



Критерии устойчивости контрейлерной системы



Александр ЦЫГАНОВ



Никита ОСИНЦЕВ



Александр РАХМАНГУЛОВ



Андрей ЗЕНКИН

Александр Владимирович Цыганов¹, Никита Анатольевич Осинцев², Александр Нельевич Рахмангулов³, Андрей Анатольевич Зенкин⁴

^{1, 2, 3} Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова», Магнитогорск, Россия.

⁴ Российский университет транспорта, Москва, Россия.

✉ ¹ tsyganov.alek@gmail.com

✉ ³ ran@magtu.ru

² ORCID 0000-0003-1168-6725.

³ ORCID 0000-0002-6419-2561; Scopus ID: 13805427400; Author ID: 101054.

⁴ ORCID 0000-0001-9989-2907; SPIN-код: 2147-5926.

АННОТАЦИЯ

Достижение целей концепции устойчивого развития стимулирует использование в целях поставок мультимодальных систем и интермодальных технологий доставки грузов. Конфигурация сетевой структуры цепей поставок в этом случае усложняется в результате увеличения числа участников и разнообразия технико-технологических параметров транспортных систем. Авторами выполнен анализ проблем использования контрейлерной технологии в составе цепей поставок.

Целью данного исследования выступает установление комплекса универсальных характеристик контрейлерных систем, определяющих их устойчивость в целях поставок. В работе использован системный подход для представления контрейлерной технологии как сложной технической системы, основными элементами которой являются интермо-

дальные транспортные единицы, железнодорожный подвижной состав и терминалы, связанные технологией и организацией контрейлерных перевозок. Разработана оригинальная система критериев выбора контрейлерной системы, учитывающая современную тенденцию формирования транспортных систем и цепей поставок с позиции их устойчивого развития.

Показано, что решение об использовании контрейлерных систем в составе устойчивых цепей поставок необходимо принимать на основе многокритериальной оценки параметров всех элементов и связей этих систем. Разработанная авторами система критериев позволяет адекватно оценивать контрейлерные системы, согласовывать их технические и технологические параметры, а также обосновывать решения по унификации интермодальных транспортных единиц.

Ключевые слова: мультимодальная перевозка, комбинированная перевозка, интермодальная перевозка, контрейлерная система, цепь поставок, устойчивое развитие.

Финансовая поддержка: исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 23–21–00164, <https://rscf.ru/project/23-11-00164/>.

Для цитирования: Цыганов А. В., Осинцев Н. А., Рахмангулов А. Н., Зенкин А. А. Критерии устойчивости контрейлерной системы // Мир транспорта. 2023. Т. 21. № 5 (108). С. 126–134. DOI: <https://doi.org/10.30932/1992-3252-2023-21-5-14>.

Полный текст статьи на английском языке публикуется во второй части данного выпуска.
The full text of the article in English is published in the second part of the issue.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений формирования «экологически чистых» транспортных систем является развитие мультимодальных систем доставки грузов, основанных на интегрированном взаимодействии различных видов магистрального транспорта [1; 2]. Разновидностью мультимодальных технологий является контрейлерная технология, в которой на комплексной основе используются железнодорожный и автомобильный виды транспорта [3]. Реализация этой технологии предполагает размещение груза в интермодальной транспортной единице (ИТЕ), способной к перевозке указанными видами транспорта в пределах всей мультимодальной системы доставки.

В мировой транспортной системе регулярные перевозки грузов с использованием контрейлерной технологии начали осуществляться со второй половины XX века. Сильная конкуренция конструкторских и технологических решений в транспортной отрасли способствовала появлению различных вариантов контрейлерной технологии, имеющих существенные различия инженерных решений. Эти варианты в настоящее время развиваются как самостоятельные контрейлерные системы. Наиболее распространёнными вариантами контрейлерных систем, использующих горизонтальный метод погрузки и выгрузки ИТЕ, являются Rolling Road, Lohr, CargoBeamer и др. Данные системы конкурируют как между собой, так и с системами Lift-on/Lift-off, Lo-Lo, в которых применяется вертикальный метод перегрузки ИТЕ на железнодорожный подвижной состав [4].

Результаты анализа распространённости контрейлерных систем в мире и степени их использования в цепях поставок [5] позволяют утверждать, что эта интермодальная технология до сих пор находится на этапе формирования. Анализ параметров известных контрейлерных систем свидетельствует о разнообразии применяемых в них технических и технологических решений и отсутствии общих стандартов [6; 7]. Кроме того, каждая контрейлерная система, как правило, характеризуется определённой национальной принадлежностью и степенью распространения в мире. Следствием отмеченного разнообразия технических и технологических параметров контрейлерных систем являются ограничения при выборе ИТЕ и условий их перевозки, соответствующих требованиям конкретной контрейлерной системы. Это, в свою очередь, накладывает определённые

ограничения на номенклатуру перевозимых грузов. Таким образом, многообразие контрейлерных систем и наличие множества нестандартизированных параметров снижает мультипликативный эффект от интеграции и комбинированного использования различных видов транспорта в мультимодальных системах доставки, а также усложняет построение и функционирование цепей поставок с использованием контрейлерной технологии.

Особенно ярко данные ограничения проявляются при формировании глобальных цепей поставок, звенья которых располагаются в регионах, где используются разные контрейлерные системы. Возникает задача конфигурирования оптимальной сетевой структуры цепи поставок. Эта задача усложняется из-за применения различных контрейлерных систем в разных регионах (странах) и увеличения возможных вариантов формирования цепи поставок. Решая данную задачу, перевозчики, экспедиторы или логисты должны учитывать технические и технологические требования и ограничения разных контрейлерных систем для удовлетворения требований грузовладельцев по своевременной, сохранной и экологичной перевозке определённых грузов. Из-за разнообразия контрейлерных систем грузовладельцы вынуждены либо учитывать требования конкретной системы к параметрам ИТЕ, либо отказываться от необходимой для них интермодальной технологии [8]. Таким образом, определение критериев устойчивости контрейлерной системы на основе систематизации параметров существующих контрейлерных систем с целью формирования устойчивых цепей поставок является актуальной научной и практической задачей.

В настоящее время в русскоязычной научной литературе понятие «устойчивость», применительно к сложным системам используется для обозначения свойств таких систем, функционирующих в разных условиях. Традиционно под устойчивостью понимается способность системы сохранять свои ключевые функции в условиях неопределённости, сбоя и изменений [9; 10]. В англоязычной литературе такое свойство обозначается термином «*resilience*». Этот термин в большинстве случаев применим к техническим системам, для которых возможно с достаточной точностью как прогнозировать внешние воздействия, так и описывать закономерности их поведения в различных ситуациях. Однако цепи поставок функционируют в условиях значительно большей неопределённости



внешней экономической (рыночный фактор), природно-климатической (экологический фактор), социальной среды (геополитический фактор). Сложные системы в таких условиях должны не только сохранять свои ключевые функции, но и развиваться, обеспечивая необходимую устойчивость на перспективу. Устойчивость сложных систем, подвергающихся воздействию природной, социальной и экономической сред, в англоязычной научной литературе принято обозначать другим термином¹ – «*sustainability*». Данное свойство связано с концепцией устойчивого развития «*sustainable development*»², и наличие этого свойства является необходимым условием достижения целей этой концепции.

В настоящем исследовании под устойчивостью (*sustainability*) цепей поставок понимается их состояние, при котором достигаются цели устойчивого развития. Это обеспечивается путём формирования и поддержания баланса социальных, экологических и экономических показателей [11]. Такой подход, на наш взгляд, применим как к устойчивым (*sustainable supply chains*), «зелёным» (*green supply chains*), обратным (*reverse supply chains*), так и к цепям поставок замкнутого цикла (*closed loop supply chains*).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Систематизация параметров контрейлерных систем и определение критериев их устойчивости

Авторами работы использован *системный подход* для рассмотрения контрейлерной технологии как сложной системы, формируемой следующими структурными элементами: интермодальной транспортной единицей, железнодорожным подвижным составом и терминалом. Каждый из рассматриваемых элементов характеризуется комплексом параметров, определяющих технологию и организацию контрейлерных перевозок.

Систематизация и структурирование параметров элементов контрейлерной технологии проводилась посредством анализа семи наиболее распространённых контрейлерных систем, находящихся в стадиях разработки, тестирования и коммерческого использования: Lohr, CargoBeamer, CargoSpeed, Rolling Road, «Пространство 1520», Megaswing

и Flexiwaggon. Сбор данных для анализа выполнен на основе информации официальных сайтов компаний-производителей контрейлерных систем^{3,4,5,6,7}, сайтов компаний-производителей железнодорожного подвижного состава^{8,9,10,11}, нормативно-правовых документов^{12,13}, а также научной литературы [12–19]. Анализ параметров контрейлерных систем позволяет выполнить их деление на три группы:

- системы, представленные специализированными терминалами, основанными на модульном принципе создания терминальной инфраструктуры, использующие конструктивно сложный специализированный железнодорожный подвижной состав. К данной группе авторы относят системы Lohr, CargoBeamer и CargoSpeed;

- системы, располагаемые на железнодорожных станциях с отдельными грузовыми фронтами для операций с контрейлерами. В таких системах используются наименее сложные по конструкции железнодорожные вагоны (контрейлерные платформы). К системам данной группы относятся Rolling Road и «Пространство 1520»;

- системы, не требующие создания терминальной инфраструктуры и использующие

³ The Lohr. [Электронный ресурс]: <https://lohr.fr/>. Доступ 01.06.2023.

⁴ CargoBeamer. [Электронный ресурс]: <https://www.cargobeamer.com/>. Доступ 01.06.2023.

⁵ CARGOSPEED. [Электронный ресурс]: https://trimis.ec.europa.eu/sites/default/files/project/documents/20060727_143123_02411_CARGOSPEED_Final_Report.pdf. Доступ 01.06.2023.

⁶ SweMaint. [Электронный ресурс]: <https://www.swemaint.se/en>. Доступ 01.06.2023.

⁷ Flexiwaggon. [Электронный ресурс]: <https://www.flexiwaggon.se/>. Доступ 01.06.2023.

⁸ Вагон-платформа модели 13–9938. [Электронный ресурс]: <https://inni.info/produkt/gruzovyye-vagony-sleduyushchikh-tipov-vagon-platforma-vagon-platforma-modeli-13-9938>. Доступ 01.06.2023.

⁹ Вагон-платформа модели 13–5205. [Электронный ресурс]: <https://infomach.ru/vagon-platforma-modeli-13-5205>. Доступ 01.06.2023.

¹⁰ Вагон-платформа VR Sdggngss-w. [Электронный ресурс]: http://xn--clakhbnbahv.xn--p1ai/?page_id=289. Доступ 01.06.2023.

¹¹ Для контрейлеров пригодна платформа модели 13–9961. [Электронный ресурс]: <http://xn-1520-u4d3ahgsb9pe.xn--p1ai/new/6593/>. Доступ 01.06.2023.

¹² Концепция организации контрейлерных перевозок на «пространстве 1520». – М.: Изд-во ОАО «РЖД», 2011. – 149 с.

¹³ Регламент по погрузке и креплению автопоездов, автомобилей, полуприцепов и прицепов, тягачей на специализированных платформах модели 13–9961. [Электронный ресурс]: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104?id=909>. Доступ 01.06.2023.

¹ ГОСТ Р ИСО 28002–2019 Системы менеджмента безопасности цепи поставок. Устойчивость цепи поставок. Требования и руководство по применению. – М.: Изд-во ФГУП Стандартинформ. 2020. – 53 с.

² ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288–2005 Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем. – М.: Изд-во ФГУП Стандартинформ. 2006. – 57 с.

узкоспециализированные высокотехнологичные железнодорожные вагоны. Системами данной группы являются Megaswing и Flexiwaggon.

Анализ технических и технологических особенностей, а также теории и практики использования данных контрейлерных систем позволил сделать следующие предварительные выводы.

Во-первых, имеющиеся источники информации содержат противоречивые и разрозненные описания характеристик и параметров контрейлерных систем, что снижает достоверность данных и затрудняет оценку и выбор этих систем. Подробно описаны контрейлерные системы, имеющие в настоящее время наиболее широкое географическое распространение. Разработчики таких систем заинтересованы в их дальнейшем продвижении, привлечении новых клиентов и инвестиций, выходе на новые рынки. Наоборот, системы, находящиеся на ранних стадиях своего жизненного цикла, слабо представлены как в сети Интернет, так и в научных публикациях. Это снижает интерес к ним и препятствует их дальнейшему развитию.

Во-вторых, исследователи чаще всего ограничиваются анализом технических и технологических параметров контрейлерных систем. Практически отсутствует анализ социальных и экологических параметров, отражающих актуальные приоритеты транспортной политики развитых стран. Эти системы слабо представлены в рейтинге ESG (Environmental, Social, and Corporate Governance), оценивающем экологические, социальные и экономические сферы принятия ключевых бизнес-решений.

В-третьих, нам не удалось обнаружить исследования, в которых контрейлерная технология рассматривается как сложная техническая система и где используются современные методы и инструменты системного анализа. Результатом является либо одностороннее рассмотрение, либо некорректное сравнение количественных, качественных и субъективных параметров, характеризующих данную технологию.

Наконец, приводимые параметры контрейлерной технологии не учитывают интересы и стратегии различных участников транспортного и логистического процессов: грузовладельцев, поставщиков логистических услуг и владельцев транспортной инфраструктуры. При этом каждый из перечисленных стейкхолдеров руководствуется теми параметрами, которые он выделяет как приоритетные при выборе той или иной контрейлерной системы.

Перечисленные факторы, с одной стороны, затрудняют выбор контрейлерных систем, а с другой – определяют необходимость применения многокритериальных методов оценки систем, позволяющих учесть разнообразие как интересов стейкхолдеров, так и параметров этих систем.

Авторы предлагают руководствоваться следующими общими принципами определения критериев устойчивости контрейлерной системы:

- множество технических, технологических и экономических параметров элементов контрейлерной технологии рассматриваются в качестве подкритериев выбора системы и объединяются в группы критериев;
- разрозненные значения критериев представляются точными количественными значениями, а качественные значения критериев унифицированы путём представления их через распространённую и однозначно понимаемую шкалу рангов. Используется четырёхуровневое ранжирование качественных подкритериев через термины: «Очень высокий», «Высокий», «Средний», «Низкий».

К подкритериям технической группы отнесены наиболее значимые технические параметры, характеризующие контрейлерные системы с позиции транспортных и грузовых единиц, выполняющих функцию территориального перемещения грузов в целях поставок. Подкритерии, вошедшие в данную группу, используются для оценки железнодорожного подвижного состава и автомобильных транспортных средств, выступающих в контрейлерной перевозке в качестве ИТЕ (табл. 1).

По мнению авторов работы, преобладающий интерес к подкритериям данной группы имеют два стейкхолдера: «Поставщик логистических услуг (провайдер)» – владелец подвижного состава, занимающийся формированием и управлением парка и «Владелец транспортной инфраструктуры» – определяющий параметры контрейлерного терминала в части их соответствия параметрам грузопотока и потока подвижного состава, проходящего через терминал.

Учитывая значительное количество технических параметров железнодорожного подвижного состава, авторы ограничились только одним подкритерием – «Полезная длина вагона», характеризующим вместимость вагона по отношению к перевозимому грузу – ИТЕ. Увеличение полезной длины грузовой площадки вагона повышает его провозную способность и универсальность, оказывая влияние на параметры ИТЕ.



**Значения технических подкритериев устойчивости контрейлерной системы
[составлено авторами]**

Подкритерии	Lohr	CargoBeamer	CargoSpeed	Rolling Road	«Пространство 1520»	Megaswing	Flexiwaggon
Полезная длина вагона, м	27.4	14.2	16.3	18.2	20.3	29.4	17.3
Количество типов ИТЕ	5 (полуприцеп, тягач, грузовой автомобиль, съёмный кузов, контейнер)	4 (полуприцеп, прицеп, тягач, контейнер)	1 (полуприцеп)	3 (автопоезд, тягач, грузовой автомобиль)	7 (автопоезд, полуприцеп, прицеп, тягач, грузовой автомобиль, съёмный кузов, контейнер)	2 (полуприцеп, контейнер)	3 (автопоезд, грузовой автомобиль, контейнер)
Максимальная масса ИТЕ, т	38	37	38.5	38	44	38	52
Максимальная длина ИТЕ, м	13.7	14.2	13.6	20	20	14.7	17.3

Подкритерии «Количество типов ИТЕ» и «Максимальная масса ИТЕ» определяют функциональные возможности контрейлерных систем, формируя, прежде всего, для «Провайдера» многообразие вариантов перевозки ИТЕ (или наоборот ограничение вариантов), а также определяя величину грузовой партии.

В технологическую группу подкритериев объединены параметры, характеризующие контрейлерные системы с позиции организации погрузки и выгрузки ИТЕ на железнодорожные вагоны (табл. 2). По мнению авторов работы, преобладающий интерес к подкритериям данной группы должен формироваться у стейкхолдера «Поставщик логистических услуг», в функциональные обязанности которого входит организация перевозок на условиях «от двери до двери».

Подкритерий «Максимальная вместимость состава поезда» позволяет определять размер грузовой партии для полносоставного поезда и оценивать затраты на её накопление и транспортировку. Поскольку контрейлерные системы характеризуются разнообразием перевозимых типов ИТЕ, количественно данный подкритерий выражен через наиболее распространённый для контрейлерных перевозок тип ИТЕ – полуприцеп.

Подкритерий «Гибкость выполнения перегрузки ИТЕ вне терминала» оценивает возможности контрейлерной системы по количеству загружаемых и разгружаемых вагонов в составе поезда. Авторы считают, что наибольшую гибкость обеспечивают системы, позволяющие осуществлять перегрузку любого количества ИТЕ в железнодорожном составе, в том числе в местах, не требующих специального терминального оснащения. Системы, ориентированные на перегрузку

только всего состава на терминале, из-за технологических ограничений или экономической невыгодности перегрузки малого числа ИТЕ обладают меньшей гибкостью (мобильностью).

Подкритерий «Продолжительность погрузки/выгрузки состава максимальной длины» позволяет оценить уровень технологического совершенства конкретной контрейлерной системы, а также характеризует параллельность погрузки/выгрузки ИТЕ в вагоны. Количественные значения подкритерия указывают минимальное время погрузки и выгрузки полносоставного поезда на наиболее технически оснащённом терминале для каждой контрейлерной системы.

Подкритерий «Сложность маневрирования автомобильного тягача» определяет последовательность движений тягача при погрузке/выгрузке ИТЕ в вагон. В общем случае движение тягача может выполняться задним и передним ходом, но для различных контрейлерных систем формируется уникальная комбинация движения. Это определяет время перегрузки, её сложность, а также безопасность данной грузовой операции и допуск лиц, её осуществляющих. Авторы исходят из положения, что наиболее безопасным вариантом погрузки и выгрузки ИТЕ является движение тягача передним ходом, а наименее безопасным – задний/передний ходы.

Инфраструктурные подкритерии оценки сформированы параметрами, характеризующими контрейлерные системы с позиции условий создания и использования терминала, выполняющего функцию технологического взаимодействия задействованных в контрейлерной перевозке видов транспорта (табл. 3). Вошедшие в данную группу подкритерии имеют интерес для стейкхолдера «Владелец

**Значения технологических подкритериев устойчивости контройлерной системы
[составлено авторами]**

Подкритерии	Lohr	Cargo Beamer	CargoSpeed	Rolling Road	«Пространство 1520»	Megaswing	Flexi waggon
Максимальная вместимость поезда, (в полуприцепах)	48	36	30	40	48	44	22
Гибкость перегрузки ИТЕ вне терминала	Средний	Средний	Средний	Низкий	Низкий	Высокий	Очень высокий
Продолжительность погрузки/выгрузки состава, мин.	90	20	30	100	60	30	15
Сложность маневрирования автоягача	Очень высокий (Задним/передним ходом)	Средний (Передним/задним ходом)	Средний (Передним/задним ходом)	Низкий (Передним ходом)	Высокий (Задним/передним ходом)	Очень высокий (Задним/передним ходом)	Низкий (Передним ходом)

инфраструктуры», являющегося инвестором и решающим задачу выбора объекта инвестирования, а также стейкхолдера «Поставщик логистических услуг», моделирующего дизайн цепи поставок, выбор транспортной технологии и определяющего включение контройлерной технологии как звена цепи.

Подкритерий «Адаптивность терминала» оценивает необходимость создания специализированного терминала, модульность его строительства и степень его технического совершенства. Авторы считают, что при составлении бизнес-планов и оценки проектных рисков инвестирования более предпочтительны системы, требующие меньшую величину капитальных затрат и допускающие стадийность создания и развития терминальной инфраструктуры.

Подкритерий «Необходимость точного позиционирования вагонов» определяет уровень конструкторской и технологической подготовки терминала и косвенно влияет на стоимость создания инфраструктуры.

Подкритерий «Распространённость контройлерной системы» оценивает территориальное представительство контройлерной системы. Для стейкхолдера «Владелец инфраструктуры» данный подкритерий формирует понимание, насколько та или иная система реализована и каков результат её функционирования. Для «Поставщик логистических услуг» этот подкритерий важен с позиции использования различных систем при дизайне глобальных цепей поставок, звенья которых располагаются в регионах с разными контройлерными системами.

Подкритерии экономической группы сформированы параметрами, характеризующими контройлерные системы с позиции капитальных и эксплуатационных затрат на

использование контройлерной технологии (табл. 4). Преобладающий интерес к подкритериям данной группы, по мнению авторов, должен возникать у стейкхолдеров «Поставщик логистических услуг» и «Владелец инфраструктуры», поскольку в их задачи входит поиск финансовых источников формирования парка специализированного железнодорожного подвижного состава и сети контройлерных терминалов.

Авторы выделили отдельно подкритерии «Инвестиции в строительство инфраструктуры терминала» и «Операционные расходы терминала», поскольку не всегда величина капитальных затрат находится в прямой зависимости с величиной затрат эксплуатационных.

Также для всех стейкхолдеров важным подкритерием данной группы является «Стоимость обслуживания ИТЕ на терминале», поскольку капитальные и эксплуатационные затраты системы будут формировать, в итоге, транспортную плату за перевозку ИТЕ и интерес к контройлерной технологии.

В экологическую группу подкритериев отнесены параметры, характеризующие контройлерные системы с позиции их воздействия на биосферу (табл. 5). Стейкхолдер «Владелец инфраструктуры» имеет повышенный интерес к подкритериям данной группы, поскольку на него государством и природоохранными организациями накладываются обязательства снижения загрязняющего воздействия транспорта на окружающую среду.

Подкритерий «Отчуждение земель» определяет объём территории, подпадающих под природоохранные требования и косвенно влияет на затраты по её приобретению и содержанию. Подкритерий «Материалоёмкость инфраструктуры» используется для оценки



Значения инфраструктурных подкритериев устойчивости контрейлерной системы [составлено авторами]

Подкритерии	Lohr	Cargo Beamer	CargoSpeed	Rolling Road	«Пространство 1520»	Megaswing	Flexi waggon
Адаптивность терминала	Средний	Средний	Средний	Низкий	Низкий	Высокий	Очень высокий
Необходимость позиционирования вагонов	Очень высокий (< 20–30 cm)	Очень высокий (< 20–30 cm)	Высокий (< 35 cm)	Средний (< 1 m)	Средний (< 1 m)	Низкий (> 1 m)	Низкий (> 1 m)
Распространённость системы	Очень высокий	Высокий	Низкий	Очень высокий	Низкий	Средний	Средний

Таблица 4

Значения экономических подкритериев устойчивости контрейлерной системы [составлено авторами]

Подкритерии	Lohr	Cargo Beamer	CargoSpeed	Rolling Road	«Пространство 1520»	Megaswing	Flexi waggon
Совокупные затраты на вагон	Очень высокий	Очень высокий	Средний	Средний	Низкий	Высокий	Высокий
Стоимость обслуживания ИТЕ на терминале	Очень высокий	Очень высокий	Высокий	Средний	Низкий	Средний	Низкий
Инвестиции в строительство терминала	Высокий	Высокий	Высокий	Низкий	Очень высокий	Средний	Низкий
Эксплуатационные расходы терминала	Высокий	Очень высокий	Высокий	Низкий	Средний	Низкий	Низкий

объёма материальных ресурсов, затрачиваемых на создание и эксплуатацию инфраструктуры контрейлерной системы. Авторы не стали объединять данные подкритерии. Не всегда масштаб отчуждаемых земель сопоставим с объёмом материалов на её обустройство. Имеются системы, которые при значительных площадях контрейлерных терминалов обладают достаточно малой материалоемкостью.

Авторы также полагают, что в интересы стейкхолдера «Владелец инфраструктуры» входит поиск контрейлерных систем, располагаемых на меньших по площади территориях, вплоть до полного отсутствия данной необходимости.

Подкритерий «Материалоемкость железнодорожного подвижного состава» характеризует величину материалов на создание и эксплуатацию подвижного состава в контрейлерной системе и является приоритетом для стейкхолдера «Поставщик логистических услуг». Материалоемкость подвижного состава значительно влияет на стоимость вагона и затраты на его эксплуатацию.

В подкритерии социальной группы включены параметры, характеризующие контрейлерные системы с позиции задействованных в них трудовых ресурсов (табл. 6). Авторы считают, что интерес к подкритериям данной группы будут иметь все стейкхолдеры контрейлерной технологии.

Для поставщиков логистических услуг подкритерий «Сопровождение ИТЕ» будет важным, поскольку определяет организацию трудовой деятельности, формирует режим труда и отдыха водителей автомобильных транспортных средств, влияет на потребности в кадрах. Для грузовладельцев данный подкритерий важен, поскольку позволяет оценить уровень качества транспортных услуг в части обеспечения сохранности и своевременности доставки груза. Наиболее предпочтительными являются контрейлерные системы, организующие сопровождаемые и несопровождаемые перевозки, а наименее предпочтительными – в которых сопровождение ИТЕ является обязательным условием.

Подкритерий «Механизация и автоматизация труда» характеризует контрейлерные системы с позиции их технологического совершенства и важен, прежде всего, владельцам инфраструктуры. Поскольку существует прямая связь между техническим уровнем производства и конечными результатами деятельности, то предпочтение будет у контрейлерных систем с высоким его уровнем.

Подкритерий «Безопасность эксплуатации системы» определяет состояние защищённости контрейлерной системы от внутренних угроз и распространяется на всех стейкхолдеров, поскольку они все заинтересованы

**Значения экологических подкритериев устойчивости контрейлерной системы
[составлено авторами]**

Подкритерии	Lohr	Cargo Beamer	CargoSpeed	Rolling Road	«Пространство 1520»	Megaswing	Flexi waggon
Отчуждение земель	Высокий	Высокий	Высокий	Средний	Очень высокий	Средний	Низкий
Материалоёмкость Инфраструктуры	Высокий	Высокий	Высокий	Низкий	Очень высокий	Средний	Низкий
Материалоёмкость железнодорожного подвижного состава	Высокий	Высокий	Средний	Средний	Низкий	Высокий	Очень высокий

Таблица 6

**Значения социальных подкритериев устойчивости контрейлерной системы
[составлено авторами]**

Подкритерии	Lohr	Cargo Beamer	CargoSpeed	Rolling Road	«Пространство 1520»	Megaswing	Flexi waggon
Сопровождение ИТЕ	Низкий (Возможно)	Средний (Исключено)	Средний (Исключено)	Очень высокий (Обязательно)	Низкий (Возможно)	Средний (Исключено)	Высокий (Обязательно)
Механизация и автоматизация труда	Высокий	Высокий	Средний	Средний	Низкий	Высокий	Очень высокий
Безопасность эксплуатации системы	Высокий	Очень высокий	Средний	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий

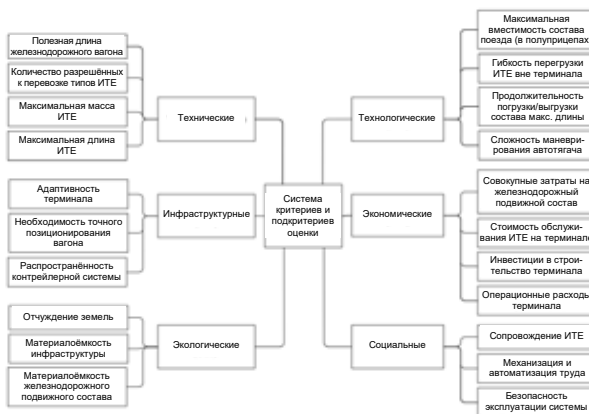


Рис. 1. Критерии и подкритерии устойчивости контрейлерной системы [выполнено авторами].

в безопасности использования контрейлерной технологии в цепях поставок.

Использование принципа иерархического отображения критериев и подкритериев при группировке критериев, а также учёт современной тенденции формирования транспортных систем и цепей поставок с позиции их устойчивого развития, обеспечивает разработку универсальной системы критериев устойчивости контрейлерной системы в цепях поставок (рис. 1).

Представленные критерии формируют комплекс универсальных характеристик любой контрейлерной системы, находящейся на этапе разработки, тестирования или коммерческой эксплуатации. Значения критериев могут быть использованы для индивидуаль-

ной оценки контрейлерной системы при определении её устойчивости в цепях поставок. Критерии также позволяют проводить сравнения контрейлерных систем с целью их ранжирования и выбора лучшей системы с использованием многокритериальных методов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Эффективность использования контрейлерной технологии в устойчивых цепях поставок не постоянна и зависит от характеристик определённой контрейлерной системы. Разнообразие технико-технологических решений контрейлерных систем также ограничивает их совместное использование при формировании сетевой структуры глобаль-



ных цепей поставок. Разработанная система критериев позволяет комплексно оценивать контейнерные системы при принятии решений об их использовании в цепях поставок, а также может быть использована при гармонизации технических и технологических параметров контейнерных систем.

Дальнейшими направлениями исследования являются разработка методологии многокритериальной оценки контейнерных систем, основанной на учёте как объективного мнения академических экспертов, так и мнения заинтересованных грузовладельцев, перевозчиков и владельцев инфраструктуры. Помимо этого, авторами ставится задача выделения и анализа целей, интересов и стратегий поведения участников контейнерной технологии перевозок для определения системы их эффективного взаимодействия.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

- Gronalt, M., Schultze, R.-C., Posset, M. Intermodal Transport – Basics, Structure, and Planning Approaches. In: Sustainable Transportation and Smart Logistics: Decision-making Models and Solutions. Amsterdam, Elsevier, 2019, pp. 123–149. DOI: 10.1016/B978-0-12-814242-4.00005-3.
- Stinga (Cristea), V.-G. Intermodal Transport – A Way of Achieving Sustainable Development. Constanta Maritime University Annals, 2014, Vol. 22, Iss. 2, pp. 145–148. [Электронный ресурс]: <https://cmu-edu.eu/RePEc/cmc/annals/145-v22.pdf>. Доступ 24.06.2023.
- Pinto, J. T. d. M., Mistage, O., Bilotta, P., Helters, E. Road-rail intermodal freight transport as a strategy for climate change mitigation. Environmental Development, 2018, Vol. 25, pp. 100–110. DOI: 10.1016/j.envdev.2017.07.005.
- Cong Li, Guang Yang, Xiaonian Sun. Transshipment Equipments for Road-Rail Intermodal Transport. Advanced Materials Research, 2015, Vol. 1065–1069, pp. 3377–3380. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1065-1069.3377.
- Osintsev, N., Tsyganov, A., Rakhmangulov, A., Sladkowski, A. Multi-criteria Assessment of Piggyback Systems in Sustainable Supply Chains. In: Modern Trends and Research in Intermodal Transportation. Ed. A. Sladkowski. Cham, Springer International Publishing, 2022, Vol. 400, pp. 451–559. DOI: 10.1007/978-3-030-87120-8_10.
- Gharehgozli, A., Vries, H. de, Decrauw, S. The role of standardisation in European intermodal transportation. Maritime Business Review, 2019, Vol. 4 (2), pp. 151–168. DOI: 10.1108/MABR-09-2018-0038.

7. Цыганов А. В., Осинцев Н. А. Система параметров подвижного состава интермодальной контейнерной технологии // Вестник СибАДИ. – 2020. – Т. 17. – № 2. – С. 262–272. DOI: 10.26518/2071-7296-2020-17-2-262-272.

8. Rui Wang, Kai Yang, Lixing Yang, Ziyou Gao. Modeling and optimization of a road-rail intermodal transport system under uncertain information. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2018, Vol. 72, pp. 423–436. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2018.04.022>.

9. Сергеев В. И., Кольчугин Д. М. Теоретические аспекты устойчивости цепей поставок. Логистика и управление цепями поставок. – 2015. – № 3 (68). – С. 54–66. EDN: UAUAVN.

10. Rahman, T., Paul S. K., Shukla N. [and etc.] Supply chain resilience initiatives and strategies: A systematic review. Computers & Industrial Engineering, 2022, Vol. 170, 108317. DOI: 10.1016/j.cie.2022.108317.

11. Осинцев Н. А., Рахмангулов А. Н. Оценка устойчивости цепей поставок на основе серого реляционного анализа // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. – 2023. – Т. 21. – № 3. – С. 180–196. DOI: 10.18503/1995-2732-2023-21-3-180-196.

12. Троицкая Н. А., Чубуков А. Б., Шилимов М. В. Мультимодальные системы транспортировки и интермодальные технологии. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 336 с. ISBN 978-5-7695-4690-7.

13. Bontekoning, Y. M., Macharis, C, Trip, J. J. Is a new applied transportation research field emerging? – A review of intermodal rail-truck freight transport literature. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2004, Vol. 38, Iss. 1, pp. 1–34. DOI: 10.1016/j.tra.2003.06.001.

14. Monios, J., Bergqvist, R. Intermodal Freight Transport & Logistics. Boca Raton, FL: CRC Press, 2017, 274 p. ISBN: 978–1–4987–8512–9.

15. Pyza, D. Transport technologies in intermodal transport. Transportation Overview – Przegląd Komunikacyjny, 2019, Iss. 4, pp. 1–17. DOI: 10.35117/A_ENG_19_04_01.

16. Siroky, J. The trends of road trailers systems for railways. Perner's Contacts, 2012, Vol. 7, Iss. 4, pp. 137–151.

17. Колик А. В. Комбинированные железнодорожно-автомобильные перевозки в цепях поставок. – М.: Изд-во «Техполиграфцентр», 2018. – 301 с. ISBN 978-5-94385-143-8.

18. Федорина А. В., Цыганов А. В. Комплексный подход к внедрению контейнерных перевозок в России // Современные проблемы транспортного комплекса России. – 2015. – Т. 5. – № 1. – С. 21–28. EDN: VPWEDJ.

19. Tadić, S., Krstić, M., Brnjac, N. Selection of efficient types of inland intermodal terminals. Journal of Transport Geography, 2019, Vol. 78, pp. 170–180. DOI: 10.1016/j.jtrangeo.2019.06.004. ●

Информация об авторах:

Цыганов Александр Владимирович – кандидат технических наук, доцент кафедры логистики и управления транспортными системами Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия, tsyganov.alek@gmail.com.

Осинцев Никита Анатольевич – кандидат технических наук, доцент кафедры логистики и управления транспортными системами Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия, osintsev@magtu.ru.

Рахмангулов Александр Нельевич – доктор технических наук, профессор кафедры логистики и управления транспортными системами Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия rap@magtu.ru.

Зенкин Андрей Анатольевич – кандидат экономических наук, доцент кафедры логистики и управления транспортными системами Российского университета транспорта, Москва, Россия, zenkin1959@inbox.ru.

Статья поступила в редакцию 21.06.2023, одобрена после рецензирования 13.09.2023, принята к публикации 17.09.2023.