

Возможности применения технологии блокчейн при перевозке грузов в международном сообщении



Анна БАНЩИКОВА
Anna A. BANSCHIKOVA

Кирилл КУДРЯВЦЕВ
Kirill V. KUDRYAVTSEV



Антон КОВАЛЁВ
Anton Yu. KOVALYOV

Банщикова Анна Анатольевна – преподаватель Забайкальского института железнодорожного транспорта – филиала ИрГУПС, Чита, Россия. Кудрявцев Кирилл Владимирович – заместитель директора филиала ПАО «Транс-Контейнер», Чита, Россия. Ковалёв Антон Юрьевич – начальник сектора информационных технологий филиала ПАО «ТрансКонтейнер», Чита, Россия.

Possibilities of Application of Block Chain Technology for Carriage of Goods in International Traffic

(текст статьи на англ. яз. – English text of the article – p. 146)

Основные затруднения при транспортировке грузов международными контейнерными поездами возникают при пересечении государственной границы. Детальный анализ причин их задержек на железнодорожных пунктах пропуска выявил наиболее характерные «узкие» места. В целях совершенствования процедур документального и информационного сопровождения грузопотоков, а также консолидации бизнес-процессов с участием грузовладельцев, перевозчиков, экспедиторов, федеральных органов исполнительной власти в сфере контроля и надзора, компаний по предоставлению транспортных и логистических услуг предложено создание единого информационного пространства по технологии блокчейн (block chain). Определены финансовые результаты его использования, найдены дополнительные ресурсы программного продукта на основе инструментов бизнес-логики, причастных к оценке качества товародвижения на транспортном маршруте.

Ключевые слова: контейнеропоток, международная доставка, транспортный маршрут, железнодорожный пункт пропуска, блокчейн.

В последние несколько лет Китай занимает лидирующее положение в мире по объёму внешней торговли. В 2017 году его внешнеторговый оборот составил 4,11 трлн долларов, экспорт увеличился до 2,26 трлн долларов [1]. Главным торговым партнёром Китая в странах ЕС является Германия.

Транспортные коммуникации Евроазиатского континента определяют маршруты доставки груза из мест производства в места потребления. Грузовое железнодорожное сообщение между Китаем и Европой запущено в 2011 году. С тех пор открыто 57 маршрутов. Немногие из них предлагают регулярный контейнерный сервис и высокую скорость доставки [2]. На самом мощном направлении контейнеропотока из порта Шанхай (КНР) до станции Дуйсбург (Германия) реализованы следующие основные варианты пропуска контейнерных поездов:

1. Порт Шанхай (КНР)–порт Восточный (РФ)–станция Дуйсбург (Германия).
2. Порт Шанхай (КНР)–железнодорожный пункт пропуска (ЖДПП) Гро-

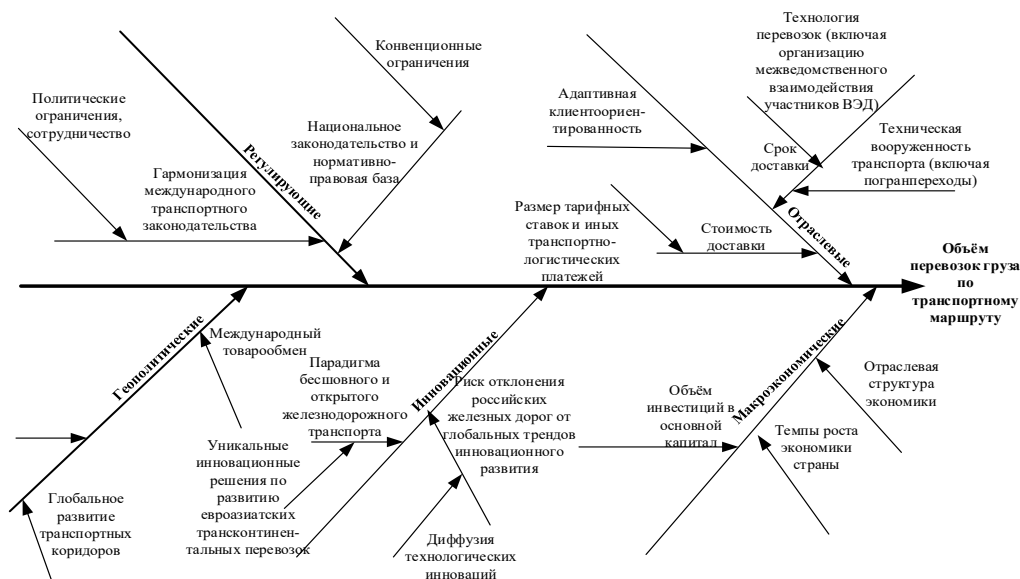


Рис. 1. Основные факторы, определяющие объём перевозок по транспортному маршруту.

деково (РФ)–станция Дуйсбург (Германия).

3. Порт Шанхай (КНР)–ЖДПП Забайкальск (РФ)–станция Дуйсбург (Германия).

4. Порт Шанхай (КНР)–ЖДПП Наушки (РФ)–станция Дуйсбург (Германия).

5. Порт Шанхай (КНР)–ЖДПП Достык (Казахстан)–станция Дуйсбург (Германия).

6. Порт Шанхай (КНР)–ЖДПП Алтынколь (Казахстан)–станция Дуйсбург (Германия).

Объём следования контейнеропотока по альтернативным транспортным маршрутам распределяется неравномерно. Это объясняется различными причинами, среди которых качество транспортно-логистического обслуживания, уровень гармонизации сопредельных железнодорожных систем, объём и направления следования международного грузопотока и т.д. (рис. 1).

Контейнеропоток, следуя по транспортному маршруту, испытывает на себе воздействие фаз обслуживания. Наибольшее влияние оказывается в пунктах пропуска через государственную границу. На ЖДПП фиксируется до 70 % потерь времени от всех задержек в пути [3]. Основные причины: сложности в организации межведомственного взаимодействия участников внешнеэкономической деятельности (ВЭД) – грузовладельцев, перевозчиков, экспедиторов, федеральных органов исполнительной власти в сфере контроля и надзора, компа-

ний и лиц по предоставлению транспортных и логистических услуг; техническая разобщённость транспортной инфраструктуры сопредельных государств; работа в рамках разных правовых полей международного транспортного законодательства (Конвенция о международных железнодорожных перевозках – ЦИМ КОТИФ и Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении – СМГС) [4]. Отсюда непростая система документооборота на ЖДПП, необходимость перегруза контейнеров из подвижного состава одной ширины колеи в другую.

Время пропуска на ЖДПП в значительной мере оказывает влияние на срок доставки контейнера и формирует конкурентные преимущества одного маршрута над другим. Согласно СМГС [5] нормативная продолжительность пропуска поезда через государственную границу составляет 48 часов. При этом в силу различий технологического процесса на межгосударственной передаточной железнодорожной станции во взаимодействии с контейнерным терминалом время пропуска контейнерного поезда на маршрутах доставки значительно отличается (рис. 2).

ЖДПП представляет собой сложную многофункциональную структуру. В общем виде на примере ЖДПП Забайкальск функциональное «окружение» пункта пропуска контейнерных поездов пред-



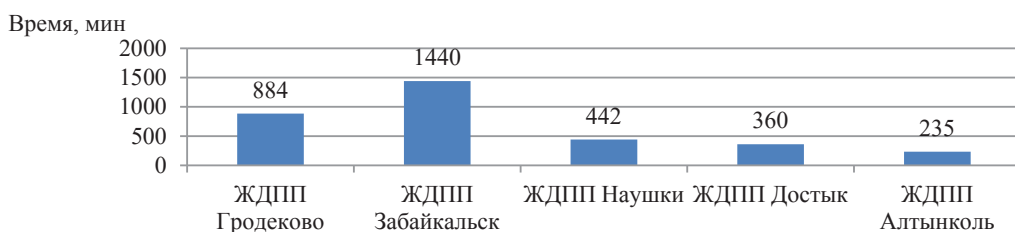


Рис. 2. Продолжительность пропуска контейнерного поезда на ЖДПП транспортных маршрутов в соответствии с принятой технологией.

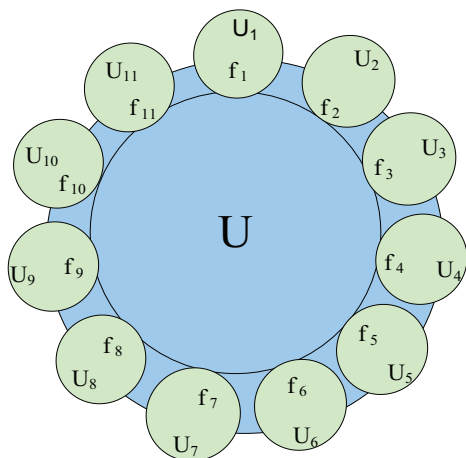


Рис. 3 Структура ЖДПП Забайкальска и функции (f) её элементов: U – ЖДПП; f_{U1} – таможенный контроль, оформление таможенной декларации, расчёт и взимание таможенных платежей; f_{U2} – пограничный контроль; f_{U3} – карантинный фитосанитарный контроль (надзор); f_{U4} – ветеринарный контроль; f_{U5} – надзор в области семеноводства в отношении семян сельскохозяйственных растений; f_{U6} – таможенно-брокерское сопровождение; f_{U7} – переработка крупнотоннажных контейнеров, формирование контейнерных поездов; f_{U8} – эксплуатационная работа железнодорожной станции; f_{U9} – эксплуатационная деятельность железнодорожной грузовой межгосударственной передаточной станции (владелец инфраструктуры – Китайские железные дороги, пограничная станция Маньчжурия); f_{U10} – экспедиционное сопровождение внешнеторговой перевозки; f_{U11} – страховое обслуживание внешнеторговых перевозок (сюрвейерские компании).

ставляет собой статические связи организационной структуры (U_i) – взаимное отношение элементов системы и динамические связи функциональной структуры (f_i), которые определяют порядок их взаимодействия (рис. 3).

Сложность организации межведомственного взаимодействия заключается в различии целей и характера функционирования, форм собственности и организационно-правовых форм элементов ЖДПП Забайкальск (таблица 1).

Несмотря на большое количество элементов и их функциональное многообразие, можно выделить две основные группы участников ВЭД на ЖДПП Забайкальск: государственные органы исполнительной власти в сфере таможенного дела, пограничного, ветеринарного, фитосанитарного надзора и бизнес по оказанию транспортных и сопутствующих логистических услуг. Первая – обеспечивает контроль безопасности граждан и экономическую стабильность государства, вторая – реализует выполнение задач по продвижению грузопотока в цепях поставок. При детальном рассмотрении обе группы в конечном ито-

ге нацелены на рост уровня благосостояния государства и его граждан – общая глобальная цель их функционирования. Понимание её всеми участниками ВЭД является основой построения эффективного межведомственного взаимодействия.

Для детального расчёта времени пропуска контейнерного поезда на ЖДПП по рассматриваемым транспортным маршрутам использованы методы системного анализа и сетевого планирования. Определён критический путь – самый длинный по протяжённости времени, требуемый для работ по пропуску контейнерного поезда. Выделены материальный, документальный и информационный потоки и рассчитана их продолжительность с учётом ожиданий и перерывов, «узких мест».

Под материальным потоком (a_i) от момента приёма до момента выпуска с ЖДПП понимаются поезда, вагоны, контейнеры, с которыми производятся необходимые технологические операции. Материальный поток находится в движении, физически перемещаясь в пространстве: приём и контроль таможенными и другими государственными органами, расформирование,

Особенности элементов ЖДПП Забайкальск

Элемент	Организационно-правовая форма	Целевая функция	Задача	
U1	Федеральная структура исполнительной власти	Контроль и надзор	Обеспечение сбора таможенных платежей с товаров, пересекающих государственную границу	
U2	Органы пограничного контроля ФПС России, Федеральная служба безопасности		Пресечение незаконного пересечения государственной границы иностранными гражданами	
U3	Федеральная структура исполнительной власти		Пресечение ввоза некачественных	растений
U4				животных
U5				зерновых культур
U6	Общество с ограниченной ответственностью	Оказание услуг	Предоставление интересов грузовладельца в качестве таможенного брокера, таможенного представителя	
U7	Публичное акционерное общество		Перегруз крупнотоннажных контейнеров из вагонов колеи 1435 мм в вагоны колеи 1520 мм	
U8	Открытое акционерное общество		Удовлетворение потребности в перевозке	
U9	Корпорация			
U10	Открытое акционерное общество		Представление интересов грузовладельца во всех звеньях процесса доставки груза	
U11	Частный бизнес в форме ОАО, ИП, ЗАО и др.		Ответственность за груз при наступлении страховых случаев	

постановка на перегрузочное место, перегруз контейнеров из вагонов узкой колеи в вагоны широкой колеи, формирование состава поезда, отправление.

Документальный поток (u_i) представляет собой официальные данные о материальном потоке и его перемещении, а именно перевозочные и товаросопроводительные документы. Проходит операции многоуровневого контроля, составления дополнительных экземпляров каждой из структур, содержащих обобщённые и более детальные сведения на русском языке, формирования пакета перевозочных документов, необходимого для следования по территории РФ.

Информационный поток (g_j) – информация о материальном и документальном потоке. Операциями здесь являются: сбор, ввод сведений в базы данных, хранение, обработка информации о материальном и документальном потоках у всех участников ВЭД.

Между потоками имеются взаимосвязь и взаимозависимость, которые отражаются горизонтальными и вертикальными связями. Потоки представлены в виде векторно-скалярных величин и составляют логистическую цепь [6]:

$$\begin{matrix}
 a_1 & \xrightarrow{t_{a_1}^{техн}} & a_2 & \xrightarrow{t_{a_2}^{техн}} & \dots & \xrightarrow{t_{a_i}^{техн}} & a_i \\
 \downarrow f_{a_1}^{ож} \uparrow f_{u_1, g_1}^{ож} & & \downarrow f_{a_2}^{ож} \uparrow f_{u_2, g_2}^{ож} & & & & \downarrow f_{a_i}^{ож} \uparrow f_{u_i, g_i}^{ож} \\
 u_1 & \xrightarrow{t_{u_1}^{техн}} & u_2 & \xrightarrow{t_{u_2}^{техн}} & \dots & \xrightarrow{t_{u_i}^{техн}} & u_i \\
 \downarrow f_{u_1, a_1}^{ож} \uparrow f_{g_1}^{ож} & & \downarrow f_{u_2, a_2}^{ож} \uparrow f_{g_2}^{ож} & & & & \downarrow f_{u_i, a_i}^{ож} \uparrow f_{g_i}^{ож} \\
 g_1 & \xrightarrow{t_{g_1}^{техн}} & g_2 & \xrightarrow{t_{g_2}^{техн}} & \dots & \xrightarrow{t_{g_i}^{техн}} & g_i
 \end{matrix} \quad (1)$$

где $a_i \rightarrow$ – элемент цепи материального потока (a_i – операция с материальным потоком; \rightarrow – вектор перемещения потока, сопоставляемый со временем и расстоянием перемещения; $j = 1, \dots, i$);

$u_i \rightarrow$ – элемент цепи по составлению и передаче документов о материальном потоке и его перемещении (u_i – операция с документальным потоком; \rightarrow – адрес передачи документа; $j = 1, \dots, i$);

$g_i \rightarrow$ – элемент цепи информации о материальном и документальном потоках (g_i – операция по передаче информации; \rightarrow – адрес передачи информации; $j = 1, \dots, i$);

$t_{a_i, u_i, g_i}^{техн}$ – время выполнения технологических операций в логистической цепи соответственно по материальному, документальному и информационному потокам (горизонтальные связи), мин;



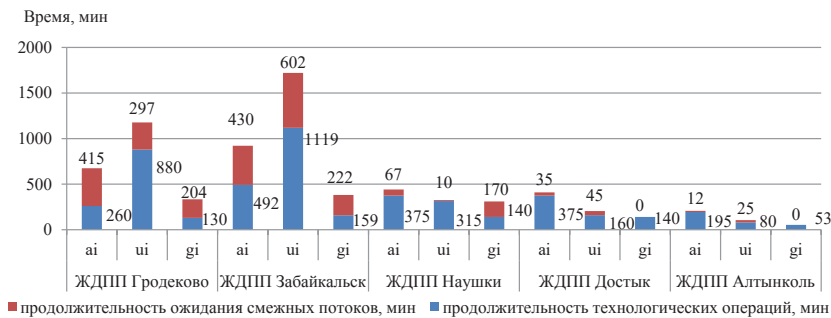


Рис. 4. Продолжительность нахождения потоков на ЖДПП с учётом ожиданий и перерывов по горизонтальным и вертикальным связям переработки.



Рис. 5. Существующая модель обработки документального и информационного потоков контейнерного поезда на ЖДПП Забайкальск.

$\downarrow t_{a_i, u_i, g_i}^{ож}$ – время ожидания выполнения операций по сопутствующим потокам (вертикальные связи), мин.

Общая продолжительность нахождения потоков на ЖДПП с учётом ожиданий и перерывов по вертикальным связям переработки и передачи выражается следующим образом:

$$\begin{aligned} \sum t_{a_i} &= t_{a_i}^{техн} + t_{a_i}^{ож}; & \sum t_{a_i}^{техн} > 0; & \sum t_{a_i}^{ож} \geq 0; \\ \sum t_{u_i} &= t_{u_i}^{техн} + t_{u_i}^{ож}; & \sum t_{u_i}^{техн} > 0; & \sum t_{u_i}^{ож} \geq 0; \\ \sum t_{g_i} &= t_{g_i}^{техн} + t_{g_i}^{ож}; & \sum t_{g_i}^{техн} > 0; & \sum t_{g_i}^{ож} \geq 0. \end{aligned} \quad (2)$$

Из-за большого количества участвующих в пропуске международного контейнеропотока служб технологические процессы плохо стыкуются между собой. Вследствие отсутствия изоморфизма – согласованного как в пространстве, так и во времени движения материального, информационного, документального потоков – возникают межоперационные простои (на ЖДПП Забайкальск – до 55 % времени обработки) [7] (рис. 4).

Наибольшее значение продолжительности технологических операций и ожидания смежных потоков наблюдается на ЖДПП Забайкальск. По сравнению

с ЖДПП Алтынколь превышение времени обработки в 5,7 раза по документальному и информационному потокам. Технологический процесс в Забайкальске предусматривает обработку перевозочных и товаросопроводительных документов (спецификация, инвойс, упаковочный лист) после прибытия контейнерного поезда на территорию РФ (рис. 5).

В этом случае непроизводительные потери при пропуске одного контейнерного поезда составляют 16 часов. Если контейнеропоток следует по транспортному маршруту с временной задержкой, нарушением норм, правил, требований обслуживания, то происходят его трансформация, существенные изменения параметров, уход контейнеропотока с маршрута.

Переключение в 2017 году значительной части контейнеропотока с маршрута транзитом по территории РФ через ЖДПП Забайкальск на маршрут по территории Казахстана через ЖДПП Алтынколь повлекло за собой потери доходов российских компаний (более 1 млрд рублей). За последние семь лет объём перевозок грузов в контейнерах транзитом по территории Казахстана на направлении КНР – страны ЕС возрос в 200 раз и продолжает расти. Так, в 2018 го-

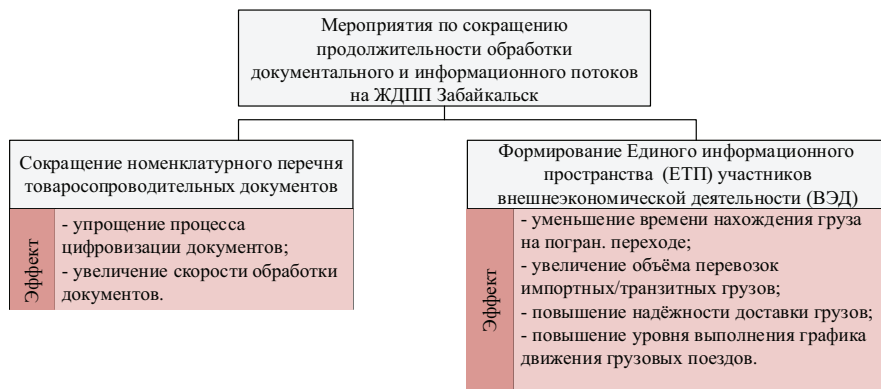


Рис. 6. Мероприятия по сокращению продолжительности обработки документального и информационного потоков на ЖДПП Забайкальск.

ду планируется увеличение транзита до 400 тысяч контейнеров, а к 2020 году — до 2 млн контейнеров [8].

Высокая скорость пропуска ускоренного контейнерного поезда на ЖДПП Алтынколь обеспечена обработкой документального и информационного потоков до прибытия поезда. Грузоотправителем международного контейнеропотока, следующего по маршруту, выступает порт Ляньюньган. При отправлении контейнеров его сотрудники по электронной почте высылают скан копии перевозочных и товаросопроводительных документов своим представителям на станции Алтынколь. На основе этих данных заранее формируются транзитные таможенные декларации и прочие документы (передаточная ведомость, заготовка накладной для перевозчика, предварительная информация для таможенных органов). Для подготовки контейнеров к передаче служащие станции Алтынколь командированы на территорию КНР. Это делается, хотя есть риск в получении неточных, неполных сведений при ручном вводе информации и возникают дополнительные эксплуатационные расходы на содержание персонала в размере около 25 млн рублей в год.

Для повышения конкурентоспособности маршрута ЖДПП Забайкальск предложены к реализации мероприятия по уменьшению времени обработки документального и информационного потоков: сокращение номенклатурного перечня товаросопроводительных документов (один вместо трёх), формирование единого информационного пространства (ЕИП) участников ВЭД (рис. 6).

Оптимизация комплекта товаросопроводительных документов по опыту работы на пространстве ЦИМ состоит в замене отдельных документов (инвойс, спецификация, упаковочный лист) на единый — счёт-спецификацию. Объединённый документ должен содержать: а) адрес продавца и покупателя, дату и номер заказа товара, информацию об упаковке и цене товара, стоимости и размере партии, базисные условия поставки товара и порядок расчётов; б) номенклатуру груза, перечень товаров с указанием количества позиций, марки, артикула; в) список позиций груза с указанием номера и веса каждого места.

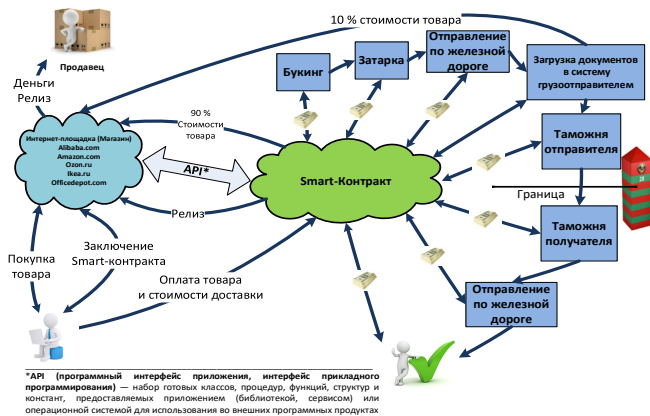
Внедрение счёта-спецификации как единого товаросопроводительного документа упростит процесс формализации, увеличит скорость обработки данных, позволит сократить время пропуска контейнерного поезда на ЖДПП Забайкальск на два часа.

Формирование ЕИП участников ВЭД нацелено на объединение их бизнес-процессов и отдельных элементов при организации товародвижения в рамках всей цепи поставок путем ликвидации дублирования данных и оперативного обмена информацией, повышения гибкости работы системы при изменении параметров внутренней и внешней среды.

В современных условиях просматриваются два варианта организации ЕИП при доставке груза в международном сообщении. Один из них заключается в создании международного удостоверяющего центра, подтверждающего легитимность передаваемой информации от грузоотправителя всем участникам ВЭД.



Рис. 7. Порядок объединения бизнес-процессов участников ВЭД при организации товародвижения в рамках реализации цепи поставок на основе Smart-контракта.



Сейчас электронный обмен данными ОАО «РЖД» при перевозке грузов в международном сообщении осуществляется с железнодорожными администрациями через рекомендованный ООН стандарт UN/EDIFACT. Опыт таких стран, как Россия, Беларусь, Казахстан, Латвия, Литва, Эстония, Украина и прочих, заключается в организации перевозок с использованием электронной подписи, юридическую значимость которой по схеме «доверенной третьей стороны» производит Единый удостоверяющий центр (ОАО «НИИАС»). Между ОАО «РЖД» и корпорацией «КЖД» пока заключено лишь соглашение об электронном обмене данными.

Неполнота состава участников железных дорог и сведений, подлежащих передаче, не дают основания утверждать о наличии действенного механизма обеспечения интероперабельности – беспрепятственного пересечения границ при следовании международного контейнеропотока. Создание ЕИП на основе международного удостоверяющего центра потребует сложной процедуры межгосударственного согласования. Ориентировочный срок реализации проекта оценивается в период не менее пяти лет.

Другим вариантом формирования ЕИП участников ВЭД при международных перевозках является создание программного комплекса на основе технологии распределённых реестров – block chain.

Технология идентификационного block chain позволяет создать базу данных по перевозке контейнеров в зашифрованном виде с использованием средств криптографии по принципу распределённого доступа. Каждая отправка оформляется созданием «цифрового паспорта» – уни-

кальной метки, сопровождающей движение контейнера в рамках всех связанных с ним транзакций. Все записи имеют метки времени. Подлинность операций подтверждается неизменными историческими данными, позволяющими их идентифицировать.

Шаги (этапы) проведения операций с контейнером выполняются в строго заданной последовательности, только после того, как завершены предыдущие. Каждая предыдущая транзакция производится, высвобождая таким образом последующую. Если одна из них не выполнена должным образом, следующая не может быть завершена. Механизм программного выполнения транзакций в block chain регистрах предлагается осуществить на основе Smart contracts [9] (рис. 7).

С помощью программного продукта по технологии block chain разрабатывается специальное приложение, которое позволяет клиенту с мобильного устройства внести данные в систему. При следовании по территории каждой страны на протяжении всего маршрута заказчиками информации (получателями) выступают участники ВЭД. Они получают криптографический ключ и используют сведения в пределах своей компетенции для подготовки перевозочных и товароспроводительных документов. Система наделена алгоритмом распознавания пользователя по подключённым персональным объектам.

Основанием для внедрения технологии block chain является отсутствие единой структуры, модерлирующей (курирующей) все операции. Применима для подтверждения фактов (действий) в ситуации, когда «все всем не доверяют» [10].



Рис. 8. Порядок обработки перевозочных и товаросопроводительных документов на контейнерный поезд до прибытия на ЖДПП Забайкальск.

Логистика рассматривается как одно из приоритетных применений block chain [11]. Компания МТИ [12] первой в мире запустила публичную block chain систему для контейнерных перевозок. В данный момент в холдинге ОАО «РЖД» занимаются оценкой внедрения технологии распределённого реестра block chain в соответствии с комплексным научно-техническим проектом «Цифровая железная дорога» [13].

Одно из главных достоинств формирования ЕИП на основе программного продукта по технологии block chain заключается в возможности построения работы маршрута в соответствии с парадигмой открытого железнодорожного транспорта [14]. На ЖДПП, в частности, обеспечивается заблаговременная передача, обработка юридически значимой информации в объёме накладной и товаросопроводительных документов с минимальным риском поступления неточных и недостоверных сведений. Обработка перевозочных и товаросопроводительных документов предусмотрена до прибытия поезда. На ЖДПП Забайкальск экономия времени составит 16 часов, общее время пропуска контейнерного поезда в этом случае равно восьми часам (рис. 8).

Основные затраты на реализацию проекта формирования ЕИП участников ВЭД по технологии block chain на транспортном маршруте порт Шанхай (КНР)—ЖДПП Забайкальск (РФ)—станция Дуйсбург (Германия) включают разработку, внедрение и обслуживание глобального программного продукта ЕИП маршрута, а также локальных программных продуктов на каждом ЖДПП. Последние представляют собой уникальную структурно-логическую схему распределения материального, документального, информационного потоков по обработке контейнеропотока в соответствии

с требованиями технологического процесса работы конкретных транспортных объектов.

Экономический эффект проекта главным образом реализуется за счёт дополнительного дохода вследствие переключения контейнеропотока с альтернативных маршрутов (в том числе морских), от брокерской деятельности, экономии от сокращения времени простоя контейнерных поездов на ЖДПП транспортного маршрута.

При общих затратах приблизительно в 250 млн рублей срок окупаемости проекта составит менее одного года (таблица 2).

Дополнительные возможности программного продукта по технологии block chain могут быть реализованы благодаря встроенным инструментам бизнес-логики.

На основании автоматического анализа данных исторической информации «паспорта перевозки» в цифровом виде можно произвести оценку качества работы транспортного маршрута. Такая информация будет полезна участникам ВЭД для отслеживания состояния конкурентных преимуществ и принятия решения о необходимости оптимизации своей деятельности, а также потенциальным клиентам (грузовладельцам) — при выборе того или иного направления следования.

Оценка качества работы транспортного маршрута для грузовладельца выражается чаще всего через стоимость перевозки (C), срок доставки (T), приведённую стоимость (C^*). Увеличение срока доставки приводит к замораживанию средств грузовладельца, вложенных как в оплату самого груза, так и в оплату расходов на его транспортировку. Поэтому минимальный, по сравнению с альтернативными маршрутами, срок доставки обеспечивает меньшую приведённую стоимость C^* — оценку стоимости груза и его доставки с учётом фактора времени [15]:



Финансовые результаты формирования ЕИП участников ВЭД по технологии block chain на транспортном маршруте порт Шанхай (КНР)–ЖДПП Забайкальск (РФ)–станция Дуйсбург (Германия)

Наименование показателя		Значение, млн руб.
Затраты на разработку, внедрение, обслуживание	Глобальный программный продукт ЕИП участников ВЭД по технологии block chain на транспортном маршруте	218
	Локальные программные продукты структурно-логической схемы распределения материального, документального, информационного потоков на ЖДПП транспортного маршрута	33,6
Доходы и эффекты	Экономия от сокращения простоя контейнерных поездов на ЖДПП транспортного маршрута	42,7
	Доход ОАО «РЖД» от брокерской деятельности	30,3
	Недополученный доход ОАО «РЖД» (вследствие переключения части контейнеропотока на альтернативный маршрут)	421,8
Срок окупаемости, лет		0,56

$$C^* = (C_g + C)(I + \Delta)^n, \quad (3)$$

где C_g – закупочная стоимость груза; C – стоимость перевозки; $(I + \Delta)^n$ – множитель наращивания процентов по процентной

ставке Δ за n периодов, $\frac{T}{365}$, где T – срок доставки, сут.

Надёжность технических элементов, технологической основы, взаимодействия и работы смежных служб и ведомств при организации движения международного контейнеропотока оказывают влияние на эксплуатационную надёжность транспортного маршрута – вероятность переработки контейнеропотока в размере не менее заданной величины. Показателя, позволяющего комплексно оценить состояние технических, технологических, организационных параметров работы транспортного маршрута, ни раньше, ни теперь не было и нет.

В общей постановке технология работы маршрута предусматривает равномерное обслуживание материального потока. Принято, что m – масса материального потока, которая в зависимости от целей расчёта может измеряться в количестве тонн груза, контейнеров, вагонов, поездов. Полагается величиной постоянной во времени и независимой от особенностей движения. Материальный поток в процессе доставки испытывает воздействие сил $F_{тр}$, препятствующее его перемещению (различная техническая оснащённость транспортной инфраструктуры сопредельных государств, сложность технологической основы взаимодействия участников ВЭД). Для движе-

ния груза по транспортному маршруту требуется, чтобы $F > F_{тр}$.

Модель работы транспортного маршрута представляет собой результаты теоретического построения, основанного на законе классического естествознания – дифференциальном законе движения, описывающего взаимосвязь между приложенной к материальной точке силой и полученном при этом ускорением:

$$F = m \cdot a, \quad (4)$$

где F – сила, реализующая перемещение груза из мест производства в место потребления; m – масса материального потока; a – ускорение – характеристика эксплуатационной надёжности работы транспортного маршрута. Показывает, насколько изменяется скорость обслуживания материального потока по маршруту за единицу времени. При увеличении массы потока снижается эксплуатационная надёжность.

Для пропуска материального потока транспортный маршрут выполняет работу (А):

$$A = F \cdot S, \quad (5)$$

где S – длина транспортного маршрута, км.

Работа маршрута – величина, характеризующая перемещение массы материального потока с определённым сроком доставки. Технология предусматривает равномерное обслуживание потока, поэтому: $S = \vartheta \cdot T$,

где ϑ – среднесуточная норма пробега, км/сут; T – срок доставки, сут.

$$\text{Тогда } A = F \cdot \vartheta \cdot T. \quad (7)$$

Для оценки качества работы маршрута по перемещению материального потока

**Основные характеристики транспортных маршрутов в направлении
порт Шанхай (КНР)–станция Дуйсбург (Германия)**

№ п/п	Наименование маршрута	Длина маршрута (S), км	Срок доставки (T), сут.	Стоимость доставки (C), тыс. руб.	Приведённая стоимость (C*), тыс. руб.	Мощность маршрута (N)
1	п. Шанхай (КНР)–п. Восточный (РФ)–ст. Дуйсбург (Германия)	16983	25	429,497	1948,06	18459
2	п. Шанхай (КНР)–ЖДПП Гродеково (РФ)–ст. Дуйсбург (Германия)	15067	24	497,352	2015,79	16422
3	п. Шанхай (КНР)–ЖДПП Забайкальск (РФ)–ст. Дуйсбург (Германия)	12283	19	437,12	1951,26	21996
4	п. Шанхай (КНР)–ЖДПП Наушки (РФ)–ст. Дуйсбург (Германия)	11205	17	369,79	1882	25555
5	п. Шанхай (КНР)–ЖДПП Достык (Казахстан)–ст. Дуйсбург (Германия)	11418	15	608,24	2120,39	38628
6	п. Шанхай (КНР)–ЖДПП Алтынколь (Казахстан)–ст. Дуйсбург (Германия)	11379	15	599,97	2112,07	38365

введена величина – мощность транспортного маршрута. Для условий моделирования на основании теории подобия и конкретно, приёма обезразмеривания такая мощность – комплексный безразмерный показатель качества работы транспортного маршрута.

$$N = \frac{A}{T} = \frac{F \cdot g \cdot T}{T} = F \cdot g = \frac{m \cdot S}{T^2} \cdot \frac{S}{T} = \frac{m \cdot S^2}{T^3} \cdot (8)$$

Безразмерная комбинация параметра мощности транспортного маршрута фактически определяет характер движения материального потока при заявленном сроке доставки, техническом оснащении и принятой технологии работы при следовании в одном направлении. Если изучаются два разных транспортных маршрута, с разными размерными параметрами, но такими, что значение безразмерных параметров одинаковы, то характер движения материального потока по ним будет качественно одинаков (подобен). Обезразмеривание в данном случае применимо для установления законов подобия и возможности использования моделей из разных областей знания.

Произведена сравнительная оценка работы транспортных маршрутов на примере доставки 40-футового крупнотоннажного контейнера, следующего в составе контейнерного поезда (таблица 3).

Для сравнения стоимостные показатели приведены к единому базису затрат. Средняя банковская ставка по краткосрочным валютным кредитам $\Delta = 15\%$, закупочная стоимость товара в 40-футовом контейнере 1500 тыс. рублей.

По критерию срока доставки приоритетными являются маршруты через ЖДПП Алтынколь, ЖДПП Достык транзитом по территории Казахстана. Значение наименьшей приведённой стоимости отмечается при перевозке с участием транспортной системы Монголии (рис. 9).

Меньшая приведённая стоимость доставки по транспортному маршруту ещё не является гарантией его конкурентоспособности. Отказ технических средств, несоблюдение норм технологии работы, требований государственных органов контроля и надзора могут привести к возникновению заторов, увеличению срока доставки, приведённой стоимости и, как следствие, существенному падению мощности.

Один из главных факторов, негативно сказывающихся на конкурентоспособности маршрутов по территории РФ с участием Транссибирской магистрали (ТСМ) – нестабильность сроков доставки груза [3]. Так, например, изменение показателей маршрута по ТСМ через ЖДПП Забайкальск при неблагоприятном варианте (срок доставки на двое суток больше нормативного) влечёт



Рис. 9. Характеристики работы транспортных маршрутов.

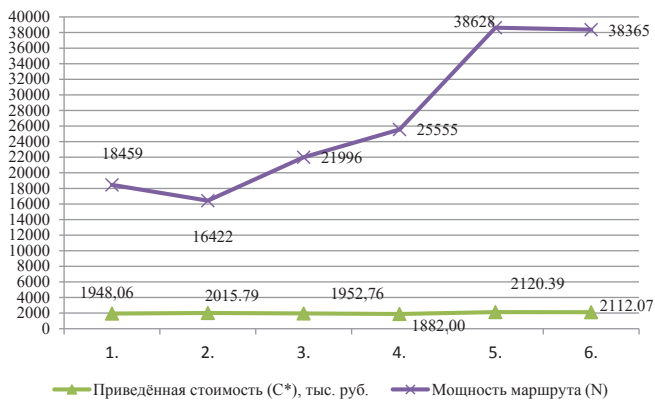


Таблица 4

Сравнение значений основных характеристик маршрута через ЖДПП Забайкальск при различных значениях срока доставки

Срок доставки, сут.	Приведённая стоимость (C*), тыс. руб.	Мощность маршрута (N)
19 Нормативный	1951,26	21996
17 Желательный (на основе технологии block chain)	1949,77	30709
21 Неблагоприятный (больше нормативного на двое суток)	1952,76	16291

увеличение приведённой стоимости на 1 %. Незначительно, особенно если у грузовладельца невелик объём партии груза к отправлению. Однако мощность маршрута при этом падает на 26 %, что негативно сказывается на его эксплуатационной надёжности (таблица 4).

Формирование ЕИП участников ВЭД на основе программного комплекса по технологии block chain позволяет сократить срок доставки на всем протяжении транспортного маршрута. В направлении по ТСМ через ЖДПП Забайкальск – как минимум на двое суток. В этом случае происходит рост мощности маршрута на 28 %. Увеличивается эксплуатационная надёжность (рис. 10).

Полученные данные свидетельствуют об увеличении конкурентных преимуществ транспортного маршрута по территории РФ через ЖДПП Забайкальск в большей степени за счёт роста качества обслуживания. В этом случае грузовладельцы выигрывают в возможности беспрепятственного обслуживания контейнеропотока, организации собственной равномерной работы с учётом ритмичности доставки, экономии страховых

запасов оборотных средств на грузы, находящиеся на складе и в пути следования.

ВЫВОДЫ

В целом реализация проекта по формированию ЕИП участников ВЭД на основе технологии block chain позволяет снизить удельное сопротивление на перемещение груза, повысить качество использования трудовых, финансовых, информационных ресурсов, увеличить эффективность привлечения инвестиций, преодолеть административные барьеры и ускорить работу в выгодном формате, создать благоприятную конъюнктуру на рынке транспортных услуг.

При наличии осязаемых преимуществ использования технологии block chain следует, однако, понимать, что на законодательном уровне пока нет единых требований к участникам глобальной публичной сети данных, отсутствует реальная ответственность за загрузку заведомо ложных сведений, недостаточно понимание экономического эффекта от внедрения для действующих бизнес-процессов, существуют проблемы безопасности и конфликтности

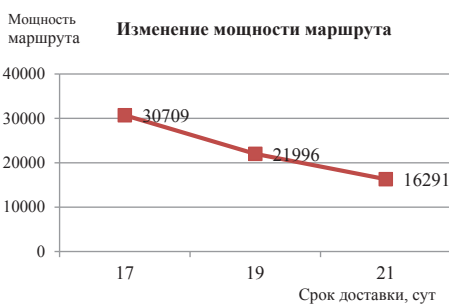


Рис. 10. Сравнительные графики основных характеристик маршрута по ТСМ через ЖДПП Забайкальск при негарантированном сроке доставки.

с точки зрения конкурентной борьбы, а в случае возникновения спорных ситуаций — определения меры ответственности участников. На первоначальных этапах возможна частичная неудовлетворённость функциональностью из-за отсутствия стандартизации.

ИСТОЧНИКИ

1. Плавская Е. Объём внешней торговли Китая по итогам 2017 года составил 4,11 трлн долларов. Известия. 12.01.2018. [Электронный ресурс]: <https://www.google.ru/amp/s/iz.ru/export/google/amp/694494>. Доступ 04.04.2018.

2. Сервис решает всё. Информационное агентство РЖД-Партнёр.ру. 27.02.2018. [Электронный ресурс]: <http://www.rzd-partner.ru/logistics/interview/servis-reshaet-vse/>. Доступ 04.04.2018.

3. Паршина Р. Н. Логистика транссибирских контейнерных перевозок. — М.: ВНИТИ РАН, 2008. — 420 с.

4. Сопоставление соответствующих правовых положений ЦИМ и СМГС. Организация Объединённых Наций. Экономический и Социальный Совет. Европейская экономическая комиссия. Комитет по внутреннему транспорту. Рабочая группа по железнодорожному транспорту. Группа экспертов по единому железнодорожному праву. [Электронный ресурс]: <http://www.unec.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2013/sc2/ECE-TRANS-SC2-GEURL-2013-09r.pdf>. Доступ 10.04.2018.

5. Соглашение о международном железнодорожном грузовом сообщении (СМГС) (с изменениями и дополнениями по состоянию на 1 июля 2018 года). [Электронный ресурс]: http://www.osjd.org/doco/public/ru?STRUCTURE_ID=5038&layer_id=4581&referLayerId=4621&id=1071&print=0. Доступ 01.04.2018.

6. Апатцев В. И., Лёвин С. Б., Николашин В. М. и др. Логистические транспортно-грузовые системы: Учебник / Под ред. В. М. Николашина. — М.: Академия, 2003. — 304 с.

7. Banshchikova A. Estimate of expected integral commercial effect of the project for the modernization passes import cargo between China-Russia // Science,

Technology and Higher Education [Text]: materials of the II international research and practice conference, Vol. II, Westwood, April 17th, 2013 / Publishing office Accent Graphics communications — Westwood-Canada. — 2013. — Pp. 93–101.

8. Сабеков С. Около 2 миллионов контейнеров пройдёт транзитом через Казахстан к 2020 году. Международное информационное агентство Kazinform. 27.03.2018 г. [Электронный ресурс]: http://lenta.inform.kz/ru/okolo-2-mln-konteynerov-proydet-tranzitom-chez-kazahstan-k-2020-godu_a3200209.

9. Christidis K., Devetsikotis M. Blockchain and smart contracts for internet of things // IEEE Access. — 2016. — Т. 4. — Pp. 2292–2303.

10. Namiot D., Pokusaev O., Kupriyanovsky V., Akimov A. Blockchain applications for transport industry // International Journal of Open Information Technologies. — ISSN: 2307–8162. — Vol. 5. — No. 12. — 2017. — Pp. 130–134.

11. Kupriyanovsky V. [et al]. Digital supply chains and blockchain-based technologies in a shared economy // International Journal of Open Information Technologies. — 2017. — Т. 5. — No. 8. — Pp. 80–95.

12. Blockchain in Transport Industry (Shipping containers) <http://steemit.com/technology/@jacor/blockchain-in-transport-industry-shipping-containers> Retrieved: Oct, 2017.

13. Лапидус Б. М., Мишарин А. С., Махутов Н. А., Фомин В. М., Зайцев А. А., Мачерет Д. А. О научной платформе стратегии развития железнодорожного транспорта в России до 2050 года // Бюллетень Объединённого учёного совета ОАО «РЖД». — 2017. — № 2. — С. 1–20.

14. Клепфиш Б. Р. Информационный подход к применению приёма обезразмеривания при изучении компьютерного моделирования // Фундаментальные исследования. — 2011. — № 8–2. — С. 368–372. [Электронный ресурс]: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=27964>. Доступ 11.04.2018.

15. Российская логистика осваивает систему блокчейн. Информационное агентство РЖД-Партнёр.ру. 23.03.2018. [Электронный ресурс]: <http://www.rzd-partner.ru/logistics/comments/rossiyskaya-logistika-osvaivaet-sistemu-blokcheyn/>. Доступ 06.04.2018.

16. Лукинский В. С. Модели и методы теории логистики: Учеб. пособие. — 2-е изд. — СПб.: Питер, 2007. — 448 с.

Координаты авторов: **Банщикова А. А.** – Annabanshchikova@bk.ru, **Кудрявцев К. В.** – KudriavtcevKV@trcont.ru, **Ковалёв А. Ю.** – KovalevAIU@trcont.ru.

Статья поступила в редакцию 13.04.2018, принята к публикации 17.06.2018.



POSSIBILITIES OF APPLICATION OF BLOCK CHAIN TECHNOLOGY FOR CARRIAGE OF GOODS IN INTERNATIONAL TRAFFIC

Banshchikova, Anna A., Irkutsk State University of Railway Engineering, Chita, Russia.
Kudryavtsev, Kirill V., branch of PJSC TransContainer, Chita, Russia.
Kovalev, Anton Yu., branch of PJSC TransContainer, Chita, Russia.

ABSTRACT

The main difficulties in transportation of goods with international container trains arise at state border crossing points. A detailed analysis of the reasons for their delays at the railway checkpoints revealed the most characteristic «narrow» places. In order to improve the procedures for documenting and informational support of cargo flows, as well as to consolidate business processes involving cargo owners, carriers,

forwarders, federal authorities in the sphere of control and supervision, companies providing transportation and logistics services, it was proposed to create a single information environment with the technology of block chain. The authors identify possible financial results of its implementation, as well as reveal new software resources that can be developed on the basis of business logic tools involved in evaluation of the quality of goods movement on the transport route.

Keywords: container traffic, international delivery, transport route, railway border crossing point, block chain.

Background. In the past few years, China has been the world's leading foreign trade actor. In 2017, its foreign trade turnover amounted to 4,11 trillion dollars, exports increased to 2,26 trillion dollars [1]. The main trading partner of China in the EU countries is Germany.

Transport communications of the Euro-Asian continent determine the routes of delivery of cargo from the production sites to the places of consumption. Regular freight rail traffic between China and Europe was launched in 2011. Since then, 57 routes have been opened. Few of them offer regular container service and high speed of delivery [2]. The most powerful container flow exists between the port of Shanghai (China) and the station Duisburg (Germany), and the following main options for handling of container trains are implemented:

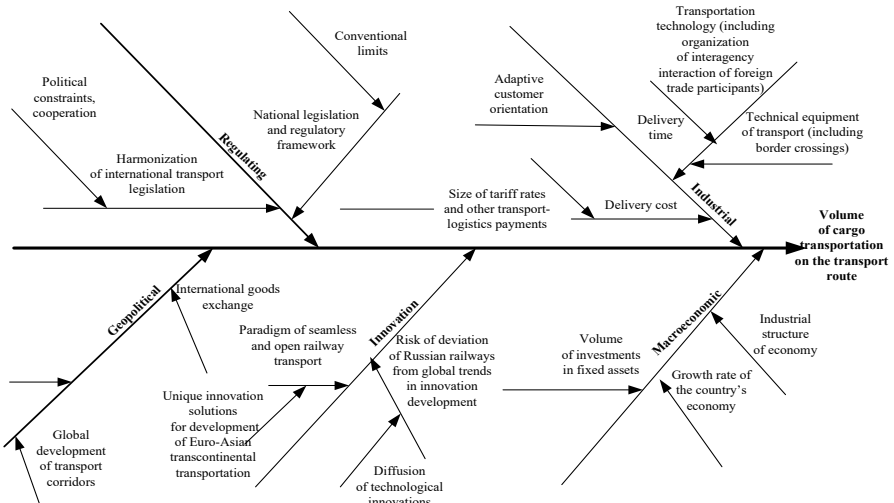
1. Shanghai port (China)–Vostochny port (Russia)–Duisburg station (Germany).
2. Shanghai port (China)–railway checkpoint (RC) Grodekovo (Russia)–Duisburg station (Germany).
3. Shanghai port (China)–RC Zabaikalsk (Russia)–Duisburg station (Germany).
4. Shanghai port (China)–RC Naushki (Russia)–Duisburg station (Germany).

5. Shanghai port (China)–RC Dostyk (Kazakhstan)–Duisburg station (Germany).

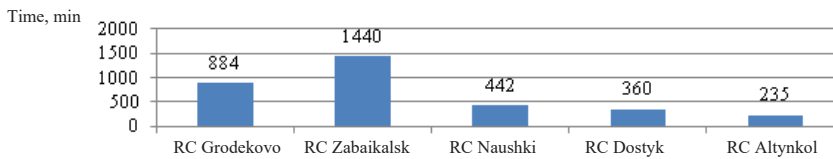
6. Shanghai port (China)–RC Altynkol (Kazakhstan)–Duisburg station (Germany).

The volume of the flow of container traffic along alternative transport routes is distributed unevenly. This is due to various reasons, including the quality of transport and logistics services, the level of harmonization of adjacent railway systems, the volume and direction of the international traffic flow, etc. (Pic. 1).

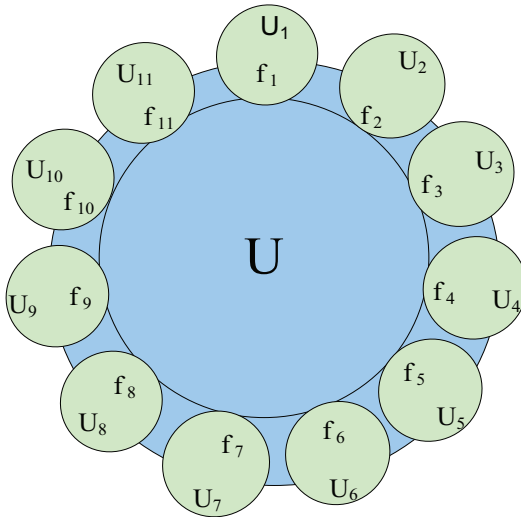
Container flow, following a transport route, is affected by maintenance phases. The greatest impact is at checkpoints across the state border. Up to 70 % of the time loss from all delays in transit is fixed at RC [3]. The main reasons are: difficulties in organizing interagency cooperation between foreign economic activity participants – cargo owners, carriers, freight forwarders, federal executive authorities in the sphere of control and supervision, companies and individuals providing transportation and logistics services; technical disconnection of the transport infrastructure of neighboring states; work in the framework of different legal fields of international transport legislation (the Convention concerning International Carriage by Rail – CIM COTIF and the Agreement on



Pic. 1. The main factors that determine the volume of traffic along the transport route.



Pic. 2. Time spent by a container train to pass through RC at different transport routes in accordance with the adopted technology.



Pic. 3. Structure of RC Zabaikalsk and functions (f) of its elements: U – RC; f_{U1} – customs control, registration of customs declaration, calculation and collection of customs payments; f_{U2} – border control; f_{U3} – quarantine phytosanitary control (supervision); f_{U4} – veterinary control; f_{U5} – supervision in the field of seed production in relation to seeds of agricultural plants; f_{U6} – customs brokerage; f_{U7} – processing of large-capacity containers, formation of container trains; f_{U8} – operational work of the railway station; f_{U9} – operational activity of the railway cargo interstate transfer station (owner of the infrastructure – Chinese railways, Manchuria border station); f_{U10} – forwarding support for foreign trade; f_{U11} – insurance services for foreign trade (survey companies).

Table 1

Features of elements of RC Zabaikalsk

Element	Organizational-legal form	Target function	Task	
U1	Federal structure of executive power	Control and supervision	Ensuring the collection of customs payments from goods crossing the state border	
U2	Border Control Bodies of the Federal Border Service of Russia, Federal Security Service		Control of illegal crossing of the state border by foreign citizens	
U3	Federal structure of executive power		Control of import of substandard	plants and their derivatives
U4				animals
U5				grain crops
U6	Limited Liability Company	Provision of services	Representation of interests of a cargo owner as a customs broker, a customs representative	
U7	Public Joint Stock Company		Transshipment of large-capacity containers from cars of gauge 1435 mm to cars of gauge 1520 mm	
U8	Open Joint-Stock Company		Meeting the demand for transportation	
U9	Corporation			
U10	Open Joint-Stock Company		Representation of interests of a cargo owner at all phases of the delivery process	
U11	Private business in the form of JSC, PE, CJSC, etc.		Responsibility for cargo in the event of insured events	

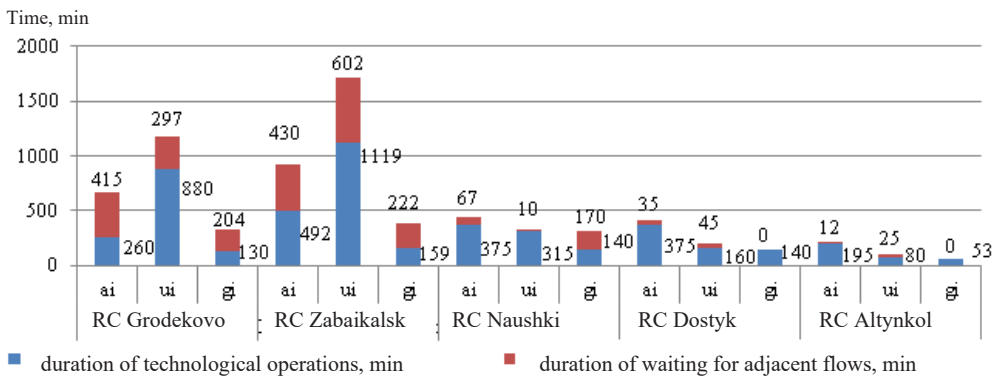
International Railway Goods Transportation – SMGS) [4]. Hence, there is complex system of document circulation at RC, the need to reload containers from rolling stock of one track width to another.

The time of handling at RC significantly influences the delivery time of a container and forms competitive advantages of one route over another. According to the SMGS [5], the normative duration of passage of the train across the state border is 48 hours. At the

same time, due to differences in the technological process at the interstate transfer railway station, in cooperation with a container terminal, time for one container train to pass through the delivery routes is significantly different (Pic. 2).

Objective. The objective of the authors is to consider possibilities of application of block chain technology for carriage of goods in international traffic.





Pic. 4. Duration of stay of flows at RC, taking into account waiting and breaks for horizontal and vertical processing links.

Methods. The authors use general scientific and economic methods, comparative analysis, scientific description, graph construction, evaluation approach.

Results. RC is a complex multifunctional structure. In general, using RC Zabaikalsk as an example, the functional «environment» of RC for handling container trains is a static relationship of the organizational structure (Ui) – mutual relation of the system elements and the dynamic relationships of the functional structure (fi), which determine the order of their interaction (Pic. 3).

The complexity of organization of interdepartmental interaction lies in the distinction between the goals and the nature of operation, the forms of ownership and the organizational and legal forms of the elements of RC Zabaikalsk (Table 1).

Despite the large number of elements and their functional diversity, it is possible to distinguish two main groups of participants in foreign trade activities at RC Zabaikalsk: state executive bodies in the sphere of customs, border, veterinary, phytosanitary supervision and business providing transport and related logistics services. The first – provides control over the security of citizens and the economic stability of the state, the second – performs fulfillment of tasks to promote a flow of goods in supply chains. With detailed consideration, both groups are ultimately focused on increasing the level of welfare of the state and its citizens and that is the overall global goal of their functioning. Understanding it by all the participants in foreign trade is the basis for building effective interagency cooperation.

For detailed calculation of time for handling of a container train at RC for the transport routes in question, the methods of system analysis and network planning are used. A critical path has been identified which corresponds to longest time required to handle a container train. The material, documentary, information flows are allocated and their duration is calculated taking into account expectations and breaks, «bottlenecks».

The material flow (a) from the moment of reception to the moment of release from RC comprise trains, cars, containers processed through necessary technological operations. The material flow is in motion, physically moving in space: reception and control by customs and other state bodies, disbanding, placing on a reloading site, reloading containers from narrow gauge cars to broad gauge cars, forming train composition, departure.

The documentary flow (u) is official data on the material flow and its movement, namely, shipping documents. Multilevel control operations are carried out, additional copies of each of the structures containing generalized and more detailed information in the Russian language are compiled, and a package of transportation documents is created for transit through Russian territory.

The information flow (g) – information about the material and documentary flow. The operations here are: collection, input of data into databases, storage, processing of information about material and documentary flows from all participants in foreign trade activities.

There are relationship and interdependence between the flows, which are reflected by horizontal and vertical connections. The flows are represented in the form of vector-scalar quantities and constitute a logistic chain [6]:

$$\begin{array}{c}
 a_1 \quad t_{a_1}^{tech} \quad t_2 \quad a_2 \quad t_{a_2}^{tech} \quad \dots \quad t_{a_i}^{tech} \quad i; \\
 \downarrow t_{a_1}^{wait} \quad \uparrow t_{u_1, g_1}^{wait} \quad \downarrow t_{a_2}^{wait} \quad \uparrow t_{u_2, g_2}^{wait} \quad \downarrow t_{a_i}^{wait} \quad \uparrow t_{u_i, g_i}^{wait}; \\
 u_1 \quad t_{u_1}^{tech} \quad u_2 \quad t_{u_2}^{tech} \quad \dots \quad t_{u_i}^{tech} \quad u_i; \quad (1) \\
 \downarrow t_{u_1, a_1}^{wait} \quad \uparrow t_{g_1}^{wait} \quad \downarrow t_{u_2, a_2}^{wait} \quad \uparrow t_{g_2}^{wait} \quad \downarrow t_{u_i, a_i}^{wait} \quad \uparrow t_{g_i}^{wait}; \\
 g_1 \quad t_{g_1}^{tech} \quad g_2 \quad t_{g_2}^{tech} \quad \dots \quad t_{g_i}^{tech} \quad g_i;
 \end{array}$$

where $a_i \rightarrow$ – element of the material flow chain (a_i – operation with the material flow, \rightarrow – flow displacement vector, compared with time and displacement distance, $j = 1, \dots, i$);

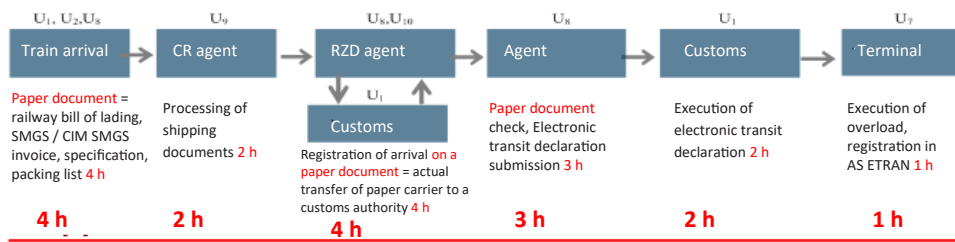
$u_i \rightarrow$ – chain element for compilation and transfer of documents about the material flow and its displacement (u_i – operation with the documentary flow; \rightarrow – document transfer address; $j = 1, \dots, i$);

$g_i \rightarrow$ – element of the information chain about material and documentary flows (g_i – information transfer operation; \rightarrow – information transfer address; $j = 1, \dots, i$);

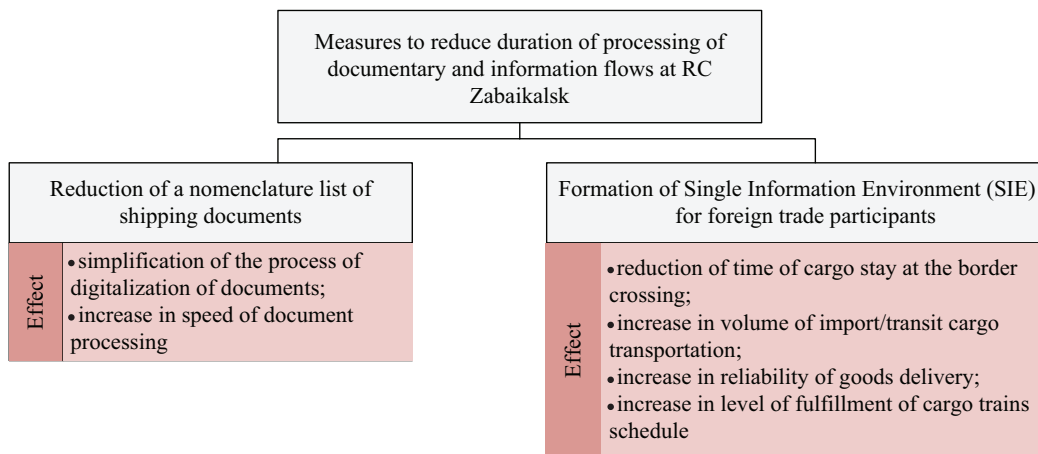
t_{a_i, u_i, g_i}^{tech} – time of execution of technological operations in the logistics chain, respectively, according to the material, documentary, information flows (horizontal links), min.;

$\downarrow t_{a_i, u_i, g_i}^{wait}$ – waiting time for operations on concomitant flows (vertical links), min.

The total duration of stay of flows at RC, taking into account waiting and breaks for the vertical links



Pic. 5. The existing model for processing the documentary and information flows of the container train at RC Zabaikalsk.



Pic. 6. Measures to reduce the processing time of documentary and information flows at RC Zabaikalsk.

of processing and transmission, is expressed as follows:

$$\begin{aligned}
 \sum t_{a_i} &= t_{a_i}^{tech} + t_{a_i}^{wait}, & \sum t_{a_i}^{tech} &> 0; & \sum t_{a_i}^{wait} &\geq 0; \\
 \sum t_{u_i} &= t_{u_i}^{tech} + t_{u_i}^{wait}, & \sum t_{u_i}^{tech} &> 0; & \sum t_{u_i}^{wait} &\geq 0; \\
 \sum t_{g_i} &= t_{g_i}^{tech} + t_{g_i}^{wait}, & \sum t_{g_i}^{tech} &> 0; & \sum t_{g_i}^{wait} &\geq 0.
 \end{aligned}
 \quad (2)$$

Due to the large number of services involved in handling of international container traffic, technological processes do not fit well together. Due to the absence of isomorphism – coordinated both in space and time movement of material, information, documentary flows – there is inter-operative downtime (up to 55 % of the processing time on RC Zabaikalsk) [7] (Pic. 4).

The greatest value of duration of technological operations and waiting for adjacent flows is observed at RC Zabaikalsk. In comparison with RC Altyngol, the processing time there is by 5,7 times longer for the documentary and information flows. The technological process in Zabaikalsk provides processing of shipping documents (specification, invoice, packing list) after arrival of a container train to the territory of the Russian Federation (Pic. 5).

In this case, the unproductive losses when one container train is handled are 16 hours. If the container flow follows a transport route with a time delay, a violation of norms, rules, service requirements, then the flow is subject to transformation, significant changes in parameters, departure of the container flow from the route.

The transfer in 2017 of a significant part of the container flow from the transit route through the territory of the Russian Federation through RC

Zabaikalsk to the route through Kazakhstan through RC Altyngol caused the loss of income of Russian companies (over 1 billion rubles). Over the past seven years, the volume of containerized cargo transportation through Kazakhstan from China to EU countries has increased by 200 times and continues to grow. So, in 2018, it is expected to see the transit grown up to 400 thousand containers, and by 2020 – to 2 million containers [8].

The high speed of handling of a speed container train at RC Altyngol is ensured by processing of documentary and information flows before train arrival. The shipper of the international container flow following the route is the port of Lianyungang. When sending containers, its employees send scanned copies of shipping documents to their representatives at Altyngol station by e-mail. Based on these data, transit customs declarations and other documents are prepared in advance (transfer list, bill of consignment for the carrier, preliminary information for the customs authorities). To prepare the containers for transfer, employees of Altyngol station are sent to the territory of China. This is done, although there is a risk in obtaining inaccurate, incomplete information when manually entering information and there are additional operating costs for maintenance of personnel in the amount of about 25 million rubles a year.

To improve the competitiveness of RC Zabaikalsk route, it was proposed to implement measures to reduce the processing time of documentary and information flows: to reduce nomenclature list of shipping documents (one instead of three), to develop a single information environment for foreign trade participants (Pic. 6).



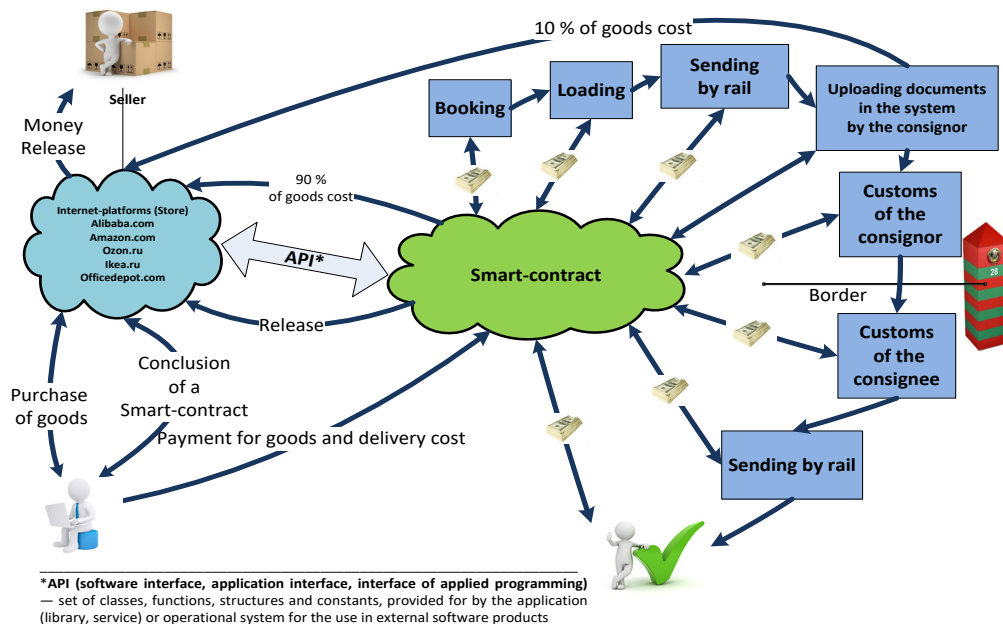


Fig. 7. The order of integrating of business processes of the participants in foreign economic activity to organize commodity circulation within the framework of supply chain implementation based on Smart contract.

Optimization of the set of shipping documents if we follow the experience of working in the CIM space consists in replacing individual documents (invoice, specification, packing list) with a single invoice-specification. The consolidated document should contain: a) address of the seller and the buyer, date and number of the goods order, information about packaging and the price of goods, cost and size of the batch, basic conditions for delivery of goods and procedure for settlements; b) the nomenclature of goods, list of goods indicating the number of positions, brand, article; c) list of cargo items with the number and weight of each place.

The introduction of an invoice-specification as a single shipping document will simplify the formalization process, increase the speed of data processing, will allow to reduce the time of handling a container train at RC Zabaikalsk by two hours.

The development of a single information environment for foreign trade participants is aimed at combining their business processes and individual elements in organization of commodity circulation within the entire supply chain by eliminating duplication of data and rapid exchange of information, increasing flexibility of the system when changing parameters of internal and external environment. In modern conditions, two variants of organization of the SIE might be foreseen when delivering cargo in international traffic. One of them is creation of International Certifying Center, which confirms the legitimacy of the transmitted information from the shipper to all participants in foreign trade activities.

Now the electronic data exchange of JSC Russian Railways for carriage of goods in international traffic is carried out with the railway administrations through the UN/EDIFACT standard recommended by the United Nations. The experience of such countries as Russia, Belarus, Kazakhstan, Latvia, Lithuania,

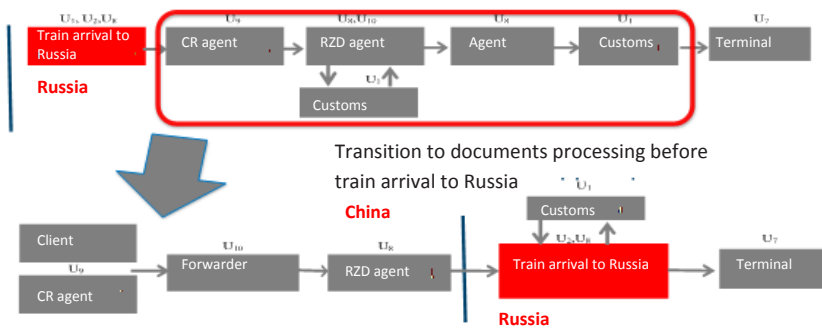
Estonia, Ukraine and others is organization of transportation using an electronic signature, whose legal significance under the «trusted third party» scheme is made by the Single Certifying Center (OJSC NIAS). Between JSC Russian Railways and the CR only an agreement on electronic data exchange has been concluded.

Incompleteness of number of participating railroads and of information subject to transfer do not give grounds to assert that there is an effective mechanism for ensuring interoperability – unhindered crossing of borders while following international container flow. The establishment of SIE on the basis of International Certifying Center will require a complex interstate agreement procedure. The approximate duration of the project is estimated to be at least five years.

Another option for development of SIE for foreign trade participants in international transportation is creation of a software package based on the technology of distributed registries – block chain.

The technology of the identification block chain allows to create a database on transportation of containers in encrypted form using cryptography means based on the principle of distributed access. Each dispatch is documented by creation of a «digital passport» – a unique label accompanying movement of a container within all related transactions. All entries have timestamps. The authenticity of operations is confirmed by unchanged historical data, which allows them to be identified.

Steps (stages) of carrying out operations with the container are carried out in a strictly prescribed sequence, only after the previous ones are completed. Each previous transaction is made, thus releasing the subsequent one. If one of them fails to be performed properly, the next one cannot be completed. The mechanism of software execution of transactions in block chain registers is proposed to be implemented on the basis of Smart contracts [9] (Pic. 7).



Pic. 8. Procedure for processing shipping documents for the container train before arrival at RC Zabaikalsk.

Table 2

Financial results of development of SIE for participants in foreign economic activity via the technology of block chain on the transport route Shanghai port (China)–RC Zabaikalsk (Russia)–Duisburg (Germany)

Indicator name		Value, mln rub.
Costs for development, implementation, maintenance	The global software product of SIE of participants in foreign economic activities via the technology of block chain on the transport route	218
	Local software products of the structural and logical scheme for distribution of material, documentary, information flows at RC of the transport route	33,6
Revenues and effects	Savings from reducing the idle time of container trains at RC of the transport route	42,7
	Income of JSC Russian Railways from brokerage activities	30,3
	Incomplete income of JSC Russian Railways (due to transfer of the part of the container traffic to an alternative route)	421,8
Payback period, years		0,56

With the help of software product using block chain technology, a special application is developed that allows the client using the mobile device to enter data into the system. When following the territory of each country during the entire route, information customers (recipients) are participants in foreign economic activity. They receive a cryptographic key and use the information within their competence for preparation of shipping documents. The system is endowed with an algorithm for recognizing the user through connected personal objects.

The basis for introduction of block chain technology is the absence of a single structure that moderates (supervises) all operations. It is applicable for confirming facts (actions) in a situation where «everyone does not trust everyone» [10].

Logistics is considered as one of the priority applications of block chain [11]. MTI company [12] was the first company in the world to launch a public block chain system for container transportation. At the moment, JSC Russian Railways is involved in assessment of implementation of the technology of the block chain distributed registry in accordance with the comprehensive scientific and technical project «Digital Railway» [13].

One of the main advantages of forming SIE based on the software product using the block chain technology is possibility of constructing the operation of the route in accordance with the paradigm of open rail transport [14]. In particular, at RC advance transfer, processing of legally relevant information in the volume of the waybill and shipping documents with a minimum

risk of inaccurate information are provided. Processing of shipping documents is provided before train arrival. At RC Zabaikalsk, the time savings will be 16 hours, the total time of the container train handling in this case is eight hours (Pic. 8).

The main costs for implementation of the project for development of SIE for the foreign trade participants via block chain technology on the transport route Shanghai port (China) – RC Zabaikalsk (Russia) – Duisburg (Germany) include development, implementation and maintenance of the global software product of SIE of the route, as well as local software products at each RC. The latter represent a unique structural and logical scheme for distribution of material, documentary, information flows on processing of container traffic in accordance with the requirements of the technological process of operation of specific transport facilities.

The economic effect of the project is mainly realized thanks to additional income due to switching of container traffic from alternative routes (including sea routes), from brokerage activities, savings from reducing idle time of container trains at RC of the transport route.

At a total cost of approximately 250 million rubles, the payback period will be less than two years (Table 2). Additional capabilities of the software product with block chain technology can be realized due to the built-in business logic tools.

Based on the automatic analysis of the historical information of the «transport passport» in digital form,



**The main characteristics of transport routes in the direction of Shanghai port (China)–
Duisburg station (Germany)**

No.	Route name	Length of the route (S), km	Delivery time (T), days	Cost of delivery (C), thous. rub.	Present value (C*), thous. rub	Route capacity (N)
1	p. Shanhai (China)–p. Vostochny (Russia)–station Duisburg (Germany)	16983	25	429,497	1948,06	18459
2	p. Sanghai (China)–RC Grodekovo (Russia)–station Duisburg (Germany)	15067	24	497,352	2015,79	16422
3	p. Shanghai (China)–RC Zabaikalsk (Russia)–station Duisburg (Germany)	12283	19	437,12	1951,26	21996
4	p. Shanghai (China)–RC Naushki (Russia)–station Duisburg (Germany)	11205	17	369,79	1882	25555
5	p. Shanghai (China)–RC Dostyk (Kazakhstan)–station Duisburg (Germany)	11418	15	608,24	2120,39	38628
6	p. Shanghai (China)–RC Altynkol (Kazakhstan)–station Duisburg (Germany)	11379	15	599,97	2112,07	38365

For comparison, cost indicators are reduced to a single cost basis. The average bank rate for short-term foreign currency loans is $\Delta = 15\%$, the purchase price of the goods in a 40-foot container is 1500 thousand rubles.

it is possible to evaluate the quality of the transport route. Such information will be useful for the participants in foreign trade activities to monitor the state of competitive advantages and make a decision on the need to optimize their activities, as well as for potential customers (cargo owners) – when choosing a particular destination.

Evaluation of the quality of the transport route for the cargo owner is expressed most often through the cost of transportation (C), the delivery time (T), the present value (C). The increase in the delivery time leads to the freezing of the cargo owner's money, invested both in payment of the cargo itself and in payment for transportation costs. Therefore, the minimum delivery time, in comparison with alternative routes, provides a smaller present value C* – an estimate of the cost of the cargo and its delivery, taking into account the time factor [15]:*

$$C^* = (C_g + C)(1 + \Delta)^n, \quad (3)$$

where C_g – purchase value of the goods; C – cost of transportation; $(1 + \Delta)^n$ – multiplier of interest increase

at the interest rate Δ for n periods, $n = \frac{T}{365}$, where

T – delivery time, days.

Reliability of technical elements, technological basis, interaction and operation of related services and agencies in organization of international container flow movement affect the operational reliability of the transport route which is probability of processing the container flow in the amount not less than a given value. The indicator, which allows to comprehensively assess the state of technical, technological, organizational parameters of the transport route operation, has not existed before and does not exist now.

In the general formulation, the technology of the route operation provides for uniform maintenance of the material flow. It is assumed that m – mass of the material flow, which, depending on the purposes of

calculation, can be measured in tons of cargo, containers, cars, trains. It is assumed to be a quantity constant in time and independent of the features of motion. The material flow in the process of delivery is affected by the forces F_r , which hinders its movement (different technical equipment of the transport infrastructure of neighboring states, complexity of the technological basis of interaction of foreign economic activity participants). For cargo movement along the transport route it is required that $F > F_r$.

The model of the operation of the transport route represents the results of a theoretical construction based on the law of classical natural science – the differential law of motion, describing the relationship between the force applied to a material point and the resulting acceleration:

$$F = m \cdot a, \quad (4)$$

where F – force that realizes the movement of cargo from production sites to the place of consumption;

m – mass of the material flow;

a – acceleration – a characteristic of the operational reliability of the transport route. It shows how the speed of servicing the material flow along the route changes per unit of time. When the mass of the flow increases, the operational reliability decreases.

To handle the material flow, the transport route performs work (A):

$$A = F \cdot S, \quad (5)$$

where S – length of the transport route, km.

The work of the route is a quantity characterizing the movement of the mass of the material flow with a certain delivery time. The technology provides for uniform flow maintenance, therefore:

$$S = \vartheta \cdot T, \quad (6)$$

where ϑ – average daily mileage, km/day; T – delivery time, days.

$$\text{Then } A = F \cdot \vartheta \cdot T. \quad (7)$$

To assess the quality of work of the route for movement of material flow, the value – the capacity of the transport route – was introduced. For simulation

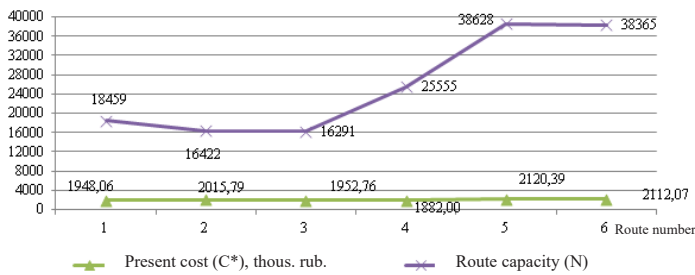


Fig. 9. Characteristics of operation of transport routes.

Table 4
Comparison of the values of the main characteristics of the route through RC Zabaikalsk for different delivery times

Delivery time, days	Present value (C *), thous. rub.	Route capacity (N)
19 Normative	1951,26	21996
17 Desirable (based on block chain technology)	1949,77	30709
21 Unfavorable (more than normative for two days)	1952,76	16291

conditions on the basis of the similarity theory and, specifically, the acquisition of dimensioning, such capacity is a complex, dimensionless indicator of the quality of the operation of the transport route.

$$N = \frac{A}{T} = \frac{F \cdot g \cdot T}{T} = F \cdot g = \frac{m \cdot S}{T^2} \cdot \frac{S}{T} = \frac{m \cdot S^2}{T^3} \quad (8)$$

The dimensionless combination of the capacity parameter of the transport route actually determines the nature of movement of the material flow with account for declared delivery time, the technical equipment and the adopted technology of operation in the same direction. If two different transport routes are studied, with different dimensional parameters, but such that the value of dimensionless parameters is the same, then the nature of motion of the material flow along them is qualitatively the same (similar). The dimensioning in this case is applicable for establishing the laws of similarity and the possibility of using models from different fields of knowledge.

A comparative evaluation of operation of transport routes is made at the example of delivery of a 40-foot large-capacity container, which is included in a container train (Table 3).

According to the criterion of delivery time, priority routes are through RC Altynkol, RC Dostyk in transit through the territory of Kazakhstan. The value of the lowest present value is noted for transportation with participation of Mongolian transport system (Pic. 9).

The smaller reduced cost of delivery along the transport route is not yet a guarantee of its competitiveness. Failure of technical means, non-compliance with the standards of technology work, the requirements of government control and supervision may cause congestion, increase in the delivery time, the present value and, as a consequence, a significant drop in capacity.

One of the main factors that adversely affect the competitiveness of routes along the territory of the Russian Federation with the participation of the Trans-Siberian Railway (TSM) is instability of the delivery time [3]. Thus, for example, the change in the TSM route through RC Zabaikalsk in case of an unfavorable variant (delivery time is two days longer than the normative one) entails an increase in the present value by 1%. It is insignificant, especially if the cargo owner has a small amount of consignment for shipment. However, the power of the route decreases by 26%, that negatively affects its operational reliability (Table 4).

Formation of SIE of participants in foreign trade activities on the basis of a software package using the block chain technology allows reducing the delivery time all along the transport route, e.g. to reduce delivery time through RC Zabaikalsk via TSM by two days. In this case, the capacity of the route increases by 28%. Operational reliability increases (Pic. 10).

The obtained data testify to increase of competitive advantages of a transport route via the territory of the Russian Federation through RC Zabaikalsk mostly due to growth of quality of

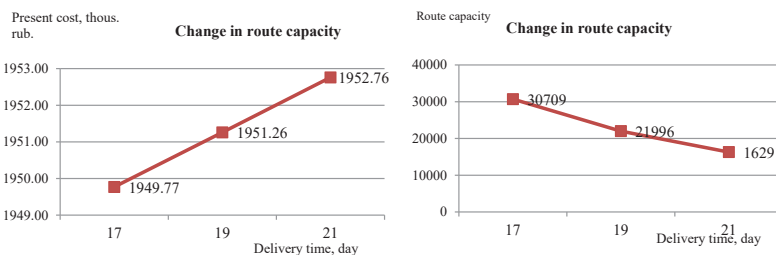


Fig. 10. Comparative graphs of the main characteristics of the route via TSM through RC Zabaikalsk with a non-guaranteed delivery time.



service. In this case, the cargo owners benefit from the possibility of unimpeded servicing of the container flow, organizing their own uniform work taking into account the rhythm of delivery, savings in insurance reserves of working capital for goods in the warehouse and on the route.

Conclusions. In general, the implementation of the project on formation of SIE for participants in foreign economic activity on the basis of block chain technology allows to reduce the specific resistance to cargo movement, improve the use of labor, financial and information resources, increase the efficiency of attracting investments, overcome administrative barriers and accelerate work in a profitable format, create favorable conditions in the market of transport services.

Given the notable advantages of block chain technology, it should be understood, however, that at the legislative level there are no unified requirements for participants in the global public data network, there is no real responsibility for downloading deliberately false information, there is insufficient understanding of the economic effect of implementation for existing business processes, there are risks in the field of security and conflict in terms of competition, and in case of controversial situations there is a problem of definition of liability of participants. At initial stages, partial dissatisfaction with functionality is possible due to lack of standardization.

REFERENCES

1. Plavskaya, E. The volume of China's foreign trade by the end of 2017 amounted to 4,11 trillion dollars [*Ob'yom vneshnei torgovli Kitaya po itogam 2017 goda sostavil 4,11 trln dollarov*]. *Izvestiya*. 12.01.2018. [Electronic resource]: <https://www.google.com/amp/s/iz.ru/export/google/amp/694494>. Last accessed 04.04.2018.
2. The service solves everything [*Servis reshaet vse*]. *Information agency RZD-Partner.ru*. 27.02.2018. [Electronic resource]: <http://www.rzd-partner.ru/logistics/interview/servis-reshaet-vse/>. Last accessed 04.04.2018.
3. Parshina, R. N. Logistics of Trans-Siberian container transportation [*Logistika transsibirskih konteynernyh perevozok*]. Moscow, VINITI RAS publ., 2008, 420 p.
4. Comparison of relevant legal provisions of CIM and SMGS [*Sopostavlenie sootvetstvuyushchih pravovykh polozhenii CIM i SMGS*]. United Nations. Economic and Social Council. Economic Commission for Europe. Inland Transport Committee. Working Party on Rail Transport. Group of Experts on Unified Railway Law. [Electronic resource]: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/doc/2013/sc2/ECE-TRANS-SC2-GEURL-2013-09r.pdf>. Last accessed 10.04.2018.
5. Agreement on international railway cargo transportation (SMGS) (with amendments and additions to be in force from July 1, 2018). [Electronic resource]: http://www.osjd.org/doco/public/ru?STRUCTURE_ID=5038&layer_id=4581&refererLayerId=4621&id=1071&print=0. Last accessed 01.04.2018.
6. Apatsev, V. I., Lyovin, S. B., Nikolashin, V. M. [et al]. Logistic transport-cargo systems: Textbook [*Logisticheskie transportno-gruzovye sistemy: Uchebnik*]. Ed. by V. M. Nikolashin. Moscow, Academia publ., 2003, 304 p.
7. Banshchikova, A. Estimate of expected integral commercial effect of the project for the modernization passes import cargo between China–Russia. *Science, Technology and Higher Education* [Text]: materials of the 2nd international research and practice conference, Vol. II, Westwood, April 17th, 2013. Publishing office Accent Graphics communications, Westwood-Canada, 2013, pp. 93–101.
8. Sabekov, S. About 2 million containers will transit through Kazakhstan by 2020 [*Okolo 2 millionov konteynerov proidet tranzitom cherez Kazakhstan k 2020 godu*]. *International information agency Kazinform*. 27.03.2018. [Electronic resource]: http://lenta.inform.kz/ru/okolo-2-mln-konteynerov-proidet-tranzitom-cherez-kazahstan-k-2020-godu_a3200209.
9. Christidis, K., Devetsikotis, M. Blockchain and smart contracts for internet of things. *IEEE Access*, 2016, Vol. 4, pp. 2292–2303.
10. Namiot, D., Pokusaev, O., Kupriyanovsky, V., Akimov, A. Blockchain applications for transport industry. *International Journal of Open Information Technologies*, Vol. 5, Iss. 12, 2017, pp. 130–134.
11. Kupriyanovsky, V. [et al]. Digital supply chains and blockchain-based technologies in a shared economy. *International Journal of Open Information Technologies*, 2017, Vol. 5, Iss. 8, pp. 80–95.
12. Blockchain in Transport Industry (Shipping containers). [Electronic resource]: <http://steemit.com/technology/@jacor/blockchain-in-transport-industry-shipping-containers> Retrieved: Oct, 2017.
13. Lapidus, B. M., Misharin, A. S., Makhutov, N. A., Fomin, V. M., Zaitsev, A. A., Macheret, D. A. About the scientific platform of the strategy of development of railway transport in Russia until 2050 [*Onauchnoi platforme strategii razvitiya zheleznodorozhnogo transporta v Rossii do 2050 goda*]. *Bulletin of the Joint Scientific Council of JSC Russian Railways*, 2017, Iss. 2, pp. 1–20.
14. Klepfish, B. R. Information approach to the use of the acquisition of dimensionization in the study of computer simulation [*Informatsionniy podhod k primeneniyu priema obezramerivaniya pri izuchenii komp'yuternogo modelirovaniya*]. *Fundamental'nye issledovaniya*, 2011, Iss. 8–2, pp. 368–372. [Electronic resource]: <http://www.fundamental-research.ru/en/article/view?id=27964>. Last accessed 11.04.2018.
15. Russian logistics is developing the system of block chain [*Rossiyskaya logistika osvaivaet sistemu blockchein*]. *Information agency RZD-Partner.ru*. 23.03.2018. [Electronic resource]: <http://www.rzd-partner.ru/logistics/comments/rossiyskaya-logistika-osvaivaet-sistemu-blokcheyn-/>. Last accessed 06.04.2018.
16. Lukinsky, V. S. Models and methods of the theory of logistics: Study guide [*Modeli i metody teorii logistiki: uchebnoe posobie*]. 2nd ed. St. Petersburg, Piter publ., 2007, 448 p.

Information about the authors:

Banshchikova, Anna A. – lecturer of Zabaikalsky Institute of Railway Transport – branch of Irkutsk State University of Railway Engineering, Chita, Russia, Annabanshchikova@bk.ru.

Kudryavtsev, Kirill V. – deputy director of branch of PJSC TransContainer, Chita, Russia, KudriavtcevKV@trcont.ru.

Kovalyov, Anton Yu. – head of the sector of information technologies of branch of PJSC TransContainer, Chita, Russia, KovalevAIU@trcont.ru.

Article received 13.04.2018, accepted 17.06.2018.