов или струй),

движение которых могут быть расценены как вероятностные события. Например, различные партии (отправки) груза в материальном потоке или отдельные логистические операции в потоке услуг. Следовательно, для исследования и управления такими потоками могут быть использованы микроскопические модели. С другой стороны, поток может рассматриваться как «стационарное» явление (непрерывный процесс) с некими усреднёнными характеристиками скорости, интенсивности и др. Например, доставка груза от склада отправителя до склада получателя по принципу «от двери до двери». В этом случае наиболее эффективным будет использование макроскопических моделей.

В этой связи предлагается использовать следующие понятия, характеризующие логистические потоки (рис. 2):

- элемент потока – неделимый элементарный объект потока, обладающий определёнными характеристиками;
- струя потока – часть потока, выделенная по какому-либо признаку, представляющая собой совокупность элементов, обладающих общими характеристиками и свойствами;
- поток – совокупность струй (элементов), воспринимаемых как единое целое и существующее как процесс на некотором временном интервале.

Рис. 2. Принципиальная схема структуры потока

В качестве примера, поясняющего рис. 2, представим движение материального потока, состоящего из j -го числа струй различных собственников подвижного состава, осуществляющих доставку продукции различной номенклатуры, и i -го количества элементов Θ (поездов, автомобилей, морских судов), участвующих в перевозке.

Сложность исследования и управления логистическими потоками заключается в многочисленности и многообразии их параметров, свойств и характеристик. Кроме того, отсутствует общепринятая система их параметров и показателей, что затрудняет принятие решений по управлению потоками в логистической системе и оценку эффективности такого управления [17]. Такая система необходима для оценки, прогнозирования и управления логистическими потоками в цепях поставок.

3. Система параметров и показателей логистических потоков

В настоящее время в научной литературе не представлена универсальная система параметров и показателей логистических потоков, позволяющая производить оценку результатов функционирования цепей поставок на соответствие целям концепции устойчивого развития.

Основными измерителями материального [23] и транспортного [13] потоков принято считать транспортную массу, транспортный путь и транспортное время. В качестве дополнительных параметров, характеризующих поток, используют [8,10]: начальный, промежуточные и конечный пункты; геометрию (траекторию) потока; длину (мера траектории); скорость и время движения; интенсивность. В [24] логистические потоки предлагается характеризовать объемом перевозок, пунктами их зарождения и погашения, составом, качеством и стоимостью. В исследовании [25] предлагается разделять параметры логистических потоков на три группы, каждая из которых описывает как отдельный логистический поток, так и совокупность гомогенных и гетерогенных потоков.

В работе [26] параметры логистических потоков в цепях поставок объединены в четыре группы: количество; качество; затраты; время. Авторами [9] параметры логистических потоков предлагается разделять на две группы – физические параметры, отражающие пространственно-временные свойства потоков и статистические параметры, характеризующие закономерности изменения физических параметров. В исследовании [27] установлены закономерности, описывающие взаимодействия потока и элементов структуры транспортной системы. Оценку потока предлагается выполнять с учётом двух параметров – средняя величина потока и дезорганизация потока. В [13] представлена характеристика параметров материального потока (потока грузов и транспортных средств) в логистической системе. Автором [16] установлены взаимосвязи между количественными параметрами потоков и запасов в логистике. В работах [28,29] предлагается оценка логистических потоков по двум составляющим – векторной (направление перемещения) и скалярной (объем ресурсов). В работе [28] предложен комплекс из тридцати пяти показателей оценки совокупных издержек (финансовых потоков), возникающих при формировании потоков инноваций в логистической системе. В [30] предложена «метрика» информационного потока в логистике, а в [21] установлена связь между параметрами материальных, информационных, трудовых и финансовых потоков в логистической системе.

Недостатком большинства существующих подходов к оценке всех логистических потоков является отсутствие системности в рассмотрении параметров и показателей потоков. В логистической практике производится оценка материальных потоков, в основном, по таким их параметрам, как масса, скорость (время), маршрут продвижения. Это связано с

тем, что данные параметры потоков являются управляемыми. Традиционный механизм управления логистическими потоками основан на принятии решений по результатам сравнения фактических значений этих управляемых параметров с расчётными (плановыми). Однако расчётные значения управляемых параметров являются результатом оптимизации потоков исключительно по логистическим, в основном, экономическим критериям, известным как «семь правил логистики» [4] и не учитывают экологические и социальные аспекты современной логистической деятельности.

В настоящей работе предлагается новый подход к управлению зелёными цепями поставок, основанный на использовании оригинальной системы параметров и показателей для оценки логистических потоков на соответствие принципам устойчивого развития (**табл. 2, рис. 3**). Выделено пять групп параметров и показателей логистических потоков:

- группа управляемых (физических) параметров потока, характеризующих интенсивность потоков и свойства изменения потоков в пространстве и во времени;
- группа экономических показателей, характеризующих эффективность использования всех видов ресурсов логистической системы, а также степень экономической жизнеспособности логистической системы;
- группа энерго-экологических показателей, характеризующих эффективность использования энергии в процессе продвижения потоков и влияние логистических потоков на окружающую среду;
- группа показателей качества, характеризующих сохранность и своевременность продвижения и переработки потоков, а также качество управления потоками;
- группа статистических показателей, отражающих закономерности изменения управляемых параметров потоков.

При разработке системы параметров и показателей логистических потоков автор исходил из предположения, что потоки, в зависимости от степени их детализации на разных уровнях системы управления, представляются либо дискретными, либо непрерывными.

Дискретные логистические потоки представляют собой совокупность отдельных объектов (элементов или струй), например, отдельных грузовых партий или транспортных средств в составе материального потока или различных логистических операций в потоке услуг. Такое представление логистических потоков необходимо для выбора и реализации логистических технологий на низших уровнях управления.

Представление логистических потоков как непрерывных используется на высших уровнях управления, например, стратегическом, когда не важны параметры отдельных элементов потока, а необходимо оперировать обобщёнными (усреднёнными) показателями, такими, например, как интенсивность или средняя скорость потока.

Рис. 3. Система параметров и показателей логистических потоков в зелёных цепях поставок

Таблица 2

Параметры и показатели логистических потоков

Параметры (показатели) потоков	Ед. изм.	Характеристика структуры потока			Расчётная формула
		Поток	Струя потока	Элемент потока	
1. Группа управляемых (физических) параметров потока					
Масса	т	Масса потока – суммарная масса (количество) элементов потока, находящихся в движении по маршруту потока	Масса струи – суммарная масса элементов струи потока, находящихся в движении по маршруту струи	Масса элемента – количественная величина, характеризующая инертность элемента потока	$M = \sum_{j=1}^k M_j^{str} = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^n m_{ji},$ <p>где M – масса потока; M_j^{str} – масса j-ой струи потока; m_{ji} – масса i-ого элемента j-ой струи; k, n – соответственно количество струй и элементов в потоке.</p>
Маршрут	–	Маршрут движения потока (струи, элемента) – последовательность n пунктов с координатами (x, y) , которые проходит поток (струя, элемент) в процессе движения от начального до конечного пункта			$R\{(x_1, y_1), \dots, (x_z, y_z), \dots, (x_b, y_b)\},$ <p>где x, y – координаты, которые проходят поток (струя, элемент потока) в процессе движения от начального пункта к конечному пункту; z – номера пунктов маршрута потока; b – количество пунктов маршрута потока.</p>
Длина	км	Длина маршрута – суммарное расстояние (сумм длин $n-1$ векторов, составляющих маршрут), проходимое элементом потока при движении по маршруту			$L = \sum_{i=2}^b \sqrt{(x_z - x_{(z-1)})^2 + (y_z - y_{(z-1)})^2};$ $L = \sum_{i=1}^b p_{\lambda_i z},$ <p>где L – длина маршрута; λ_z – номер вершины, предшествующей z-й при движении потока по маршруту R; $p_{\lambda_i z}$ – длина дуги, соединяющей вершины λ_i и z (оценка дуги маршрута).</p>

Основные параметры	Ед. изм.	Характеристика структуры потока			Расчётная формула
		Поток	Струя потока	Элемент потока	
Скорость	км/ч, км/сут.	Скорость потока – отношение длины маршрута ко времени движения потока по маршруту (усреднённая характеристика скорости струй потока)	Скорость струи – отношение длины маршрута к времени движения элементов струи по маршруту	Скорость элемента струи – отношение длины маршрута к времени движения элемента по маршруту	$V = \frac{\sum V_j \cdot m_{j,i}}{\sum m_{j,i}}; v_{j,i} = \frac{L}{T_j} = V_j,$ где $V, V_j, v_{j,i}$ – скорость потока, струи и элемента потока соответственно; T_j – время движения элементов j -й струи по маршруту.
Время	ч, сут.	Время движения потока – затраты времени на движение потока по маршруту	Время движения струи – затраты времени на движение элементов струи по маршруту	Время движения элемента – отношение длины маршрута к скорости движения элемента по маршруту	$T = \frac{L}{V}; T_j = \frac{L}{V_j}; t_{j,i} = \frac{L}{v_{j,i}},$ где T – время движения потока; T_j – время движения элементов j -й струи по маршруту; $t_{j,i}$ – время движения i -ого элемента j -ой струи по маршруту.
Плотность	т/км	Плотность потока – масса потока, проходящая на единицу длины маршрута	Плотность струи – масса струи, проходящая на единицу длины маршрута	–	$\rho = \frac{M}{P_{\lambda,z}}; \rho_j = \frac{M_j^{str}}{P_{\lambda,z}},$ где ρ – плотность потока; ρ_j – плотность j -й струи.
Интенсивность	т/ч, т/сут	Интенсивность потока – масса потока, проходящая за единицу времени через сечение потока	Интенсивность струи – масса струи, проходящая за единицу времени через сечение струи	–	$I = \frac{M}{T}; I_j = \frac{M_j^{str}}{T_j},$ где I – интенсивность потока; I_j – интенсивность j -й струи.
Мощность	т/ч, т/сут	Мощность потока – произведение плотности потока на её скорость	Мощность струи – произведение плотности струи на её скорость	–	$N = \rho V; N_j = \rho_j V_j,$ где N – мощность потока; N_j – мощность j -й струи.
Ускорение	м/с ²	Ускорение потока – быстрота изменения скорости потока	Ускорение струи – быстрота изменения скорости струи	Ускорение элемента – отношение изменения скорости элемента к промежутку времени, в течение которого это изменение произошло	$a = \frac{V_{z-1} - V_z}{T}; a_j = \frac{V_{j,z-1} - V_{j,z}}{T_j},$ где a – ускорение потока; a_j – ускорение j -й струи.
Импульс	ткм/ч	Импульс потока – произведение массы потока на его скорость	Импульс струи – произведение массы струи на её скорость	Импульс элемента – произведение массы элемента потока на его скорость	$P = MV; p_j = M_j^{str} V_j; p_{j,i} = m_{j,i} v_{j,i},$ где P – импульс потока; p_j – импульс j -й струи; $p_{j,i}$ – импульс i -ого элемента j -ой струи.
Темп	ч/км, сут/км	Темп потока – среднее время прохождения потоком единицы длины маршрута	Темп струи – среднее время прохождения струей единицы длины маршрута	Темп элемента – среднее время прохождения элементом единицы длины маршрута	$T_{temp} = \frac{1}{V}; T_{tempj} = \frac{1}{V_j},$ где T_{temp} – транспортная работа потока; T_{tempj} – транспортная работа j -й струи.
Интервал	ч, сут.	–	Интервал времени между элементами струи – время между двумя следующими друг за другом элементами струи	Интервал времени между элементами потока – среднее время между двумя следующими друг за другом элементами потока	$\Delta t_j = \frac{T_j}{M_j^{str}}; \Delta t = \frac{T}{M},$ где Δt_j – интервал времени между элементами j -й струи; Δt – интервал времени между элементами потока.
Работа	ткм	Транспортная работа потока – произведение массы потока на длину маршрута	Транспортная работа струи – произведение массы струи на длину маршрута	Транспортная работа элемента – произведение массы элемента на длину маршрута	$A = ML; A_j = M_j^{str} L; A_{j,i} = m_{j,i} L,$ где A – транспортная работа потока; A_j – транспортная работа j -й струи; $A_{j,i}$ – транспортная работа i -ого элемента j -ой струи.

2. Группа экономических показателей

Прибыль	руб.	Прибыль – разница между суммарным доходом и операционными расходами	$П = Д - О,$ где $П$ – прибыль; $Д$ – доход; $О$ – операционные расходы.
Операционные расходы	руб.	Операционные расходы – сумма всех видов расходов, связанных с превращением инвестиций в прибыль	$О = \sum_{i=1}^N o_i,$ где o_i – виды операционных расходов; N – количество всех видов расходов логистической системы в рассматриваемом периоде.

Основные параметры	Ед. изм.	Характеристика структуры потока			Расчётная формула
		Поток	Струя потока	Элемент потока	
Инвестиции в основной капитал	руб.	Инвестиции в основной капитал – величина денежных средств, расходуемых на формирование основных средств			$K = \sum_i^M K_i,$ <p>где K – инвестиции в основной капитал; K_i – количество i-го вида вложений на формирование основных средств.</p>
3. Группа энерго-экологических показателей					
Энергоёмкость	Дж	Энергоёмкость потока – количество энергии, затраченной на продвижение потока по маршруту	Энергоёмкость струи – количество энергии, затраченной на продвижение струи по маршруту	Энергоёмкость элемента – количество энергии, затраченной на продвижение элемента по маршруту	$E = E_{\text{стац}} + E_{\text{перед}},$ <p>где $E_{\text{стац}}$, $E_{\text{перед}}$ – соответственно количество энергии, затрачиваемой стационарными и передвижными источниками для продвижения потока на маршруте следования.</p>
Тепловая мощность	кВт	Тепловая мощность потока – количество теплоты, выделяемое потоком в единицу времени	Тепловая мощность струи – количество теплоты, выделяемое струей в единицу времени	Тепловая мощность элемента – количество теплоты, выделяемое элементом в единицу времени	$Q = Q_{\text{стац}} + Q_{\text{перед}},$ <p>где $Q_{\text{стац}}$, $Q_{\text{перед}}$ – соответственно количество тепловой энергии, выделяемой стационарными и передвижными источниками для продвижения потока на маршруте следования.</p>
Выбросы загрязняющих веществ	кг, т	Объём выбросов загрязняющих веществ – суммарный объём выбросов загрязняющих веществ от всех источников, задействованных при продвижении потока			$M_{\text{вс}} = \sum_i^n A_i m_i,$ <p>где m_i – фактическая масса i-го загрязняющего выброса; A_i – коэффициент агрессивности i-го выброса; N – число видов загрязняющих выбросов.</p>
Выбросы парниковых газов	гг CO ₂ -экв.	Объём выбросов парниковых газов – суммарный объём выбросов парниковых газов от всех источников, задействованных при продвижении потока			$Em^c = \sum_g Em_g = \sum_g Fu_g K_g,$ <p>где Em_g – объём выбросов в атмосферу парниковых газов по g-му типу топлива; Fu_g – количество сожжённого g-го типа топлива; K_g – коэффициент выбросов парниковых газов по g-му типу топлива.</p>
4. Группа показателей качества материальных потоков					
Сохранность перевозки	–	Сохранность перевозки грузов – показатели, характеризующие перевозку без повреждений, без загрязнений, без потерь и без пропажи			В соответствии с ГОСТ 51005-96
Своевременность перевозки	–	Своевременность перевозки грузов – показатели, характеризующие перевозку грузов к назначенному сроку, регулярность и срочность перевозки			В соответствии с ГОСТ 51005-96
Управляемость потока	–	Коэффициент управляемости материального потока – отношение массы информационного потока, элементами которого являются сообщения о соблюдении показателей сохранности и своевременности перевозки, к массе управляющего информационного потока (число информационно-управляющих сообщений)			$k_{\text{упр.}} = m_{\text{к}} / m_{\text{общ}},$ <p>где $m_{\text{к}}$ – количество сообщений о качественно выполненных управленческих решениях; $m_{\text{общ}}$ – общее количество сообщений.</p>
5. Группа статистических показателей					
Неравномерность потока	–	Коэффициент неравномерности потока – отклонение значений физических параметров потоков от их средних значений			$k_{\text{нер.}} = 1 + k_{\text{вар}} / P_{(x)},$ <p>где $k_{\text{вар}}$ – коэффициент вариации соответствующего параметра логистического потока; $P_{(x)}$ – среднее значение параметров.</p>
Сложность структуры потока	–	Коэффициент сложности структуры потока – характеризует число струй, из которых состоит логистический поток			$k_{\text{слож.}} = r^{20\%} / (R - r^{20\%}),$ <p>где $r^{20\%}$ – число струй, суммарная масса которых не превышает 20% от массы потока; R – общее число струй в потоке.</p>
Дискретность потока	–	Коэффициент дискретности потока – характеризует число элементов, из которых состоит струя потока			$k_{\text{дискр.}} = \Delta t / \Delta t_{\text{min}}, \Delta t_{\text{min}} > 0,$ <p>где Δt – интервал времени между элементами потока; Δt_{min} – минимальное, отличное от нуля значение интервала, при котором поток считается непрерывным.</p>
Дифференцируемость потока	–	Коэффициент дифференцируемости потока – характеризует изменение сложности структуры потока в процессе его движения по маршруту.			$k_{\text{диф.}} = r_n / r_1,$ <p>где r_n – число струй потока в конечном пункте маршрута продвижения потока; r_n – число струй в начальном пункте.</p>

Рис. 4. Схема структуры потока

Рассмотрим использование системы параметров и показателей на примере материального потока логистической системы.

Пусть имеется материальный поток массой M , рассматриваемый в течение периода времени T как совокупность j -го числа струй массой $M_j^{\text{стр}}$. Каждая струя потока состоит из i -го количества элементов, массой $m_{j,i}$. Движение струй (элементов) потока осуществляется по маршруту длиной L со скоростью V_j (рис. 4).

При движении потока логистическая система взаимодействует с окружающей средой путём обмена энергией E в форме теплоты Q и работы A — то есть к потоку подводится энергия (теплота) и поток совершает транспортную работу. Необходимо понимать, что работа выполняется всеми объектами потока (струями A_j и элементами $A_{j,i}$) и может рассматриваться, с одной стороны, как результат действия силы на объект потока (элемент или струю). В этом случае работа равна произведению модуля силы на модуль перемещения L , которое совершает объект под действием силы. С другой стороны, работу можно рассматривать как транспортную работу над объектами потока, численно равную произведению массы объекта потока на длину маршрута движения потока.

Другими словами, для оценки энергозатрат процесса продвижения потока необходимо знать значение сил сопротивления движению объектов потока со стороны внешней среды. Энергозатраты в этом случае зависят от величин мощности и энергии, затраченных на продвижение потока. С точки зрения логистики важным является результат выполнения транспортной услуги, выраженный в объёме перевозок или грузообороте. При учёте экологического аспекта важность приобретают показатели выброса теплоты и загрязняющих веществ, задействованных при продвижении потока. При управлении «зелёными» цепями поставок необходимо формирование баланса между энергетическими, логистическими и экологическими параметрами и показателями процесса продвижения потоков, то есть баланс ресурсов, задействованных в этом процессе.

4. Формирование ресурсного баланса в зелёных цепях поставок

Формирование ресурсного баланса в зелёных цепях поставок предлагается осуществлять на основе оценки показателей и параметров логистических потоков. Полученная оценка используется для выбора и реализации методов и инструментов зелёной логистики, представленных в [7,31,32]. Предполагается, что результатом реализации каждого инструмента является изменение определённого сочетания физических (управляемых) параметров логистических потоков.

Предлагаемая методика управления параметрами потоков в зелёных цепях поставок включает следующие этапы:

1. Выполняется построение нечёткой модели логистических потоков в зелёных цепях поставок в среде fuzzyTECH [33]. Предлагаемая модель содержит три входных нечётких переменных, соответствующих физическим параметрам потока — масса, скорость потока и длина маршрута его движения. Значения этих переменных в модели формируются по результатам статистического анализа работы цепи поставок. В качестве промежуточных нечётких лингвистических переменных используются три группы показателей — экономические («Economic»), энерго-экологические («Environment»), показатели качества («Quality»). Выходной переменной является интегральный показатель «устойчивость логистического потока». Схема нечёткой модели оценки параметров логистических потоков в программе fuzzyTECH представлена на рис. 5.

2. На основе мониторинга логистических потоков цепи поставок определяются фактические значения их показателей I_k , где $k = 1, 2, \dots, K$ — число анализируемых показателей логистических потоков.

3. Численные значения фактических показателей потоков I_k используются в качестве исходных данных в нечёткой модели логистических потоков для оценки фактических значений управляемых параметров логистических потоков P_i , где $i = 1, 2, \dots, m$, $m = 3$ — число управляемых параметров.

Рис. 5. Представление нечёткой модели оценки параметров логистических потоков в программе fuzzyTECH

Результатами моделирования взаимосвязи параметров и показателей потоков в нечёткой модели логистических потоков в зелёных цепях поставок в fuzzyTECH являются:

- значение интегрального показателя устойчивости цепи поставок;
- поверхность, описывающая зависимость интегрального показателя устойчивости цепи поставок от изменения значений физических (управляемых) параметров материальных потоков – масса, скорость и длина маршрута.

4. Определяются необходимые значения показателей потоков I_k^* . Дальнейшие действия методики направлены на расчёт значений физических (управляемых) параметров P_i^* , которые обеспечивают достижение необходимых показателей потоков I_k^* .

5. Рассчитывается разница между требуемыми и фактическими значениями управляемых параметров $\Delta P_i = P_i^* - P_i, \forall i$.

6. Формируется матрица вариантов изменения параметров логистических потоков

$$\|t_{ij}\| (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, A_m^n),$$

где j – порядковый номер комбинации параметров, A_m^n – количество возможных комбинаций, определяемое как число размещений с повторениями $m = 3$ элементов матрицы (параметров потоков) по n позициям (вариантам изменения значения каждого параметра); $n = 3$ – число вариантов изменения значений параметров потоков: «уменьшение», «увеличение» и «без изменений», $A_3^3 = 27$. Для рассматриваемого примера матрица $\|t_{ij}\|$ запишется следующим образом

$$\|t_{ij}\| = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 \\ -1 & -1 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & -1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & -1 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ -1 & -1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & -1 \\ -1 & 0 & -1 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \\ 0 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

7. В матрице $\|t_{ij}\|$ выбирается вариант изменения параметров логистических потоков V . Номер варианта соответствует номеру строки матрицы $\|t_{ij}\|$, если выполняется условие $(\text{sgn}\|t_{ij}\| = \text{sgn}\Delta P_1) \wedge (\text{sgn}\|t_{2j}\| = \text{sgn}\Delta P_2) \wedge (\text{sgn}\|t_{3j}\| = \text{sgn}\Delta P_3) \rightarrow V=j, j=1, 2, \dots, A_m^n$.

8. Осуществляется реализация выбранного инструмента зелёной логистики [7] (табл. 3) для приведения показателей логистических потоков в соответствие с потребными значениями.

Таблица 3

Взаимосвязь основных параметров логистических потоков и инструментов зелёной логистики
(на примере транспортного элемента)

№ вари- анта V	Наименование инструмента зелёной логистики	Знак изменения параметра потока		
		ΔM	ΔS	ΔL
1	Использование интермодальных технологий и смешанных перевозок	+	+	+
2	Выбор рациональных базисных условий поставки	+	+	–
3	Выбор экологичных видов транспорта	+	–	+
4	Выбор транспортных средства с большей грузоподъёмностью (грузо- вместимостью)	+	–	–
5	Изменение качественных показателей потоков или потребностей в потоках	–	+	+
6	Минимизация объёмов закупок	–	+	–
7	Использование транспортных средств с наименьшим воздействием на окружающую среду	–	–	+
8	Выбор транспортных средств, соответствующих установленным экологическим требованиям	–	–	–
9	Повышение уровня загрузки транспортных средств	+	const	const
10	Оперативное управление параметрами материальных потоков для обеспечения равномерной загрузки элементов транспортной инфра- структуры, уменьшения заторов и запасов	–	const	const
11	Оптимизация скорости движения транспортных средств	const	+	const
12	Эко-вождение	const	–	const
13	Выбор способов поставки с учётом минимального воздействия на окружающую среду	const	const	+
14	Выбор эко-дружественных поставщиков	const	const	–
15	Консолидация грузопотоков по направлениям	+	+	const
16	Сокращение частоты поставок	+	–	const
17	Оперативный контроль параметров системы управления запасами	–	+	const
18	Использование экологичных горюче-смазочных материалов (видов топлива)	–	–	const
19	Сокращение итераций и звеньев в цепи поставок (сокращение пунктов перевалки и хранения грузов)	+	const	+
20	Уменьшение обратного порожнего пробега	+	const	–
21	Использование многооборотной тары и упаковки	–	const	+
22	Обеспечение технологического единства транспортно-складского процесса	–	const	–
23	Использование технологии радиочастотной идентификации	const	+	+
24	Оптимизация маршрутов движения транспортных средств	const	+	–
25	Оптимизация структуры грузопотоков	const	–	+
26	Выбор близкорасположенных поставщиков	const	–	–
27	Внесение экологических аспектов в стратегию организации	const	const	const

Рассмотрим в качестве примера реализацию предлагаемой в работе методики управления параметрами логистических потоков в зелёных цепях поставок. Перевозка грузов в цепи поставок между двумя городами с использованием автомобильного транспорта. Фактические значения параметров и показателей исследуемой цепи поставок представлены в табл. 4.

На основании анализа данных о функционировании цепи поставок выбраны показатели, не удовлетворяющие требованиям экологичности: повышенная энергоёмкость; большой объем выбросов парниковых газов. Для приведения показателей логистических потоков в соответствие с требуемыми значениями выбирается инструмент зелёной логистики.

Анализ возможностей реализации инструментов

зелёной логистики, применительно к рассматриваемой цепи поставок, позволил выделить 3 инструмента: оптимизация скорости движения (V11); оптимизация маршрутов (V24); использование экологических

видов транспорта (V3). Реализация остальных инструментов зелёной логистики для анализируемых условий не является целесообразной.

Таблица 4

Исходные данные и результаты моделирования потоков зелёной цепи поставок				
Наименование показателей и параметров логистических потоков	Значение параметров (показателей) / Вариант			
	Фактическое I_k	Требуемое I_k^*		
		V11	V24	V3
Масса потока, т	200	200	200	200
Скорость потока, км/сут.	400	550	450	270
Длина маршрута потока, км	1850	1850	1793	1764
Энергоёмкость потока, литр / 100 ткм	6	6	6	0.6
Объем выбросов парниковых газов, г/ткм	104	104	104	31
Коэффициент неравномерности потока	1.1	1.1	1.1	1.0
Коэффициент сложности структуры потока	0.9	0.9	0.9	0.9
Коэффициент дискретности потока	0.25	0.25	0.1	0.9
Коэффициент дифференцируемости потока	1.0	1.0	1.0	1.0
Интегральный показатель устойчивости цепи поставок	0.125	0.307	0.1357	0.4027

Параметры логистических потоков

Масса –
Длина маршрута –
Устойчивость

Скорость –
Длина маршрута –
Устойчивость

Масса –
Скорость –
Устойчивость

Рис. 6. Результаты оценки устойчивости цепи поставок

В качестве примера на рис. 6 представлены поверхности, описывающие влияние нечётких значений управляемых параметров логистических потоков на величину устойчивости цепи поставок для трёх вариантов: исходного (наименьшая устойчивость – 0.125); при реализации инструментов «Оптимизация маршрута движения» (устойчивость – 0.1357) и «Использование экологических видов транспорта» (наибольшая устойчивость – 0.4027).

Таким образом, для приведения показателей логистических потоков в соответствие с требуемыми значениями наиболее эффективным в рассматриваемом примере является инструмент «Использование

экологических видов транспорта» (переход от автомобильных к железнодорожным перевозкам). Наименее эффективным – инструмент «Оптимизация маршрутов движения транспортных средств».

5. Заключение

Для эффективной реализации концепции устойчивого развития в логистической деятельности и управления цепями поставок необходимо применять методы выработки управленческих решений по изменению параметров логистических потоков на основе измерения и оценки их показателей. Сложность управления зелёными цепями поставок заклю-

чается в недостаточной исследованности закономерностей, описывающих взаимосвязи параметров и показателей логистических потоков, в отсутствии комплексного подхода к оценке данных параметров. Кроме того, имеет место бессистемное применение на практике разнообразных методов и инструментов управления потоками в цепях поставок.

В настоящей работе предложена оригинальная система индикаторов (показателей и параметров) логистических потоков, включающая в себя четыре группы показателей: энерго-экологические показатели; экономические показатели; показатели качества; статистические показатели. К основным физическим (управляемым) параметрам потоков отнесены: масса потока; скорость движения потока; длина маршрута движения потока.

Идея формирования ресурсного баланса в цепи поставок построена на оценке показателей логистических потоков и формирования такого сочетания физических (управляемых) параметров логистических потоков, которое обеспечивает функционирование логистической системы в соответствии с принципами концепции устойчивого развития. Для оценки показателей логистических потоков разработана нечёткая модель. Предложен способ корректировки параметров потоков с целью приведения фактических значений показателей этих потоков к требуемым. Формирование ресурсного баланса предлагается достигать на основе использования системы инструментов зелёной логистики, позволяющей корректировать параметры потоков.

Использование предлагаемой в работе методики позволит: повысить качество оценки состояния потоков в цепях поставок по критерию соответствия целям концепции устойчивого развития; повысить эффективность реализации решений по управлению потоками в цепях поставок на основе использования системы методов и инструментов «зелёной» логистики.

Список литературы

1. The Sustainable Development [Электронный ресурс]. URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/> (дата обращения: 06.02.2018).
2. Sustainable development of transport systems for cargo flows on the East-West direction / Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N., Kopylova O., Dyorina N. Sustainable Development of Transport Systems for Cargo Flows on the East-West Direction: 2018. vol. 156. pp. 3-69. doi: 10.1007/978-3-319-78295-9_1.
3. Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н., Сладковский А.В., Багинова В.В. Систематизация принципов «зелёной» логистики (Часть 1. Анализ существующих принципов логистики и устойчивого развития) // Бюллетень транспортной информации. 2019. 1(283). С. 10-16.
4. Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н., Сладковский А.В., Багинова В.В. Систематизация принципов «зелёной» логистики (Часть 2. Синтез принципов логистики и устойчивого развития) // Бюллетень транспортной информации. 2019. Т. 2(284). С. 7-16.
5. Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N., Muravev D. Green Logistics: Element of the Sustainable Development Concept. Part 1 // Naše more. 2017. Т. 64. № 3. С. 120-126. doi: 10.17818/NM/2017/3.7.
6. Показатели энергоэффективности: основы формирования политики / OECD/IEA, International Energy Agency. Paris, 2014. 178 с.
7. Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N., Muravev D. Green Logistics: A System of Methods and Instruments - Part 2 // Naše more. 2018. Т. 65. № 1. С. 49-55. doi: 10.17818/NM/2018/1.7.
8. Ивуть Р.Б., Нарушевич С.А. Логистика. Минск: БНТУ, 2004. 328 с.
9. Корнилов С.Н., Рахмангулов А.Н., Шаульский Б.Ф. Основы логистики: Учеб. пособие. Москва: ФГБОУ "Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте", 2016. 302 с.
10. Миротин Л.Б., Сергеев В.И. Основы логистики: Учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 1999. 200 с.
11. Поттгофф Г. Учение о транспортных потоках: Пер. с нем. М.: Транспорт, 1975. 344 с.
12. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. М.: Транспорт, 1972. 424 с.
13. Миротин Л.Б., Гудков В.А., Зырянов В.В. Управление грузовыми потоками в транспортно-логистических системах. М.: Горячая линия-Телеком, 2010. 704 с.
14. Иносэ Х., Хамада Т. Управление дорожным движением. М.: Транспорт, 1983. 248 с.
15. Григорьев М.Н., Уваров С.А. Логистика.: Базовый курс: учебник для бакалавров. М.: Издательство Юрайт, 2012. 818 с.
16. Галаяудинов Р.Р. Механизмы взаимодействия потоков и запасов на предприятии с точки зрения логистики // Вестник ЮУрГУ. Серия «Экономика и менеджмент». 2016. Т. 10. № 1. С. 157-163.
17. Osintsev N., Rakhmangulov A., Sladkowski A., Jian G. J. The system of resource balance indicators in green supply chains. // Transport Problems – 2019. Proceeding XI International Scientific Conference, 26-28 June 2019, Katowice: Selesian University of Technology. pp. 472-479.
18. Семенов В.В. Смена парадигмы в теории транспортных потоков. Препринт № 46. М.: ИПМ им. М.В. Келдыша, 2006. 32 с.
19. Швецов В.И. Математическое моделирование транспортных потоков // Автоматика и телемеханика. 2003. № 11. С. 3-46.
20. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие / Под ред. А.В. Гасникова. М.: МФТИ, 2010. 360 с.
21. Минаков В.Ф. Производственная функция в логистических потоках // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. 11-3(30). С. 55-58.
22. Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса. Препринт №34. 2004. 38 с.
23. Неруш Ю.М. Логистика. М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006. 520 с.
24. Вол М., Мартин Б. Анализ транспортных систем.: пер. с англ. М.: Транспорт, 1981. 516 с.
25. Тяпухин А.П. Логистика. 2-е изд. М.: Юрайт, 2013. 568 с.
26. Тяпухин А.П. Кодировка и графическая интерпретация параметров логистических потоков // Вопросы современной экономики. 2013. № 4. 131-144.
27. Козлов П.А. Поток и бункер-канал в транспортной системе // Мир транспорта. 2014. Т. 12. 2(51). С. 30-37.
28. Филонов Н.Г. Анализ структуры совокупных издержек при формировании потока инноваций в логистических (экономических) системах // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2012. 12(127). С. 133-140.
29. Филонов Н.Г., Коваленко Л.В., Дашинская С.К. Анализ потоков в логистических системах // Вестник Томского государственного университета. 2007. 300-2. С. 77-79.
30. Минаков В.Ф., Минакова Т.Е. Метрика потока в информационной логистике // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. 4-1 (23). С. 63-64.
31. Осинцев Н.А., Рахмангулов А.Н. Система методов и инструментов зелёной логистики в цепях поставок / Транспорт и логистика: инновационное развитие в условиях глобализации технологических и экономических связей. Ростов-на-Дону: Рост. гос. ун-т. путей сообщения. 2018. С. 274-278.
32. Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N., Muravev D. An approach to achieving the sustainable development goals based on the system of green logistics methods and instruments // Transport Problems – 2017. Proceeding IX International Scientific Conference, 28-30 June 2017, Katowice: Selesian University of Technology. pp. 541-556.
33. FuzzyTECH [Электронный ресурс]. URL: <https://fuzzytech.com/> (дата обращения: 06.02.2018).

Материал поступил в редакцию 28.05.2019

Осинцев Н.А. Параметры и показатели потоков в зелёных цепях поставок // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2019. Т.9. №1. С. 27-40

UDC 656.078.1:502.131.1

<https://doi.org/10.18503/2222-9396-2019-9-1-27-40>

FLOW INDICATORS IN GREEN SUPPLY CHAINS

Nikita Osintsev¹¹ Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, Russia

Abstract

The complexity of managing green supply chains is associated with insufficient knowledge of the system of logistic flow indicators and parameters, as well as with the absence of methods for their comprehensive assessment of compliance with the principles of the sustainable development concept. The results of the analysis logistic flow indicators are presented in the paper. It has been determined that the generally accepted logistic management criteria do not consider environmental and social aspects, which reduces the effective-ness of managing logistic flows in accordance with the requirements of the sustainable development concept. In the present work an original system of indicators of logistic flows in green supply chains is proposed. Manageable parameters of logistic flows are identified. Their modification ensures the implementation of principles of the sustainable development concept. A fuzzy model for managing the parameters of logistics flows has been developed. The formation of resource balance in the logistics system approach is proposed, ensuring the functioning of the logistics system in accordance with the principles of the sustainable development concept.

Keywords: logistics flows, green supply chain management, sustainable development, transport system, parameters, indicators, green logistics, fuzzy approach.

References

1. The Sustainable Development. Available at: <https://sustainabledevelopment.un.org/>.
2. Sustainable development of transport systems for cargo flows on the East-West direction / Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N., Kopylova O., Dyorina N. Sustainable Development of Transport Systems for Cargo Flows on the East-West Direction: 2018. vol. 156. pp. 3-69. doi: 10.1007/978-3-319-78295-9_1.
3. Osintsev N. A., Rakhmangulov A. N., Sladkovskii A. V., Baginova V. V. Sistematizatsiia printsipov «zelenoi» logistiki (Chast 1. Analiz sushchestvuiushchikh printsipov logistiki i ustoiichivogo razvitiia) [Systematization of the green logistics' principles. Part 1. The analysis of the existing logistics' and sustainable development principles] // Biulleten transportnoi informatsii [the Bulletin of Transport Information]. 2019, 1(283), pp. 10–16. (In Russ.).
4. Osintsev N. A., Rakhmangulov A. N., Sladkovskii A. V., Baginova V. V. Sistematizatsiia printsipov «zelenoi» logistiki (Chast 2. Sintez printsipov logistiki i ustoiichivogo razvitiia) [Systematization of the green logistics' principles. Part 2. Synthesis of the principles of logistics and sustainable development] // Biulleten transportnoi informatsii [the Bulletin of Transport Information]. 2019, 2(284), pp. 7–16.
5. Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N., Muravev D. Green Logistics: Element of the Sustainable Development Concept. Part 1 // Naše more. 2017, vol. 64, no. 3, pp. 120–126. doi: 10.17818/NM/2017/3.7.
6. Pokazateli energoeffektivnosti: osnovy formirovaniia politiki [Energy efficiency indicators: policy framework]. Paris: International Energy Agency. 2014. 178 p. (In Russ.).
7. Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N., Muravev D. Green Logistics: A System of Methods and Instruments - Part 2 // Naše more. 2018, vol. 65, no. 1, pp. 49–55. doi: 10.17818/NM/2018/1.7.
8. Ivut R. B., Narushevich S. A. Logistika [Logistics]. Minsk: Belarusian National Technical University. 2004. 328 p. (In Russ.).
9. Kornilov S. N., Rakhmangulov A. N., Shaulskii B. F. Osnovy logistiki: Textbook [Fundamentals of logistics: Textbook]. Moscow: FGBOU «Educational-methodical center of education on railway transport». 2016. 302 p. (In Russ.).
10. Mirotin L. B., Sergeev V. I. Osnovy logistiki [Basics of logistics]. Moscow: INFRA-M. 1999. 200 p. (In Russ.).
11. Pottgoff G. Uchenie o transportnykh potokakh [Traffic flow theory]. Moscow: Transport. 1975. 344 p. (In Russ.).
12. Driu D. Teoria transportnykh potokov i upravlenie imi [Traffic flow theory and control]. Moscow: Transport. 1972. 424 p. (In Russ.).
13. Mirotin L. B., Gudkov V. A., Zyrianov V. V. Upravlenie gruzovymi potokami v transportno-logisticheskikh sistemakh [Cargo flow management in transport and logistics systems]. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom. 2010. 704 p. (In Russ.).
14. Inose K., Khamada T. Upravlenie dorozhnym dvizheniem [Road traffic control]. Moscow: Transport. 1983. 248 p. (In Russ.).
15. Grigorev M. N., Uvarov S. A. Logistika [Logistics]. Moscow: Izdatelstvo Urait. 2012. 818 p. (In Russ.).
16. Galyautdinov R. R. Mekhanizmy vzaimodeistviia potokov i zapasov na predpriatii s tochkii zreniia logistiki [The mechanisms of interaction of flows and stocks at enterprise from the perspective of logistics] // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Economics and Management. 2016, vol. 10, no. 1, pp. 157–163. doi: 10.14529/em160119. (In Russ.).
17. Osintsev N., Rakhmangulov A., Sladkowski A., Jian G. J. The system of resource balance indicators in green supply chains // Transport Problems - 2019 Proceeding XI International Scientific Conference, 28-30 June 2019. Katowice: Silesian University of Technology, pp. 472–479.
18. Semenov V. V. Smena paradigmy v teorii transportnykh potokov [Paradigm shift in the theory of transport flows]. Moscow: Keldysh Institute of Applied Mathematics. 2006. 32 p. (In Russ.).
19. Shvetsov V. I. Matematicheskoe modelirovanie transportnykh potokov [Mathematical modeling of transport flows] // Avtomatika i Telemekhanika [Automation and Remote Control]. 2003, no. 11, pp. 3–46. (In Russ.).
20. Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie transportnykh potokov [Introduction to mathematical modelling of transport flows]. Moscow: Moscow Institute of Physics and Technology. 2010. 360 p. (In Russ.).
21. Minakov V. F. Proizvodstvennaia funktsiia v logisticheskikh potokakh [Production function in logistic streams] // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal [Research Journal of International Studies]. 2014, 11-3(30), pp. 55–58. (In Russ.).
22. Semenov V. V. Matematicheskoe modelirovanie dinamiki transportnykh potokov megapolisa. Preprint №34 [Mathematical modelling of the dynamics of metropolis transport flows]. Moscow: 2004. 38 p. (In Russ.).
23. Nerush I.M. Logistika [Logistics]. Moscow: TK Velbi, Izd-vo Prospekt. 2006. 520 p. (In Russ.).
24. Vol M., Martin B. Analiz transportnykh sistem [Traffic system analysis]. Moscow: Transport. 1981. 516 p. (In Russ.).
25. Tyapukhin A. P. Logistika [Logistics]. Moscow: Urait. 2013. 568 p. (In Russ.).
26. Tyapukhin A. P. Kodirovka i graficheskaia interpretatsiia parametrov logisticheskikh potokov [Coding and graphical interpretation of logistic flow parameters] // Voprosy sovremennoi ekonomiki [Issues of the modern economy]. 2013, no. 4, 131-144. (In Russ.).
27. Kozlov P. A. Potok i bunker-kanal v transportnoi sisteme [Flow and bunker-channel in the transport system] // Mir transporta [World of Transport]. 2014, vol. 12, 2(51), pp. 30–37. (In Russ.).
28. Filonov N. G. Analiz struktury sovokupnykh izderzhkek pri formirovanii potoka innovatsii v logisticheskikh (ekonomicheskikh) sistemakh [The Analysis of structure of cumulative costs while forming the production line of innovations in logistic (economic) systems] // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta [TSPU Bulletin]. 2012, 12(127), pp. 133–140. (In Russ.).
29. Filonov N. G., Kovalenko L. V., Dashchinskaya S. K. Analiz potokov

- logisticheskikh sistemakh [The analysis of the structure of continuums in logistic systems] // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta [TSPU Bulletin]. 2007, 300-2, pp. 77–79. (In Russ.).
30. Minakov, V.F. & Minakova, T.E. Metrika potoka v informatsionnoi logistike [Stream metrics in information logistics] // Mezhdunarodnyi nauchno-issledovatel'skii zhurnal [Research Journal of International Studies]. 2014, 4-1 (23), pp. 63–64. (In Russ.).
 31. Osintsev N.A., Rakhmangulov A.N. Sistema metodov i instrumentov zelenoi logistiki v tsepiakh postavok [System of green logistics methods and instruments in supply chains] // Transport i logistika: innovatsionnoe razvitiye v usloviyakh globalizatsii tekhnologicheskikh i ekonomicheskikh svyazei [Transport and Logistics: innovate development in the conditions of globalization of technological and economic relations]. Rostov-on-Don: Rostov State Transport University, 2018, pp. 274–278. (In Russ.).
 32. Rakhmangulov A., Sladkowski A., Osintsev N., Muravev D. An approach to achieving the sustainable development goals based on the system of green logistics methods and instruments // Transport Problems – 2017 Proceeding IX International Scientific Conference, 28-30 June 2017. Katowice: Silesian University of Technology, pp. 541–556.
 33. FuzzyTECH. Available at: <https://fuzzytech.com/>.

Received 28/05/2019

Osintsev N. Flow indicators in green supply chains // Modern Problems of Russian Transport Complex. 2019, vol.9, no.1, pp. 27–40