

ТРАНСПОРТ
НАУКА, ТЕХНИКА, УПРАВЛЕНИЕ
НАУЧНЫЙ ИНФОРМАЦИОННЫЙ СБОРНИК
TRANSPORT
SCIENCE, EQUIPMENT, MANAGEMENT
SCIENTIFIC INFORMATION COLLECTION

Издается с 1990 г.

№ 3

Москва 2019

Научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление» включен в новый ПЕРЕЧЕНЬ рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидатов наук, на соискание ученой степени докторов наук (Перечень ВАК). Действует с 01.12.2015.

СОДЕРЖАНИЕ

Куренков П.В., Чжао Вэньсю, Кахриманова Д.Г., Орлов А.Н., Серяпова И.В. Развитие регулярного контейнерного сообщения между Китаем и Россией с использованием евро-азиатских международных транспортных коридоров	3
Сакульева Т.Н. История развития и преимущества Транссибирской магистрали в освоении транзитных грузопотоков	10
Крютченко В.Е. Продольные автоколебания ракет: историография POGO-эффекта	15
Юсупова О.А., Колпаков Ф.К. Оптимизация выбора инновационных технологий управления сортировочным процессом для сортировочных станций	30
Каблукова К.С. О вероятностных распределениях времен хода и опозданий по прибытию для конкретного участка железной дороги	35
Кородюк И.С., Гринев Д.М. Повышение коммерческой эффективности грузовых перевозок на регулярных пассажирских рейсах	40
Спирин И.В., Аредова А.К., Матанцева О.Ю. Расчет цены контракта на перевозки пассажиров по регулируемым тарифам	44
Дугин Г.С. Опыт использования инновационных методов и информационных технологий для обеспечения эффективности работы городского общественного транспорта	51
Раткин Л.С. Диверсификация транспортной инфраструктуры как один из приоритетов стратегии научно-технологического развития на примере технологий стеганографического блокчейна	55
Пенязь И.М. Интеграция управляющих информационных систем взаимодействия железной дороги и морского порта	58
Информация для авторов	63

CONTENTS

Kurenkov P.V., Zhao Wenxu, Kakhrimanova D.G., Orlov A.N., Seryapova I.V. Development of regular container message between China and Russia using Euro-Asian international transport corridors.....	3
Sakulyeva T.N. History of development and advantage of Trans-Siberian railway in mastering of transit traffics.....	10
Kryutchenko V.E. Rocket's longitudinal auto oscillations: Historiography of the POGO-effect.....	15
Yusupova O.A., Kolpakov F.K. Optimization of the selection of innovative technologies for managing the sorting process for sorting stations.....	30
Kablukova K.S. On probabilistic distributions of travel times and arrival delays for a specific section of the railway	35
Korodyuk I.S., Grinyov D.M. Increase of commercial efficiency of freight traffic on regular passenger flights.....	40
Spirin I.V., Aredova A.K., Matantseva O.Y. Calculation of the price of the contract for the carriage of passengers on adjustable tariffs.....	44
Dugin G.S. Experience of innovation methods and it technology application for improvement functionality of urban community transport.....	51
Rathkeen L.S. Diversification of the transport infrastructure as one of the priorities of the strategy of the scientific and technological development on the example of the technologies of the steganographic blockchain.....	55
Penyaz I.M. Integration of control digital systems of interaction of the railway and sea port.....	58
The Information for Authors.....	63

Вниманию авторов и читателей!

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СБОРНИКА

(по состоянию на 12.01.2019 г.)

Наукометрический показатель	Значение
Двухлетний импакт-фактор в РИНЦ	0,509
Двухлетний импакт-фактор с учетом цитирования из всех источников	0,733
Пятилетний импакт-фактор в РИНЦ	0,277
Число статей за год в РИНЦ	131

Сборник занимает 38-е место в рейтинге SCIENCE INDEX по тематике «Транспорт».

РАЗВИТИЕ РЕГУЛЯРНОГО КОНТЕЙНЕРНОГО СООБЩЕНИЯ МЕЖДУ КИТАЕМ И РОССИЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕВРО-АЗИАТСКИХ МЕЖДУНАРОДНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ КОРИДОРОВ

Доктор экон. наук, профессор **Куренков П.В.**,
магистрант **Чжао Вэньсю**,
кандидат экон. наук, доцент **Кахриманова Д.Г.**
(Российский университет транспорта. РУТ-МИИТ)

кандидат техн. наук, доцент **Орлов А.Н.**
(Российская открытая академия транспорта. РОАТ-МИИТ)

кандидат экон. наук, доцент **Серяпова И. В.**
(Самарский Государственный Университет путей сообщения. СамГУПС)

DEVELOPMENT OF REGULAR CONTAINER MESSAGE BETWEEN CHINA AND RUSSIA USING EURO-ASIAN INTERNATIONAL TRANSPORT CORRIDORS

Doctor (Econ.), Professor **Kurenkov P. V.**,
Master **Zhao Wenxu**,
Ph.D. (Econ.), Associate Professor **Kakhrimanova D.G.**
(Russian University of Transport. RUT-MIIT)

Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Orlov A.N.**
(Russian Open Academy of Transport. ROAT-MIIT)

Ph.D. (Econ.), Associate Professor **Seryapova I.V.**
(Samara State University of Communication Routes. SamGUPS)

Международные транспортные коридоры, контейнерное сообщение, развитие, евро-азиатские связи, взаимодействие России и Китая.

International transport corridors, container traffic, development, Euro-Asian relations, interaction of Russia and China.

Рассматриваются первоочередные цели создания транспортных логистических центров в России: обработка на приграничных территориях контейнерных грузов (из Китая и ЕС), следующих в Россию, и их дальнейшая дистрибуция железнодорожным/автомобильным транспортом. В перспективе возможна аккумуляция контейнерных грузов на территории ТЛЦ для дальнейшей дозагрузки (пополнения) или транзитных контейнерных поездов, следующих по маршруту (оси) КНР - ЕАЭС - ЕС. Существует необходимость разработать методическое обеспечение и выполнить расчёты экономически рационального размещения ТЛЦ на сети железных дорог России.

The priority objectives for the creation of transport logistics centers in Russia are considered: the handling of container cargoes to Russia (from China and the EU) on the border areas and their further distribution by rail / road transport. In the future, the accumulation of containerized cargo on the territory of the TLC is possible for further reloading (replenishment) of transit container trains on the route (axis) of the PRC - EAEU - EU. There is a need to develop methodological support and perform calculations of the economically rational allocation of the TLC to the Russian railways network.

В связи с возрастающим объёмом перевозок грузов между Китаем и Россией транспортные компании стремятся расширить свои услуги в сообщении не только из Китая в Россию, но и в обратном направлении. В настоящее время еще существуют проблемы в организации и движении контейнерных поездов между Китаем и Россией – это высокие комплексные издержки, а также недостаточное соответствие спроса и предложения.

Китайские предприятия сталкиваются с отставанием в распределении заграничных сетей, отсутствием сети сбора и распределения грузов, подходящего для потребностей клиентов и осуществления поставок. Нехватка опорных ТЛЦ (транспортно-логистических центров) на территории России повышает общий пробег транспорта и, соответственно, транспортные расходы грузоотправителей, а также увеличивает время сбора и распределения грузов.

Стратегия развития железнодорожного транспорта РФ до 2030 г. предусматривает создание опорной сети ТЛЦ в ключевых регионах России. В этом ка-

честве могут рассматриваться грузовые терминалы, объединенные в иерархическую терминальную сеть, которая также окажет стимулирующее влияние на развитие контейнерных перевозок.

В данной статье выдвигается предложение создания иерархической сети ТЛЦ в России для международных контейнерных поездов «CHINA RAILWAY Express» (далее – «CR Express»), курсирующих в евро-азиатских международных транспортных коридорах (МТК).

Авторами впервые предложена сеть ТЛЦ в России для сбора и распределения грузов «CR Express» между Китаем и Россией с помощью Генетической алгоритмизации в среде MATLAB на языках программирования. Результаты исследования могут быть использованы в практике формирования контейнерных терминальных сетей, при эксплуатации ТЛЦ для повышения эффективности функционирования Единой транспортной системы, в исследовательских целях, в деятельности операторских, экспедиторских и других транспортно-логистических компаний.

Международный контейнерный поезд «CR Express»

В сентябре и октябре 2013 г. Председатель КНР Си Цзиньпин выдвинул инициативу по строительству «*Экономического пояса Шелкового пути*» и «*Морского Шелкового пути XXI века*» (далее: «Один пояс, один путь»). Эта идея привлекла пристальное внимание международного сообщества и нашла активный отклик у заинтересованных стран. Сильная сторона инициативы Китая «Один пояс, один путь» заключается в создании разнообразной и взаимосвязанной сети - укрепленной экономической системы по всей Евразии. Её активизация в будущем будут способствовать дальнейшему экономическому развитию в странах, расположенных по пути следования [1].

Более 95 процентов существующего объема перевозок между Азией и Европой в настоящее время перевозится по международным морским маршрутам на контейнерных судах. Инициатива «Один пояс, один путь», направленная на развитие Шелкового пути, предусматривает развитие в долгосрочной перспективе железнодорожных грузовых перевозок между Европой и Азией с использованием сухопутных маршрутов.

Одним из ключевых преимуществ континентально-го сотрудничества на пространстве Евразии является возможность развития транспортного потенциала и соответствующей инфраструктуры. Работа в данном направлении приведет к ряду положительных эффектов, главные из которых - использование транзитного потенциала стран, локализация промышленности вдоль трансевразийских транспортных коридоров, развитие экспорта и усиление связанности внутриконтинентальных государств и регионов. Основные игроки в этом процессе - Китай, Россия, Казахстан, Беларусь, страны ЕС.

«CHINA RAILWAY Express» - это Китайско-Европейский регулярный ускоренный контейнерный поезд, действующий в соответствии с фиксированными номерами поездов, маршрутами, частотами курсирования и графиками движения. Состав должен иметь не менее 41 контейнера (сорокафутовый эквивалент). Пятилетний «План развития для CHINA RAILWAY Express (2016 - 2020 гг.)» (далее: «План») ставит перед собой цель к 2020 году эксплуатировать по этим маршрутам до 5000 поездов в каждый год [2]. Создание контейнерного товарного поезда (блокчейн) для международного движения расширит железнодорожные грузовые связи между Китаем и Европой, «План», разработанный Национальной комиссией по развитию и реформам (NDRC), был составлен на основе 13-й пятилетки Китая (2016-2020 гг.).

Под инициативой «Один пояс, один путь» сеть обновленных транспортных маршрутов и новых торговых узлов будет проложена между Китаем и Европой. Регулярные ускоренные контейнерные поезда эксплуатируются Китайской железнодорожной корпорацией под единым логотипом «CRExpress» с целью повышения эффективности работы и взаимного признания результатов таможенного контроля. На данный момент «CRExpress» следуют по трем маршрутам [2]:

- (1) восточному - через пограничные переходы Маньчжоули и Суйфэнхэ на границе с Россией;
- (2) центральному - через Эрэн-Хото на границе с Монголией;
- (3) западному - через Алашанькоу и Хоргос на границе с Казахстаном.

В 2011 году первый контейнерный поезд начал пересекать обширное пространство между Китаем и Европой из города Чунцин (на юго-востоке Китая). В 2017 г. было перевезено 6637 составов между Китаем и Европой. По данным CRCT (China Railway Container Transport Corp., Ltd.), в 2017 г. количество действующих регулярных железнодорожных маршрутов между Китаем и Европой достигло 61: из Китая в Европу действовало 44 регулярных маршрута, из Европы в Китай - 17 регулярных маршрутов. Они пролегают через 13 стран и 36 городов [3].

Срок доставки является основным преимуществом железнодорожного пути, поскольку среднее транзитное время, затраченное на весь маршрут, составляет 15-17 дней вместо 35-40 дней для морского варианта транспортировки.

В таблице 1 приведено количество контейнерных поездов «CR Express», проследовавших с 2011 г. по 2017 г.

Таблица 1.

Количество «CR Express» между Китаем и Европой

Год	Количество поездов			Доля возвратных поездов в курсирующих
	Всего	Из Китая	В Китай	
2011	17	17	0	0.00 %
2012	42	42	0	0.00 %
2013	80	80	0	0.00 %
2014	308	280	28	10.00 %
2015	815	550	265	48.20 %
2016	1702	1130	572	50.60 %
2017	3673	2399	1274	53.11 %
Всего	6637	4498	2139	-

Источник: <http://www.crct.com/>

Из таблицы 1 видно, что объем контейнерных перевозок по сухопутным маршрутам Китай – ЕАЭС - Европа ежегодно растет, хоть и с очень низкой базы. Среди них возвратные поезда достигли прорыва 0 в 2014 году, а доля возвратных поездов также увеличивалась из года в год. По-прежнему остается значительный дисбаланс в количестве железнодорожных контейнерных отправок из Китая в Европу и в обратном направлении. Западное направление (Китай - Европа) активизировалось, но необходимо заполнять поезда, которые возвращаются из Европы.

Анализ существующей сети ТЛЦ в Европе для возможного курсирования «CR Express»

Ряд стран ЕС, связанных с Азией железнодорожными маршрутами, хотя и не массово, но уже начали пользоваться преимуществами евро-азиатских МТК. Европейские транспортные компании, логисты и потребители транспортных услуг осторожно относятся к новым возможностям трансконтинентального транзита, а в некоторых случаях не обладают достаточной информацией (в том числе по условиям перевозки, стоимости, срокам доставки грузов и т. п.) [4].

В Китае в разных провинциях существуют крупные операторы логистики. Варианты обслуживания операторов логистики могут быть следующими: публичный

контейнерный поезд для разных предприятий, специальный контейнерный поезд для предприятия и консолидация товаров в одном контейнере.

Zhengzhou International Hub Development and Construction Co., Ltd является государственным предприятием, принадлежащим Чжэнчжоу, провинция Хэнань. Компания имеет полные логистические сети железнодорожных, автомобильных, морских и воздушных перевозок. 20 марта 2014 года компания создала в Германии дочернюю компанию ZZH International Multimodal

Transport GmbH, которая отвечает за создание сети сбора и распределения в Европе для «CR Express (Чжэнчжоу)». Город Гамбург создан как ТЛЦ первого уровня, а города Варшава, Марасевич, Брест, Париж, Милан, Дуйсбург и Прага созданы как ТЛЦ второго уровня [5].

На рисунке 1 приведено размещение сети ТЛЦ в Европе. Для создания этих ТЛЦ в основном учитывали преимущества географических мест и не использовали научные методы для планирования.



Рис. 1. Сеть ТЛЦ «CR Express (Чжэнчжоу)»

(Движение едущего контейнерного поезда и обратного контейнерного поезда проходит по каждому из направлений сети ТЛЦ)

Исследование и анализ сети ТЛЦ для кулирования «CR Express»

Сюй Иньмин [6], Ян Линг [7], Чэнь Ронг [8], Гу Лонгто [9] высказали предложения по оптимизации и интеграции схем CR Express. Они считали, что государственная субсидия должна быть постепенно отменена. Однако они не предлагали конкретно реализовать рекомендации и не нуждались в количественном планировании и исследованиях.

В 2010 году Ван Вэй построил математическую модель выбора местоположения мультимодальной транспортной сети, основанной на разделении сферы бизнеса для Нового Евразийского континентального моста [10].

В 2012 году, изучив транспортную сеть в Чунцине, Шоу Цихань [11] предложил систему индексных оценок мультимодальных перевозок ноутбуков в Европу и построил модель выбора маршрутизации, основанную на сером реляционном анализе (GRA) и АНР.

В 2015 году Цинь Хуаньхуань и Цинь Шэн [12] исследовали существующую структуру грузов CR Express и использовали теорию стоимостного анализа для трех видов высокодоходных капиталоемких товаров потенциального груза «CR Express». Мо Хуэй, Ван Цзяо и Сон Чжоуинь [13] построили модель конкуренции мультимодальных перевозок и провели региональный экономический анализ для «CR Express». Результаты показали, что Сибирский ф.о., Уральский ф.о., Приволжский ф.о. и

Центральный ф.о. являются регионами со значительными преимущественными экономическими выгодами.

В 2016 году Гао Япин [14] изучила транспортные маршруты между Евразией, выбрала железнодорожные линии, соединенные в фактическую железнодорожную сеть, и получила кратчайшие транспортные маршруты между двумя местами по методам оперативных исследований. Посредством процесса сбора товаров, фидерной перевозки, погрузки и разгрузки, магистральной перевозки, таможенного оформления, Чань Сянхуа [15] создала имитационную модель для «CR Express» и провела количественную оценку фактической работы результатов поезда.

В 2017 году Ван Яньбо [16] предложила усилить строительство логистической инфраструктуры, а китайские предприятия - поощрять к укреплению строительства логистических баз, распределительных центров и зарубежных складов за счет приобретений, совместных предприятий и сотрудничества в крупных иностранных городах.

В 2018 году, Ян Цзе и Ма Бин [17] проанализировали сотрудничество между Китаем и АО «РЖД Логистика» и предложили Китаю в полной мере сотрудничать с иностранными крупными логистическими компаниями и портовыми компаниями, чтобы иностранные операторы логистики могли играть большую роль в сборе грузов.

Доклад «Транспортные коридоры Шелкового пути: потенциал роста грузопотоков через ЕАЭС» опубликован Евразийским Банком Развития в апреле 2018 года. Доклад содержит результаты количественной оценки перспектив роста грузопотока по оси Китай - ЕАЭС - ЕС. В работе дана характеристика общих тенденций развития грузоперевозок с учетом товарной структуры и используемого вида транспорта. Особое внимание уделено факторам, оказывающим влияние на динамику грузопотоков [4].

В мае 2018 года доклад «Транспортные коридоры Шелкового пути: анализ барьеров и рекомендации по направлению инвестиций» опубликован Евразийским Банком Развития. В этом докладе установлено, что одно из перспективных направлений инвестиционной деятельности на территории стран ЕАЭС – создание опорных транспортных хабов / терминально-логистических центров (ТЛЦ) на территории России, Казахстана и Беларуси [18].

Развитие железнодорожных перевозок контейнерных грузов по двум направлениям (Китай - Россия)

Для Китая стратегически важно преодолеть несбалансированность в экономическом развитии внутренних регионов страны и, прежде всего, нивелировать отставание западных провинций от восточных.

Для стран ЕАЭС (Евразийский экономический союз) сопряжение с китайской инициативой ЭПШП (Экономический пояс Шелкового пути) также носит актуальный характер. Главное в этом вопросе - решение внутренних проблем транспортно-логистической инфраструктуры, контейнеризации экономик и оптимизации регулирования отрасли, таможенного администрирования и т. д. Это приведет к интенсивному наращиванию внутренних межрегиональных грузоперевозок, повысит связанность регионов, улучшит логистическую позицию регионов, не имеющих выхода к морю, – российских Урала и Сибири, а также всей Центральной Азии [4].

В Китае в последние годы многие провинции запускают контейнерные поезда в Россию. Срок доставки 10-16 дней. Маршрут Дунгуань - Калуга курсирует 3 раза за неделю. Есть также некоторые маршруты, такие как Иу – Челябинск и Инкоу – Екатеринбург, где частота нестабильна.

Согласно статистике РЖД объем импортных железнодорожных контейнерных поставок из Китая в последние годы находится на уровне 200–250 тыс. TEU в год. Основная часть железнодорожных контейнерных грузов из Китая поставляется с перевалкой через морские порты (мультимодальные поставки). В то же время, через пропускные пункты на границе с Китаем направляется примерно четверть совокупного импортного контейнеропотока (55 тыс. TEU в 2016 году). Практически все импортные железнодорожные контейнерные поставки из Китая (как и в Китай) через сухопутную границу осуществляются через Забайкальск (90–98 %) и Достык (в 2016 году доля выросла до 9 %). Через остальные погранпункты грузопоток в настоящее время минимален. Товарная структура грузопотока на 95 % формируется группой «остальные грузы» номенклатуры РЖД.

В составе поездов из Китая в Россию обычно находится 41 контейнер (сорокафутовый эквивалент) с продуктами питания, бытовой техникой, запасными частями для автомобильной промышленности, оргтехники и продукцией легкой промышленности.

Растущий удельный вес контейнерных грузов в структуре железнодорожного импорта России из Китая (по данным статистики РЖД, достигший в последние годы 60 %) имеет значительный потенциал для дальнейшего увеличения, особенно по «остальным грузам», поток которых может быть практически полностью контейнеризован.

Курсирование «CR Express» в направлении России – Китая

В России крупными операторами логистики для организации контейнерных поездов являются АО «РЖД Логистика», АО «ОТЛК» и ПАО «ТрансКонтейнер».

6 декабря 2010 года состоялось официальная церемония открытия русско-китайского совместного предприятия ООО «Рейл-Контейнер», учредителями которого являются ОАО «ТрансКонтейнер» (49 %) и Китайская железнодорожная компания международных мультимодальных перевозок (CRIMT, 51 %). В августе 2014 года на базе склада временного хранения на станции Забайкальск, расположенной на российско-китайской границе, создан таможенно-логистический терминал. В январе 2016 года в рамках международного проекта «Новый шелковый путь» ОАО «РЖД» и ПАО «ТрансКонтейнер» совместно с китайскими партнерами отправили первый контейнерный поезд Порт Далянь (Китай) – Ворсино (индустриальный парк в Калужской области) через пограничный переход Забайкальск. В августе 2016 года ПАО «ТрансКонтейнер» и АО «РЖД Логистика» начали тестирование новой технологии железнодорожных перевозок скоропортящихся грузов из Китая в Россию. Первый рефрижераторный поезд отправлен из Даляня в Москву 8 августа. В ноябре 2016 года, ПАО «ТрансКонтейнер» в сотрудничестве с китайскими и латвийскими железными дорогами провел первый тестовый поезд по маршруту Иу (Китай) - Забайкальск - Рига. В марте 2017 года ПАО «ТрансКонтейнер» совместно с партнерами из Казахстана и Китая запустили контейнерный поезд из Синьцзян-Уйгурского автономного района Китая в Россию транзитом по территории Казахстана через погранпереходы Алтынколь/Достык. В октябре 2017 года ПАО «ТрансКонтейнер» открыло дочернее общество – Trans Container Freight Forwarding (Shanghai) Co., Ltd - на территории КНР в пилотной зоне свободной торговли Шанхая.

АО «РЖД Логистика» - крупнейший на территории СНГ и стран Балтии мультимодальный логистический оператор. Он создан в целях развития логистического направления бизнеса холдинга РЖД. «РЖД Логистика» организует регулярные еженедельные импортные и экспортные отправки генеральных и сборных грузов из Китая в Россию и из России в Китай.

Первый контейнерный экспортный поезд Ворсино – Далянь был пущен в апреле 2017 года. В сентябре 2017 года «РЖД Логистика» расширила географическую экспансию, открыв «круговой» железнодорожный маршрут Ворсино–Чэнду–Ворсино (рисунок 2). В декабре 2017 года сервис был дополнен маршрутом Пекин – Самара – Пекин. Перевозки реализовывались в рамках проекта Российского экспортного центра (РЭЦ) при поддержке несырьевых экспортоориентированных компаний. Транспортировка грузов в Китай также осуществляется при поддержке ПАО «ТрансКонтейнер», ОАО «РЖД» и терминала «FreightVillage RU») [19]. Помимо доходного бизнеса, который смогли сделать китайские компании, увеличение потока товаров из

России в Китай существенно снизило финансовое бремя логистических компаний КНР. Российские товары могли бы решить вопрос обратной загрузки китайских поездов, возвращающихся из Европы. Кроме того, это способствовало бы развитию логистической инфраструктуры, в том числе дельты реки Чжуцзян.

Согласно данным российской внешнеторговой статистики, лишь около 1 % объема российского железнодорожного экспорта в Китай поставляется в контейнерах (150–200 тыс. т в год, нетто). Статистика РЖД включает в объемы железнодорожного экспорта мультимодальные поставки экспортных грузов в Китай (железнодорожный/морской или железнодорожный/автомобильный транспорт), а также учитывает вес самих контейнеров, она показывает более высокий удельный вес контейнерных грузов - на уровне 2–4 %.

Анализ статистики РЖД по экспортным железнодорожным контейнерным поставкам из России в Китай, выраженным в TEU (учет ведется с 2010 года), показывает, что их объем вырос в 2,5 раза - с 69 тыс. TEU в 2010 году до 171 тыс. TEU в 2016 году. При этом через пропускные пункты на границе с Китаем направляется лишь 10–20 % этого контейнеропотока (21 тыс. TEU в 2016 году) [4].

Основная часть железнодорожных контейнерных грузов поставляется в Китай с перевалкой через морские порты (мультимодальные поставки). Практически все железнодорожные контейнерные поставки в Китай

через сухопутную границу проходят через Забайкальск (80–100 %, доля снижается) и Гродеково (в 2016 году доля выросла до 18 %). Через остальные погранпункты, в том числе на границе Китая с Казахстаном, грузопоток в настоящее время практически отсутствует. Что касается товарной структуры этого грузопотока, то до 2015–2016 годов он практически полностью (на 93–99 %) формировался группой «остальные грузы» (согласно классификации грузов в статистике РЖД). Однако в 2016 году половина поставок уже приходилась на «лесные грузы» и половина — на «остальные грузы» [4].

С точки зрения развития контейнерного железнодорожного экспорта из России в Китай в кратко- и среднесрочной перспективе наиболее потенциально привлекательной позицией является товарная группа 84 ТН ВЭД «Машины и оборудование» (в статистике РЖД относится к группе «остальные грузы»). В настоящее время объемы поставок и удельный вес их незначительны. Вместе с тем имеются резервы по их наращиванию, особенно по мере развития производственной кооперации между российскими и китайскими машиностроительными предприятиями. Объемы российского импорта из Китая, обслуживаемого железнодорожным транспортом, согласно данным российской внешнеторговой статистики, составляют около 2 млн. т в год. Примерно четверть объемов железнодорожных поставок из Китая в Россию обеспечивает машинотехническая продукция [4].



Рис. 2. Импортные маршруты из Чэнду/Гуанчжоу/Нанкин/ Далянь в Ворсино

Необходимость создания иерархической сети ТЛЦ в России для пуска «CR Express»

Возможности для железнодорожного обслуживания растут, так как производство в Китае переходит от прибрежной зоны к внутренним территориям. Объем контейнерных перевозок по сухопутным маршрутам Китай - ЕАЭС - Европа ежегодно растет. Сообщение Китай – Россия является перспективным направлением перевозок контейнеропригодных грузов.

Нехватка опорных ТЛЦ на территории России повышает общий пробег транспорта и, соответственно, транспортные расходы грузоотправителей, а также увеличивает время аккумуляции и дистрибуции грузов.

Необходимость создания транспортно-логистических центров для «CR Express» была вызвана с целью повышения эффективности и сокращения расходов. В структуре перевозок по сети РЖД грузы в контейнерах занимают всего 2 % грузооборота и 6 % стоимостных объемов. По уровню контейнеризации Россия уступает США более чем в 2 раза, а Китаю – более чем в 3 раза. Нереализованный потенциал связан с инфраструктурными ограничениями. Остро проявляются проблемы недоинвестирования в контейнерные станции (логистические центры) и нехватки малой и средней механизации для обработки грузов. В части регионов России станции работают либо только на прием контейнеров,

либо только на отправление. В некоторых регионах перевалка грузов осуществляется автотранспортом – это дорого, а альтернативы нет [23].

В России формирование транспортно-логистических узлов идет стихийно, простым скоплением объектов транспортно-логистического и торгового бизнеса, при отсутствии научно обоснованного проектирования.

Из-за масштабов территории расстояния транспортировки грузов по территории РФ значительно выше, чем в любой другой стране мира (по данным ОАО «ТрансКонтейнер», средняя дальность транспортировки груженого 20 футового контейнера составляет около 4 000 км), что определяет специфику транспортных задач и необходимость формирования сетевой логистической системы.

В настоящий момент существуют несколько проблем (рисунок 3):

1. Низкая частота курсирования.

Основным контрагентом Китая в Европе выступает Германия: около 60 % контейнерных поездов на маршрутах Китай - Европа составляют поезда, следующие между Китаем и Германией. По сравнению с Германией, поезда между Китаем и Россией курсируют с низкой частотой.

2. Высокая стоимость перевозки.

Рост контейнеропотока во многом обеспечен субсидиями железнодорожных перевозок в Китае. Основные грузы – это товары широкого потребления, производство которых находится в центральной и южной частях Китая. Чтобы загрузить ими Транссиб, контейнерные поезда из центральных и южных районов Китая нужно сначала доставить в Северный Китай, что увеличит

стоимость перевозки по территории КНР. В этом случае на принятие решения грузоотправителем по выбору маршрута влияние будет оказывать стоимость внутри китайской перевозки. Тогда загруженность Транссиба попадает в зависимость от конъюнктуры рынка другой страны, что невозможно контролировать.

Как отмечает Brinza [20], средний размер субсидий варьируется по регионам и составляет \$3500–4000 на FEU при уровне тарифа на транспортировку контейнера из Китая в Европу около \$9000; с учетом субсидирования он снижается до \$5000. Аналогичная оценка приводится в Moss [21]: около \$5000 за транспортировку контейнера по железной дороге из Чэнду в Гамбург. Эти данные коррелируют с систематизированной информацией, приведенной в публикации Besharatietal [22]. В целом размер региональных субсидий варьируется от \$1500 до \$7000 за FEU. Получается, что де-факто такое субсидирование позволяет «обнулять» провозную плату по китайской территории.

В Китае наблюдается тенденция сокращения субсидий. Снижение стоимости перевозки для предприятий является актуальной задачей и важной конкурентоспособностью.

3. Несбалансированность контейнеропотоков из Китая в Россию и обратно.

Контейнеры зачастую возвращаются в Китай порожними. Дисбаланс железнодорожных контейнерных грузопотоков в 2016 году составил 109 тыс. TEU.

Нехватка опорных ТЛЦ на территории России повышает общий пробег транспортных средств и, соответственно, транспортные расходы грузовладельцев, а также увеличивает время аккумуляции и дистрибуции грузов.



Рис. 3. Необходимость создания терминальной сети ТЛЦ

Первоочередными целями создания ТЛЦ в России должны стать:

1) обработка на приграничных территориях контейнерных грузов (из Китая и ЕС), следующих в Россию, и их дальнейшая дистрибуция железнодорожным/автомобильным транспортом;

2) аккумуляция контейнеропригодных грузов на территории ТЛЦ и их дальнейший экспорт железнодорожным/автомобильным транспортом в Китай и страны ЕС;

3) аккумуляция в перспективе контейнерных грузов на территории ТЛЦ для дальнейшей дозагрузки (пополнения) ими транзитных контейнерных поездов, следующих по маршруту (оси) КНР - ЕАЭС - ЕС.

Необходимо разработать методическое обеспечение

и выполнить расчёты экономически рационального размещения ТЛЦ на сети железных дорог России с использованием материалов, опубликованных в источниках [24–28].

Литература

1. Канцелярия руководящей рабочей группы. Совместное строительство «Одного пояса, одного пути»: идея, практика и вклад Китая. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.yidaiyilu.gov.cn/> (дата обращения: 31.05.2018)
2. Национальной комиссией по развитию и реформам (NDRC). «План развития для CHINA RAILWAY Express (2016 - 2020 гг.)». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.yidaiyilu.gov.cn/> (дата обращения: 31.05.2018).

3. China Railway Container Transport Co., Ltd. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.crct.com/> (дата обращения: 31.05.2018).
4. Винокуров Е.Ю., Лобырев В.Г., Тихомиров А.А., Цукарев Т.В. Транспортные коридоры Шелкового пути: потенциал роста грузопотоков через ЕАЭС.- СПб.: ЦИИ ЕАБР, 2018.- 74 с. ISBN 978-5-906157-43-0.
5. Zheng zhou International Hub Development and Construction Co., Ltd. [Электронный ресурс]. URL: <http://en.zzguojilugang.com> (дата обращения: 31.05.2018).
6. Сюй Иньмин. Прощупывание пути развития «CR Express» с точки зрения инициативы «Один пояс, один путь» // Юго-западный финансовый.- 2015.- № 10.- С.70-73.- Кит.
7. Ян Линг. Исследование моделей эксплуатации обратных контейнерных поездов «CR Express (Чунцин)» из Европы // Современная экономическая информация.-2014.- № 16.- С.391-392.- Кит.
8. Чэнь Ронг, Ши Гоцзинь. Размышления о создании брендов «CR Express» // Железнодорожный транспорт и экономика.-2015.- № 11.- С.71-74.
9. Гу Лонгго. Размышления об оптимизации и построении «CR Express» с точки зрения континентального моста // Континентальный мост. – 2015.- № 5.- С.46-49.- Кит.
10. Ван Вэй. Исследование по организации и оценке сети мультимодальных грузовых перевозок для нового Евразийского континентального моста // ВКР Beijing Jiaotong University.- 2010.- Кит.
11. Шоу Цихань. Исследование выбора маршрута перевозки ноутбуков из Чунцин в Европу// ВКР Chongqing Jiaotong University.- 2012.- Кит.
12. Цинь Хуаньхуань, Цинь Шэн. Анализ источника грузов «CR Express» на основе стоимости грузов // Железнодорожная перевозка.-2016.- № 34.- С.13-19.- Кит.
13. Мо Хуэй, Ван Цзяо и Сон Чжоуинь. Граница экономической адаптации международной контейнерной перевозки на экономическом поясе Шелкового пути // Прогресс в географии.-2015.- № 34.- С.581-588.- Кит.
14. Гао Япин. Исследование экономического транспортного маршрута на экономическом поясе Шелкового пути моста // ВКР Beijing Jiaotong University.- 2016.- Кит.
15. Чань Сянхуа. Моделирование курсирования «CR Express» на основе перевалки Сиань// ВКР Changan University.- 2016.- Кит.
16. Ван Яньбо. Исследование развития «CR Express» // Железнодорожный транспорт и экономика.-2017.- № 39.- С.41-45.- Кит.
17. Ян Цзе, Ма Бин. Иностранные операторы: незаменимые участники деятельности «CR Express» // Известия.-2018.- Кит.
18. Винокуров Е.Ю., Лобырев В.Г., Тихомиров А.А., Цукарев Т.В. Цукарев. Транспортные коридоры Шелкового пути: анализ барьеров и рекомендации по направлению инвестиций. — СПб.: ЦИИ ЕАБР, 2018.- 50 с. ISBN 978-5-906157-44-7.
19. Российский экспортный центр. [Электронный ресурс]. URL: https://www.exportcenter.ru/press_center/news/rets-razvivaet-novyy-zheleznodorozhnyy-marshrut-v-kitay/ (дата обращения: 31.05.2018)
20. Brinza, A. China's Continent-Spanning Trains Are Running Half-Empty. ForeignPolicy, June 5. [Электронный ресурс]. URL: <http://foreignpolicy.com/2017/06/05/chinas-continentspanning-trains-are-running-half-empty-one-belt-one-road-bri/> (дата обращения: 31.05.2018).
21. Moss, T. China Now Has a Rail Link Into the Heart of Europe. FoxBusiness, May 11. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.foxbusiness.com/features/2017/05/11/china-nowhas-rail-link-into-heart-europe.html> (дата обращения: 31.05.2018)
22. Besharati, B., Gansakh, G., Liu, F., Zhang, X. and Xu, M. The Ways to Maintain Sustainable China - Europe Block Train Operation. Business and Management Studies 3 (3), 2017. [Электронный ресурс]. URL: <http://redfame.com/journal/index.php/bms/article/view/2490> (дата обращения: 31.05.2018)
23. Винокуров Е. Экономический пояс Шелкового пути: шапкозакидательство неуместно // РЖД-Партнер.- 2017.- С.16–17. [Электронный ресурс]. URL: <https://eabr.org/analytics/research-articles/e-vinokurov-2016-ekonomicheskii-poyas-shelkovogo-puti-shapkozakidatelstvo-neumestno-rzhd-partner-11-/> (дата обращения: 31.05.2018).
24. Вакуленко С.П., Куренков П.В. Интермодальные и мультимодальные перевозки в транспортных коридорах Европы и Азии // Железнодорожный транспорт.- 2016.- № 6.- С.73-77.
25. Куренков П.В., Москвичев О.В., Москвичева Е.Е. Концептуально новая транспортно-технологическая схема работы с контейнерами на транспорте // Бюллетень транспортной информации.- 2009.- № 1 (163).- С.22-25.
26. Покровская О.Д., Самуйлов В.М., Неволлина А.Д. Инфраструктура международных транспортных коридоров // Инновационный транспорт.- 2013.- № 3 (9).- С.33-37.
27. Холопов К.В. СМГС: новые правила международных железнодорожных перевозок грузов. Что обязательно надо знать об этом экспортеру // Российский внешнеэкономический вестник.- 2016.- № 5.- С.71-81.
28. Холопов К.В., Соколова О.В. Проблемы функционирования и основные направления построения и регулирования российского рынка международных транспортно-логистических и транспортно-экспедиторских услуг // Российский внешнеэкономический вестник.- 2016.- № 1.- С.68-81.

Сведения об авторах

Куренков Петр Владимирович, д.э.н., профессор, зам. директора Института управления и информационных технологий (РУТ - МИИТ).

Тел. +7-925-259-33-30.

E-mail: petrkurenkov@mail.ru

Вэньсю Чжао, магистрант каф. «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы» РУТ-МИИТ.

Тел. +7-969-087-50-97

E-mail: vensyu@mail.ru

Кахриманова Диана Габибулаевна, к.э.н., доцент каф. «Международный трансп. менеджмент и управление цепями поставок» РУТ-МИИТ.

Тел. +7-967-099-20-33

E-mail: aleks-astaf@yandex.ru

Орлов Александр Николаевич, к.т.н., доцент каф. «Эксплуатация железных дорог» Российской открытой академии транспорта (РОАТ-МИИТ).

Тел. +7-903-281-74-78

Серяпова Ирина Вениаминовна, к.э.н., доцент каф. «Логистика и менеджмент» Самарского гос. Университета путей сообщения (СамГУПС)

Тел. +7-937-640-71-81

E-mail: plushka_91.62@mail.ru

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ И ПРЕИМУЩЕСТВА ТРАНССИБИРСКОЙ МАГИСТРАЛИ В ОСВОЕНИИ ТРАНЗИТНЫХ ГРУЗОПОТОКОВ

Кандидат экон. наук, доцент **Сакульева Т.Н.**
(Государственный университет управления)

HISTORY OF DEVELOPMENT AND ADVANTAGE OF TRANS-SIBERIAN RAILWAY IN MASTERING OF TRANSIT TRAFFICS

Ph. D. (Econ.), Associate Professor **Sakulyeva T.N.**
(State University of Management)

Транссибирская магистраль, транспортная инфраструктура, грузопоток, контейнерные поезда, транспортный коридор.

Trans-Siberian railway, transport infrastructure, cargo, container trains, transport corridor.

В статье исследуется исторический путь развития Транссибирской магистрали с момента необходимости ее строительства по настоящее время. Магистраль проходит по территории 20 субъектов Российской Федерации и 5 федеральных округов. Эти богатые природными ресурсами регионы располагают значительным экспортным и импортным потенциалом. Повышение конкурентоспособности транспортного коридора «Транссиб» связано с максимально возможным использованием преимуществ этого коридора в освоении транзитных грузовых перевозок из Европы в страны АТР.

The article deals with the historical path of development of the Trans-Siberian Railway since the need of its construction to the present day. The Highway passes through 20 constituent entities of the Russian Federation and 5 Federal districts. These resource-rich regions have considerable export and import capabilities. Improving the competitiveness of transport corridor "Transsib" linked to the best possible advantage of this corridor in the development of transit cargo transportation from Europe to the countries of the Asia-Pacific region.

В начале XX века гигантские районы Западной Сибири, Восточной Сибири и Дальнего Востока оставались оторванными от европейской части Российской Империи, поэтому возникала необходимость в организации пути, по которому можно было добраться туда с минимальными затратами времени и средств. Возникла необходимость проведения железнодорожных путей через Сибирь. В 1857 году генерал-губернатор Восточной Сибири Н. Н. Муравьев-Амурский официально поставил вопрос о необходимости строительства железной дороги на сибирских окраинах России.

Правительство дало разрешение на строительство дороги только к 80-ым годам. Причем согласилось самостоятельно финансировать строительство, без вмешательства иностранных спонсоров. Строительство Транссибирской магистрали потребовало колоссальных вложений. По предварительным расчетам Комитета по сооружению Сибирской железной дороги, её стоимость определялась в 350 млн. рублей золотом [3].

В 1887 году была отправлена специальная экспедиция под руководством Н. П. Меженинова, О. П. Вяземского и А. И. Урсати для того, чтобы определить оптимальную трассу для прохождения будущей железной дороги.

Наиболее острой и трудноразрешимой была проблема обеспечения строительства Транссибирской магистрали рабочей силой. Выходом было направление на обязательные работы так называемой «армии постоянного трудового резерва». Значительную часть строителей составляли арестанты и солдаты. Невыносимо тяжёлыми были жилищные условия рабочих. Они размещались в тесных, грязных бараках без полов. Все работы производились вручную, орудия труда были самые

примитивные – топор, пила, лопата, кайло и тачка. Ежегодно прокладывалось около 500-600 километров железнодорожного пути. Несмотря на каждодневную и изнурительную борьбу с силами природы, рабочие-строители и инженеры с честью справились с задачей сооружения Великого Сибирского Пути в короткий срок.

К 90-ым годам были практически завершены Среднесибирская, Забайкальская и Южно-Уссурийская железные дороги. В феврале 1891 года Комитет министров признал возможным начать работы по сооружению Великого Сибирского пути.

Строить магистраль наметили в три этапа. Первый этап – это Западно-Сибирская дорога. Второй этап – Забайкальская дорога от Мысовой до Сретенска. Третий этап – Кругобайкальская дорога от Иркутска до Хабаровска.

В 1891 году был создан Комитет по сооружению Сибирской железной дороги, который вынес постановление о необходимости строительства магистрали русскими мастерами из отечественных материалов, а также утвердил облегченные технические условия ее возведения.

19 мая 1891 года во Владивостоке состоялась торжественная церемония закладки Уссурийской железной дороги – первого звена Транссибирской магистрали (Транссиба) [3]. Сооружение Транссибирской магистрали происходило в суровых природно-климатических условиях. Почти на всём протяжении трасса прокладывалась по малозаселенной или безлюдной местности, в непроходимой тайге. Она пересекала могучие сибирские реки, многочисленные озера, районы повышенной заболоченности и вечной мерзлоты. Исключительные

трудности для строителей представлял участок дороги вокруг оз. Байкал. Чтобы проложить дорогу, взрывали скалы и возводили искусственные сооружения.

В середине пятидесятых годов на востоке страны была проложена новая, параллельная ветка от Абакана до Комсомольска-на-Амуре. Из стратегических соображений эта линия проходит намного севернее, на безопасном удалении от китайской границы [7].

21 октября 1901 года началось рабочее движение поездов по Транссибу, после того как было уложено «золотое звено» на последнем участке строительства Китайско-Восточной железной дороги.

Регулярное сообщение между столицей империи – Санкт-Петербургом и тихоокеанскими портами России – Владивостоком и Дальним по железной дороге было установлено в июле 1903 года, когда Китайско-Восточная железная дорога, проходящая через Маньчжурию, была принята в постоянную эксплуатацию.

Дата 1 июля 1903 года ознаменовала собой также ввод Великого Сибирского Пути в строй на всём его протяжении, хотя в рельсовом пути был перерыв: через Байкал приходилось переправлять поезда на специальном пароме [3].

Непрерывный рельсовый путь между Санкт-Петербургом и Владивостоком появился после начала рабочего движения по Кругобайкальской железной дороге 18 сентября 1904 года, а спустя год, 16 октября 1905 года, Кругобайкальская дорога, как отрезок Великого Сибирского Пути, была принята в постоянную эксплуатацию. Регулярные пассажирские поезда впервые в истории получили возможность следовать только по рельсам, без использования паромных переправ, от берегов Атлантического океана (из Западной Европы) до берегов Тихого океана (до Владивостока) [3].

Конец строительства на территории Российской империи – 5 октября 1916 года. С пуском в эксплуатацию моста через Амур близ Хабаровска началось движение поездов по этому мосту.

Вся Транссибирская магистраль делится на несколько участков:

Уссурийская дорога,
Западно-Сибирская дорога,
Средне-Сибирская дорога,
Забайкальская дорога,
Маньжурская дорога,
Кругобайкальская дорога,
Амурская дорога.

Уссурийская железная дорога, общей протяжённостью 769 км с тридцатью девятью отдельными пунктами, вступила в постоянную эксплуатацию в ноябре 1897 года. Она стала первой железнодорожной магистралью на Дальнем Востоке.

Строительство **Западно-Сибирской дороги** началось в июне 1892 года. За исключением водораздела между Ишимом и Иртышом, она проходит по равнинной местности. Дорога поднимается лишь на подходах к мостам через большие реки. Только для обхода водоёмов, оврагов и при пересечении рек трасса отклоняется от прямого направления.

Средне-Сибирская дорога началась строиться в январе 1898 года. На ее протяжении встречаются мосты через реки Томь, Ия, Уда, Кия. Уникальный мост через Енисей проектировал выдающийся мостовик – профессор Л. Д. Проскуряков.

Забайкальская железная дорога — это часть Великой Сибирской магистрали, которая начинается от станции Мысовой на Байкале и заканчивается у пристани Сретенск на Амуре. Трасса проходит по берегу Байкала, пересекает многочисленные горные реки. Сооружение дороги началось в 1895 году под руководством инженера А. Н. Пушечникова.

После подписания соглашения между Россией и Китаем началось строительство **Маньжурской дороги**, соединяющей Сибирскую магистраль с Владивостоком. Новая дорога протяжённостью 6503 километра позволила открыть сквозное железнодорожное движение от Челябинска до Владивостока.

Кругобайкальский участок начали возводить в самую последнюю очередь (в 1900 году), так как это самый трудный и дорогостоящий район. Строительство сложнейшего участка дороги между мысами Асломовым и Шаражангаем возглавил инженер А. В. Ливеровский. Длина этой магистрали составляет восемнадцатую часть общей длины дороги, а строительство его потребовало четвертой части от всех затрат на дорогу. На протяжении всего пути поезд проходит двенадцать тоннелей и четыре галереи.

В 1906 году начались работы над трассой **Амурской дороги**, которая делится на Северо-Амурскую (от станции Керак до реки Бурей протяжённостью 675 километров с ветвью на Благовещенск) и Восточно-Амурскую линию.

В 1990-х – 2000-х годах был проведён ряд мероприятий по модернизации Транссиба, призванных увеличить пропускную способность магистрали. В частности, был реконструирован железнодорожный мост через Амур у Хабаровска, в результате чего был ликвидирован последний однопутный участок Транссиба. В 2002 году завершена полная электрификация магистрали.

11 января 2008 года Китай, Монголия, Россия, Белоруссия, Польша и Германия заключили соглашение о проекте оптимизации грузового сообщения Пекин – Гамбург [3].

Транссибирская железнодорожная магистраль (Транссиб), Великий Сибирский Путь (историческое название) – железная дорога через Евразию, соединяющая Москву (южный ход) и Санкт-Петербург (северный ход) с крупнейшими Восточно-Сибирскими и Дальневосточными промышленными городами России.

Фактическая протяжённость Транссибирской магистрали по главному пассажирскому ходу составляет 9288,2 км (примерно 5772 мили). По этому показателю она является самой длинной на планете, пересекая по суше почти всю Евразию [3].

Высшая точка пути – Яблоновый перевал (1019 м над уровнем моря).

Исторически Транссибом является лишь восточная часть магистрали, от Челябинска (Южный Урал) до Владивостока. Её длина – около 7 тыс. км. Именно этот участок был построен с 1891 по 1916 годы.

В настоящее время Транссиб объединяет Европейскую часть, Урал, Сибирь и Дальний Восток России. Транссибирская магистраль соединяет российские западные, северные и южные порты, а также железнодорожные выходы в Европу (Санкт-Петербург, Мурманск, Новороссийск), с одной стороны, с тихоокеанскими портами и железнодорожными выходами в Азию (Владивосток, Находка, Забайкальск) – с другой.

Магистраль проходит по территории 20 субъектов Российской Федерации и 5 федеральных округов. Эти богатые природными ресурсами регионы располагают значительным экспортным и импортным потенциалом. В регионах, обслуживаемых магистралью, добывается более 65% производимого в России угля, осуществляется почти 20% нефтепереработки и 25% выпуска деловой древесины. Здесь сосредоточено более 80% промышленного потенциала страны и основных природных ресурсов, включая нефть, газ, уголь, лес, руды черных и цветных металлов и др. На Транссибе расположено 87 городов, из которых 14 являются центрами субъектов Российской Федерации [3].

Основное направление транспортного коридора «Транссиб» – панъевропейский коридор № 2 (Берлин – Варшава – Минск – Москва – Нижний Новгород) и далее – один из маршрутов панъевропейского коридора № 9 через Москву и Нижний Новгород: Екатеринбург – Владивосток/Находка. В инфраструктуру коридора входят также автомобильные дороги, внутренние водные ответвления и морские порты, аэропорты.

Маршруты Транссибирской магистрали (TSR)

TSR: Красное (граница с Белоруссией) – Москва – Нижний Новгород / Казань – Екатеринбург – Тюмень/Курган – Омск – Новосибирск – Тайшет – Улан-Удэ – Хабаровск – Владивосток / Находка [3].

Ответвления:

TSR1: Котельнич – Вологда – Волховстрой – С.-Петербург;

TSR2: Курган – Челябинск – Уфа – Самара – Сызрань – Пенза – Ртищево – Лиски – Соловей (граница с Украиной);

TSR3: Пермь – Кудымкар – Сыктывкар – Архангельск – Беломорск;

TSR4: Волгоград – Лихая;

TSR5: Тайшет – Тында – Комсомольск-на-Амуре – Ванино;

TSR6: Сызрань – Саратов – Волгоград – Тихорецкая – Краснодар – Новороссийск;

TSR7: Хабаровск – Комсомольск-на-Амуре;

TSR8: Курган – Казахстан (Петропавловск – Астана);

TSR9: Комсомольск-на-Амуре – Япония;

TSR10: Улан-Удэ – Наушки (граница с Монголией);

TSR12: Карымская – Забайкальск (граница с Китаем);

TSR14: Владивосток – Хасан (граница с КНДР) [3].

Средним и основным звеном транспортного коридора «Транссиб» является Транссибирская магистраль (Транссибирский сухопутный мост) – мощная двухпутная электрифицированная железнодорожная линия протяженностью около 10 тыс. км. Транссиб является самой протяженной в мире железной дорогой, естественным продолжением общеевропейского транспортного коридора № 2.

Этот транспортный комплекс (Транссибирская магистраль, соединенная с МТК № 2) в 2000 г. резолюцией 2-й евроазиатской конференции по транспорту (Санкт-Петербург) получил статус МТК.

Логистика транзитного евроазиатского транспортно-железнодорожного коридора «Транссиб» включает следующие маршруты: Европа – Российская Федерация – Япония с ответвлениями из Российской Федерации на Казахстан-Китай; Монголию и Китай; Корейский полуостров.

В настоящее время магистраль «Транссиб» пересекает территорию, которая включают 87 городов с населе-

нием от 300 тысяч до 15 миллионов человек. 14 городов, через которые проходит Транссибирская магистраль, являются центрами субъектов Российской Федерации. Это богатые природными ресурсами регионы, обладающие значительным экспортным потенциалом. Около 80% промышленного потенциала страны сосредоточено в регионах, примыкающих к Транссибу; около 45% внутрисубъектных перевозок, осуществляемых всем железнодорожным транспортом страны, приходится на перевозки грузов с участием этой магистрали.

Крупнейшие угольные бассейны страны – Кузнецкий, Канско-Ачинский, Иркутский (75% угледобычи РФ) – обслуживаются Транссибом. В зоне тяготения магистрали находятся предприятия российского лесопромышленного комплекса (Восточная Сибирь и Дальний Восток), а также ведущие нефтеперерабатывающие предприятия страны. Значительным экспортно-импортным потенциалом обладают Свердловская и Пермская области (металлургическое производство, машиностроение, химическая промышленность), также располагающиеся в зоне тяготения магистрали. Значительным природно-ресурсным экспортным потенциалом обладает зона Байкало-Амурской магистрали (БАМ), входящая в инфраструктуру транспортного коридора «Транссиб». Более 12% перевозок экспортно-импортных грузов страны с участием железнодорожного транспорта обеспечивает Дальневосточная железная дорога как элемент Транссиба [6].

Транссиб вместе с федеральной автодорогой «Байкал» образуют основу Центрального трансконтинентального транспортного коридора в пределах азиатской части России.

Восточное звено транспортного коридора «Транссиб» – морское "плечо" стран Азиатско-Тихоокеанского региона, а также выход на северо-восточные провинции Китая и Корейский полуостров [6]. Данное ответвление способно обеспечить значительный грузовой контейнерный транзит из Южной Кореи. В настоящее время контейнеры поставляются из Кореи в Россию морским путем через Владивосток объемом в несколько десятков тысяч контейнеров. Корея в состоянии увеличить этот объем на порядок за счет собственной промышленности. Однако России следует учитывать важный конкурентный фактор: Корея "собирает" в своем порту Пусан международный транзит на Европу из других прибрежных стран Азии, являясь, таким образом, транзитной страной со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Важным резервом является 17-километровый участок сухопутной границы между Россией и КНДР, который дает возможность организовать экономически выгодную сухопутную связь с Кореей практически без посредников. Поэтому для развития Транссиба важно восстановить Транскорейскую железную дорогу и соединить ее с Транссибирской магистралью.

Транзитный поток между Европой и странами Юго-Восточной Азии, по мнению специалистов, имеет тенденцию к увеличению объема перевозимых грузов. В связи с этим важное значение приобретает создание сухопутного моста от Кореи в западную Европу через Россию.

Еще одной проблемой Восточного звена МТК «Транссиб» является символический объем контейнеров – менее 10 тысяч единиц, поставляемый для тран-

зита на Транссиб Японией. Данный объем несопоставим с тем количеством контейнеров, которое Япония отправляет водным кружным путем.

Западным выходом «Транссиба» является широкий распределенный выход на сухопутную границу России с европейскими странами. В условиях мировой конкуренции стратегические интересы России связаны с выходом на балтийское побережье. С этим обстоятельством связаны возможности прямой торговли с балтийскими государствами, а также выход в мировой океан.

В настоящее время по Транссибирской магистрали уже осуществляет транзит контейнерных поездов с укороченным временем оборота до Польши, Германии, Венгрии, Швейцарии со специальными раздвижными колесными парами для перехода с отечественной колеи (1520 мм) на европейскую колею (1435 мм) [4]. Это является особенностью западного выхода Транссибирской магистрали.

В рамках процесса мировой глобализации и усиления конкуренции важнейшим определяющим фактором эффективности любого МТК является его конкурентоспособность. На рынке евразийских трансконтинентальных перевозок основными конкурентами транспортного коридора «Транссиб» являются: южный морской маршрут через Суэцкий канал (именно по нему проходит наибольшая часть грузов); сухопутные маршруты, предлагаемые КНР (Трансазиатская магистраль, или «Великий шелковый путь»). Большая часть «Шелкового пути» проходит по территории Китая. КНР предлагает несколько вариантов маршрутов МТК и некоторые из них предполагают частичное использование Транссибирской железнодорожной магистрали. Действующий в настоящее время вариант «Шелкового пути» проходит от китайского порта Ляньюнган по Трансазиатской железной дороге (ТАЖД) на территории КНР, далее через бывшие советские среднеазиатские республики в иранский порт Бендер-Аббас на побережье Персидского залива.

Частью «Шелкового пути» является МТК ТРАСЕКА. Маршрут начинается в порту Ляньюнган в Китае, далее следует через пограничный переход Дружба в Казахстан, Узбекистан, Туркменистан, Азербайджан и заканчивается в порту Поти (Грузия). С использованием морского участка Поти – Ильичевск направление выходит на Украину и далее на европейские страны, минуя территорию России. В развитии именно этой транспортной артерии заинтересованы конкуренты России как на западе, так и на востоке [1]. «Шелковый путь» и его ответвления представляют собой серьезную проблему для России.

Как альтернатива ТРАСЕКА в России могла бы выступить Транссибирская железнодорожная магистраль, напрямую связывающая Тихий океан с Западной Европой.

В перспективе Транссиб может получить продление по Корейскому полуострову. Однако возможности этой магистрали ограничены, она нуждается в значительной модернизации, а главное – ей не охватить своими транспортными услугами юг Азии, Ближний и Средний Восток – весьма важные и перспективные регионы.

Невысокая конкурентоспособность транспортного коридора «Транссиб» связана и с проблемами правового регулирования. Специалисты выделяют сферы, в которых отсутствует унификация с международным универсальным и региональным законодательством. К

ним относятся: таможенное и тарифное регулирование, транспортная безопасность, страхование грузов, сертификация и лицензирование, организационно-техническое и экологическое регулирование, визовый режим, требования к транспортной документации и другие проблемы. Имеются пробелы и в транспортном законодательстве РФ [6].

Серьезная причина низкой конкурентоспособности рассматриваемого транспортного коридора лежит в сфере геополитики: «С геополитических позиций в этом (в евразийских МТК, проходящих по территории РФ) должны быть заинтересованы ЕС, США и АТР. Если преимущество России будет отдано одной из осей коммуникационного треугольника, проект будет блокироваться другими мировыми игроками» [2].

Повышение конкурентоспособности транспортного коридора «Транссиб» связано с максимально возможным использованием преимуществ этого коридора в освоении транзитных грузовых перевозок из Европы в страны АТР. Среди них можно выделить следующие преимущества [8, 9]:

1) Уменьшение стоимости доставки грузов. Доставка контейнера по транспортному коридору «Транссиб» составляет около 900 долларов США, доставка же контейнера по ТАЖД и далее морем обходится примерно в 1000 долларов США.

2) Сокращение сроков доставки грузов. Например, время перевозки контейнера по Транссибу почти вдвое меньше, чем при транспортировке по южным морям: срок перевозки контейнера по транспортному коридору «Транссиб» составляет 11-12 суток, по трансокеанским южным маршрутам – 30-35 суток. Использование Транссиба позволяет в 1,5 раза сократить время доставки грузов по сравнению с экваториальным морским коридором через Суэцкий канал. Срок доставки по транспортному коридору «Транссиб» не превышает времени доставки по ТАЖД.

3) Отсутствие противоречивых интересов отдельных стран. Так, Транссиб на пути в Европу проходит по большей части по территории одной страны, России, в то время как трансазиатская магистраль затрагивает территорию нескольких государств, в том числе со сложной политической обстановкой.

4) Наличие многолетнего опыта осуществления крупномасштабных перевозок. Транссибирская магистраль функционирует уже более 100 лет, имеется огромный опыт и реальные возможности для международного транзита больших объемов грузов [10].

5) Сравнительно высокий уровень технической оснащенности и пропускной способности российских железных дорог по сравнению с железными дорогами других азиатских стран.

6) Возможность догрузки подвижного состава и контейнеров по сравнению с морскими перевозками.

7) Минимальное количество пунктов перевалки грузов и стыковок железнодорожных путей с разной колеей.

8) Меньшие или равные сроки доставки контейнеров по железной дороге.

9) Равнозначные или более короткие расстояния перевозки экспортных и импортных грузов некоторых стран АТР (например, США, Канады, Японии).

10) Непосредственная связь с панъевропейскими МТК.

11) Значительные резервы ускорения доставки грузов.

12) Возможность освоения природных ресурсов регионов в зоне тяготения Транссиба и наличие рынка квалифицированной рабочей силы.

Важную роль в интенсификации процесса активного использования транзитного потенциала транспортного коридора «Транссиб» могут сыграть международные правовые инструменты, в частности, – заключение многосторонних международных соглашений в области транспорта. Речь идет об унификации норм, относящихся к автомобильному, железнодорожному транспорту, международным автомобильным и железнодорожным перевозкам, в рамках имеющихся объединений – СНГ, ЕврАзЭС, Таможенного союза и Единого экономического пространства. Подобные акты уже заключались ранее, например, Соглашение «О согласованном развитии международных транспортных коридоров, проходящих по территории государств - участников СНГ» от 14 ноября 2008 г., а также акты «мягкого права»: Решение Совета глав правительств СНГ «Об основных направлениях развития рынка международных автотранспортных услуг» от 14 ноября 2008 г., Концепция формирования единого транспортного пространства Евразийского экономического сообщества (Утверждена Решением Межгосударственного совета ЕврАзЭС от 25 января 2008 г.) и др. [6].

Повысить конкурентоспособность транспортного коридора «Транссиб» способно международно-правовое закрепление маршрутов МТК, как в рамках конвенций, так и факультативного регулирования. В свете этого для более эффективного использования транспортного коридора «Транссиб» и его преимуществ представляется необходимым заключение конвенции о МТК «Транссиб» с участием России, европейских стран, стран СНГ и ЕврАзЭС [6]. В конвенции как минимум необходимо закрепить маршрут и общие стандарты для транспортной инфраструктуры рассматриваемого транспортного коридора.

Следует отметить, что «Транссиб» – реально действующий транспортный коридор, проходящий по территории РФ, способный обеспечить потребности евразийского грузопотока. Активное использование транзитного потенциала данного транспортного коридора должно являться одной из приоритетных задач внешней и внутренней политики России. [5]. Интенсификация движения транзитных грузопотоков по территории России обеспечит дополнительные доходы в бюджеты всех уровней, будет стимулировать развитие различных отраслей экономики и создаст дополнительные рабочие места. Однако, решая проблему перспектив развития транспортного коридора «Транссиб», следует учитывать влияние проблем правового регулирования, геополитического фактора и наличие альтернативных каналов доставки грузов [10].

Литература

1. Баженов Ю. Международные транспортные коридоры, как фактор интеграции пространства Евразии. // Доклад на конференции «Идеология Евразийского Союза» (Санкт-Петербург, 15 мая 2012 г.) [Электронный ресурс]. URL: http://ruskline.ru/analitika/2012/05/31/mezhdunarodnye_transportnye_koridory_kak_faktor_integracii_prostranstva_evrazii
2. Деграчев В. А. Геополитическая трансформация международных транспортных коридоров. // Вестник аналитики. – 2006. - № 3. [Электронный ресурс] <http://www.dergachev.ru/analit/5.html>
3. 10 / История транссибирской железнодорожной магистрали / Информационные материалы Координационного Совета по Транссибирским перевозкам [Электронный ресурс]. URL: <http://icctt.com>
4. Россия и развитие международных транспортных коридоров (МТК) / Информационные материалы Министерства иностранных дел Российской Федерации. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mid.ru/bdomp/ns-dipecon.nsf/-a591a1e97b9a36ce43256a0c003fb95e/30e090f1285d79d1442579360047c9a7!OpenDocument>
5. Сакульева Т.Н., Метелкин П.В. Транссибирская магистраль как одна из составных частей транспортной инфраструктуры национальной экономики России // Вестник Университета (Государственный университет управления). – 2015. - № 7. - С.123-126.
6. Семенов Д.В. Евразийские транспортные коридоры, проходящие по территории РФ: проблемы международно-правового регулирования. // Евразийский юридический журнал.– 2001.– № 2 (33) [Электронный ресурс]. URL: http://www.eurasialegal.info/index.php?option=com_content&view=article&id=629:-o-&catid=1:eurasianintegration&Itemid=1
7. Транссибирская магистраль [Электронный ресурс]. URL: <http://geographyofrussia.com/transsibirskaya-magistral>
8. Куренков П.В., Веселова Ю.В. Механизмы государственного регулирования развития транспортной системы региона // Транспорт: наука, техника, управление (ВИНИТИ РАН). – 2006.- № 7.- С.8-10.
9. Степанов А.Л., Куренков П.В. Проблемы экспорта транспортных услуг // Транспорт: наука, техника, управление (ВИНИТИ РАН).- 2007.- № 5.- С.16-19.
10. Резер С.М. Развитие транспортно-логистического пространства России. /С.М. Резер //Транспорт: наука, техника, управление (ВИНИТИ РАН).– 2013.- № 11. – С.3-5.

Сведения об авторе

Сакульева Татьяна Николаевна, к.э.н., доцент, Государственный университет управления,
E-mail: sakulyeva_tn@mail.ru

ПРОДОЛЬНЫЕ АВТОКОЛЕБАНИЯ РАКЕТ: ИСТОРИОГРАФИЯ POGO-ЭФФЕКТАКандидат техн. наук **Крютченко В.Е.****ROCKET'S LONGITUDINAL AUTO OSCILLATIONS: HISTORIOGRAPHY OF THE POGO-EFFECT**Ph. D. (Tech.) **Kryutchenko V.E.**

Носители космических кораблей, динамическая реакция жидкостных ракет, неустойчивость системы, продольные автоколебания, POGO-эффект.

Spacecraft launch vehicle, dynamics response of liquid fueled rockets, systems instability, longitudinal auto oscillation, POGO-effect.

Представлен обзор более чем 50 - летней истории испытаний носителей космических кораблей, одной из целей которых было исследование реакции жидкостных ракет на продольные автоколебания, известной как POGO-эффект.

An overview of more than 50 years history of spacecraft launch vehicle human spaceflight experience is presented with respect to the thrust longitudinal auto oscillation response of liquid fueled rockets known as POGO-effect.

1. Ракетная техника в 1960 -е годы

1960-е - необычные годы в истории ракетной техники. Это была бурная эпоха фантастических замыслов, великих свершений и... гигантских расходов; с множеством проектов, многие из которых так и не были реализованы из-за неудачной организации работ или нехватки средств. Неисчерпаемое многообразие предлагавшихся в свое время конструкторских решений диктовались, с одной стороны, требованиями, стоящими перед разработчиками в конкретных задачах, а с другой стороны, – возможностями технологий. Из-за спешки иногда принимались не до конца продуманные проекты. На производство ракет тратились огромные средства, ибо дорогостоящие изделия имели существенный недостаток, - каждое можно было использовать только один раз. Минувшая эпоха была временем гигантских трат на ракетно-космические военные программы, их могли позволить себе только экономически могущественные государства. ВВП и финансовые ресурсы СССР были несравненно малы в сравнении с возможностями США, но даже эта крупнейшая экономика мира надорвалась в космической гонке. В конце концов, для обеих сверхдержав финансовая нагрузка оказалась непосильной.

Первый этап лунной гонки между США и СССР был стремительным, когда для ускорения разработок денег не жалели. Идея высадки человека на Луну была реализована американцами за 8 - 9 лет. Уникальность «лунного» проекта “Saturn V - Apollo” не только в гигантских геометрических размерах изделия, но и в масштабах проведенных научно-исследовательских и конструкторско-технологических работ. Подобную широко-масштабную работу вряд ли удастся повторить в будущем, поэтому важно извлечь из проведенных теоретических и экспериментальных исследований максимум информации для уяснения физических процессов, происходящих в ракетах-носителях (РН) космических кораблей (КК). В разгар работы над программой “Apollo” (1968 – 70 гг.) и запуска пилотируемых КК на Луну в ракетной отрасли США работало больше 400 000 человек [1-3].

Не меньшее число квалифицированных специалистов трудилось над советскими ракетными программами. О том поколении инженеров-ракетчиков в посвящении к книге [4] емко написал В.И. Феодосьев: “Они творили ракетную технику сороковых, пятидесятих, шестидесятых годов, оставаясь добровольными пленниками своего долга, своих обязанностей, своей неизменной страсти”.

2. Феномен POGO-эффекта

Полвека назад разработчики ракет были озабочены обнаружением весьма запутанной проблемы в ракетостроении. По необъяснимым причинам во время тестовых испытаний РН тяжелого класса выходили из строя агрегаты двигательной установки (ДУ) и даже взрывались испытуемые изделия.

С динамической неустойчивостью, обусловленной подвижностью компонентов топлива в баках и магистралях, столкнулись уже на ранней стадии развития ракетно-космической техники. Продольные колебания регистрировались в ходе летных испытаний практически всех американских баллистических ракет моноблочной компоновки: Sergeant, Thor-Adgena, Atlas-Adgena, Jupiter. В ходе тестовых полетов КК Mercury на носителях Redstone и Atlas отмечались продольные колебания с частотой 12 Гц за несколько секунд до отключения двигателя ускорителя и с частотой 5-6 Гц и амплитудой 0,45 g - в первые 20 секунд после подъема [1,5].

При летных испытаниях французской РН Diamant В были обнаружены сильные продольные колебания на начальном участке полета, снижение которых потребовало обширных исследований и существенной доработки конструкции [6].

Продольные колебания регистрировались и при испытаниях носителей, разработанных в СССР [7,8,9].

В ходе летно-конструкторских испытаний (ЛКИ) различных видов РН на определенном участке траектории полета возрастали амплитуды колебаний осевой перегрузки низкой частоты (до 20 - 30 Гц). Одновременно на той же частоте, которая соответствовала одному из первых тонов собственных продольных

колебаний корпуса ракеты, в гидравлических трактах ЖРД регистрировались развитые пульсации давления на входе в ТНА, а также в камерах сгорания ДУ. В некоторых случаях возникали аварийные ситуации, когда пульсации давления в низконапорных магистралях достигали опасной величины и составляла 2 – 3 атм.

Интенсивные продольные колебания неблагоприятно сказывались на качестве управления полетом РН, нарушали штатное функционирование бортовой аппаратуры, вызывали дополнительные динамические нагрузки на корпус ракеты и влияли на прочность конструктивных элементов.

С появлением верхних ступеней жидкостных ракет данный вид динамической неустойчивости становится особенно опасным. Многоступенчатые РН имеют низкие собственные частоты упругих колебаний корпуса, лежащие в пределах полосы пропускания системы стабилизации (как правило, до 10 - 15 Гц). В ряде случаев стабилизация этих объектов оказалась невозможной без внесения существенных изменений в конструктивно – компоновочные схемы РН.

В зарубежной литературе явление продольной динамической неустойчивости жидкостных ракет получило название «POGO-эффект». Этот термин был придуман инженерами по аналогии с известными в США «ходунками на пружинах», механическое поведение которых с динамической точки зрения напоминает продольные колебания ракет [5,10].

В середине прошлого века задача о влиянии продольных колебаний корпуса РН на устойчивость работы ЖРД была весьма острой. Обнаруженные сильные продольные колебания на РН Saturn V поставили программу “Apollo” (стоимостью 45 млрд. долл.) под угрозу срыва, а их устранение стало наиболее дорогостоящей и трудоемкой задачей из всего комплекса проблем, стоявших перед NASA в процессе выполнения лунной программы, как в теоретическом плане, так и при практическом поиске средств подавления POGO-эффекта [2,3]. По свидетельству сотрудников NASA, в разгар исследований над этой проблемой работали 1000 инженеров из государственных и корпоративных структур.

2.1. POGO-эффект носителя Gemini – Titan

Проблема POGO - эффекта тесно связана с проектами РН пилотируемых полетов. Вряд ли американские инженеры-конструкторы могли заранее догадаться о причине катастроф РН тяжелого класса. Тестовые испытания на земле не давали возможности предварительно исследовать проблему динамической неустойчивости ракеты в полете. Зачастую, колебания, обнаруженные в ходе ЛКИ, - эффект неожиданный для конструкторов. Детальный теоретический анализ и практический поиск методов демпфирования продольной неустойчивости проводился во время испытаний носителя Titan II. Устранение автоколебаний было особенно важно в связи с использованием этого носителя для выведения на околоземную орбиту КК Gemini [11, 12].

Тестовые полеты баллистической ракеты Титан - II начались в 1962 г.

На 90 – ой секунде полета 1 ступени начались продольные колебания частотой 10-13 Гц, которые продолжались в течение 30 секунд, достигнув максимальной амплитуды $\pm 2,5$ g на частоте 11 Гц.

Насколько несовершенны были предлагавшиеся расчетные модели видно из предпринятых доработок изделия. Конструкторы предположили, что причиной POGO могли быть колебания давления в низконапорной питающей магистрали ЖРД, причем интерес для исследователей представила низшая форма колебаний столба жидкости. Для демпфирования колебаний в нижнем сечении напорной магистрали окислителя был установлен газовый азотный гидроаккумулятор с сосредоточенной емкостью, эквивалентной по жесткости кавитационной каверне.

Но в последовавшем тестовом полете, вместо подавления колебаний, нагрузки возросли до $\pm 5,0$ g, форсировал взрыв ЖРД и разрушил ракету.

В последующих летных испытаниях инженеры пытались решить проблему следующим образом: повысив давление в топливных баках первой ступени, удалось понизить амплитуду продольных колебаний до $\pm 1,25$ g. Но такая величина перегрузок была чрезмерно даже для грузов военного назначения : для баллистической ракеты Титан II и его полезного груза была принята как допустимая, расчетная перегрузка 1,0 g.

В тестовом полете N -11 было увеличено давление в топливных баках и использованы питающие магистрали первой ступени ракеты из алюминия вместо стальных. Неожиданно было зарегистрировано снижение амплитуд колебаний, но причина такого эффекта не была установлена.

В дальнейшем проблему POGO предполагалось решить увеличением давления в топливном баке и установкой механического аккумулятора на трубопроводе окислителя. В 1963 г. в тестовом полете N-17 была достигнута рекордно низкая для РН Titan II амплитуда $\pm 0,35$ g.

После теоретических и экспериментальных исследований были приняты, как наиболее перспективные, два способа снижения частоты собственных колебаний жидкости с помощью гидроаккумуляторов. Чтобы проверить их комбинированный эффект, полеты продолжили с подавлением колебаний на обеих питающих линиях (окислителя и горючего). Но в тестовом полете N-19 произошла очередная неудача: во время подъема ракеты в ЖРД проникли пульсации топлива большой величины и привели к сильным вибрациям, что вызвало через 52 секунды взрыв и разрушение изделия.

Летные испытания 1963 г. были рекордными по минимуму амплитуды ($\pm 0,6$ g в кабине пилотов), но превышали требования NASA к пилотируемым полетам - перегрузки должны быть ниже $\pm 0,25$ g. Колебания более высокого уровня могли быть болезненными для пилотов КК Gemini, ухудшить их работоспособность, негативно повлиять на функцию пилотирования и реакцию на критические ситуации.

В ноябре 1963 г. тестовый полет N - 25, с гидроаккумуляторами на линиях окислителя и горючего, был рекордным по минимальному уровню вибраций, только $\pm 0,11$ g, что существенно ниже $\pm 0,25$ g, рекомендованных NASA для пилотируемых полетов.

Успешный полет N - 25 подтвердил теоретическое обоснование и соответствующие конструктивные доработки для подавления продольных колебаний носителя Gemini. Последующие испытания в декабре 1963 г. и январе 1964 г. соответствовали ограничениям и стандартам NASA, а Titan - II был признан носителем, пригодным для пилотируемых полетов.

В апреле 1964 г. было проведено первое испытание КК Gemini (тестовый полет GT-1 без экипажа), в ходе которого были выявлены продольные колебания небольшой амплитуды. Тестовый полет GT-2 в январе 1965 г. соответствовал тесту GT-1 по уровню колебаний, что послужило основанием для утверждения летных испытаний КК Gemini с пилотами на борту.

Старт GT-3 (с двумя пилотами), состоявшийся в марте 1965 г., произошел плавно, экипаж даже не почувствовал вибраций, полет сопровождался минимальными амплитудами колебаний.

Во время тестового полета GT-5 (Gemini V) пилоты ощутили колебания на 126 секунде полета и амплитуду в 0,5 g. Данные телеметрических измерений показали, что колебания начались на 92 секунде и продолжались в течение 46 секунд, достигнув максимальной амплитуды 0,38 g в командном отсеке. В ходе дальнейшего детального анализа выяснилось, что колебания происходили на линии окислителя и отсутствовали на линии горючего. Последующие измерения показали только 10 % нормального давления газа в емкости с азотом гидроаккумулятора, хотя он был полностью заряжен незадолго до старта. Оказалось, что в этом полете газ быстро растворился в окислителе (азотный тетраоксид).

Небольшие амплитуды колебаний, ощутимые для пилотов, были отмечены на некоторых последующих полетах Gemini – Titan. Во время тестового полета Gemini X отмечались продольные колебания на 123 секунде с частотой 10,9 Гц и амплитудой 0,14 g, а на Gemini XII – на 126 секунде с частотой 11,2 Гц.

2.2. POGO-эффект носителя Apollo – Saturn V

Поскольку сотрудники NASA скептически относились к возможности снижения амплитуд колебаний такими же специальными средствами, как на РН Titan II, из-за риска для программы космических полетов было решено использовать другой носитель. Параллельно с программой Gemini конструкторы NASA разрабатывали РН Saturn V для лунного корабля Apollo. В США наиболее серьезные случаи, связанные с POGO-эффектом, отмечались при тестовых испытаниях РН Saturn V и запусках пилотируемых КК Apollo в 1968 – 1970 гг. В изготовлении РН Saturn V были задействованы многочисленные фирмы и предприятия. Техническое качество принятых конструкторских решений для отдельных узлов ракеты, их стыковку можно было оценить только в ходе испытаний – наземных и ЛКИ. Большая стоимость изделий, единичный характер их производства не дают возможности проведения разрушающих испытаний головных экспериментальных образцов для оценки реального ресурса работы РН Saturn V, изделия высотой в 35 этажей. При проведении ЛКИ сбой следовали один за другим. Несколько раз ракета взрывалась.

Задача устранения возникавших в полете продольных колебаний оказалась исключительно сложной в теоретическом и в организационном отношении и самой дорогостоящей из всего комплекса задач, с которыми пришлось столкнуться конструкторам в процессе выполнения программы Apollo – Saturn V [2].

Первый тестовый полет носителя Saturn V с КК Apollo-4 (AS-501, без пилотов) стартовал в ноябре 1967 г. и был выполнен успешно. Продольные колебания были незначительными. Однако расчеты устойчивости, проведенные на ранней стадии проектирования,

и опыт создания таких носителей, как Titan II, указывали, что для стабилизации продольной неустойчивости, возможно, понадобятся специальные конструктивные мероприятия.

В апреле 1968 г. стартовал полет с кораблем Apollo-6 (AS-502).

Неожиданно на 105 – 140 секундах полета в ступени S-1C были зарегистрированы колебания на частоте 5 Гц. Это частота первого тона колебаний корпуса и одновременно частота пульсаций в низконапорной магистрали окислителя. Максимальная амплитуда ускорения: 0,6 g – в командном модуле, 0,33 g – в хвостовом отсеке.

Ликвидация продольных колебаний на ступени S-1C РН Saturn V, зафиксированных во втором запуске (AS-502), потребовала обширного комплекса теоретических и экспериментальных исследований. В частности, были рассмотрены, как наиболее перспективные, две схемы снижения частоты колебаний жидкости в магистрали окислителя: введение газообразного гелия в верхнем сечении магистрали и использование демпфера в нижнем сечении.

Одним из способов уменьшения частоты собственных колебаний в питающей линии является вдвиг в поток жидкости нерастворимого газа. Однородное распределение пузырьков газа по потоку осуществляется при помощи одноструйного инжектора. Даже незначительное количество нерастворенного газа в потоке жидкости должно было обеспечить значительное уменьшение приведенной скорости звука и, следовательно, снизить частоту собственных колебаний. Этот вариант был забракован.

Малоинерционный гидроаккумулятор, размещенный возле ТНА, был рекомендован как наиболее эффективное средство смещения первой частоты колебаний жидкости в питающей линии окислителя и ниже первой собственной частоты продольных колебаний конструкции.

В результате низшая частота собственных колебаний столба жидкости была снижена с 5 Гц до 2 Гц, что должно было согласно математическому моделированию полностью исключить продольную неустойчивость. Запуск AS-503, в результате которого был выведен на орбиту полета к Луне пилотируемый корабль Apollo – 8, подтвердил эти выводы, однако полностью подавить POGO-эффект не удалось. Ранее были зарегистрированы наблюдавшиеся колебания той же частоты, но небольшой амплитуды. Колебания осевой перегрузки в кабине пилотов снизились с 0,6 g до 0,1 g. Такая амплитуда была недостаточно велика, чтобы представлять угрозу для прочности КК, но превышала амплитуды, допустимые для носителя Mercury или КК Gemini.

Сотрудниками Aerospace Corporation в 1963 – 69 гг. были обработаны и изучены данные летных и наземных испытаний РН Titan II, Saturn V методом спектрального статистического анализа. Необходимость применения такого метода вызвана тем обстоятельством, что по данным измерений ярко выраженные колебания, доступные для визуального анализа, наблюдались только на коротких временных участках потери устойчивости, но они маскировались сильным шумом. Спектральный анализ позволяет яснее представить происходящие в полете ракеты динамические процессы, если эффективно отфильтровать шум. Интерпретация данных спектрального анализа сыграла значительную роль

в совершенствовании математической модели продольной устойчивости ракеты и методов ее устранения [11].

На рисунке 1 приведены участки осциллограмм с отчетливо выраженными продольными колебаниями (рис.1,Б), измеренные в различных точках корпуса носителя Saturn – V (рис.1, А), и результаты спектрального анализа этих осциллограмм в низкочастотном диапазоне. Из сравнения спектров колебаний в ЖРД и в командном модуле (рис.1,В), видно, что корпус ракеты является фильтром для компоненты 15-16 Гц на пути колебаний от ЖРД к командному модулю, пропуская только компоненты 5,5 Гц и 11 Гц. Именно низшие тона колебаний корпуса РН являются таким своеобразным фильтром.

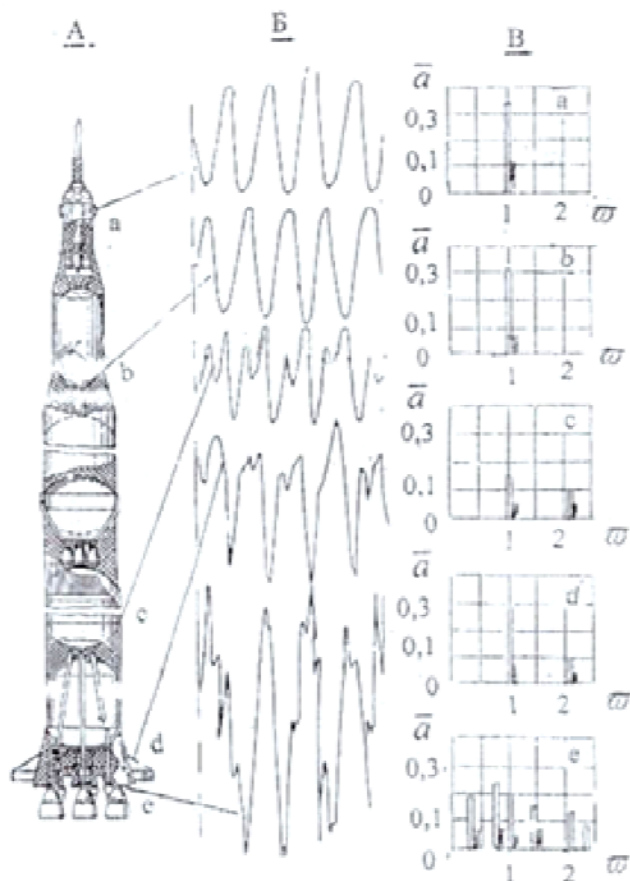


Рис. 1



Рис. 2

Для тестовых полетов РН Titan-Gemini и Saturn-Apollo с разными типами демпфирующих устройств по данным спектрального анализа на рис. 2 в логарифмическом масштабе приведены параметры продольных автоколебаний в космическом корабле (рис.2,а) и в двигателе первой ступени (рис.2,б). Эти данные работ [13,14] дают общее представление о спектральном составе и величине амплитуд происходящих процессов. На частотах продольных автоколебаний амплитуды перегрузок меняются в широком диапазоне, что свидетельствует о нестабильности работы и недостаточной эффективности устройств подавления POGO.

Главное в спектральном анализе не набор статистического материала, а последовательность и системность анализа, в частности, конкретная привязка компонентов спектра к характеристикам определенных звеньев замкнутого автоколебательного контура. А для этого нужно иметь достоверные расчетные данные о частотах собственных колебаний этих звеньев, прежде всего упругого корпуса ракеты и потока жидкости в питающих магистралях. Эти данные могут быть получены только при ясном понимании происходящих физических процессов и способности их математически моделировать.

Актуальность этой задачи состоит в том, что основные требования прочности и надежности РН диктуются динамическими нагрузками. Для носителей ракет тяжелого класса, высотой в несколько десятков метров (отношение высоты к диаметру составляет 6 – 10), велика плотность собственных частот в нижней части спектра. Именно амплитуды первых тонов колебаний являются определяющими нагрузками при расчетах прочности изделия.

Упругие колебания тонкостенных оболочек корпуса, колебания жидкости в магистралях и баках оказывают влияние на прочность конструкции, систему управления, а также на режимы работы ЖРД. При определенных сочетаниях частот осевая перегрузка может повлиять на незапланированное отключение ДУ, неудачу запуска РН.

2.3. Воздействие инфразвуковых колебаний на человека

Важную роль играет не только величина амплитуды, но и частота продольных колебаний ракеты, особенно в инфразвуковой части спектра.

Влияние инфразвуков на живые существа поразительно, но механизм воздействия хранит много загадок. Еще в глубокой древности люди отмечали, что многие животные за несколько часов до начала землетрясения или сильного шторма пытаются найти безопасное убежище. В ходе эволюции человек утратил такую важную способность. Человеческое ухо никак не реагирует на внешнее проявление инфразвука, но низкочастотные возмущения активно влияют на организм, особенно на мозг. У людей под воздействием колебаний с частотой ниже 10 Гц, возникает чувство страха и подавленности. Неблагоприятное воздействие инфразвуковых колебаний, зарождающихся при приближении землетрясения, цунами, низкочастотных волн на поверхности океана ("мертвая зыбь") проявлялось на всем протяжении существования человечества. "Голосом моря" (колебаниями на поверхности океана с частотой менее 16 Гц) интересовались многие ученые.

Сопровождающие эти геопатогенные явления физические воздействия на организм человека, - сравни-

тельно слабые, но активно усиливаются при резонансных явлениях, вызванных совпадением частот внешнего возбудителя и внутренних органов человека. Человек существует в мире колебательных процессов, а его организм представляет собой сложнейшую тонко настроенную резонансную систему. Ритм биения сердца, дыхание, биотоки мозга и речь, – всему этому присущи инфразвуковые частоты в диапазоне 5 -10 Гц.

Реально регистрируемые виды биоплазменных электромагнитных полей показывают чрезвычайную сложность их образования и проявления. Биополе имеет специфическую пространственную организацию в живом организме, многомерную по своей структуре и полиморфную по своей модальности.

Отличительной особенностью биополя является его интегральный характер, это - своеобразная суперпозиция различных видов физических полей, начиная от электронных состояний атомов и кончая полями макромолекулярных комплексов и тканей. В биополе представлены частоты в диапазоне $10^0 - 10^{15}$ Гц.

Практический интерес представляет биоплазменное поле, которое является низкочастотным электромагнитным излучением в диапазоне 0,1 - 30 Гц. Такого рода поля могут фиксироваться на расстоянии нескольких метров от биологического объекта.

Разнообразные ритмы работы органов человека синхронизируются центральной нервной системой. Роль синхронизатора выполняет ритмическая активность мозга, она сопровождается определенными биоэлектрическими явлениями. Это - эталон времени некоего ритма, с которым сравниваются ритмы сердечной деятельности, дыхания, двигательных актов. Не случайно в электроэнцефалограмме имеются характеристики, известные под названием стационарных временных рядов.

Биотоки в живых организмах играют роль линий связи, по которым в мозг передается информация о внешнем мире и ответные сигналы мозга – мышцам и внутренним органам. Ритм и интенсивность электрических колебаний коры головного мозга существенно зависят от физического состояния человека. Накоплено много информации о влиянии инфразвуковых колебаний на центральную нервную систему человека, на белковые молекулы.

Основной ритм биопотенциалов головного мозга, альфа-ритм, имеет частоту 10 Гц и связан с частотой пульсаций магнитного поля Земли (8 -16 Гц). Амплитуда магнитоэнцефалографического сигнала альфа-ритма составляет 4 нТ. Это самые слабые биомагнитные поля, порождаемые активностью нервной системы, но ритм магнитных явлений влияет на психофизиологические процессы. В электромагнитном поле частотой 10 Гц увеличивается мощность альфа- и бета-волн электроэнцефалограмм.

Под воздействием инфразвуковых частот существует реальная угроза расстройств “биологических часов” человека. При этом может произойти десинхронизация работы полушарий головного мозга, что чревато тяжелыми заболеваниями и даже смертью. В отдельных случаях этот процесс протекает очень быстро. Смертельные нарушения в организме живых существ могут возникнуть за считанные мгновения.

Наряду с естественными биомагнитными полями возможно образование вторичного электромагнитного излучения, возникающего в результате воздействия внешних электромагнитных волн и связанного с меха-

ническими колебаниями в живом организме на всех его уровнях. В результате возникает биоэлектромагнитное поле “механического” происхождения [15].

К числу таких воздействий относят механические колебания, распространяющиеся в упругой среде с частотами ниже 16 Гц. Такого рода воздействия на астронавтов возникают под влиянием механических колебаний РН. Диагностика реакции организма человека на инфразвуковые механические колебания с частотами ниже 16 Гц, которые возникают в ходе полета ракеты, для пилотируемых полетов играют важную роль.

В пилотируемых полетах значительные перегрузки при инфразвуковых частотах (в полосе до 10 - 16 Гц) недопустимы, так как в этом диапазоне оказываются собственные частоты важных органов человека. При оценке условий космического полета это - неблагоприятный фактор. Низкочастотные колебания представляют опасность для астронавтов. Ясно, что надо анализировать возможные нарушения в психике и физическом состоянии астронавтов от воздействия колебаний с инфразвуковыми частотами. А для этого нужно иметь достоверный частотный портрет происходящих в РН динамических процессов.

2.4. Анализ эффективности устройств подавления POGO

Частоты собственных продольных колебаний корпуса меняются в процессе полета, плавно вырастая по мере расхода топлива из баков. Для возникновения неустойчивости необходимо совпадение частоты низших тонов колебаний корпуса и жидкости в магистралях. Кардинальный способ полного устранения POGO - эффекта – это разрыв замкнутого контура, например, при изменении частоты собственных колебаний жидкости в трубопроводе. Изменить собственные колебания корпуса готового изделия практически невозможно.

Так как магистраль для одного из компонентов топлива обычно значительно длиннее, чем для другого компонента, то вероятнее, что совпадет частота собственных колебаний жидкости в более длинной магистрали. Для обеспечения устойчивости важна именно эта частота. Уменьшить частоту в магистрали можно разными способами, например, установить на расходную магистраль (преимущественно на входе в ТНА) гидравлический аккумулятор.

Как показало математическое моделирование, снижение первой частоты колебаний столба жидкости в низконапорной магистрали ниже первой собственной частоты продольных колебаний корпуса ракеты с помощью специальных устройств должно было исключить продольную неустойчивость.

Однако реализация таких устройств не должна была сместить вместе с первой частотой весь спектр частот колебаний столба жидкости. Поэтому расчетом проверялось условие, чтобы более высокие тона колебаний столба жидкости в питающей магистрали оставались над частотами первых тонов собственных продольных колебаний корпуса.

Демпферы колебаний жидкости явились эффективным средством борьбы с динамической неустойчивостью и нашли применение на многих РН. На рисунке 3 представлены схемы некоторых типов устройств, примененных для снижения частоты собственных колебаний жидкости в магистралях:

а) поршневой гидроаккумулятор, использующий упругость специального набора пружин, в нижнем сечении магистрали горючего Titan - Gemini;

б) сифонный газовый демпфер, использующий упругость паров жидкого кислорода, на магистрали окислителя Titan-Gemini;

с) газовый демпфер тороидальной формы (заполненный азотом) в нижнем сечении магистрали горючего, Titan III;

д) металлический гофрированный демпфер (заполненный азотом), в нижнем сечении магистрали окислителя, Titan III;

е) пневматический демпфер выпуклой тороидальной формы (с газообразным гелием), в нижнем сечении магистрали окислителя, Saturn V;

ф) одноструйный инжектор для вдува газообразного гелия, в верхнем сечении магистрали окислителя, Saturn V;

г) повышение давления в баках окислителя и горючего 1 ступени РН;

h) замена низконапорных трубопроводов из стали на алюминиевые.

Варианты г и h на рис. 3 не представлены.

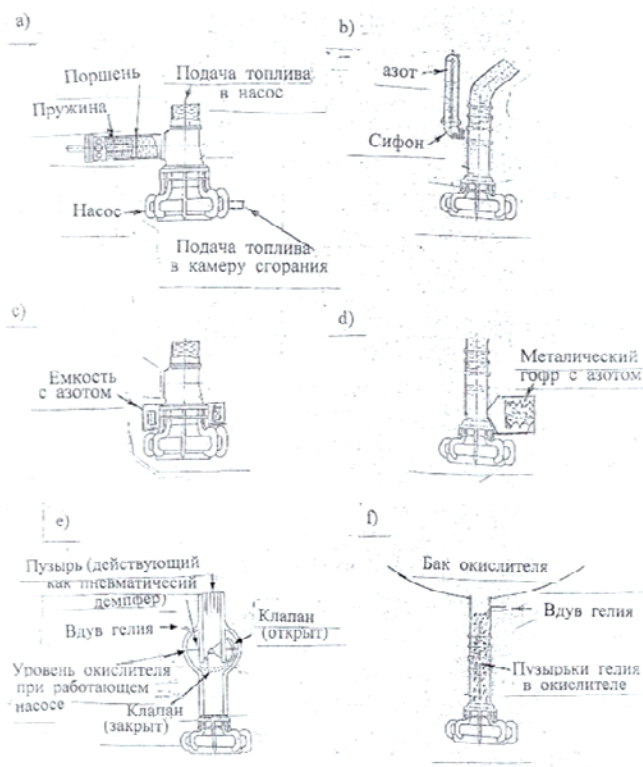


Рис. 3

Казалось бы, найдено простое средство обеспечения продольной устойчивости с помощью гидрааккумуляторов и газовых демпферов, но сомнения в рациональности подобного решения вызывают определённые причины.

Гидроаккумуляторы снижают частоту колебаний потока жидкости и, в этом отношении, обладают свойствами сосредоточенной упругости. Такой способ снижения частоты легко осуществим и надежен, но осложняет компоновку ракеты. Для установки громоздких по конструкции устройств нужно выделить дополнительный вес и свободное пространство в отсеках РН.

Газовый демпфер недостаточно надежен. Влияние упругости демпфера соизмеримо с влиянием упругости

столба жидкости в магистрали только при эквивалентном давлении в газовом мешке. Если давления равны, роль демпфера оптимальна, если давление в газовом мешке завышено, демпфер мало чувствителен к пульсациям жидкости в трубопроводе. При вариациях давления наддува в баках и, соответственно, давления на входе в ТНА, нужно регулировать давление в газовом мешке. Сложно для конкретного изделия, при определенном разбросе параметров конструкции достаточно точно настроить нужный уровень давления в газовом мешке демпфера.

Насколько эффективно работали эти устройства видно из следующего примера. На рисунке 4 для двух пусков (AS-501 и AS-502) РН Saturn V представлено изменение по времени T полета: частот первого тона собственных продольных колебаний корпуса f_k и столба жидкости в магистрали окислителя $f_{ж}$, а также относительных амплитуд осевых перегрузок $\bar{A}$. Незначительные изменения в общем весе изделий ($< 0,25\%$) во время тестовых полетов AS-501 и AS-502 привели к тому, что осевая перегрузка возросла более чем на 50 % [13].

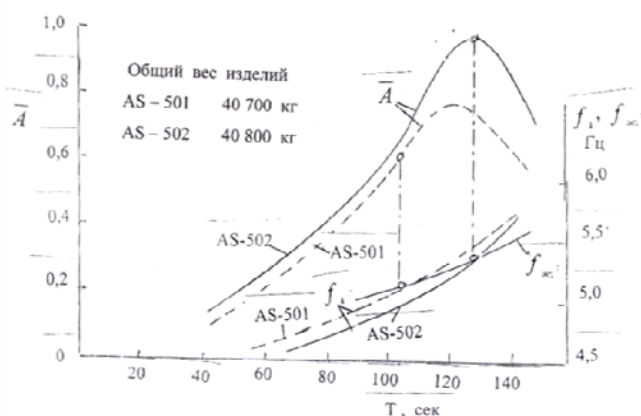


Рис. 4

На носителе Titan II было применено два типа гидроаккумуляторов для исключения продольной динамической неустойчивости. В одном гидроаккумуляторе, подключенном к магистрали горючего (см. рис. 3,а), использовалась упругость специального набора пружин; в другом, - подключенном к магистрали окислителя (см. рис. 3,б), использовалась упругость паров жидкого кислорода, заполняющих свободный объем. Применение этих устройств позволило снизить частоту колебаний жидкости в обеих магистралях. Как результат, в конце активного участка полета Titan II амплитуда продольных перегрузок корпуса в районе кабины пилотов была снижена с 2,5 g до 0,2 g. Но динамическая неустойчивость не была полностью устранена, колебания продолжали существовать, но меньшей амплитуды, а значит, полного разрыва автоколебательной цепочки не произошло.

В основе проектов первых ракет для пилотируемых полетов лежал постулат полного подавления РОГО-эффекта, для чего разрабатывались различные способы устранения автоколебаний РН. Новые изделия стремились проектировать так, чтобы автоколебания не возникали.

Разработчики исходили из того, что если проблема POGO-эффекта будет обнаружена, то ее можно устранить с помощью вдувания гелия в питающую линию окислителя (см. рис.3, f), что должно было снизить частоту колебаний жидкости. Но доработки конструкции повлияли только на снижение амплитуды колебаний, но не изменили ни частоты, ни времени появления продольной неустойчивости на траектории полета. Конструкторы смогли лишь ослабить, но не устранить полностью POGO-эффект.

Возникновение проблемы POGO и применявшиеся методы для её разрешения наглядно иллюстрируют, насколько сложны и непредсказуемы пути технического прогресса в ракетной технике. Подавить POGO-эффект в РН Titan II, Saturn V было трудно, ибо конструкции были уже разработаны, внести существенные конструктивные изменения в готовое изделие нельзя. Для поиска путей исключения сильных вибраций было решено объединить усилия специалистов NASA, промышленности и науки для интенсивных исследований проблемы продольной неустойчивости. Эта проблема регулярно обсуждалась в центрах по разработкам ракет, на научных конференциях, симпозиумах и производственных совещаниях, с проблемой связаны многочисленные публикации, ссылки на которые приведены в [6,10,13].

3. Моделирование POGO-эффекта

В процессе создания и летно-конструкторской отработки РН тяжелого класса появился целый ряд весьма острых задач, для решения которых требовалось тщательное исследование динамических свойств корпуса ракеты.

В ходе создания РН конструкторы столкнулись с проблемой динамической совместимости, которая состоит в выявлении и предотвращении раз личного рода взаимодействия механико-гидравлической системы ракеты и ДУ. Важнейшими в этом взаимодействии являются деформирование тонкостенных оболочек корпуса и подвижность жидкого топлива. Динамика тонкостенных конструкций с отсеками, заполненными жидкостью, оказывает существенное влияние на некоторые виды нагрузок. На активных участках полета появляются сложные формы динамической неустойчивости, которые связаны с дополнительными степенями свободы из-за подвижности компонентов в баках и магистралях.

Разработка адекватной динамической модели корпуса является одной из центральных задач в общей проблеме обеспечения динамической устойчивости РН с ЖРД. Теоретические исследования и данные многочисленных натурных экспериментов, накопленные в ракетостроении, показывают, что при изучении низших тонов продольных колебаний пространственная расчетная конструкция ракеты в виде осесимметрично соединенных оболочек может быть представлена одномерной моделью. Некоторые узлы конструкции не могут рассматриваться как элементы с распределенными параметрами. Жесткость силовых шпангоутов значительно больше жесткости тонкостенных оболочек. Поэтому некоторые части конструкции ракеты моделируются включениями в распределенные параметры, например, в виде сосредоточенных или упруго присоединенных масс. Аналитическое исследование такой модели является весьма громоздкой задачей. Чисто теоретический

путь решения этих задач возможен далеко не всегда: рассматриваемые объекты представляют собой громоздкие механико-гидравлические системы с большим числом степеней свободы в узком низкочастотном диапазоне. Эти задачи сложно полностью формализовать, а их решение требует скоординированных усилий и теоретиков, и экспериментаторов.

В замкнутом контуре, состоящем из упругого корпуса (с жидкостью в баках и топливных магистралях) и ЖРД, картину взаимодействия физических процессов представляют следующим образом [8,9].

Под воздействием случайных возмущений тяги возникают продольные упругие деформации (растяжение - сжатие) тонкостенных оболочек корпуса, в частности, тех шпангоутов, к которым прикреплены нижние днища баков (прямая цепь в автоколебательном контуре).

Механизм обратной связи, а именно, воздействие колебаний корпуса на тягу, определяется динамическими характеристиками питающих линий ЖРД.

Существенным фактором в возникновении продольной неустойчивости является взаимодействие упругих деформаций тонкостенных оболочек корпуса с пульсациями давления компонентов топлива в баках и низконапорных магистралях. Колебания днищ и обечаек баков вызывают пульсации давления компонентов топлива в баках и, соответственно, на входе в питающие линии окислителя и горючего. Далее передаются потоком жидкости на вход в ТНА и, вызывают пульсации давления в камерах сгорания ЖРД и, соответственно, новые изменения силы тяги, которые поддерживают и могут усиливать колебания корпуса.

Сила тяги зависит от давления в магистралях, подающих компоненты топлива из бака в ТНА. Если собственная частота пульсаций жидкости в одной из питающих линий совпадет с собственной частотой колебаний корпуса, то резонансные явления вызовут в этом случае существенный рост амплитуды пульсаций давления на входе в ТНА. Низкочастотные пульсации давления по открытым магистралям проникают в ЖРД. Как следствие, возрастает низкочастотная составляющая тяги ДУ, при этом, частота пульсаций совпадает с собственной частотой колебаний корпуса, что существенно повышает эффективность обратной связи.

В результате низкочастотных пульсаций энергия, генерируемая ДУ, возрастает и может превысить энергию, рассеиваемую в конструкции, что приводит к потере устойчивости. Обычная сила вязкости, вызывающая затухание (положительная), - пропорциональна скорости и направлена против нее. Отрицательная сила затухания пропорциональна скорости, но направлена в сторону скорости. Вместо уменьшения амплитуды при свободных колебаниях, вследствие отрицательного затухания, - амплитуды увеличиваются. Автоколебания рассматриваются как свободные колебания с отрицательным затуханием, при которых энергия движителя перекачивается в упругие колебания корпуса и его элементов. При наличии нелинейностей система может войти в режим установившихся колебаний, а при некоторых сочетаниях частот, фаз колебаний и коэффициентов усиления звеньев замкнутого контура могут возникать опасные виды неустойчивости.

Как результат, в полете РН могут возникнуть различные виды динамической неустойчивости – автоколебания. Динамическая неустойчивость, как это принято считать в теории колебаний, тенденция к нарастанию

амплитуд обобщенных координат, характеризующих возмущенное движение объекта. Сила, поддерживающая продольные колебания ракеты (переменная составляющая тяги), создается и управляется самим движением: упругими колебаниями корпуса и пульсациями жидкости в баках и магистралях. Если таких возмущений нет, то сила исчезает. В этом отличие от вынужденных колебаний, где переменная сила, поддерживающая колебания, существует независимо от движения.

С точки зрения функционирования систем и агрегатов РН в штатном режиме, опасным является не сам факт возможной потери продольной устойчивости, а превышение амплитудами заданного уровня перегрузки. При условии сохранения устойчивости, допустима малая неустойчивость. Например, это возможно при формировании в динамической системе устойчивого предельного цикла с частотой и амплитудой, допустимыми по соображениям штатной работы ЖРД, нормального функционирования бортовой аппаратуры. В ряде случаев (для боевых ракет) допускают потерю продольной устойчивости, не опасную с точки зрения прочности конструкции или работоспособности системы управления. Однако при пилотируемых полетах даже небольшие колебания осевой перегрузки недопустимы, так как диапазон частот корпуса РН тяжелого класса охватывает собственные частоты некоторых важных органов человека. Такого рода инфразвуковые колебания могут привести к потере работоспособности космонавтов.

Физическая связь между парциальными системами замкнутого контура “упругий корпус – питающая магистраль – ЖРД” определяется коэффициентами связанности и степенью близости собственных частот главных составных частей автоколебательной системы.

Как корпус ракеты, так и поток жидкости в магистралях обладают целым спектром частот. Частоты собственных продольных колебаний корпуса меняются в процессе полета, плавно возрастая по мере расхода топлива из баков. Частоты собственных колебаний жидкости в магистралях практически не меняются за время полета и на определенном этапе могут совпасть с частотами колебаний корпуса. Нужны достаточно громоздкие конструктивные доработки РН, чтобы варьировать собственные частоты звеньев автоколебательного контура.

4. Неразгаданный “секрет” POGO-эффекта

Колебания компонентов в низконапорных магистралях между баками и ТНА, как по линии окислителя, так и по линии горючего, являются ключевым звеном, от которого зависят условия, необходимые для возникновения автоколебательного контура.

Кардинальным способом обеспечения устойчивости является разрыв замкнутого автоколебательного контура по частоте, например, изменение частоты собственных колебаний жидкости в трубопроводе. Так как питающая линия для одного из компонентов топлива обычно значительно длиннее, чем для другого, то наиболее вероятно, что с низшими частотами собственных колебаний корпуса может совпасть частота колебаний жидкости в длинной расходной магистрали. Для того чтобы динамическая система была практически устойчивой, достаточно, чтобы в процессе полета собственные частоты корпуса не совпадали с частотой низшего

тона собственных колебаний жидкости в длинной расходной магистрали.

Анализ летных испытаний носителя Titan II показал, что в ходе полета с уменьшением массы топлива в баках частота первого тона колебаний корпуса ракеты сближается с частотой основного тона колебаний столба жидкости в низконапорной магистрали окислителя, частотой, аномально низкой по сравнению с частотой, вычисленной по эквивалентной скорости звука в упругом трубопроводе.

Для того чтобы на стадии проектирования исключить появление автоколебаний, надо иметь определенное понимание физических процессов, в автоколебательном контуре. “Секрет” POGO состоит в неясном происхождении частоты низшего тона колебаний жидкости, заполняющей низконапорные питающие магистрали. А расчет этой частоты с необходимой точностью является важным и определяющим фактором в задаче продольной устойчивости ракеты.

Снижение скорости звука в жидкости, заполняющей трубопровод, может происходить по разным причинам: за счет радиальной упругости стенок трубы; за счет нарушения сплошности потока, при котором образуются полости, заполненные паром, выделившимся из жидкости газом или их смесью; за счет упругих свойств кавитационной каверны; за счет осевой упругости гофрированных участков трубы. Частоты собственных колебаний жидкости зависят от длины магистрали, модуля упругости стенок трубопровода, сжимаемости жидкости и наличия парогазовой смеси перед входом в ТНА. Для расчета частот нужен соответствующий математический аппарат, эффективность которого должна быть верифицирована сравнением с экспериментом.

4.1. Учет радиальной жесткости трубопровода

В гидравлическом потоке давление и скорость взаимосвязаны, поэтому действие корпуса на поток жидкости в топливной магистрали может быть выражено через вариации давления компонентов топлива на выходе из баков. Пульсации давления компонентов топлива на выходе из баков вызывают пульсации – волнообразные движения жидкости в трубопроводе.

Питающие магистрали имеют малое гидравлическое сопротивление, компоненты топлива движутся по трубам от баков к насосам с небольшой скоростью, так что

$$v_0 a_0^{-1} \ll 1 \quad (v_0 - \text{скорость жидкости в невозмущенном потоке, } a_0 - \text{скорость звука в среде}).$$

Положим

$$v_0 \approx 0, \text{ тогда, вместо потока, будет иметь место не}$$

подвижный столб жидкости. Его собственная частота определяется по той же формуле, что и частота колебаний прямого однородного стержня. В низшем диапазоне спектра частот (длина волны которых велика по сравнению с диаметром трубы) можно считать, что в каждом поперечном сечении потока жидкости в трубе все величины (скорость, давление и т.п.) постоянны, а поток жидкости одномерный. Собственные колебания потока жидкости в трубе с открытыми концами можно сравнить с собственными колебаниями прямого упругого незакрепленного стержня.

Н.Е. Жуковский распространил решение одномерной задачи для однородных прямых стержней на движение потока жидкости в упругой трубе [16]. Его идея заключалась в том, что движение потока сжимаемой жидкост-

ти в длинной упругой трубе можно заменить движением сжимаемого потока (той же плотности, но с меньшим модулем сжатия) в жесткой трубе. При такой замене, эквивалентный модуль сжатия жидкости будет меньше модуля сжатия жидкости вследствие упругости стенок трубы.

Для трубы, состоящей из ряда колец, подвергающихся растяжению – сжатию, модуль упругости столба жидкости E_1 , обусловленный жесткостью стенок трубы, определяется по формуле

$$E_1 = Eh / (2r_0), \quad (1)$$

где E – модуль упругости материала трубы, h , r_0 – толщина стенки и радиус трубы.

Если считать слой жидкости сжимаемым, то под действием осевой сжимающей силы от давления увеличивается диаметр обечайки и уменьшается слой жидкости, которое должно быть равно уменьшению высоты того же слоя вследствие сжимаемости столба. С учетом радиальной упругости трубы круглого поперечного сечения с постоянной толщиной стенки, эквивалентный модуль сжатия жидкости E_3 определяется из выражения:

$$E_3^{-1} = E_{ж}^{-1} + E_1^{-1} = E_{ж}^{-1} + \frac{2r_0}{hE}, \quad (2)$$

где $E_{ж} = c_{ж}^2 \rho$ – модуль сжатия жидкости.

Подставив в формулу (2) модули сжатия в виде выражений

$$E_{ж} = a_0^2 \rho_0 \text{ и } E_3 = a_3^2 \rho_0,$$

найдем, что эквивалентная скорость звука определяется величиной

$$a_3 = a_0 \left[1 + 2 \rho_0 r_0 a_0^2 (hE)^{-1} \right]^{-\frac{1}{2}}, \quad (3)$$

где ρ_0 , a_0 – плотность невозмущенного столба жидкости и скорость звука в нем; h , r_0 – толщина стенки и радиус трубы; E – модуль упругости материала трубы.

Так как эквивалентный модуль сжатия жидкости меньше модуля сжатия той же жидкости, то и эквивалентная скорость звука будет меньше скорости звука в жидкости, т.е. $a_3 < a_0$. Размерная частота колебаний пропорциональна скорости звука, поэтому частота собственных колебаний потока сжимаемой жидкости в упругой трубе будет меньше, чем в жесткой трубе, при прочих равных условиях.

В тестовом полете N-11 носителя Titan – П было увеличено давление в топливных баках, а на первой ступени питающие магистрали из стали заменили на алюминиевые. Неожиданно было зарегистрировано снижение амплитуд колебаний, но причина эффекта не казалась очевидной.

Определим эквивалентную скорость звука в стальной трубе и трубе из алюминиевого сплава при следующих исходных данных:

$$h = 2,5 \text{ мм}, \quad r_0 = 50 \text{ мм}, \quad a_0 = 1457 \text{ м/с},$$

$$E_{ал} = 7 \cdot 10^6 \text{ Н/см}^2,$$

$$E_{ст} = 2,2 \cdot 10^7 \text{ Н/см}^2.$$

Подставив эти величины в формулу (3) найдем: для алюминиевой трубы $a_3 = 1032 \text{ м/с}$, для стальной трубы $a_3 = 1235 \text{ м/с}$. В открытой на обоих концах стальной трубе длиной 10 м частота собственных колебаний потока жидкости (31 Гц) в 1,2 раза выше, чем в алюминиевой (25,9 Гц).

Замена материала заметно влияет на скорость звука в жидкости, заполняющей упругий трубопровод. Однако в том и в другом случае рассчитанные по формуле (3) частоты значительно выше частот, зарегистрированных при тестовых испытаниях носителя Titan П (10-11 Гц), у которого примерно такая же длина магистрали окислителя.

Применение для стенок магистрали материала с малым модулем Юнга снижает скорость распространения волны деформации в стенках, что приводит к снижению собственных частот высших гармоник колебаний жидкости в трубопроводе и увеличению соответствующих коэффициентов связи с высокочастотными колебаниями корпуса ракеты.

Эквивалентная скорость звука, определенная Н.Е. Жуковским, не зависит от номера тона колебаний. Нулевой частоте соответствует движение потока жидкости без колебаний, что имеет место при переходе потока на новую стационарную скорость при том же давлении. Даже для сравнительно короткой трубы эквивалентная скорость звука a_3 , вычисленная с учетом радиальных колебаний жидкости, до пятого тона собственных колебаний включительно практически не отличается от величины, вычисленной по формуле Н.Е. Жуковского (3) [9]. Отсюда можно сделать вывод, что вполне допустимо рассматривать одномерные колебания жидкости в трубопроводе, соединяющем баки с насосами. Но вместо скорости распространения звука a_0 в невозмущенном потоке в жесткой трубе нужно брать эквивалентную скорость звука a_3 , вычисленную по формуле (3).

Такое положение справедливо для сплошного потока. Иное дело – нарушение потока капельной жидкости, при котором образуются полости, заполненные паром, выделившимся из жидкости газом или их смесью. Уменьшение погонной жесткости упругого стержня, эквивалентного столбу жидкости, с помощью введения в верхнем конце магистрали инертного газа снижает эквивалентную скорость звука.

4.2. Учет упругих свойств парогазовой смеси в потоке жидкости

Вариации частоты собственных колебаний столба жидкости в магистрали – простой и надежный конструктивный путь ликвидации продольных автоколебаний ракеты. Частоту собственных колебаний жидкого

топлива в трубе можно значительно снизить впрыском в поток топлива небольшого количества нерастворимого газа (см. рис.3,ф). В криогенных жидкостях однородное распределение газа по потоку осуществляется при помощи одноструйного инжектора.

Если пренебречь поверхностным натяжением жидкости, что справедливо при достаточно большом диаметре пузырьков газа, и не учитывать явление массового обмена между газом и жидкостью, то эквивалентную скорость звука $a_{\text{э}}$ в газожидкостной смеси можно определить по формуле [17]:

$$a_{\text{э}}^2 = \frac{E_{\text{г}} E_{\text{ж}}}{\left[\beta E_{\text{ж}} + (1 - \beta) E_{\text{г}} \right] \left[\beta \rho_{\text{г}} + (1 - \beta) \rho_0 \right]}, \quad (4)$$

где $E_{\text{г}}$ - модуль упругости газа; $E_{\text{ж}}$ - приведенный модуль упругости жидкости (с учетом упругости стенок трубы); $\rho_{\text{г}}$, ρ_0 - плотность газа и жидкости;

β - объемное отношение газа к жидкости.

Определим эквивалентную скорость звука газожидкостной смеси при исходных данных:

$$E_{\text{ж}} = 10^8 \text{ кг} / \text{м}^2;$$

$$E_{\text{г}} = 1,2 \cdot 10^4 \text{ кг} / \text{м}^2;$$

$$\rho_0 = 100 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2 / \text{м}^4;$$

$$\rho_{\text{г}} = 0,1 \text{ кг} \cdot \text{сек}^2 / \text{м}^4.$$

Подставив эти величины в формулу (4), найдем эквивалентную скорость звука в газожидкостной смеси:

$$a_{\text{э}} \approx 111 \text{ м} / \text{сек} \text{ для } \beta = 0,01;$$

$$a_{\text{э}} \approx 78,2 \text{ м} / \text{сек} \text{ для } \beta = 0,02.$$

Как видно из расчета, даже небольшое количество нерастворенного газа в жидкости, в рассмотренном примере, 1 - 2 %, приводит к значительному снижению эквивалентной скорости звука по сравнению со скоростью звука в парогазовой смеси $\approx 340 \text{ м} / \text{сек}$.

А увеличение количества газа всего на 1 % уменьшает эквивалентную скорость $a_{\text{э}}$ в 1,42 раза. Трудно определить с необходимой точностью процент объема пузырьков газа, растворенного в жидкости. Значительный разброс исходных данных делает расчет по формуле (4) неопределенным, даже в предположении о равномерном распределении пузырьков газа в жидкости.

4.3. Учет упругих свойств кавитационной каверны

ТНА в большинстве конструкций образует единый агрегат с камерой сгорания и другими устройствами ЖРД. Подача компонентов топлива к камерам сгорания ДУ осуществляется по трубам специальной конструкции, давление в которых достигает десятков, даже сотен атмосфер. Трубопроводы высокого давления делают толстостенными и относительно короткими, в отличие от низконапорных магистралей, имеющих большую длину.

При исследовании низкочастотных колебаний трубы высокого давления принимают жесткой, жидкость в трубе – несжимаемой и считают гидравлической системой с сосредоточенными параметрами. В инженерной практике под низкочастотными обычно понимают колебания до 50 Гц. Высокочастотные вибрации в ЖРД (от 200 Гц до нескольких кГц) с низкочастотными колебаниями не связаны [7,8,9].

Модель однородного распределения пузырьков газа по потоку жидкости сложно применить к реальным процессам в питающих магистралях ракеты из-за существенной неоднородности такого распределения. Пузырьки газа непрерывно сносятся потоком и концентрируются в нижней части трубопровода. Уменьшение давления на входе в насос приводит к слиянию отдельных пузырьков в единую каверну. В случае квазистационарного течения (при постоянных входном давлении и скорости потока), размеры каверны практически не меняются.

Нарушение сплошного потока может быть как искусственного происхождения (см. рис. 3,ф), так и вследствие кавитационных образований, возникающих на тех участках трубопровода, где давление жидкости становится меньше некоторого критического значения. Например, в последовательно расположенных шнековом и центробежном насосе ЖРД кавитационные течения возникают в межлопаточных каналах шнекового насоса, центробежный насос вплоть до режима кавитационного срыва работает при практическом отсутствии кавитации в его проточных каналах. Поправки, вносимые кавитацией в насосе, меняют динамический коэффициент усиления ДУ, а главное, изменяют сдвиг по фазе между отклонениями давлений в камере сгорания и перед насосом. Из-за сложности происходящих физических явлений процессы кавитации в ТНА трудно в полной мере оценить теоретически. Учитывается только сжимаемость жидкости в упругой трубе низкого давления. Основное внимание фокусируется на оценке частоты пульсаций в низконапорной магистрали на входе в ТНА, в то время как эффект усиления в высоконапорной магистрали не учитывается.

Основные особенности, вносимые в динамику топливной магистрали кавитацией в шнековом насосе, состоят в уменьшении собственной частоты колебаний жидкости в трубопроводе, изменении фазовых соотношений между пульсациями давления и скорости жидкости в различных сечениях магистрали. Количественная оценка этих особенностей связана с определением эффективной податливости среды в объеме проточной части шнекового насоса и времени запаздывания [7,9]. Объем кавитационной каверны точно определить затруднительно, потому что это - объект весьма сложный для расчета. Величина жесткости газообразного объема, используемая для определения частоты низшего тона собственных колебаний жидкости, в определенной степени величина произвольная.

В дополнение к теоретическим расчетам проводилась экспериментальная отработка топливных магистралей, ТНА, ЖРД. Чтобы точнее оценить anomalously низкую частоту колебаний жидкости и определить параметры кавитации, важные для корректировки расчетов, были проведены вибрационные испытания ТНА двигателя F - 1 (первой ступени) и двигателя J - 2 (второй и третьей ступени) носителя Saturn V.

Совпадение собственных частот колебаний отдельных звеньев замкнутого контура является необходимым, но недостаточным условием для возникновения продольной неустойчивости. Нужны и определенные соотношения фаз колебаний отдельных звеньев, которые существенно зависят от характеристик затухания. Малейшие изменения упруго-вязких параметров могут оказать существенное влияние на фазу колебаний. Во время испытаний установившиеся колебания с большой амплитудой удавалось устранить путем минимального повышения или снижения давления на входе в насос (приблизительно на $0,018 \text{ кг/см}^2$), изменяя тем самым динамическое усиление через насос [3,12].

Изменить собственную частоту колебаний жидкости в магистрали можно вариациями давления наддува в баке. При уменьшении наддува бака кавитационные характеристики насоса ухудшаются: образуется или значительно увеличивается объем парогазовой смеси, от чего частота собственных колебаний потока жидкости уменьшается. В процессе полета эта частота остаётся постоянной, если не меняются параметры кавитационной каверны. Нестационарная кавитация появляется при более низких входных давлениях и характеризуется периодическими колебаниями размеров каверны. С ухудшением кавитационных характеристик возникает опасность возникновения неустойчивости в системе "топливная магистраль – шнекоцентробежный насос".

Повышение давления наддува способствует улучшению кавитационных характеристик насоса: снижается или полностью устраняется парогазовая смесь. Но для носителей тяжелого класса при громадном объеме топливных баков повышение давления наддува приводит к существенному увеличению и веса баков, и веса рабочего тела для наддува. Давление наддува не только нежелательно повышать, но надо держать на самом минимуме, который определяется как устойчивостью баков при осевом сжатии, так и условиями бескавитационного режима работы ТНА. Повышение числа оборотов насоса лимитируется угрозой возникновения кавитации.

Появление POGO стало неожиданностью для разработчиков, нужно было экстренно найти конструкторское решение по устранению продольной неустойчивости. В качестве рабочей была принята расчетная модель POGO, в основе которой лежит кавитационная гипотеза. Теоретики предположили, что ключевой причиной является кавитация на входе в насосы окислителя и горючего. Для нейтрализации автоколебаний был избран способ искусственного уменьшения объемной жесткости низконапорной расходной магистрали. Вариации основной формы колебаний столба жидкости моделировали с помощью сосредоточенной емкости, эквивалентной жесткости кавитационной каверны. Это должно было, согласно выводам математического моделирования, полностью исключить неустойчивость системы. Для того чтобы снизить и вывести за пределы резонансной зоны низшую частоту колебаний жидкости, в некоторых сечениях, чаще на входе в ТНА, подключали гидроаккумуляторы.

Для обеспечения работоспособности системы "трубопровод – гидроаккумулятор" понадобились специальные испытания, дополнительные расходы и время. Схема конструктивного оформления такого устройства показана на рис. 3,е. Перекрывающий клапан магистрали окислителя, открытый в течение всего времени по-

лета первой ступени, был использован для создания емкости, заполняемой перед стартом газообразным гелием и сообщаемой с магистралью. В принципе это устройство аналогично тому, которое было использовано на магистрали окислителя РН Titan II.

В публикациях о POGO-эффекте часто встречается слово "неожиданно". Это говорит об определенной неадекватности принятой расчетной модели (основанной на кавитационной гипотезе) реальному физическому процессу. Но теоретики были убеждены, что, несмотря на специальную доработку конструкции питающих магистралей, уязвимость к POGO-эффекту объясняется не недостатками используемой расчетной модели, а тем, что расчет был проведен на неадекватных исходных данных. Из принятой расчетной модели на основе кавитационной гипотезы следовало, что низкое конструкционное демпфирование, широкие допуски расчетных величин были индикаторами потенциальной неустойчивости изделия во время полета.

Принципиальным недостатком принятой расчетной модели POGO оставалось то, что у проектантов не было ясного понимания происхождения аномально низкой частоты колебаний жидкости в питающих линиях ЖРД.

4.4. Учет осевой жесткости гофрированных участков трубопровода

Трубопроводы низкого давления имеют малую толщину стенок и большой диаметр, поэтому - малую жесткость. При изготовлении сложная форма трубопровода не всегда может быть выдержана точно. Это вызывает трудности при монтаже, особенно тонкостенных трубопроводов больших диаметров, в первую очередь, магистральных. Для компенсации температурных деформаций трубопроводов, устранения технологических перекосов, несоосности фланцев дна бака и трубопровода, устанавливаются сильфоны (на одном или обоих концах), обладающие малой, по сравнению с трубой, осевой и угловой жесткостью. В сравнении с магистралью, длина сильфона мала, поэтому волновыми процессами внутри сильфона пренебрегают. В динамических задачах сильфон считают сосредоточенной упругостью, а давление жидкости одинаковым в заданный момент времени в любой точке объема сильфона.

Объем жидкости в сильфоне меняется по следующим причинам:

- 1) от перемещения одного торца по отношению к другому происходит изменение длины l_c сильфона, с ростом отношения диаметра сильфона к диаметру трубы приращение объема по этой причине возрастает;
- 2) вследствие изменения давления p_c внутри сильфона при неизменном расстоянии между его торцами;
- 3) из-за изменения геометрии гофра вследствие осевых деформаций при неизменном расстоянии между торцами сильфона.

Последнюю причину изменения объема жидкости в сильфоне проанализируем детальнее. Заменим гофрированный трубопровод - эквивалентной, по радиальной упругости и объему, цилиндрической оболочкой. Деформации будут обусловлены изменением радиуса этой оболочки. Найдем скорость звука в жидкости, заполняющей эквивалентную оболочку, с учетом радиальной упругости в соответствии с работой [16]:

$$c_{ж} = \left[\rho \left(K^{-1} + 2 b E^{-1} \right) \right]^{-\frac{1}{2}}. \quad (5)$$

Здесь E - модуль упругости материала трубы, ρ, K - плотность и модуль объемного сжатия жидкости, b - безразмерный коэффициент, зависящий от формы сечения и толщины стенок трубы.

В формуле (5) учтена только радиальная упругость стенок магистрали, рассчитанная по этой формуле, скорость звука существенно отличается от данных, полученных при испытаниях сильфонов.

Влияние гофрированных элементов на характеристики потока жидкости в трубопроводах вынуждает уточнять динамические характеристики, в частности, определять скорость звука с учетом радиальной и осевой упругости стенки гофра. Применить в данном случае метод Н.Е. Жуковского [16], учитывающий только влияние радиальной жесткости трубопровода на скорость звука в потоке жидкости, не имеет смысла.

При распространении упругих волн давления в жидкости, заполняющей гофрированный трубопровод, стенки гофров деформируются и в радиальном и в осевом направлении. Осевая и радиальная жесткости гофра влияют на распространение звуковых волн, но в разной степени. В испытаниях внутреннего давления при потере устойчивости сильфона деформации гофров происходят, в основном, в осевом направлении, а гофра, наиболее удаленная от оси кольцо, практически не деформируется. Эквивалентная скорость звука зависит в основном от осевой жесткости гофра.

Сильфон, тонкостенная цилиндрическая оболочка с гофрированной боковой поверхностью, расширяется или сжимается вдоль оси (подобно пружине) под действием разности давления внутри и снаружи или от внешнего силового воздействия. Объемная упругость единичного объема жидкости пропорциональна весу единичной массы жидкости и обратно пропорциональна изменению ее объема.

Коэффициенты сжимаемости можно найти экспериментально, построив зависимость величины осевой деформации гофров и соответственно объема dV от величины избыточного давления dP . Такого рода эксперименты проводились для сильфонов различных типов следующим образом. Сильфон заполнялся водой, избыточное давление изменялось в диапазоне 0 – 10 атм, замерялась соответствующая деформация гофров, строились характеристики:

$$dP = f(dV), \quad dP/dV = f(P), \quad dV/dP = f(P).$$

Изменение объема жидкости в сильфоне зависит от вариации длины сильфона l_c и давления p_c внутри сильфона (точнее перепада давлений).

В общем случае эта зависимость может быть нелинейной, но сравнительно слабая нелинейность этих характеристик в области давлений, соответствующих реальным условиям работы сильфона, позволяет считать, что деформации гофров линейно зависят от изменения давления, и применить закон Гука к процессам колебаний жидкости при распространении звуковых волн в гофрированной трубе.

Цилиндрическая часть сильфона придает прилегающей к ней полке гофра дополнительную жесткость и делает ее менее податливой в осевом направлении. Поэтому длину сильфона l_c , закладываемую в расчет эквивалентной скорости звука, надо уменьшить на высоту крайних полок гофров с обоих концов сильфона. При назначении расчетной длины гофрированного участка следует принимать во внимание, что длина сильфона l_c после технологического обжатия уменьшается на 7 - 13 %.

Рассмотрим гофрированный трубопровод, у которого радиус закругления гофра гораздо меньше глубины гофрировки ($R_c \ll R_n - R_e$), а угол уплотнения между плоскостью гофра и горизонтальной плоскостью мал.

Формула для скорости звука в жидкости, заполняющей гофрированный трубопровод, с учетом осевой деформации гофров, имеет вид [18]:

$$c = \left[\frac{1,5 E h^3 R_c R_n^2}{\rho (1 - \mu^2) (R_n - R_e)^4 (R_n + 2 R_e)^2 \ln \frac{R_n}{R_e}} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (6)$$

Переписав формулу (6) в безразмерных параметрах, получим такое выражение для определения нормированной скорости звука

$$\bar{c} = \frac{c_{ж}}{c_m} = \frac{b (1,5 \chi \bar{r} \bar{\delta}^3 \ln b)^{\frac{1}{2}}}{(b-1)^2 (b+2)} = 10^{-3} A \frac{b (\ln b)^{\frac{1}{2}}}{(b-1)^2 (b+2)}, \quad (7)$$

$$c_m = \left[\frac{E}{\rho (1 - \mu^2)} \right]^{\frac{1}{2}}, \quad \text{где}$$

$$b = \frac{R_n}{R_e}, \quad \bar{r} = \frac{r}{R_e}, \quad \bar{\delta} = \frac{\delta}{R_e}, \quad \chi = \frac{\rho_m}{\rho_{ж}}.$$

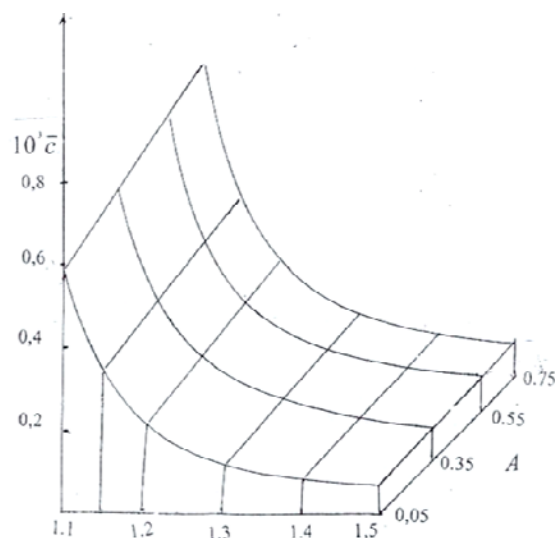


Рис. 5

Графическое представление функции (7) для областей изменения безразмерных параметров

$$\bar{r} \{0,01 - 0,2\}, \bar{\delta} \{0,005 - 0,01\}, \chi \{2 - 7\},$$

представленное на рисунке 5, иллюстрирует зависимость нормированной скорости звука $\bar{c}$ от параметров гофра A, b .

Определив скорость звука на цилиндрическом участке по формуле (3), а на гофрированном участке, – по формуле (6), найдем частоту колебаний жидкости в составном трубопроводе. Если трубопровод состоит из двух участков (цилиндрического и гофрированного), открыт на одном конце и закрыт на другом, то частоты низших тонов колебаний находятся из частотного уравнения

$$\frac{c_2}{c_1} \operatorname{tg} \frac{\omega l_1}{c_1} \operatorname{tg} \frac{\omega l_2}{c_2} = 1, \quad (8)$$

где l_i , c_i – длина участка и скорость звука на i -ом участке, $i = 1, 2$.

Длина гофрированного участка существенно меньше длины составного трубопровода, тем не менее, влияние осевой упругости гофров на скорость звука в жидкости существенно. Динамические испытания трубопроводов с гофрированными участками показали, что частота первого тона акустических колебаний, полученная по формуле (3), превышала в 2 – 4 раза частоту, зарегистрированную в эксперименте.

Расчетные и экспериментальные значения собственной частоты первого тона колебаний жидкости в некоторых трубопроводах с гофрированными участками показаны в таблице 1. Если по формуле (8) определять частоту с учетом снижения скорости звука на гофрированном участке, то расчетная величина близка к экспериментальной – отличие составляет 10-15 % [18].

Таблица 1.

Расчетные и экспериментальные значения собственной частоты первого тона колебаний жидкости в некоторых трубопроводах с гофрированными участками

Параметры		Изделие			
		A	B	C	D
Относительная длина участков	цилиндрич.	0,952	0,991	0,985	0,991
	гофрирован.	0,042	0,009	0,015	0,009
Безразмерные параметры гофрированного участка	b	1,5	1,22	1,18	1,22
	$\bar{\delta}$	0,02	0,0076	0,0073	0,0076
	$\bar{r}$	0,08	0,03	0,036	0,0297
Скорость звука, м / сек	по формуле (3)	970	740	645	660
	по формуле (6)	12,2	4,17	5,3	4,2
Частота, Гц	без учета формулы (6)	81,0	25,0	26,3	23,2
	с учетом формулы (6)	23,8	13,4	14,1	15,5
	эксперимент. значения	24 - 30	12 - 14	16	14 - 16

В конструкции ракеты нельзя обойтись без сильфонов. Но, выполняя функцию компенсатора продольных перемещений днища бака и рамы ЖРД, сильфоны могут нести и дополнительную функцию, изменяя частоту колебаний жидкости в низконапорных магистралях в нужном направлении.

Предложенный аналитический аппарат (6) – (8) позволяет не только точно вычислить anomalously низкую частоту колебаний жидкости в составном трубопроводе с цилиндрическими и гофрированными участками, но и дает разработчику простое средство управлять этой частотой с помощью корректировки параметров сильфона. Пользуясь графиком на рис. 5, можно для заданной частоты и, соответственно, эквивалентной скорости звука, выбрать необходимые параметры сильфона, а затем из имеющейся номенклатуры подобрать сильфон, подходящий по параметрам.

Увеличение или уменьшение осевой жесткости сильфона – более эффективный и менее затратный способ вариаций частоты колебаний жидкости в трубопроводе, чем установка гидроаккумуляторов.

Вероятно, по той причине, что “секрет” POGO так и не был раскрыт, предлагаемые разноплановые способы устранения неустойчивости РН не дали ожидаемых результатов, о чем свидетельствует их малая эффективность.

Процесс устранения продольных автоколебаний происходил методом проб и ошибок и так и не был доведен до логического конца.

Заключение

Человек преодолел притяжение Земли и вырвался из своей земной колыбели, устремляясь в космос. Проектируются носители КК нового поколения, прежде всего, для освоения ближнего космоса – Луны и Марса. Сотрудники NASA начали работу над подготовкой пилотируемых полетов на орбиту Венеры, а затем, и в верхние слои венерианской атмосферы. В таких проектах проблемы надежности и безопасности полета имеют первостепенное значение. Но и по сей день, через полвека после начала космической эры, носители КК, сложнейшие создания рук человека, иногда выходят из-под контроля. Например, в октябре 2018 г. запуск китайской коммерческой ракеты ZQ -1 закончился провалом. И каждый раз, когда случаются неудачные пуски, особенно опасные для пилотируемых экипажей, возникает вопрос, можно ли было предотвратить неудачу на стадии проектирования.

Все более сложными оказываются проблемы динамики, обусловленные специфическими особенностями этих изделий. В процессе создания новых конструкций РН была установлена важность своевременного анализа динамической совместимости корпуса ракеты и ее двигателя еще на стадии проектирования. И сегодня актуальной остается задача исследования продольной устойчивости носителей тяжелого класса: не только качественно предсказать это явление на стадии проектных разработок, но и рассчитать частоту и амплитуду инфразвуковых продольных колебаний, а, при необходимости, иметь возможность с помощью изменений в конструкции снизить амплитуду до регламентируемого уровня. Несмотря на то что разработаны различные способы борьбы с упругими колебаниями ракет, задача предотвращения таких колебаний остается одной из самых трудных.

Для нового поколения инженеров-ракетчиков особый интерес представляет накопленный опыт и разработанные методы демпфирования продольных автоколебаний подобных изделий.

Проблема POGO располагается на стыке разнородных научно-технических дисциплин, для ее решения требуются усилия инженеров разных специальностей:

- 1) проектирование и расчет деформируемых конструкций РН;
- 2) проектирование и расчет механико-гидравлических систем;
- 3) динамический анализ упругой конструкции, частично заполненной жидкостью; учет физических особенностей криогенных жидкостей;
- 4) анализ гидродинамических характеристик топливных магистралей с учетом сжимаемости потока жидкости в упругом трубопроводе;
- 5) проектирование и расчет характеристик ТНА, анализ, испытания;
- 6) проектирование и расчет системы питания ЖРД, испытания;
- 7) конструктивно-подобное моделирование динамических свойств ракеты с учетом колебаний жидкого топлива в баках;
- 8) проектирование оборудования и измерительных систем для испытаний ракет;
- 9) наземные и летно-конструкторские испытания ракет;
- 10) измерения динамических параметров испытуемых конструкций;
- 11) спектральный анализ силовой реакции и случайного отклика конструкции ракеты;
- 12) анализ траектории полета и характеристик полезного груза;
- 13) исследование взаимодействия составных частей конструкции как замкнутого колебательного контура, анализ устойчивости;
- 14) проектирование и испытания средств подавления POGO-эффекта;
- 15) анализ характеристик POGO-эффекта; согласование данных измерений механических и гидравлических параметров.

Многоплановая природа POGO-эффекта, в которой тесно переплелись проблемы динамики деформируемых тонкостенных конструкций и гидродинамики системы питания ЖРД, вынуждает инженера выйти за пределы комфортной зоны своей “узкой” технической специальности. Чтобы досконально изучить такую комплексную проблему, нужен контакт с инженерами других специальностей в рабочих группах. Это должны быть специалисты не только в области новых технологий. Совместными усилиями нужно разрабатывать новые концепции и идеи в области ракетостроения, вплоть до придумывания новой терминологии изучаемых физических процессов. Для принятия согласованных решений по спорным вопросам на основе взаимоприемлемого компромисса нужно использовать дух кооперации и взаимопонимания, проявляя терпимость к чувствительности “авторитетов” в различных отраслях знаний, входящих в рабочую группу.

Сложно утверждать, что путь познания природы POGO-эффекта пройден до конца. Хотя этой многосторонней проблеме уже более чем полвека, в ней еще много белых пятен, она не решена в полной мере и по

сей день. Пока все делается методом проб и ошибок. Анализ в недостаточной мере изученных физических процессов, происходящих при запусках РН, диагностика работоспособности конструкции ракеты при продольных автоколебаниях продолжает оставаться на повестке дня инженеров-ракетчиков.

Уникальная ракетная техника 1960-х годов ушла в прошлое, но она представляет интерес не только для историков. Из опыта первовосходителей по непроторенным тропам к вершинам совершенной ракетной техники, их побед и поражений нужно извлечь и объективно оценить полученные знания для разработки проектов будущих космических полетов.

Литература

1. Продольные колебания ракет на жидком топливе. Обзор // Вопросы ракетной техники. – 1971. – № 11. – С. 3-23.
2. Pinson L.D., Leonard H.W., Raney J.P. Analyses of longitudinal dynamics of launch Vehicles with application to a 1/10 – scale Saturn V model // J. of Spacecraft and Rockets. – 1968. – Vol. 5, № 3. – P. 303 -308.
3. Worlund A.L., Hill R.D., Murphy G.L. Saturn V longitudinal oscillation (POGO) solution. – “AIAA Paper”, № 69-548. – 7 p.
4. Феодосьев В.И. Основы техники ракетного полета. – М.: Наука, 1979. – 494 с.
5. Роуз Анализ продольной устойчивости ракет на жидком топливе. // Вопросы ракетной техники. – 1967. – № 8. – С. 3-25.
6. Poizat, Vialatoux, Vedrenne, Cochery Amortissement viscoelastique (Application comme remede au POGO du lanceur de satellite Diamant). // Aeronautique at Astronautique. – 1976. – № 58. – P. 63 -78.
7. Гладкий В.Ф. Динамика конструкции летательного аппарата. – М.: Наука, 1969. – 496 с.
8. Микишев Г.Н., Рабинович Б.И. Динамика тонкостенных конструкций с отсеками, содержащими жидкость. – М.: Машиностроение, 1971. – 563 с.
9. Колесников К. С. Динамика ракет. – М.: Машиностроение, 1980. – 376 с.
10. Rasumoff A., Winje R.A. The POGO phenomenon; its causes and cure. “Astronaut. Res. 1971”. – Dordrecht – Boston, 1973. – P. 307–322.
11. Goldman R.L. Elimination of the POGO instability from the Gemini launch Vehicle. Dynamic stability of structures // Proc. of an Int. Conf. held at Northernstern University, Evanston, Illinois. – 1965, Oct. – P. 157-166.
12. Sterett I.B., Riley G.F. Saturn V/Apollo vehicle POGO stability problems and solutions.// AIAA Paper. – 1970. – № 1236.
13. Rubin S. Prevention of Coupled Structure – Propulsion Instability (Pogo) on the Space Shuttle. // Space Transportation System Technology Symposium (Cleveland)// Dynamics and Aeroelasticity. – 1970. – Vol.II. – P 249 – 262. .
14. Oppenheim B.W., Rubin S. Advanced Pogo Stability Analysis for Liquid Rockets.// Journal of Spacecraft and Rockets. – 1993/ – Vol. 30, № 3. – P. 37- 43.
15. Rohrachner H. Mechanische Microschwingungen des menschlicher Korpers Wien, 1949.
16. Жуковский Н.Е. О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. – М.-Л.: Гостехиздат, 1949.

17. Бетчелор Г.Г. Волны в суспензии газовых пузырьков в жидкости. - М.: Мир // Механика (сб. переводов иностр. статей). – 1968. - № 3. – С. 3-17.

18. Крютченко В.Е., Серенко В.А. Теоретическое определение скорости звука в жидкости, заполняющей гофрированный трубопровод. // Прикладная механика. - 1969. – Том V, вып.12. - С.122-125.

Сведения об авторе

Крютченко Владлен Ефимович, кандидат техн. наук.
Адрес: 49005, Украина, г. Днепр, ул. В.Жуковского, 4, кв. 12.
Телефон (дом): 46 20 18.
E-mail: aks24lm@gmail.com

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ СОРТИРОВОЧНЫМ ПРОЦЕССОМ ДЛЯ СОРТИРОВОЧНЫХ СТАНЦИЙ

Кандидат экон. наук, доцент **Юсупова О.А.**,
студент **Колпаков Ф.К.**
(Российский университет транспорта. РУТ - МИИТ)

OPTIMIZATION OF THE SELECTION OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR MANAGING THE SORTING PROCESS FOR SORTING STATIONS

Ph. D. (Econ.), Associate Professor **Yusupova O.A.**,
Student **Kolpakov F.K.**
(Russian University of Transport. RUT - MIIT)

Сортировочная станция, вагонный замедлитель, инновации, железнодорожная отрасль, чрезвычайное происшествие, безопасность, скорость соударения, тормозная позиция, издержки, технология, система, вагонопоток, затраты, доходы, расходы.

Sorting station, car retarder, innovations, railway industry, emergency, safety, collision speed, braking position, costs, technology, system, car traffic flow, costs, revenues, expenses.

Повышение эффективности инвестиционной политики ОАО «РЖД» предполагает разработку обоснованного подхода к выбору той или иной инновационной технологии, обеспечивающей безопасный роспуск вагонов на сортировочных станциях. В рамках решения обозначенной задачи авторами статьи предложена система сравнительных критериев для оптимизации выбора одной из систем роспуска: КСАУ-СП, MSR-32 и TDJ-101 и сформированы рекомендации по их использованию в инвестиционной политике сортировочных станций.

Improving the efficiency of the investment policy of Russian Railways suggests the development of a sound approach to the choice of a particular innovative technology that ensures the safe dissolution of railcars at sorting stations. Within the framework of solving the designated task, the authors of the article proposed a system of comparative criteria for optimizing the choice of one of the dissolution systems: KSAU-SP, MSR-32 and TDJ-101.

Неотъемлемой частью процесса транспортировки грузов является их распределение на сортировочных станциях. Сокращение затрат и минимизация времени перевозки груза - одна из первоочередных задач, решаемых компанией ОАО «РЖД» путём автоматизации работ сортировочных станций и посредством внедрения новых технологий.

Станция представляет собой структурное подразделение, предназначенное для сортировки и переработки вагонов, формирования составов по назначениям, установленным утвержденным планом формирования поездов. Для этого станция имеет необходимые специальные (сортировочные) пути и маневровые средства [1].

Основная деятельность сортировочных станций осуществляется с помощью сортировочных парков, горок, вытяжных путей и маневровых средств. На сортировочных горках происходит расцепка вагонов и сцепов прибывшего поезда с целью формирования нового состава, предназначенного для дальнейшего следования.

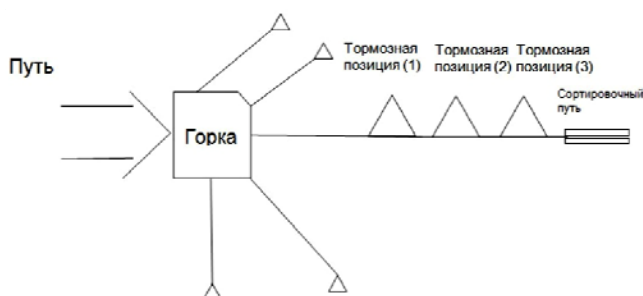


Рис.1. Схема роспуска вагонов на сортировочной станции

На первом этапе работы с подвижным составом происходит разделение поездов на вагоны и сцепы, осуществляемое сотрудниками-составителями, в соответствии с сортировочным листом (планом) распределения, утвержденным директором сортировочной станции.

На втором этапе, после расформирования поезда, происходит роспуск вагонов на сортировочные пути (иллюстрация процесса прохождения этапов роспуска представлена на рисунке 1). Роспуск осуществляется с помощью маневрового локомотива, надвигающего вагоны на сортировочную горку (горб). Вагоны скатываются с горки за счет собственной силы тяжести и во время движения набирают скорость 20-25 км/ч. В процессе движения к сортировочному пути вагоны проходят 3 тормозные позиции для нормализации скорости. Главной тормозной позицией является последняя, которая реализует выпуск вагона на сортировочный путь со скоростью, необходимой для преодоления расстояния до сцепки со сформированным составом. Движущийся вагон соударяется с основным составом. Высокая скорость выхода с тормозной позиции, превышающая нормализованные значения, может послужить причиной чрезвычайных ситуаций, к примеру, взрыва горюче-смазочных материалов, перевозимых в цистернах, человеческих жертв, разрушения подвижного состава и т.д. В одном из таких случаев, имевших масштабные последствия, по причине нарушения техники безопасности и высокой скорости соударения опасных грузов на сортировочной станции «Свердловск-Сортировочная» в 1988 году число жертв составило сотни человек [6].

На большинстве сортировочных станций для нормализации скорости соударения вагонов диспетчеры осуществляют перевод железнодорожных стрелок, определяют путь направления вагонов, обеспечивают торможение вагона посредством механических ручников, использование которых сопряжено с большими рисками возникновения чрезвычайных ситуаций.

Экономической стороной некорректных управленческих решений становится рост ремонтных расходов, который можно объяснить возникновением следующих неисправностей:

1. **Искривление путей.** Ввиду больших масс вагонов путь со временем начинает искривляться, что ведет к экономическим затратам.

2. **Износ ходовой части сцепа.** Вагон, проходящий через тормозную позицию, колесными парами попадает в зажим, что ведет к износу ходовой части сцепа. Диспетчер регулирует силу сжатия колесных пар на тормозной позиции с помощью пульта управления. Вследствие большой силы сжатия вагон может остановиться непосредственно на тормозной позиции и не попасть на сортировочный путь. Респуск остановившегося вагона производится повторно. Перечисленные факторы приводят к износу ходовой части.

3. **Сколы на башмаках.** При использовании башмака (средства торможения сцепа в определенном месте) на колесных парах образуются сколы. Это происходит из-за высокой скорости наезда ходовой части вагона на опорное средство торможения.

В целях сокращения расходов на ремонт составов, вероятности совершения ошибок персоналом станции, увеличения ежедневного вагонопотока на сортировочных станциях представляется крайне необходимой установка на сортировочных путях инновационных разработок, обеспечивающих автоматизацию управления процессом респуска вагонов.

По данным официального сайта ОАО «РЖД», с каждым годом объем финансирования, выделяемого в рамках инновационной политики компании, возрастает примерно на 20%. Часть средств, инвестируемых на инновации, предусмотрена для внедрения технологий автоматизации процессов на сортировочных станциях. В рамках решения обозначенной задачи авторами статьи предложена сравнительная характеристика технологий КСАУ-СП, MSR-32 и TDJ-101.

В статье рекомендованы сравнительные критерии, объединенные в две группы, наиболее полно описывающие технические и финансовые составляющие сравниваемых технологий.

Система сравнительных критериев, предлагаемых авторами, включает в частности:

Группа Z1: Эксплуатационные характеристики:

Z1.1. Скорость соударения сцепов со сформированным составом на сортировочном пути;

Z1.2. Принцип действия технологии;

Z1.3. Простота эксплуатации системы;

Z1.4. Вероятность возникновения чрезвычайного происшествия вследствие высокой скорости соударения;

Z1.5. Вероятность некорректного респуска.

Группа Z2. Экономические характеристики:

Z2.1. Эксплуатационные расходы;

Z2.2. Производительность труда;

Z2.3. Себестоимость переработки одного вагона;

Z2.4. Доля отправок груза, доставленных в договорной срок.

Результат сопоставления инновационных технологий респуска вагонов, согласно предлагаемым критериям агрегирован в таблице 1.

Для проведения сравнительной характеристики внедренных технологий по критериям (Z1.3; Z1.4; Z1.5; Z2.1) была выбрана система оценок, соответствующая шкале прогресса: низкая, ниже среднего, средняя, выше среднего, высокая. Авторами предложения система оценок: для (Z1.1) – «безопасная \ небезопасная», где безопасной считается скорость сцепа вагонов до 5 км\ч; для (Z1.2) – «механическая \ автоматическая», где механическая означает отсутствие автоматизированной системы респуска, автоматическая – ее наличие. Для оценки критериев производительности труда (Z2.2), себестоимости переработки одного вагона (Z2.3), доли отправок груза, доставленного в договорной срок (Z2.4) в общем объеме грузов используется шкала фазы развития «снижается / повышается» для внедренных систем, что говорит о увеличении производительности труда и снижении расходов станции. Для станций без использования технологии авторами дана оценка фактору производительности труда «низкая», а факторам (Z2.3-Z2.4) «не изменяется», что говорит о стагнации себестоимости переработки вагонов и доли доставленного груза в срок. Ниже представим обоснования значений сравнительных критериев, присвоенных в таблице 1.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика технологий респуска вагонов

Сравнительный критерий	КСАУ-СП (Россия)	MSR-32 (Германия)	TDJ-101 (Китай)	Без использования технологии
Z1.1	Безопасная	Безопасная	Безопасная	Не безопасная
Z1.2	Автоматический	Автоматический	Механический	Механический
Z1.3	Высокая	Высокая	Выше среднего	Низкая
Z1.4	Низкая	Низкая	Средняя	Высокая
Z1.5	Низкая	Низкая	Средняя	Высокая
Z2.1	Низкие	Низкие	Ниже среднего	Высокие
Z2.2	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается	Низкая
Z2.3	Снижается	Снижается	Снижается	Не изменяется
Z2.4	Увеличивается	Увеличивается	Увеличивается	Не изменяется

Источник: [авторская разработка]

В настоящее время в России используется три технологии, целью которых является автоматизация процесса сортировки вагонопотока и обеспечения безопасной скорости соударения. Ими являются:

1) КСАУ-СП: разработана Научно-исследовательским Институтом Автоматизации и Связи «НИИАС» и Московским Институтом Транспорта «РУТ-МИИТ». Система сертифицирована и уже внедрена на 19 сортировочных горках. В рамках среднесрочного планирования ОАО «РЖД» технология будет продвигаться на горках с параллельным роспуском [4].

2) MSR-32: многопроцессорная система, испытанная во всем мире компанией «Сименс», разработанная в Германии на сортировочной станции «Гамбург-Машен». По договоренности компаний «РЖД» и «Сименс» технология внедрена на припортовой сортировочной станции «Лужская».

3) TDJ-101: китайская технология домкратовидных замедлителей установлена на сортировочной станции «Забайкальск», г. Челябинск, которая успешно регулирует скорость соударения сцепов на сортировочном пути. Внедрение технологии позволило обеспечить соответствие нормам скорости соударения, снизить расходы на ремонт и эксплуатацию.

В таблице 1 предложена сравнительная характеристика вышеупомянутых технологий. Оценка группы эксплуатационных характеристик проведена на основе принципа работы внедренных систем. В обоснование присвоенных значений критериев группы Z1, представим характеристику каждой из сравниваемых систем.

Механизм действия системы КСАУ-СП заключается в следующем: учитывая множество факторов, влияющих на скорость движения вагона до соударения, производится торможение вагона за счет установленных тормозных позиций на пути. Замедление скорости производится тормозной позицией, связанной с компьютерной программой, определяющей параметры торможения на основе формулы, учитывающей:

- скорость выхода со второй тормозной позиции;
- скорость ветра (также направление – боковое, встречное и т.д.);
- КЗП (коэффициент занятости пути);
- профиль пути;
- массу сцепа.

Фактические значения переменных считываются датчиками и передаются в компьютерную систему, генерирующую формулу торможения вагонов. Тормозная позиция заставляет проходящий вагон снизить скорость до минимума, требуемого для прохождения части свободного пути и сцепа со сформированным составом со скоростью, являющейся безопасной (до 5 км/ч) [2].

Для характеристики эксплуатации необходимо сравнить принцип работы установленной системы с режимом работы станции без ее использования. Сортировочным процессом управляют несколько дежурных, производящих торможение вагона путем нажатия клавиш на пульте управления и перевода стрелок для направления вагона на необходимый путь. Указанный выше механизм действия системы позволяет исключить работу дежурных и производить роспуск автоматически. Это дает право присвоить критерию (Z1.3) высокую степень простоты эксплуатации системы, исключая вероятность некорректного роспуска.

Одной из целей внедрения технологии является снижение скорости соударения вагонов, что позволяет

производить роспуск опасных грузов. Система проходила испытания на станции «Орехово-Зуево», где и принималось решение о ее внедрении. Опыты проводились в разные времена года для подтверждения корректности используемой формулы и исключения ошибок работы датчиков, связанных с погодными условиями. Испытания показали положительный результат, в котором скорость соударения вагонов и сцепов была безопасной, что говорит об исключении вероятности возникновения чрезвычайного происшествия, поэтому критерию (Z1.4) присвоена оценка «низкая».

На сегодняшний день система автоматизированного роспуска способствует оптимизации и автоматизации работы на сортировочных станциях. По данным ОАО «РЖД», сортировочная станция «Орехово-Зуево» перерабатывает вагоны, в число которых входят цистерны, запрещенные к роспуску [8]. До появления технологии роспуск производился маневровым локомотивом, что вело к дополнительным расходам и сокращению вагонопотока в день. На данный момент проблема устранена. Переработка вагонов проходит быстрее и безопаснее, расходы минимизированы.

Обоснуем значения группы критериев Z1 для технологии MSR-32 на примере сортировочной станции «Лужская», где технология успешно внедрена. Деятельность технологии осуществляется с помощью компьютера, считывающего данные с датчиков, расположенных на станции. Как и у КСАУ-СП, производится сбор необходимых данных для работы системы, однако скорость соударения вагонов регулируется не только тормозной позицией, но и вагонным замедлителем, расположенным в пути между рельсов. При выходе с тормозной позиции на сортировочный путь сцеп попадает на гидравлические вагонные замедлители, которые способствуют его торможению. Система оборудована «тележками», необходимыми для подтягивания вагона, не преодолевшего расстояние до стоящего сцепа. Тележка работает на канатах, расположенных вдоль пути. Она вытягивает вагон и сопровождает его на оптимальной скорости до соударения со стоящим сцепом. Использование типовых модулей для всех систем управления позволяет свести потребность в запчастях и расходы на техобслуживание к минимуму [7].

Как и у технологии КСАУ-СП, скорость соударения является безопасной, так как учитывается большое количество факторов, влияющих на нее, а торможение производится компьютером, которым управляет оператор, вносящий коррективы в формулу. Это говорит о высокой степени простоты эксплуатации системы и позволяет сделать вывод о низкой вероятности возникновения некорректного роспуска по причине человеческого фактора.

Наряду с высокой безопасностью роспуска, что следует из автоматизированного принципа работы станции, вероятность возникновения чрезвычайного происшествия низкая. Ходу вагона препятствует вагонный замедлитель, обеспечивающий безопасную скорость соударения при производимом роспуске.

Вагонный замедлитель – это стационарное тормозное устройство, установленное на железнодорожном пути для снижения скорости движения вагонов при маневровой работе. Он обеспечивает механизированное торможение движущихся отцепов, позволяет исключить непроизводительный и опасный ручной труд. Вагонный замедлитель устанавливают на путях сортиро-

вочных горок, а также на наклонных подъездных путях промышленных предприятий.

Третья инновационная технология – TDJ-101 - обеспечивает безопасную скорость соударения за счет интегрированных домкратовидных вагонных замедлителей без использования автоматизированной технологии управления перевозочным процессом. Работа вагонных замедлителей TDJ-101 основана на использовании гидравлического масла и азота. При наезде на цилиндр колесной пары, происходит, сжатие азота, который с определенным давлением действует на напорный клапан. При открытии клапана выпускается гидравлическое масло в нижнюю часть устройства, повышающее тормозную силу цилиндра. Таким образом, чем интенсивнее нажатие на корпус цилиндра колесной парой, тем больше тормозного эффекта, действующего на колесную пару. Повышенное давление в цилиндре стоп-замедлителя длительное время фиксирует колесную пару вагонов, препятствуя его уходу.

Из вышесказанного следует, что скорость соударения вагона со сформированным составом на сортировочном пути зависит непосредственно от вагонного замедлителя. Однако роспуск осуществляется дежурным станцией. Из этого следует, что скорость соударения регулируется до безопасной механически, с помощью замедлителей, установленных между рельсов. Использование домкратовидных вагонных замедлителей не требует компьютерного сопровождения, так как принцип его действия механический. При этом простое эксплуатации (Z1.3) авторы дали оценку «выше средней», в связи с тем, что дежурным лишь следует переводить стрелки и отправлять вагон на необходимый путь. Торможение будет осуществляться замедлителями. Это снижает ошибки роспуска, поэтому оценка показателя вероятности некорректного роспуска «средняя». Работа TDJ-101 ликвидирует вероятность возникновения чрезвычайного происшествия в связи с обеспечением безопасной скорости соударения сцепов на сортировочном пути.

Проведенное исследование и анализ эксплуатационных характеристик позволяет сформулировать преимущества использования инновационных технологий:

1. Применение безлюдной технологии работы: использование домкратовидных замедлителей в сортировочном парке исключает необходимость нахождения в опасной зоне регулировщиков скорости движения сцепов.

2. Нормализация скорости соударения, что снижает риски повреждения вагонов и путей в подгорочном парке.

3. Удобство оперативного управления работой горки (не требуется контроль горочного оператора за процессом движения вагонов по сортировочным путям; исчезает необходимость «перестраховочного» торможения вагонов с целью исключения соударений с повышенными скоростями).

4. Замедлитель тормозит все вагоны, которые имеют скорость более 5 км/час и свободно пропускают те, которые движутся медленнее. Процесс торможения осуществляется при воздействии поршня замедлителя на набегающую часть колеса за счет устройства противоуклонов и выборочного торможения - происходит выравнивание скоростей хороших и плохих бегунов. В результате происходит равномерное и безопасное заполнение парковых путей.

Рассмотрев группу эксплуатационных характеристик, обобщаем оценку группы экономических – Z2, учитывающих доходы и расходы сортировочной станции.

Для анализа экономических факторов обратимся к отчетам о финансовой деятельности компании ОАО «РЖД», согласно которым эксплуатационные расходы за 2016 год составили 72,3 млрд. руб., что ниже прогнозируемого плана расходов на 2,3 млрд. руб. (3,18%). Анализируя данные за 2017 год, следует отметить, что расходы на ремонт и эксплуатацию холдинга составили 84,3 млрд. руб., что ниже прогнозируемых затрат на 3,6 млрд. руб. (4,27%) [4,11]. С внедрением инновационных технологий управления перевозочным процессом наблюдается сокращение доли сэкономленных средств эксплуатационных расходов компании. Это связано с минимизацией средств на ремонт ходовой части вагонов, ремонт рельсов и путей. Характеризуя критерий «эксплуатационные расходы» (Z2.1), авторы определяют рост доли сэкономленных средств как основной фактор снижения затрат на капитальный ремонт [3,4]. Тот же критерий (Z2.1) для «безлюдных» технологий (КСАУ-СП и MSR-32) авторами определен оценкой «низкие», поскольку скорость соударения вагонов является безопасной, а вероятность некорректного роспуска отсутствует. Это определяет минимизацию затрат на ремонт и эксплуатацию. Китайской технологии вагонных замедлителей присвоена оценка «ниже среднего», так как для системы TDJ-101 скорость соударения вагонов и вероятность некорректного роспуска нормализованы, по сравнению с высоким уровнем эксплуатационных расходов на станциях, не оборудованных технологиями.

Расчет производительности труда заключается в объеме выпущенной продукции на одного сотрудника. В отношении сортировочных станций этот показатель варьируется в зависимости от вагонопотока сортировочной станции на одного работника. Одной из целей является увеличение вагонопотока в день. Для всех технологий критерию (Z2.2) присвоена оценка «увеличивается». По данным пресс-центра компании ОАО «РЖД», с появлением технологии MSR-32 производительность труда на станции «Лужская» увеличилось на 20%; вагонопоток станции «Орехово-Зуево» вырос на 5,26%, что говорит о увеличении производительности труда на 2,5% по сравнению с 2016 годом и на 19,3% с момента внедрения системы; на станции «Забайкальск» вагонопоток вырос на 15%, штат сотрудников не увеличился, что говорит о росте производительности труда [3,6,7].

Себестоимость переработки одного вагона складывается из расходов на электроэнергию, топливо для локомотива и доходов станции на 1 сортируемый сцеп. Анализируя приведенные данные пресс-центра компании «РЖД», в результате внедрения технологии автоматизации роспуска MSR-32 показатель снизился на 5%, что говорит о росте дохода станции на 5% с каждого сформированного вагона. Система КСАУ-СП, внедренная на станции «Орехово-Зуево», достигает роста показателя за счет снижения времени на переработку вагона на 0,23 часа (около 14 мин). В то же время, технология домкратовидных замедлителей позволяет избежать ошибки роспуска, а значит, избежать расходов на перераспределение сцепа с ошибочного пути на правильный с помощью локомотива, которому требуется

топливо для движения. Из этого следует, что себестоимость обработки одного вагона при внедрении технологии TDJ-101 растёт [6,7].

Критерию «доля отправленных грузов, доставленных в срок» (Z2.4) для всех технологий соответствует оценка «увеличивается». В связи с тем что технологии были внедрены в 2014-2015 годах, целесообразно сравнивать доли грузооборота до и после внедрения систем, опираясь на операционную деятельность компании «РЖД» за период 2013 и 2017 годы. Рассматриваемый показатель за 2013 год составил 77,5%. Отсюда следует, что в 2013 году 22,5 % груза прибыло в места назначения с нарушением сроков доставки. Анализ данных 2017 года свидетельствует о росте показателя доли доставленного в срок груза до 96,7% . Это говорит о том, что 3,3% грузов прибыло в конечный пункт с нарушением сроков. Таким образом, доля доставленного груза в срок выросла за счет внедрения технологий на сортировочных станциях, так как время обработки и сортировки груза для дальнейшего следования зависит, по большей части от времени, затраченного на его сортировку. В подтверждение вышесказанного следует обратить внимание на показатель «средней скорости доставки грузовых отправок», который в период с 2013 по 2017 годы вырос на 55,2% с 249 км/сутки в 2013 году до 386,4 км/сутки в 2017 году [10].

Выводы

Проведенное исследование позволяет заключить, что внедрение технологий, способствующих минимизации времени роспуска, увеличивает производительность труда, обеспечивает безопасную скорость соударения вагонов на сортировочном пути, способствует высокой скорости доставки груза и, следовательно, увеличению грузооборота, росту доходов компании «РЖД».

В Российской Федерации функционирует большое количество сортировочных станций. Средний вагонопоток в день на сортировочных станциях составляет 4500 вагонов в сутки. Не все даже крупные станции обеспечены технологиями вагонных замедлителей. По итогам исследования ясно, что для станций, обрабатывающих наибольшее количество грузов повышенной опасности, требуется внедрение технологий КСАУ-СП и MSR-32. Они способствуют увеличению безопасности на сортировочных станциях, позволяют производить роспуск опасных грузов, в том числе, взрывоопасных веществ.

Станции с наименьшим процентом роспуска составов, транспортирующих взрывоопасные вещества, необходимо оборудовать технологией домкратовидных замедлителей. Это позволит снизить расходы на ремонт и эксплуатацию и нормализовать скорость соударения.

Литература

1. Железнодорожный транспорт. Энциклопедия [Текст] / под ред. Конарева Н.С. – М.: Большая Русская энциклопедия – 1995. – 292 с.
2. Бахарев Е.В. Содержание и экономическое обеспечение инновационных проектов на железнодорожном транспорте [Текст] / Е.В. Бахарев, Ф.К. Колпаков // Сборник научных трудов «Актуальные проблемы управления экономикой и финансами транспортных компаний» том. 2 – Пермь – 2016. – С. 48-53.

3. Березин А. Интеллектуальные горки / А. Березин // Московский железнодорожник: электронная научно-публицистическая газета. – 2015. – №59. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gudok.ru> (дата обращения: 01.12.2018)

4. Городнов А. Мы все как одна семья / А. Городнов // Пресс-центр АО «Российские Железные Дороги» – 2016. [Электронный ресурс]. URL: <http://press.rzd.ru> (дата обращения: 30.11.2018)

5. Касьянова Н. 30 лет назад Сортировку разрушил мощный взрыв: видеохроника ЧП, в котором пострадали сотни человек / Н. Касьянова // Официальный сайт СМИ города Екатеринбург.– 2018. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.e1.ru/news/>(дата обращения: 30.11.2018)

6. Международный опыт для развития российских железных дорог // Евразия Вести II – 2011. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.eav.ru/publ1.php?publ1=2011-02a21> (дата обращения: 01.12.2018)

7. Осипов В. Сортировочную горку подготовили к роспуску цистерн с опасными грузами / В. Осипов // Московский железнодорожник: электронная научно-публицистическая газета – 2015. – №60. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.gudok.ru> (дата обращения: 01.12.2018)

8. Финансовая отчетность компании «РЖД» за 2017 год [Электронный ресурс.] URL: <http://rzd.ru/> (дата обращения: 01.12.2018).

9. Юсупова О.А. Управленческий аудит и консалтинг в инновационной экономике [Текст] / О.А. Юсупова // Инновационная экономика и общество. – 2016. – № 4 (14). – С. 80-85.

10. Официальный сайт компании «Российские Железные Дороги». Финансовая отчетность. [Электронный ресурс]. URL: <https://ar2017.rzd.ru/ru> (дата обращения: 01.12.2018).

11. Официальный сайт пресс-центра компании «Российские Железные дороги». [Электронный ресурс]. URL: <http://press.rzd.ru> (дата обращения: 02.12.2018)

Сведения об авторах

Юсупова Ольга Анатольевна, к.э.н., доцент кафедры «Финансы и кредит» Российского университета транспорта (МИИТ),
127055, г. Москва, ул. Новосущевская, д.22, стр.2.
Тел. (495)684-29-19.
E-mail: qwerty6020@mail.ru

Колпаков Федор Константинович, студент, Российский университет транспорта (МИИТ),
127055, г. Москва, ул. Новосущевская, д.22, стр.2
Тел. +7(925)195-06-03.
E-mail: kolpakov.huawei@gmail.com

О ВЕРОЯТНОСТНЫХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯХ ВРЕМЕН ХОДА И ОПОЗДАНИЙ ПО ПРИБЫТИЮ ДЛЯ КОНКРЕТНОГО УЧАСТКА ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ

М.н.с. Каблукова К.С.

(Вычислительный центр Дальневосточного отделения Российской академии наук)

ON PROBABILISTIC DISTRIBUTIONS OF TRAVEL TIMES AND ARRIVAL DELAYS FOR A SPECIFIC SECTION OF THE RAILWAY

Junior Scientific Associate **Kablukova K.S.**

(Computing Center, Far Eastern Branch of RAS)

Движение поездов, закон распределения случайной величины, метод моментов, статистическая гипотеза, критерий согласия Колмогорова.

Train traffic, distribution of a random variable, method of moments, statistical hypothesis, Kolmogorov-Smirnov test.

При движении по железной дороге поезда подвергаются влиянию ряда случайных факторов, нарушающих предусмотренный расписанием режим движения. К таким факторам можно отнести погодные условия, время суток, непредвиденные межпоездные взаимодействия. Основываясь на статистических данных по участку «Вяземская-Бикин», в работе производится проверка нескольких статистических гипотез о вероятностных распределениях времен хода и отклонениях моментов прибытия от расписания с помощью критерия согласия Колмогорова. В работе показано, что из четырех типов распределений: нормального, показательного, гамма и Вейбулла, наилучшее согласие статистических данных с предполагаемыми распределениями наблюдается для гамма-распределения и распределения Вейбулла.

When traveling by the railway the trains suffer an impact of random factors that disturb the scheduled traffic mode. These factors include weather conditions, time of day, unforeseen inter-train interactions. Based on statistical data on the "Vyazemskaya-Bikin" railway section, several statistical hypotheses about the probability distributions of travel times and the arrival deviations are tested by applying Kolmogorov-Smirnov test. The paper shows that of the four types of distributions: normal, exponential, gamma and Weibull, the best agreement of statistical data with the hypothetical distributions is observed for the gamma distribution and the Weibull distribution.

Введение

Одним из критериев эффективности движения поездов является отклонение поезда от графика движения. Контрольными точками для измерения отклонений служат промежуточные станции. Чем меньше отклонение фактического момента прибытия на станцию от запланированного, тем выше эффективность движения.

Время хода по перегону (под перегоним понимается участок пути между двумя соседними станциями) оказывает прямое влияние на момент прибытия, т.к. он представляет собой сумму времени момента отправления и времени хода.

Если предположить, что моменты отправления поездов со станций являются детерминированными величинами, то рассеяние моментов прибытия однозначно определяется рассеянием времен хода. Разброс значений времен хода разных поездов по одному и тому же перегону может быть вызван как случайными остановками, так и варьированием скорости движения. Появление случайных возмущений приводит к необходимости построения стохастических моделей движения. При стохастическом моделировании принимается во внимание влияние случайных факторов [1-6]. Так, в работе [1] решается задача поиска вероятностного распределения момента прибытия на станцию назначения, а в работе [2] – задача вероятностного отклонения (распределения) фактического момента прибытия поезда на конечную станцию от запланированного.

Рядом исследователей проанализированы статистические данные об отклонениях моментов прибытия поездов вместо запланированных. В частности, в ра-

ботах [7-9] показано, что имеет место согласие распределений этих отклонений с показательным законом распределения.

Знание законов распределения случайных времен хода и отклонений по времени прибытия при определенных условиях движения дает возможность прогнозировать характер движения поездов в режиме реального времени, и, как следствие, может повысить эффективность принимаемых управленческих решений. Этим и обуславливается актуальность восстановления законов распределения вышеупомянутых случайных величин. Далее, на примере нескольких перегонов Дальневосточной железной дороги (ДВЖД) проверяются статистические гипотезы о виде законов распределения этих случайных величин.

Постановка задачи. Описание входных данных

Рассмотрим участок «Вяземская-Бикин» ДВЖД, состоящий из восьми станций: Вяземская (1), Аван (2), Котиново (3), Гедике (4), Каменушка (5), Розенгартовка (6), Бойцово (7), Бикин (8) (в скобках указаны условные номера станций). Для каждой из указанных станций и для каждого из соответствующих им перегонов от РЖД получены данные о реальных отклонениях по прибытию и временам хода соответственно. Данные взяты из графика исполненного движения ДВЖД для грузовых поездов за период с 19 по 25 января 2017 г. Вся совокупность данных по поездам разбита на четыре группы по двум признакам: вес состава (тыс. тонн) и время суток, когда происходило движение. Группы приведены в табл. 1. Все поезда движутся в четном направлении (на Восток).

Таблица 1.

Группы поездов

№ группы	Вес, тыс. тонн	Время суток
1	6.3	день
2	6.3	ночь
3	5	день
4	5	ночь

Нас интересуют закономерности поведения двух случайных величин: времен хода и отклонений по прибытию. Пусть X – время хода поезда по перегону, мин.; τ – отклонение по прибытию на станцию, ч. Следует отметить, что время хода строго положительно: $X > 0$, в то время как отклонение τ может принимать как положительные, так и отрицательные значения: $\tau \in R$. Отрицательные величины означают опережение графика движения, что является характерным для грузовых поездов на ДВЖД.

Сформулируем статистические гипотезы, которые проверим для выборок из распределений случайных величин X и τ .

Гипотеза H_0 : случайная величина X имеет нормальное распределение с параметрами μ и σ^2 . Гипотетическая плотность имеет вид

$$f_0(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}}. \quad (1)$$

Параметры в (1) оцениваются по выборке: $\mu = \bar{x}$ (выборочное среднее), $\sigma^2 = s_0^2$ (исправленная выборочная дисперсия). Здесь и далее для оценки параметров распределений применяется метод моментов: теоретические моменты приравниваются к эмпирическим.

Гипотеза H_1 : случайная величина X имеет смещенное показательное распределение с параметрами λ и b . Гипотетическая плотность имеет вид

$$f_1(x) = I(x > b) \lambda e^{-\lambda(x-b)}, \quad (2)$$

где

$$I(x \in A) = \begin{cases} 1, & x \in A, \\ 0, & x \in R \setminus A. \end{cases}$$

Параметры в (2) оцениваются по выборке:

$$\lambda = \frac{1}{s_0}, \quad b = \bar{x} - s_0.$$

Гипотеза H_2 : случайная величина X имеет смещенное гамма-распределение с параметрами α , β и b . Гипотетическая плотность имеет вид

$$f_2(x) = I(x > b) \frac{(x-b)^{\alpha-1} e^{-(x-b)/\beta}}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)}, \quad (3)$$

где $\Gamma(\alpha)$ – гамма-функция Эйлера. Параметры в (3) оцениваются по выборке: $b = x_1^*$, α и β определяются из системы уравнений

$$\begin{cases} \bar{x} = \alpha\beta + b, \\ s_0^2 = \alpha\beta^2. \end{cases}$$

Гипотеза H_3 : случайная величина X имеет смещенное распределение Вейбулла с параметрами α , β и b . Гипотетическая плотность имеет вид

$$f_3(x) = I(x > b) \frac{\alpha}{\beta} e^{-\left(\frac{x-b}{\beta}\right)^\alpha} \left(\frac{x-b}{\beta}\right)^{\alpha-1}. \quad (4)$$

Параметры в (4) оцениваются по выборке: $b = x_1^*$, α и β определяются из системы уравнений

$$\begin{cases} \bar{x} = \beta \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) + b, \\ s_0^2 = \beta^2 \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) - \Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)^2 \right]. \end{cases}$$

Аналогичные гипотезы формулируются и для случайной величины τ . Ставится задача: применяя критерий согласия Колмогорова, проверить гипотезы $H_0, \dots, H_3$ для случайных величин X и τ с уровнем значимости $\alpha_1 = 0.05$.

Проверка гипотез. На примере одной выборки из распределения τ проверим гипотезы $H_0, \dots, H_3$, используя критерий Колмогорова.

Для группы поездов №1 на станции 2 построен вариационный ряд в форме табл. 2, соответствующий выборке из распределения отклонений по прибытию τ .

Таблица 2.

Вариационный ряд

j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
x_j^*	-1.083	-0.783	-0.683	-0.667	-0.617	-0.567	-0.533	-0.483	-0.383	-0.367	-0.333	-0.317	-0.283
n_j	1	1	1	1	1	1	1	3	2	1	1	1	4
w_j	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.091	0.061	0.030	0.030	0.030	0.121

j	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	Σ
x_j^*	-0.250	-0.217	-0.117	0.117	0.133	0.150	0.183	0.250	0.283	0.733	0.800	1.217	1.933	
n_j	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	33
w_j	0.030	0.061	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	1

Интервальный вариационный ряд

j	a_j	a_{j+1}	n_j	w_j
1	-1.234	-0.932	1	0.030
2	-0.932	-0.630	3	0.091
3	-0.630	-0.328	10	0.303
4	-0.328	-0.026	9	0.273
5	-0.026	0.276	5	0.152
6	0.276	0.578	1	0.030
7	0.578	0.880	2	0.061
8	0.880	1.182	0	0.000
9	1.182	1.484	1	0.030
10	1.484	1.786	0	0.000
11	1.786	2.088	1	0.030

Первая строка табл. 2 содержит порядковый номер j каждого уникального выборочного значения x_j^* (элемента вариационного ряда). Во второй строке приведены сами значения. Третья строка содержит частоты n_j появления этих значений в выборке. Объем выборки $n = 33$ (сумма по третьей строке). В четвертой строке содержатся относительные частоты $w_j = n_j/n$, $\sum_j w_j = 1$.

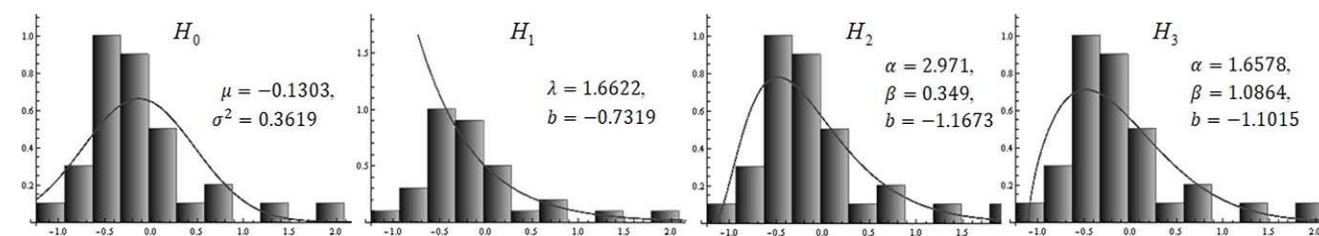
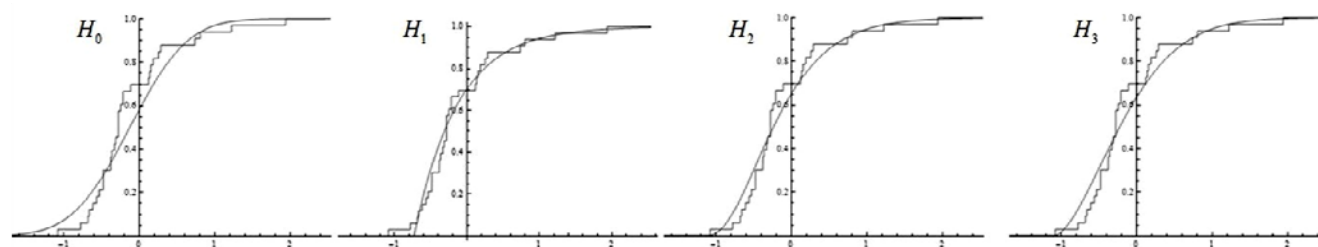
По данному вариационному ряду вычислим точечные оценки параметров распределения: $x_{\min} = -1.083$, $x_{\max} = 1.933$, $\bar{x} = -0.1303$, $s_0^2 = 0.3619$, $s_0 = 0.6016$.

Для построения гистограммы создадим интервальный вариационный ряд. При построении интервального вариационного ряда положим, что предварительное число интервалов $K=10$. Положим шаг в интервальном вариационном ряду равным $h = 0.302 \approx \frac{x_{\max} - x_{\min}}{K}$.

Интервальный вариационный ряд с интервалами вида $[a_j, a_{j+1}]$ представлен в форме табл. 3.

В табл. 3 границы интервалов вычисляются следующим образом: $a_1 = x_1^* - h/2 = -1.083 - 0.151 = -1.234$, $a_2 = a_1 + h = -1.234 + 0.302 = -0.932$. Все последующие значения границ могут быть найдены аналогично. Здесь n_j равно числу выборочных значений, попавших в интервал $[a_j, a_{j+1}]$.

Далее, методом моментов оценим параметры гипотетических функций плотности. Функция $f_0(x)$ из (1) имеет параметры $\mu = -0.1303$, $\sigma^2 = 0.3619$; $f_1(x)$ из (2) имеет параметры $\lambda = 1.6622$, $b = -0.7319$; $f_2(x)$ из (3) имеет параметры $\alpha = 2.971$, $\beta = 0.349$, $b = -1.1673$; $f_3(x)$ из (4) имеет параметры $\alpha = 1.6578$, $\beta = 1.0864$, $b = -1.1015$. На рис. 1 приведены гистограммы, а также (для наглядности) гипотетические функции плотности с оцененными параметрами в соответствии с гипотезами $H_0, \dots, H_3$.

Рис. 1. Гистограммы и гипотетические функции плотности для гипотез $H_0, \dots, H_3$ Рис. 2. Графики эмпирической и гипотетической функций распределения для гипотез $H_0, \dots, H_3$

На рис. 2 изображены графики эмпирической (ступенчатой) и гипотетических (непрерывных) функций распределения в соответствии с гипотезами $H_0, \dots, H_3$.

Критерий Колмогорова определяется с помощью статистики $D_n = \sup_x |F(x) - F^*(x)|$, где $F(x)$ и $F^*(x)$ – гипотетическая и эмпирическая функции распределения соответственно (см. рис. 2).

Критическое значение критерия Колмогорова $\lambda_n(\alpha_1) \approx 0.2364$. Ниже приведены расчетные значения статистики D_n для каждой из гипотез:

H_0 : $D_n = 0.2237 < \lambda_n(0.05)$, гипотеза H_0 считается не противоречащей опытным данным;

H_1 : $D_n = 0.1367 < \lambda_n(0.05)$, гипотеза H_1 не противоречит опытным данным;

$H_2: D_n = 0.1474 < \lambda_n(0.05)$, гипотеза H_2 не противоречит опытными данным;

$H_3: D_n = 0.1576 < \lambda_n(0.05)$, гипотеза H_3 не противоречит опытными данным.

В разобранный пример все гипотезы признаются не противоречащими опытными данным по критерию Колмогорова с уровнем значимости $\alpha_1 = 0.05$.

Обсуждение результатов

Проверка аналогичных гипотез была проведена для всех групп поездов, согласно табл. 1. Результаты проверки гипотез для времен хода по перегонам занесены в табл. 4: знак «+» означает, что гипотеза не противоречит экспериментальным данным по критерию Колмогорова с уровнем значимости $\alpha_1 = 0.05$, знак «-» означает, что гипотеза противоречит.

Таблица 4.

Проверка гипотез $H_0, \dots, H_3$ для времен хода

№ группы	Гипотеза	Перегон						
		1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8
1	H_0	-	-	-	-	+	-	+
	H_1	-	-	-	-	-	-	-
	H_2	+	+	-	+	+	-	+
	H_3	-	-	-	-	-	-	+
2	H_0	+	+	-	-	-	+	-
	H_1	+	-	-	-	-	-	-
	H_2	+	+	-	-	+	+	+
	H_3	+	+	-	-	-	+	+
3	H_0	+	+	+	-	+	-	+
	H_1	+	-	-	-	-	+	+
	H_2	+	+	+	+	+	+	+
	H_3	+	+	-	+	+	-	+
4	H_0	+	+	-	+	-	-	+
	H_1	+	-	-	-	-	-	-
	H_2	+	+	-	+	+	+	+
	H_3	+	-	+	+	+	+	+

Результаты проверки гипотез для отклонений по прибытию на станции 2-8 занесены в табл. 5.

Статистический анализ временных отклонений, наблюдаемых по прибытии поездов, и времен хода, выполненный для участка железной дороги с интенсивным грузопотоком, показывает, что более чем в 80 процентах случаев, – начиная с середины участка, – статистические данные начинают подчиняться гамма-закону и закону Вейбулла (см. табл. 4 и 5). При этом трансформация вида закона распределения происходит по следующей схеме: в начале участка наблюдается показательное распределение, а затем ситуация «стабилизируется», и начинает проявляться гамма-распределение или распределение Вейбулла.

Проверка гипотез $H_0, \dots, H_3$ для отклонений по прибытию

№ группы	Гипотеза	Станция						
		2	3	4	5	6	7	8
1	H_0	+	+	+	+	+	+	+
	H_1	+	-	-	+	+	-	-
	H_2	+	+	+	+	+	+	+
	H_3	+	+	+	+	+	+	+
2	H_0	+	-	-	-	-	+	-
	H_1	-	-	-	-	-	+	-
	H_2	+	-	+	+	+	+	+
	H_3	+	+	+	+	-	+	+
3	H_0	-	+	+	-	+	-	-
	H_1	-	-	-	-	+	-	-
	H_2	-	+	-	+	+	+	+
	H_3	+	-	+	+	+	+	+
4	H_0	-	+	+	-	+	-	-
	H_1	-	+	+	-	-	-	-
	H_2	+	-	+	+	+	+	+
	H_3	+	+	-	+	+	+	+

Такой характер распределений анализируемых случайных величин позволяет эффективно использовать указанные распределения при стохастическом моделировании процесса возникновения и размножения задержек поездов.

Также на практике широко используются «усеченные» модификации этих распределений [10]. Суть «усечения» состоит в том, что бесконечный носитель плотности «обрезается» на конечный отрезок. Концы отрезка определяются в соответствии со статистическими данными, сама плотность корректируется соответствующим коэффициентом. Удобство использования «усеченных» плотностей для моделирования объясняется тем, что они не позволяют распределению «расползтись», отсекая маловероятные события. Это позволяет получить более реалистичный прогноз для времен хода и отклонений по прибытию в типичные периоды функционирования транспортной системы.

Литература

- Berger A., Gebhardt A., Muller-Hannemann M., Ostrowski M. Stochastic Delay Prediction in Large Train Networks. In: Proceedings of the 11th Workshop on Algorithmic Approaches for Transportation Modelling, Optimization, and Systems (ATMOS'11). 8 September 2011. Saarbrücken, Germany. - P. 100-111.
- Buker T., Seybold B. Stochastic modelling of delay propagation in large networks // Journal of Rail Transport Planning and Management. – 2012. - 2(12). - P 34-50.
- Carey M., Kwiecinski A. Stochastic approximation to the effects of headways in knock-on delays of trains // Transportation Research Part B. – 1994. – 28.- P. 251-267.

4. Carey M., Kwiecinski A. Properties of expected costs and performance measures in stochastic models of scheduled transport // *European Journal of Operational Research*. – 1995. - №83. - P.182 -199.
5. Meester L.E. and Muns S. Stochastic delay propagation in railway networks and phase-type distributions. // *Transportation Research Part B*. – 2007. - №41. – P. 218-230.
6. Yuan J. Stochastic modeling of train delays and delay propagation in stations [thesis]. The Netherlands: Technische Universitet Delft, 2006.
7. Yuan J. Statistical analysis of train delays at The Hague HS. In I.A. Hansen (editor), *Train delays at stations and network stability (workshop)*. TRAIL, Delft. The Netherlands, 2001.
8. Yuan J., Goverde R.M.P., Hansen I.A. Propagation of train delays in stations. In J. Allan, R.J. Hill, C.A. Brebbia, G. Sciutto, S. Sone (editors), *Computers in Railways VIII*. WIT Press, 2002. - P. 975-984.
9. Александрова Н. Б. Распределение продолжительности задержек поездов из-за неприема станциями // Региональная н.-т. конференция «Вузы Сибири и Дальнего Востока – Транссибу», Тезисы докладов. Новосибирск, 2002. – С. 20-21.
10. Чеботарев В.И., Давыдов Б.И., Каблукова К.С. Вероятностная модель движения транспортного средства // *Транспорт: наука, техника, управление*. – 2016. - №11. - С. 13-19.

Сведения об авторе

Каблукова Ксения Сергеевна, м.н.с., Вычислительный центр Дальневосточного отделения Российской академии наук.

Адрес: 680000, г. Хабаровск, ул. Ким Ю Чена, 65.

Телефон: 8-914-181-63-01.

E-mail: kseniya0407@mail.ru.

ПОВЫШЕНИЕ КОММЕРЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГРУЗОВЫХ ПЕРЕВОЗОК НА РЕГУЛЯРНЫХ ПАССАЖИРСКИХ РЕЙСАХ

Доктор экон. наук, профессор **Кородюк И.С.**,
аспирант **Гринев Д.М.**
(Байкальский государственный университет. БГУ г. Иркутск)

INCREASE OF COMMERCIAL EFFICIENCY OF FREIGHT TRAFFIC ON REGULAR PASSENGER FLIGHTS

Doctor (Econ.), Professor **Korodyuk I.S.**,
Postgraduate **Grinyov D.M.**
(Baikal State University)

Бронирование грузовых авиаперевозок, регулярные пассажирские рейсы, свободная провозная емкость, грузовые многоуровневые авиатарифы, авиаперевозки.

Booking of air cargo, regular passenger flights, free carrying capacity, multi-level cargo airfares, air travel.

Статья посвящена анализу бизнес-структуры рынка грузовых авиаперевозок на регулярных пассажирских рейсах. Эта малоизученная научная сфера является подразделом коммерческой эксплуатации воздушного транспорта, которая в свою очередь является одним из направлений экономики воздушного транспорта. Основная исследовательская задача заключалась в формулировании стоящих перед авиаперевозчиками ключевых проблем, связанными с тарифообразованием и управлением бронирования грузовой емкости, указаны возможные пути решения. Анализ строился на сравнительной оценке традиционных пассажирских и авиаперевозками.

The article is devoted to the analysis of the business structure of the airfreight market on regular passenger flights. This little-studied scientific field is a subsection of commercial operation of air transport; it is one of the areas of the economy of air transport. The main research task was to formulate the key problems faced by air carriers related to the tariff formation and management of cargo capacity booking, and to identify possible solutions. The analysis was based on a comparative assessment with traditional passenger air transport.

Перевозка пассажиров на регулярных пассажирских рейсах (РПР), являясь основным направлением работы для коммерческой авиации, открывает дополнительные возможности для грузового бизнес-сегмента – перевозки груза, осуществляемой в порядке дозагрузки, и существенно отличающейся от традиционных перевозок грузовыми воздушными судами (ВС). Любая авиакомпания, выполняющая регулярные пассажирские рейсы на пассажирских самолетах, выступает на рынке как продавец, предлагающий провозную емкость двух видов: пассажирскую и грузовую, имеющие существенные различия в подходах оценки и способах их продвижения и продажи. Пассажирская и грузовая емкости конкурируют между собой как общую величину предельной коммерческой загрузки (ПКЗ) самолета, так и объем его багажно-грузовых отсеков. Очередность загрузки при этом четко регламентирована: пассажир и его багаж первичен, груз вторичен. На пассажирских рейсах груз загружается в порядке дозагрузки до полной ПКЗ, или полного объема багажно-грузовых отсеков. При таком подходе бронирование грузовой емкости носит достаточно условный характер, не гарантирующей 100% отправки (по сути, на пассажирском рейсе бронируются только кресла для пассажиров). Это вынуждает авиаперевозчиков предлагать на рынке такую «плохо бронируемую» грузовую емкость относительно не дорого. Поэтому любые возможности, способствующие повышению точности методов бронирования свободной грузовой емкости (СГЕ), способны значительно увеличить ее рыночную стоимость.

Негативное следствие расчета СГЕ по остаточному принципу проявляется в виде дисбаланса между величиной грузопотока (спроса), с одной стороны, и грузовой емкостью для его перевозки (предложения) – с другой. Авиаперевозчик не может изменить величину провозной емкости в ответ на увеличение или уменьшение спроса на грузовые перевозки. Эти величины никак не коррелируемы между собой в отличие от авиаперевозок грузовыми рейсами, на которых авиакомпания в ответ на изменение спроса груза может изменить частоту выполняемых рейсов или произвести замену типа ВС с большей или меньшей грузоподъемностью. В случае пассажирского рейса опосредованное управление грузопотоком возможно путем варьирования грузового тарифа: повышая тариф при избыточном спросе (отсеивая «дешевый» груз) и привлекая дополнительный груз путем его повышения при недостаточном спросе.

При продаже пассажирских авиаперевозок коммуникация авиакомпания-клиент осуществляется напрямую, грузовые перевозки почти всегда осуществляются через посредника – грузового агента. Приобретая авиабилет, пассажир заключает прямой договор с авиаперевозчиком, а отправляя груз – с грузовым агентом. Негативное следствие такой коммуникации часто проявляется в виде значительного разрыва между тарифом, устанавливаемым авиакомпанией на маршруте, и тарифом, который уплачивает конечный потребитель услуг грузовому агенту. Часто величины грузовых тарифов являются предметом торга между агентом и авиаперевозчиком, при этом «клиентские» тарифы грузового агента

часто скрыты для авиакомпании. Грузовые агенты, являясь посредниками между авиакомпанией и конечным потребителем услуг, стараются всеми способами скрыть «клиентский» рыночный тариф, намеренно затрудняя перевозчику его мониторинг. При пиковых значениях спроса грузовой агент способен значительно увеличить «клиентский» тариф, оставляя «расчетный» тариф с перевозчиком неизменным, лишая его возможного дохода. Постоянно изменяющийся баланс величины спроса на грузовую емкость и размера самой емкости не позволяет авиакомпании достоверно отследить уровень справедливого рыночного тарифа с заданным уровнем агентской комиссии. Часто возникают ситуации, когда наиболее срочный груз с потенциально высокой стоимостью перевозки не попадает на рейс, а менее дорогой и менее срочный груз улетает, оба при этом тарифицируются одинаково. Происходит нарушение правила приоритетности отправки более «дорогого» груза над более «дешевым». (Дорогой груз – это высокоценный груз, стоимость которого на порядок выше стоимости авиаперевозки, либо груз, малочувствительный к повышению тарифа – медикаменты, драгоценные металлы, деликатесы, средства связи, срезанные цветы либо груз высокой срочности отправки).

Исключительная роль грузового тарифа на пассажирских рейсах проявляется в том, что он является не только мерой стоимости услуг, но и инструментом регулирования заполнения СГЕ.

Системы применяемых большинством авиаперевозчиков тарифов похожи друг на друга. Они, как правило, имеют базовый (нормальный) тариф, от которого, как дисконт или надбавка, определяются остальные тарифы для разных категорий груза. Такие системы при ранжировании груза для его тарификации используют ограниченное число критериев, а именно:

- стоимость самого груза (более высокая цена назначается при перевозке высокоценных грузов: драгоценных металлов, оптического стекла, ценных бумаг, дип. почта и т.д.);
- сложность организации отправки для самого авиаперевозчика (с разной величиной тарифной надбавки/дисконта отправляются негабаритный, тяжеловесный, длинномерный, опасные грузы, живые животные и живность и т.д.).

Практически не учитываются такие критерии, как:

- платежеспособность грузовой клиентуры;
- срочность.

В пассажирских авиаперевозках платежеспособность пассажира – это основной критерий. Выделение наиболее платежеспособных пассажиров в отдельный сегмент с предоставлением особых услуг и класса обслуживания (эконом-комфорт, бизнес-класс, первый класс) позволяет получить на рейсе группу высокодоходных пассажиров, которые вносят значительный вклад в коммерческую составляющую рейса. В тарифообразовании грузовых авиаперевозок такой критерий оценки не применяется, хотя сам сегмент груза с высокой платежеспособностью существует. В отличие от пассажирских авиаперевозок, в которых дополнительная оплата берется за выделение пассажиров в премиумкласс и особое их обслуживание, в грузовых авиаперевозках высокую ценность несет в себе срочность. Срочный груз, классифицируемый на грузы оперативной и рыночной срочности, требующий отправки ближайшим рейсом, как правило, имеет высокую платежеспособ-

ность. Такой груз может отправляться по более высокому тарифу, а сами тарифы могут выделяться в отдельную группу «премиальных» тарифов с гарантированной отправкой ближайшим рейсом. **Тарифные системы, используемые в настоящее время, не выделяют категорию «дорогой» груз и не ранжируют запрашиваемый на бронирование грузопоток по уровню доходности для авиаперевозчика. Существует необходимость в их доработке.**

Само выполнение авиарейсов, одновременно предлагающих на рынок пассажирскую и грузовую емкости, создает дополнительные сложности в определении себестоимости этих услуг и оценке сравнительной стоимости пассажирских и грузовых авиаперевозок. Себестоимость перевозки груза на грузовых рейсах решается типовыми методами, в отличие от перевозки груза на грузопассажирских и пассажирских ВС. Основная сложность этой задачи заключается в распределении общих издержек между разными видами коммерческой работы (загрузки). Общепринятой методики расчета себестоимости до сих пор не предложено [5, с.256].

В Российских авиакомпаниях существует несколько точек зрения на данную проблему:

1. Все расходы рейса относят на перевозку пассажиров, а перевозка груза, багажа и почты считается фактически бесплатной.
2. Все расходы рейса распределяются между различными видами загрузки пропорционально их весу.
3. Все расходы разделяются на прямые и косвенные и в дальнейшем распределяются по видам коммерческой загрузки между центрами ответственности авиакомпании (трансфертное ценообразование) [4, с.192-195].

Наиболее оптимальным видится подход, аналогичный задаче «Принятие решения о выпуске дополнительной партии продукции», которой предполагает, что перевозка пассажиров является основной услугой на РПР, а грузовые перевозки – дополнительными. Постоянные и переменные затраты по рейсу в таком случае следует относить на пассажиров. Затраты же, связанные с оказанием дополнительных «грузовых» услуг, должны определяться как сумма одноэлементных затрат, исчисленных только для перевозки этого «дополнительного» груза. К сумме этих одноэлементных затрат относятся краткосрочные переменные затраты, а также прочие прямые затраты, связанные с этой перевозкой. Если перевозка груза вызывает дополнительные постоянные расходы, то они в полной мере суммируются с вышеуказанными затратами. Сумма всех таких затрат представляет собой так называемую неполную себестоимость грузовых услуг, в которую включена сумма фактических расходов, которые несет перевозчик, связанных с дозагрузкой «попутного» груза, а именно: обработкой груза в аэропортах прилета/вылета/трансфера, % комиссии агенту, топливной составляющей и т.д. [8, с.189].

В отличие от пассажирских перевозок, продажа на которые может открываться за 1,5 года до вылета рейса, спрос на перевозку груза очень короткий. Редко период бронирования превышает 2-3 недели, в 90% случаях лишь в последнюю неделю перед вылетом самолета грузовая и пассажирская емкость продаются одновременно (как правило, открытие продажи/начало бронирования груза наступает за 3-7 дней до вылета рейса). Сама процедура бронирования грузовой емкости состоит из двух этапов: 1- прогнозирования объемных и весовых характеристик емкости, 2 - распределения и

закрепления ее частей за определенным грузовым агентом, каждый из которых планирует отправку собственного груза в рамках выделенной квоты авиаперевозчика. Запросы от агентов на бронирование осуществляются весь период бронирования и прекращаются за несколько часов до вылета рейса. В такой ситуации, при наличии спроса на грузовую емкость, авиаперевозчик каждый раз стоит перед выбором: подтвердить или отказать в бронировании груза, т.к. иногда бывает выгоднее отказать в перевозке более дешевого груза, чтобы в дальнейшем подтвердить перевозку более дорогого. Однако спрос на грузовую емкость носит явно стохастический характер, поэтому любой отказ в бронировании может привести к возможной недогрузке провозной емкости.

Рынок пассажирских авиаперевозок на микроуровне (на уровне определенной авиалинии) чаще всего является олигополией предложения с конкуренцией между собой нескольких авиаперевозчиков. Каждый из них способен оказать значительное влияние на существующий платежеспособный пассажирский поток – основной фактор, обуславливающий все решения авиакомпании, касающиеся частоты рейсов, типа ВС, стоимости перевозки и т.д. Каждый перевозчик знает, как перераспределить загрузку рейсов в рамках уже существующего пассажирского потока на направлении, как изменить сам поток, «перетягивая» пассажиров с конкурирующих видов транспорта. Конкурирующие авиаперевозчики непрерывно оказывают на рынок управляющие воздействия путем варьирования стоимости авиаперевозки, сервиса и набора услуг, частоты и удобства расписания и т.д.

Негативным следствием такой «подвижности» рынка является сложность оценки статистических показателей пассажирской продажи, зафиксированных на выборочной группе вылетевших рейсов. Эти данные являются выборкой из условной генеральной совокупности – общего числа возможных рейсов, выполняемых при определенных рыночных условиях. Ввиду значительной «пластичности» рынка ставится под сомнение вопрос репрезентативности выборки из такой условной генеральной совокупности, да и сама генеральная совокупность в большинстве случаев не является однородной. Для большей уверенности в однородности статистических данных приходится разделять временной промежуток сбора данных на небольшие периоды, т.е. оперировать выборками малого размера, теряя при этом в точности оценки. Значительные затруднения в оценке статистических данных вносит тот факт, что именно в последнюю неделю перед вылетом рейса могут происходить значительные скачкообразные изменения пассажирской продажи – авиакомпания, варьируя ценой, пытается заполнить не проданную пассажирскую емкость.

Основная задача прогнозирования сводится к оценке итогового числа пассажиров на рейсе. Необходимо на момент открытия грузового бронирования (за 5-10 дней до вылета ВС), зная текущую величину пассажирской продажи, оценить число пассажиров на момент вылета, которое с заданным уровнем значимости должно сойтись с фактическим количеством. Сложность определения итогового числа пассажиров на рейсе вызывает затруднения с количественной оценкой СГЕ на момент начала бронирования груза. Специфика технологии расчета такова, что фактические весовые характеристи-

ки грузовой емкости определяются за час до вылета рейса. СГЕ под груз определяется как разность взлетного веса самолета и совокупности ряда величин: снаряженного веса ВС, веса топлива на полет, веса пассажиров и их багажа. Эта совокупность определяется как сумма и произведение независимых случайных величин, распределенных по закону, близкому к нормальному. Средняя и дисперсия СГЕ могут быть определены несколькими способами, а ее численное значение – вероятностью попадания в доверительный интервал с заданным уровнем значимости. В настоящее время в отрасли не утвержден метод прогнозирования СГЕ и определения ее вероятности. На практике при бронировании большинством авиаперевозчиков вместо статистических значений СГЕ используются численные значения грузовых квот-констант, задаваемых вручную и определяемых по аналогии.

У запрашиваемого на бронирование груза в качестве характеристики объема используется «габаритный объем», определяемый как произведение геометрических размеров груза с учетом всех выступающих частей. Оценка объема происходит путем сравнения габаритного объема груза с объемом грузового трюма. Такой подход не позволяет оценить фактический объем, занимаемый грузом в грузовом помещении, который, кроме объема самого груза, включает в себя естественные пустоты между грузовыми местами, пустоты, образующиеся в результате неплотной укладки, также пустоты, возникающие из-за различной геометрии груза и корпуса судна. Фактический объем, занимаемый грузом, зависит также от квалификации и других характеристик бригады грузчиков и применяемой механизации [1, с.59]. Аналитические методики расчета объема загружаемого груза с учетом конфигурации грузовой емкости, основанные на расчете удельного погрузочного объема, величины чистой грузоместимости и коэффициента трюмной укладки, успешно используются в торговом мореплаваннии и могут быть адаптированы для авиационных перевозок.

Все вышеперечисленные особенности бронирования часто приводят к ситуациям, когда количество и запланированные сроки вылета груза значительно различаются с фактическими сроками, а используемые авиаперевозчиком методы бронирования не отражают реально происходящие процессы. Зачастую имеется значительная погрешность в оценке фактических и прогнозных значений грузовой емкости, а также несоответствия объемных и весовых характеристик груза и грузовой емкости. В некоторых случаях вызывает сомнение рациональность принятия решения о подтверждении/отказе запросов на бронирование. Авиакомпания, открывая бронирование груза, не имеет четких представлений ни о весовых, ни об объемных характеристиках, предлагаемых на рынке свободных грузовых емкостей, оперируя лишь примерными данными разной степени достоверности. Методология планирования и бронирования грузовых авиаперевозок на РПР требует существенной доработки.

Резюмируя вышесказанное, можно сформировать основные задачи по совершенствованию системы грузовых авиаперевозок на пассажирских рейсах:

1. Рационализация и совершенствование системы грузовых многоуровневых тарифов, гарантирующих авиаперевозчику приоритет отправки более дорого/срочного груза над дешевым/менее срочным грузом.

2. Разработка методов рационального управления бронированием грузовой емкости.

3. Разработка алгоритма управления доходами прогнозируемой величины свободной грузовой емкости для грузов с различными физическими, стоимостными и тарифными характеристиками.

Результат решения этих задач видится в утверждении оптимального порядка очередности отправки запрашиваемого на бронирование груза, который обеспечит оптимальное сочетание его физических параметров с прогнозируемыми параметрами грузовой емкости, а также максимальную доходность. Решение вышеназванных задач позволит приблизиться к 100 %-ному заполнению свободной грузовой емкости по весу и объему одновременно при максимальном средневзвешенном грузовом тарифе, поскольку каждое не проданное «пассажирское кресло» и каждый не заполненный килограмм грузовой емкости после вылета самолета теряется в тарифе безвозвратно. В настоящее время среднеотраслевые показатели использования коммерческой загрузки составляют 71,7%.

Литература

1. Под ред. Григорьева Ю.М. Практические аспекты эксплуатации воздушных линий. - М.: НОУ ВКШ «Авиа-бизнес», 2006. - 360с.

2. Головаченко Г.В., Губенко А.В., Махарев Э.И., Смуров М.Ю. Автоматизация производственной и финансовой деятельности предприятий гражданской авиации. - М.: Студент, 2016. - 349 с.: ил.

3. Деняк А.О. Грузоведение: информационные аспекты: Учеб. пособие. - СПб: Издательство ГМА им. Адм. Макарова, 2007. - 140с.

4. Костромина Е.В. Экономика авиакомпании в условиях рынка. - М.:НОУ ВКШ «Авиа-бизнес», 2005. - 344с.

5. Костромина Е.В. Авиатранспортный маркетинг. - М.:НОУ ВКШ «Авиа-бизнес», 2003. - 384с.

6. Курочкин Е.П., Дубинина В.Г. Управление коммерческой деятельностью авиакомпании. - М.: НОУ ВКШ «Авиа-бизнес», 2009. - 536с.

7. Под ред. Маслакова В.П. Хозяйственный механизм авиатранспортных предприятий. - СПб: Питер, 2015. - 368 с.

8. Тарасевич В.М. Ценовая политика предприятия. (Серия «Учебник для вузов») - СПб: Питер 2010. - 320 с.

9. Тарасевич В.М. Цены и ценообразование. (Серия «Учебник для вузов»). - СПб: Питер 2009. - 480 с.

10. [Электронный ресурс] www.avia.ru.

Сведения об авторах

Кородюк Игорь Степанович, доктор экон. наук, заведующий кафедрой «Экономика и управление бизнесом», профессор Байкальского государственного университета,

664003, г. Иркутск, ул. Ленина, 11.

Телефон (3952) 5-0000-5 (доб. 243).

E-mail: koroduk-57@yandex.ru.

Гринев Дмитрий Михайлович, аспирант БГУ (г. Иркутск), коммерческий директор ООО «Авиа-Бизнес», 664059, г. Иркутск, а/я 231.

Телефон 8-902-5-192-571.

E-mail: grinevdm@mail.ru.

РАСЧЕТ ЦЕНЫ КОНТРАКТА НА ПЕРЕВОЗКИ ПАССАЖИРОВ ПО РЕГУЛИРУЕМЫМ ТАРИФАМ

Доктор техн. наук, профессор **Спирин И.В.**,
научный сотрудник **Аредова А.К.**

(ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта»)

Доктор экон. наук, кандидат техн. наук, доцент **Матанцева О.Ю.**
(Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет - МАДИ;
ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта»)

CALCULATION OF THE PRICE OF THE CONTRACT FOR THE CARRIAGE OF PASSENGERS ON ADJUSTABLE TARIFFS

Doctor (Tech.), Professor **Spirin I.V.**,

Researcher **Aredova A.K.**

(Open Joint Stock Company «Scientific & Research Institute of Motor Transport»),

Doctor (Econ.), Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Matantseva O.Y.**
(Moscow Automobile and Road Construction State Technical University - MADI;
Open Joint Stock Company «Scientific & Research Institute of Motor Transport»)

Планирование перевозок, цена контракта, перевозки пассажиров, элементы затрат, расчет себестоимости.

Transport planning, contract price, the carriage of passengers, cost elements, cost calculation.

Цена контракта на перевозки пассажиров по регулярным маршрутам определяет бюджетные расходы на обеспечение социально значимых услуг транспорта. Расчет цены контракта необходимо производить по отдельным элементам себестоимости перевозок. В статье изложена методика выполнения таких расчетов.

Price of the contract for the carriage of passengers on regular routes defines the budgetary cost of providing socially important transport services. Calculation of the price of the contract must be made on individual items transport cost. The article sets out the methodology of making such calculations.

Введение

Организация и выполнение перевозок пассажиров автомобильным и городским наземным электрическим транспортом (АТ и ГНЭТ) общего пользования по регулируемым тарифам производится в соответствии с контрактами, заключаемыми уполномоченными государственными или муниципальными заказчиками с будущими перевозчиками в соответствии с положениями федерального законодательства [1, 2, 3].

Для создания гарантий свободы передвижения малоимущим пассажирам, и привлечения на транспорт общего пользования потенциальных пассажиров, предпочитающих иные способы передвижения, тарифы на проезд в городском и пригородном сообщениях устанавливаются ниже коммерчески целесообразного уровня. Для отдельных категорий пассажиров действуют льготы в оплате проезда. Предусматривается частичное финансирование перевозочной деятельности перевозчиков транспорта общего пользования из бюджетных средств в целях исключения убыточности перевозок пассажиров. При этом возникает задача определения тарифной политики, при которой, с одной стороны, тарифы за проезд будут доступны для большинства населения, с другой стороны, бюджетные расходы на финансирование перевозок не превысят возможности источников денежных средств.

Конкретизация размеров и условий частичного бюджетного финансирования перевозчиков устанавливается в упомянутых государственных или муниципальных контрактах. Поэтому большое значение имеет научно обоснованное определение начальной (максимальной)

цены контракта (НМЦК), служащей основой для конкурсных торгов, на которых определяется перевозчик, которому передается на обслуживание соответствующий маршрут регулярных перевозок АТ и ГНЭТ.

Определение НМЦК сопряжено с выполнением трудоемких расчетов. Поэтому целью настоящей статьи является рационализация процедуры расчета и повышение обоснованности уровня НМЦК для АТ и ГНЭТ, что обеспечит обоснованное расходование бюджетных ресурсов.

Договорные отношения пассажиров, перевозчиков и заказчика перевозок пассажиров

При перевозках пассажиров АТ и ГНЭТ общего пользования возникают различные отношения [4], укрупненная схема которых представлена на рис. 1.

Эти отношения реализуются между каждыми двумя сторонами. В качестве органа управления в этих отношениях выступает федеральный или муниципальный заказчик перевозок пассажиров.

Перевозки пассажиров выполняются непосредственно перевозчиками на соответствующих регулярных маршрутах. Предметом же рассматриваемого контракта (далее – контракт) является выполнение перевозчиком пассажиров работ в соответствии с требованиями, установленными государственным или муниципальным заказчиком, включая применение регулируемых тарифов. В этой связи необходимо выяснить содержательное описание понятий «работа» и «услуга» применительно к рассматриваемым отношениям заказчика, перевозчика и пассажиров АТ и ГНЭТ общего пользования.

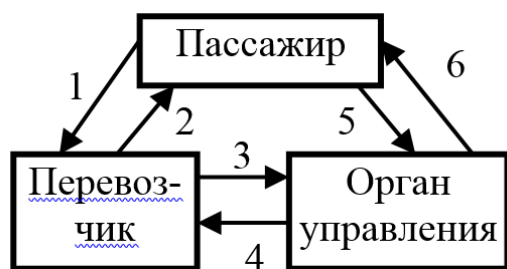


Рис. 1. Схема отношений, возникающих при перевозках пассажиров транспортом общего пользования: пассажир – перевозчик; пассажир – орган управления; перевозчик – орган управления; 1 – плата за проезд; 2 – услуга по перевозке пассажира; 3 – контракт и отчетность по перевозкам; 4 – контракт и оплата работ, исполненных по контракту; 5 – определение транспортной политики посредством реализации избирательных прав; 6 – правила обслуживания по публичному договору перевозки пассажиров, тарифы и льготы в оплате проезда

Перевозки пассажиров и багажа транспортом общего пользования согласно гражданскому законодательству являются услугами, оказываемыми пассажирам по договору перевозки (статьи 779, 784, 786 Гражданского кодекса РФ). Самому государственному или муниципальному заказчику по контракту никакие перевозочные услуги не оказываются, поскольку заказчик не может быть пассажиром – он является не физическим лицом, а публично-правовым образованием. Заказчик в таком правовом статусе исполняет возложенные на него законодательством функции, действуя в общественных интересах неопределенного контингента будущих пассажиров как сторон договоров перевозки.

Общезвестно, что результатом полезной экономической деятельности могут быть только продукция, работы или услуги. Услуги по перевозке пассажиров не являются предметом контракта. Также предметом контракта или договора перевозки пассажира не является продукция, поскольку отсутствует материально-вещественная форма полезного результата. Отсюда, в соответствии с контрактом, перевозчиком выполняется именно комплекс работ, обеспечивающих организацию и осуществление перевозок (но не выполняются перевозки). Различны и договорные формы реализации рассматриваемых отношений: перевозка пассажира выполняется на основании реального договора перевозки; контракт же является договором консенсуса.

Методическая основа определения НМЦК

Контрактом устанавливается размер и порядок оплаты работ перевозчика по организации и выполнению перевозок пассажиров транспортом общего пользования. Измерение объема работы перевозчика производится на основании числа рейсов на регулярном маршруте, выполненных транспортными средствами определенного класса (или более высокого класса) с учетом ряда дополнительных требований к экологическим и эксплуатационно-каллиметрическим характеристикам подвижного состава. При этом подразделение транспортных средств на классы по габаритной длине соответствует положениям федерального закона [1]:

- малый класс – от более 5,0 м до 7,5 м;
- средний класс – от более 7,5 м до 10,0 м;
- большой класс – от более 10,0 м до 16,0 м;
- особо большой класс – свыше 16,0 м.

Размер оплаты за выполненную перевозчиком работу определяется как произведение стоимости единицы этой работы на ее объем.

Методическое и информационное обеспечение расчетов, связанных с установлением цены контракта, было разработано в ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» (ОАО «НИИАТ») при участии авторов. Для определения стоимости единицы работы были разработаны:

- документ, регламентирующий порядок определения НМЦК, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем) при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров (далее – Порядок) [5];

- методика определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (далее – Методика) [6]. В Методике также приведены комментарии к Порядку.

Основой для разработки этих документов послужили Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования [7] (далее – Методические рекомендации). Как следует из наименования этого документа, его использование не является обязательным.

В Методических рекомендациях изложен расчет стоимости перевозки пассажиров и багажа АТ и ГНЭТ общего пользования в городском и пригородном сообщении. Методические рекомендации предназначены для расчета себестоимости 1 км пробега пассажирского транспортного средства с детализацией расчетов по статьям себестоимости. Переход к стоимости 1 км пробега транспортного средства осуществляется путем увеличения себестоимости на прибыль, заданную в виде нормативного уровня рентабельности.

Стоимость 1 км пробега пассажирского транспортного средства, определенная по Методическим рекомендациям, является основой для методического обеспечения расчета НМЦК, приведенного в Порядке [5].

Введение в действие с 01.07.2018 разработанного Порядка показало, что часто требуется выделение дополнительного объема средств из местных бюджетов на цели финансирования работ по контрактам. Дело в том, что вследствие сложившегося административного давления на перевозчиков и низкой бюджетной дисциплины перевозчики АТ и ГНЭТ общего пользования в большинстве случаев работают в условиях недостаточного бюджетного финансирования. Научно обоснованные расчеты, выполненные согласно методикам, изложенным в Порядке, показали, что изначально «заложенное» и сложившееся бюджетное финансирование перевозчиков является недостаточным. Перечисление перевозчикам бюджетных средств в оплату выполненных по контракту работ часто осуществляется с задержками. Таким образом, Порядок, который построен на основе принципа обеспечения экономической устойчивой работы перевозчика (полное покрытие всех эксплуатационных расходов и образование нормативной прибыли), вскрыл кое-как затушеванные чиновниками экономические противоречия. Поэтому применение

Порядка для расчета НМЦК требует серьезных изменений организации и технологии перевозок на регулярных маршрутах. При этом если органы исполнительной власти на местах будут действовать старыми методами, придется покрывать значительное число маршрутов, увеличивая интервалы движения транспортных средств. Это неизбежно приведет к ухудшению качества транспортного обслуживания населения, что недопустимо по социальным соображениям.

Для решения проблемы недостатка денежных ресурсов для частичного бюджетного финансирования перевозок пассажиров транспортом общего пользования в ОАО «НИИАТ» разработана методика оценки вариантов НМЦК [8], предусматривающая корректировку инженерно-эксплуатационных решений по организации перевозок пассажиров АТ и ГНЭТ в городском и пригородном сообщениях. Методика предусматривает следующий порядок расчета НМЦК:

- а) сбор необходимой информации для расчетов (в соответствии с МК);
- б) расчет стоимости 1 км пробега транспортных средств каждого из классов по каждому маршруту;
- в) определение НМЦК и требуемых бюджетных средств для заключения контрактов с перевозчиками;
- г) при недостаточности бюджетных средств производится разработка нового плана организации работы транспортных средств на каждом маршруте.

В таком случае производятся:

- расчет необходимого числа транспортных средств с учетом их класса;
- определение интервалов движения транспортных средств на маршрутах;
- оценка затрат времени на ожидание пассажирами посадки в транспортные средства;
- оценка наполнения транспортных средств на основе данных обследования пассажиропотоков или имеющихся отчетных данных;
- расчет необходимых расходов для оплаты контракта на выполнение работ по новому варианту (обновленное значение НМЦК);
- сопоставление бюджетных возможностей со стоимостью работ;
- в случае недостаточности средств в бюджете расчет нового варианта организации работы транспортных средств со сниженным уровнем качества обслуживания пассажиров (увеличение времени ожидания посадки и наполнения транспортных средств);
- определение необходимых расходов на оплату контракта и сопоставление их с возможностями бюджетного финансирования.

Описанная процедура повторяется итеративно до тех пор, пока не будет достигнут компромисс между стоимостью работы перевозчиков, которую может оплатить заказчик, и качеством обслуживания пассажиров.

Анализ процедуры определения себестоимости 1 км пробега пассажирских транспортных средств в соответствии с [5, 6, 7] показал, что расчеты являются очень трудоемкими вследствие разнообразия транспортных средств, маршрутов, эксплуатационных условий работы на них подвижного состава, характерных для соответствующих регионов цен на топливо, уровня заработной платы персонала транспортных организаций и других параметров. Поэтому далее рассмотрена методика расчета, позволяющая упростить и ускорить его выполнение.

Методика поэлементного определения НМЦК

Для упрощения проведения расчетов НМЦК при обеспечении возможности сравнительной оценки использования на маршрутах транспортных средств различных классов была разработана следующая методика поэлементного формирования НМЦК. Методика основана на использовании удельных весовых затрат по различным элементам себестоимости перевозок [9]. Для этого на основе репрезентативной исходной информации (получены и обобщены данные о затратах на перевозки от 182 транспортных организаций 50 субъектов Российской Федерации) были проведены расчетно-аналитические исследования фактической структуры расходов на перевозки пассажиров при использовании транспортных средств различных марок.

В результате были установлены регрессионные зависимости различных элементов себестоимости перевозок пассажиров АТ и ГНЭТ общего пользования от различных факторов. Значения отдельных элементов себестоимости перевозок, определенные в расчете на 1 км пробега транспортного средства определенного класса, были затем преобразованы в структуру себестоимости, представленную процентной долей каждого из составных элементов себестоимости (полная себестоимость, таким образом, составила 100 %).

Основная часть объема перевозок пассажиров АТ и ГНЭТ в городском и пригородном сообщениях выполняется автобусами. Поэтому рассмотрим использование метода удельных весовых долей элементов себестоимости для определения по ним полной себестоимости, «закладываемой» в расчеты НМЦК, на примере автобусов различных классов.

Порядок выполнения расчетов предусматривает:

- выбор класса автобуса, для которого нужно выполнить расчет себестоимости 1 км пробега на маршруте регулярных перевозок;
- установление поэлементного состава (структуры) себестоимости пробега автобуса данного класса. Была использована поэлементная структура расходов, сложившаяся на автобусном транспорте [10];
- определение значения каждого из элементов затрат, включенных в себестоимость перевозок;
- формирование полной себестоимости 1 км пробега рассматриваемого транспортного средства на регулярном маршруте.

Анализ результатов расчетов себестоимости, полученной по средней ее структуре с себестоимостью, рассчитанной по Методическим рекомендациям [7], показал наличие значительных отклонений между рассматриваемыми величинами. Изучение причин, объясняющих такие отклонения, показало, что они связаны с существенными колебаниями по различным регионам цен на топливо и сложившегося уровня заработной платы работников крупных и средних транспортных организаций, в которых в основном эксплуатируются маршрутные автобусы.

Таким образом, выполнение расчетов себестоимости 1 км пробега автобусов по маршрутам, исходя только из средней себестоимости по классам транспортных средств, не обеспечивает достаточной для практического применения точности.

Структура себестоимости включает следующие статьи расходов [10, 11]:

- оплата труда водителей и кондукторов автобусов;
- страховые взносы (в процентах от суммы оплаты труда водителей и кондукторов автобусов);
- автомобильное топливо;
- смазочные и прочие эксплуатационные материалы;
- восстановление износа и ремонт автомобильных шин;
- техническое обслуживание и эксплуатационный ремонт автобусов;
- амортизация автотранспортных средств;
- прочие расходы;
- накладные расходы;
- управленческие расходы;
- коммерческие расходы.

В структуре себестоимости перевозки пассажиров автобусами наибольший удельный вес имеют расходы на автомобильное топливо и заработную плату водителей и кондукторов. Поэтому предлагаемую методику расчетов себестоимости перевозок пассажиров по регулярным автобусным маршрутам рассмотрим на примере этих двух важнейших статей расходов. Поскольку себестоимость по своему смыслу является удельным показателем, который может определяться в расчете на различные единицы учитываемых услуг или работ, укажем, что для целей настоящей статьи такой единицей служит 1 км пробега автобуса определенного класса по регулярному маршруту.

Авторами были использованы расчетные зависимости для определения затрат транспортной организации по рассматриваемым двум статьям расходов, приведенные в [10, 12]. Анализ зависимостей для определения заработной платы водителей и кондукторов автобусов (в расчете на 1 км пробега) показал, что необходимо использование ряда показателей, значения которых были установлены нами для автобусов различных классов на основе исходной информации, полученной от указанных транспортных организаций. Таким показателями являются:

эксплуатационная скорость движения, км /ч	20,5;
месячный фонд рабочего времени водителя автобуса, ч	145;
месячный фонд рабочего времени кондуктора автобуса, ч	149;
коэффициент для расчета заработной платы кондуктора автобуса	0,8.

Безразмерный коэффициент для расчета заработной платы водителя автобуса дифференцирован для автобусов различных классов следующим образом:

малый класс	1,0;
средний класс	1,1;
большой класс	1,6;
особо большой класс	1,7.

В результате выполнения дальнейших расчетов по зависимостям из [10, 11, 12] были получены значения коэффициентов корректировки размера заработной платы водителей и кондукторов автобусов различных классов в расчете на 1 км пробега по маршруту:

малый класс	1478;
средний класс	1399;
большой класс	1105;
особо большой класс	1061.

Этот коэффициент учитывает совокупное влияние эксплуатационной скорости движения, соотношение численности водителей и кондукторов автобусов и их заработной платы. Он имеет размерность $[км^{-1}]$.

В результате заработная плата водителей и кондукторов автобусов $P_{от}$ в расчете на 1 км пробега по маршрутам транспорта общего пользования в зависимости от класса используемых автобусов, «закладываемая» в расчеты НМЦК,

$$P_{от} = \frac{CЗП}{K_i}, \quad (1)$$

где СЗП – среднемесячная номинальная заработная плата работников крупных и средних организаций всех отраслей экономики муниципального образования в месте нахождения перевозчика, руб.;

K_i – коэффициент корректировки размера заработной платы водителей и кондукторов автобусов в расчете на 1 км пробега по маршруту для автобусов i -ого класса ($i = 1$ – малый класс; 2 – средний класс; 3 – большой класс; 4 – особо большой класс).

Аналогично тому, как это было сделано для определения заработной платы, в расчете на 1 км пробега автобуса были выполнены расчеты для установления расходов по статье расходы на автомобильное топливо.

При этом сначала были определены значения следующих показателей (соотношение числа летних и зимних месяцев принято для средних климатических условий России и должно корректироваться в различных ее регионах):

число летних месяцев в году, ед.	5;
число зимних месяцев в году, ед.	7;
норма расхода топлива при использовании штатного отопителя, л/ч	2,5.

Эксплуатационная норма расхода топлива для автобусов различного класса, усредненная по маркам подвижного состава, л /100 км:

малый класс	30,9;
средний класс	35,0;
большой класс	39,8;
особо большой класс	46,1.

В результате выполнения дальнейших расчетов по зависимостям, представленным в [5], были получены значения коэффициентов корректировки расходов на автомобильное топливо для автобусов различных классов в расчете на 1 км пробега по маршруту:

малый класс	0,4808;
средний класс	0,5379;
большой класс	0,6047;
особо большой класс	0,6924.

Расходы на автомобильное топливо для автобусов P_T (руб./1 км пробега по регулярным маршрутам), определяемые в зависимости от класса используемых автобусов, «закладываемые» в расчеты НМЦК,

$$P_m = C_T \cdot T_i, \quad (2)$$

где C_T – средняя цена автомобильного топлива, сложившаяся в месте нахождения перевозчика, руб./л;

T_i – коэффициент корректировки расходов на автомобильное топливо для автобусов i -ого класса в расчете на 1 км пробега по маршруту. Этот коэффициент имеет размерность [л/км].

Подобным образом устанавливаются расходы по остальным статьям себестоимости в расчете на 1 км пробега соответствующего транспортного средства. Не останавливаясь на подробностях выполнения этих расчетов, приведем некоторые полученные результаты (табл. 1).

Таблица 1.

Коэффициенты, предназначенные для определения расходов по отдельным статьям себестоимости перевозок для автобусов различных классов

Коэффициент, используемый в расчетах на 1 км пробега	Малый класс	Средний класс	Большой класс	Особо большой класс
При дифференциации заработной платы ремонтного рабочего	12758	8366	6029	4329
Для базовых удельных расходов на шины	0,23	0,63	0,81	0,9
Для базовых удельных расходов на запасные части	2,5	3,5	6,2	8,3

Полученные результаты далее были использованы для определения себестоимости выполнения 1 км пробега автобусами различных классов в соответствии с расчетными зависимостями и методиками, изложенными в [7]. После выполнения соответствующих математических операций и приведения размерностей показателей, входящих в расчетные формулы, оказалось, что себестоимость S одного км пробега автобусов по регулярным маршрутам может быть представлена следующей простой зависимостью:

$$S = CЗП / N_1 + N_2 \cdot C_T + N_3, \quad (3)$$

где N_1, N_2, N_3 – постоянные коэффициенты (см. табл. 2).

Таблица 2.

Коэффициенты, используемые при определении себестоимости перевозок автобусами различных классов

Коэффициенты, используемые при расчете себестоимости S	Малый класс	Средний класс	Большой класс	Особо большой класс
N_1	995,09	892,67	693,67	626,85
N_2	0,83	0,93	1,04	1,19
N_3	4,37	6,61	11,22	14,72

Как следует из сопоставления значений коэффициентов в табл. 2 и формул (1), (2) и (3), попарно взятые значения коэффициентов N_1 и K_i , а также N_2 и T_i не

совпадают, несмотря на кажущуюся идентичность соответствующих частей формул. Это произошло потому, что при определении значений коэффициентов N_1 и N_2 были учтены другие статьи себестоимости выполнения 1 км пробега автобусов соответствующих классов. Эти статьи себестоимости в явном виде не фигурируют в формуле (3), поскольку их влияние на полную себестоимость удалось отразить в значениях коэффициентов N_1 и N_2 (см. табл. 2). Таким образом, удалось представить себестоимость выполнения 1 км пробега как функцию только двух переменных ($CЗП$ и C_T).

Перспективы совершенствования контрактной системы формирования государственного и муниципального заказа на перевозки пассажиров по регулярным маршрутам

Действующая система формирования государственного и муниципального контракта на перевозки пассажиров по регулярным маршрутам базируется на сложившейся маршрутной сети транспорта общего пользования. В этой маршрутной сети со временем происходят некоторые локальные изменения, причинами которых являются появление новых микрорайонов в городах и территориальные изменения производственной структуры крупных предприятий, приводящие к появлению новых пассажиропотоков. Перевозчики пассажиров не заинтересованы в снижении себестоимости оказываемых ими услуг. В большинстве случаев перевозчики фактически являются монополистами на рынке перевозок по регулярным маршрутам. Задача перевозчиков состоит в обосновании для заказчика перевозок размеров затрат на перевозки пассажиров. При этом бюджетные ресурсы, направляемые на оплату работ по контрактам, расходуются недостаточно экономно. Такое положение является отражением общего кризиса современной экономики, построенной на меркантилистских и монетарных принципах.

Глобальной альтернативой экономике «старого» типа является концепция устойчивого развития (англ.: *Sustainable Development*), разработанная мировым сообществом в начале XXI столетия. В ее создании под эгидой ООН принимали участие полномочные представители 188 государств, включая Россию. К разработке были привлечены 50 тыс. крупных ученых и 10 тыс. общественных организаций со всех уголков планеты [13]. Результаты совместных усилий нашли выражение в декларациях нескольких международных конференций [14, 15, 16, 17], организованных ООН, в результате чего в настоящее время в развитых странах осуществляются соответствующие исследования, опытно-конструкторские разработки и реализуются масштабные проекты устойчивого развития территорий, населенных пунктов, производственных комплексов и т.п. объектов.

Сущность концепции устойчивого развития состоит в отказе от привычной экономической модели реализации различных проектов совершенствования хозяйственной деятельности по схеме «расходы – доходы – прибыль». В ней отражен переход к оценкам последствий реализации этих проектов на основе комплексной оценки конечных экономических, экологических, социальных, градостроительных и других интернальных и экстернальных результатов в интересах настоящего и будущих поколений. Устойчивое транспортное развитие представляет собой глобальную инновационную

парадигму научно-технического и социально-экономического прогресса в обществе и транспортной отрасли. Инновация устойчивого развития выражается в провозглашении новых конечных целей и методологии оценки эффективности внедряемых проектов, реализуемых стратегий, планов и программ [18].

Таким образом, настало время практического использования бывших ранее чисто теоретическими посылами ноосферных идей, сформулированных в начале XX столетия Э. Леруа (фр. *Édouard Louis Emmanuel Julien Le Roy*; 1870-1954), П. Де Шарденом (фр. *Pierre Teilhard de Chardin*; 1881-1955), акад. В.И. Вернадским (1863-1945) и другими учеными.

Концепция устойчивого развития в настоящее время активно разрабатывается и реализуется в развитых странах, в первую очередь в Европе. Основным полигоном реализации концепции устойчивого развития стал городской транспорт [19, 20, 21]. Это объясняется урбанизацией современного общества, концентрацией производственно-хозяйственной деятельности в городах и значительным влиянием городского транспорта на экологическое и социальное благополучие в городах [22].

Россия только приступает к реализации концепции устойчивого развития [23]. Некоторые начальные меры устойчивого развития заложены в различные стратегии развития отраслей народного хозяйства, в том числе – в Транспортную стратегию Российской Федерации на период до 2030 г., утвержденную распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 N 1734-р.

В ОАО «НИИАТ» по техническому заданию Минтранса РФ разработаны предложения по формированию документа планирования регулярных перевозок пассажиров по маршрутам АТ и ГНЭТ [13]. Документы планирования перевозок должны разрабатываться во всех муниципальных образованиях и всеми субъектами Российской Федерации для маршрутных систем, находящихся в их ведении [1].

Документ планирования регулирует отношения, возникающие при организации регулярных перевозок пассажиров и багажа АТ и ГНЭТ (регулярные перевозки). В том числе регулируются: установление, изменение, отмена маршрутов регулярных перевозок; определение вида транспорта, который будет обслуживать маршрут; базовые расписания движения подвижного состава по маршрутам; допуск перевозчиков к обслуживанию маршрутов; использование объектов транспортной инфраструктуры; организация контроля выполнения перевозок. Кроме того, проводится подразделение регулярных маршрутов, работающих по тарифам, регулируемым государственным или муниципальным заказчиком перевозок, и маршрутов, работающих по нерегулируемым тарифам.

Документы планирования должны формироваться в результате соответствующих разработок, предусматривающих формирование всей системы городского пассажирского транспорта на основе концепции устойчивого развития при минимизации совокупных экономических, экологических, социальных и прочих издержек.

Применение регулируемых тарифов подразумевает использование научно обоснованной методики калькуляции цены контракта, заключаемого между заказчиком и перевозчиком. Рассмотренная в настоящей статье методика установления себестоимости выполнения 1 км пробега автобуса по маршруту регулярных перевозок естественным образом будет имплементироваться в

нормативную основу установления регулируемых тарифов и цен контрактов, устанавливаемых в процессе транспортного планирования согласно [1].

Заключение

Рассмотренная в статье методика поэтапного определения расходов, включаемых в себестоимость перевозок пассажиров, позволяет упростить расчеты НМЦК в соответствии с Порядком и обеспечить выбор наиболее выгодного варианта организации работы транспортных средств на маршрутах.

При использовании рассмотренной методики для определения себестоимости перевозок пассажиров городским наземным электрическим транспортом (троллейбус и трамвай) в структуре себестоимости по статьям расходов следует учитывать особенности соответствующих видов транспорта. Они, в частности, включают наличие депоовских расходов, расходов по содержанию контактно-кабельной сети и электрических подстанций, расходов по содержанию рельсового пути и др. Эти особенности рассмотрены в [24].

В настоящее время в Порядок [5] вносятся изменения и дополнения в соответствии с предложениями органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и муниципальных образований, а также Минэкономразвития России. Новая редакция этого документа в сочетании с рассмотренной в настоящей статье методикой позволит определять начальную (максимальную) цену контракта - НМЦК на перевозки пассажиров по регулируемым тарифам на регулярных маршрутах с учетом наличия денежных средств в региональных бюджетах.

Литература

1. Федеральный закон «Об организации регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом в российской федерации и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» от 13.07.2015 N 220-ФЗ (в ред. Федерального закона от 29.12.2017 N 480-ФЗ)
2. Правила перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (утв. постановлением Правительства Российской Федерации от 14.02.2009 N 112)
3. Правила обеспечения безопасности перевозок пассажиров и грузов автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (утв. приказом Минтранса России от 15.01.2014 N 7)
4. Спирин И.В. Автотранспортное право: Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. Изд. 2-е, испр. и доп. / И.В. Спирин. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304 с.
5. Порядок определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком, исполнителем), при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом. (утв. приказом Минтранса России от 08.12.2017 N 513, зарегистрирован в Минюсте России 28.12.2017, N 49537)
6. Методика определения начальной (максимальной) цены контракта, а также цены контракта, заключаемого с единственным поставщиком (подрядчиком,

исполнителем), при осуществлении закупок в сфере регулярных перевозок пассажиров и багажа автомобильным транспортом и городским наземным электрическим транспортом (утв. распоряжением Минтранса России от 15.12.2017 N HA-229-р)

7. Методические рекомендации по расчету экономически обоснованной стоимости перевозки пассажиров и багажа в городском и пригородном сообщении автомобильным и городским наземным электрическим транспортом общего пользования (утв. распоряжением Минтранса России от 18.04.2013 N HA-37-р; в ред. от 25.12.2013 N HA-143-р)

8. Аредова А.К. Сравнение результатов расчета себестоимости 1 км пробега по Методическим рекомендациям и Порядку определения НМЦК / А.К. Аредова // Национальные и международные финансово-экономические проблемы автомобильного транспорта. Сборник научных трудов. - Москва, 2018. - С. 85-92.

9. Матанцева О.Ю. Оценка бизнеса при решении конкретных отраслевых задач // Вопросы оценки. - 2000. - № 4. - С. 2-6.

10. Матанцева О.Ю., Гогопуло Н.Н. Основы бухгалтерского учета: Учебное пособие/ О.Ю. Матанцева, Н.Н. Гогопуло. - М.: Транспорт, 2011. - 208 с.

11. Матанцева О.Ю. Правовые аспекты экономической устойчивости автотранспортной организации/ О.Ю. Матанцева. - М.: Юстицинформ, 2016. - 248 с.

12. Матанцева О.Ю., Аредова А.К. Перевозки пассажиров транспортом общего пользования: основные экономические проблемы и пути их решения // Транспорт Российской Федерации. - 2018. - № 2 (75). С. 65-69.

13. Гришаева Ю.М., Матанцева О.Ю., Спирин И.В., Савосина М.И., Ткачёва З.Н., Васин Д.В. Устойчивое развитие транспорта городов России: опыт и актуальные задачи// Юг России: экология, развитие. - 2018, - №4.

14. Рио-де-Жанейровская декларация по окружающей среде и развитию. Принята Конференцией ООН по окружающей среде и развитию, Рио-де-Жанейро, 3-14 июня 1992 г. (Rus) [Электронный ресурс]. Retrieved from: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/riodecl

15. Итоговый документ Международной конференции ООН «Будущее, которого мы хотим». Рио-де-Жанейро, Бразилия. 20-22 июня 2012 г. (Rus). A/CONF.216/L.1

16. Johannesburg Summit 2002. National Implementation of Agenda 21: A Summary National Implementation of Agenda 21: A Summary. Full report. United Nations New York, August 2002, 70 p. [Электронный ресурс]. Retrieved from: <http://www.un.org/esa/agenda21/natlinfo/>

17. Айти-Нагойская декларация по образованию в интересах устойчивого развития. [Электронный ресурс]. Retrieved from: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002310/231074r.pdf>

18. Савосина М.И. Логистические аспекты устойчивого развития территорий / М.И. Савосина // Добродеевские чтения - 2018: II Международная научно-практическая конференция, 18-19 октября 2018г. - М.: ИИУ МГОУ. - С. 121-124.

19. May, A., Boehler-Baedeker, S., Delgado, L., Durlin, T., Enache M. & Vander Pas, J-W. Appropriate National Policy Frameworks for Sustainable Urban Mobility Plans, European Transport Research Review, 2017, 9 (1: 7), pp. 6-16.

20. May, A. & Crass, M. Sustainability in Transport: Implications for Policy Makers. Transportation Research Record, December 2007, pp. 1-9.

21. Cohen-Blankshtain, G. & Rotem-Mindali, O. Key Research Themes on ICT and Sustainable Urban Mobility. International Journal of Sustainable Transportation, January 2016, 10, N 1, 2, pp. 9-17.

22. Spirin, I., Zavyalov, D. & Zavyalova, N. Globalization and Development of Sustainable Public Transport Systems. The 16th International Scientific Conference Globalization and Its Socio-Economic Consequences: Proceedings Part V (pp. 2076-2084). Slovakia, Rajec Teplice: University of Zilina, 2016. Retrieved from <http://ke.uniza.sk/en/conference/uvod-en-US/>

23. Sustainable Development in Russia. Scientific Editors S. Bobylev & R. Perelet. Berlin - St. Petersburg. Russian-German Environmental Information Bureau, 2013. 203 p.

24. Коссой Ю.М. Экономика и управление на городском электрическом транспорте: Учебник /Ю.М. Коссой. - М.: Мастерство, 2002. - 345 с.

Сведения об авторах

Аредова Анна Константиновна, научный сотрудник ОАО «Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта» (ОАО «НИИАТ»), соискатель ученой степени кандидата экономических наук.

Тел. +7(495) 496 55 23.

E-mail: anna.aredova@mail.ru.

Матанцева Ольга Юрьевна, доктор экономических наук, кандидат технических наук, доцент, профессор ФГБОУ ВПО ГТУ «МАДИ», заместитель генерального директора ОАО «НИИАТ» по научной работе.

Тел. +7(495) 496 55 23.

E-mail: omat@niiat.ru.

Спирин Иосиф Васильевич, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ОАО «НИИАТ».

Тел. +7(495) 496 55 23, +7 (916) 245 61 32.

E-mail: ivspirin@yandex.ru.

ОПЫТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ И ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ГОРОДСКОГО ОБЩЕСТВЕННОГО ТРАНСПОРТА

Научный сотрудник **Дугин Г.С.**

(Всероссийский институт научной и технической информации. ВИНТИ РАН)

EXPERIENCE OF INNOVATION METHODS AND IT TECHNOLOGY APPLICATION FOR IMPROVEMENT FUNCTIONALITY OF URBAN COMMUNITY TRANSPORT

Researcher **Dugin G.S.**

(The All-Russia Institute of the Scientific and Technical Information of the Russian Academy of Sciences. VINITI)

Городской общественный транспорт, инновационные методы, информационные технологии, внедрение, зарубежный опыт.

Urban community transport, innovative methods, information technologies, implementation, foreign experience.

В последнее время информационные технологии стали интенсивно применяться в сфере работы городского общественного транспорта. Рассмотрены примеры успешного применения этих технологий рядом зарубежных транспортных организаций. Эти клиентоориентированные технологии обеспечивают значительное повышение качества услуг, которые оказывают пассажирам операторы общественного городского транспорта. Дан анализ повышения эффективности применения разных технических средств в сфере информатизации на транспорте.

Lately, innovative and IT methods began to be used extensively in the field of urban community transport. The examples of the successful application of these methods and technologies a number of foreign transport carrier are presented. Given custom-centric technologies greatly improve the quality of service provided by passenger transport operators. Also problems of efficiency of implementation of different technical means in the sphere of transport information are analysis.

Среди инновационных методов развития в последние годы в мире все большее развитие получают цифровые технологии. Это относится и к общественному транспорту, где эти технологии делают доступными все больше данных о любом процессе работы этого вида транспорта. Системы автоматизации начали использоваться широко в общественном транспорте еще в 70-х годах 20 века. Однако наступление эпохи больших данных и средств их быстрой передачи и последующей обработки способствовали совершенствованию процессов управления инфраструктурой общественного транспорта. Так, например, современные методы сбора и обработки данных, в том числе мониторинга работы подвижного состава и его различного оборудования, а также инфраструктуры с помощью беспилотных средств наблюдения стали все чаще применяться на этом виде транспорта. Это позволило проводить техническое обслуживание и ремонтные работы на подвижном составе не по регламенту, а по состоянию.

Одной из первых начала успешно применять инновационные методы сбора и обработки данных компания Crossrail (Великобритания). Эта компания при реализации своей программы Инновайт-18 использовала три беспилотника, которые успешно применялись в процессе проектирования и строительства новой кольцевой городской железной дороги Элизабет Лайн вокруг Лондона. Эти беспилотники сначала использовались при изучении территории предполагаемого строительства новой линии, проводя съемку больших площадей и выявления критических участков на местности. Проводились наблюдения в режиме он-лайн за расположением и техническим состоянием таких строительных объектов, как наклонные эскалаторные ходы и лифтовые шахты,

велся мониторинг состояния высоких строительных средств (краны, строительные леса и т.п.). Также весьма полезным эффектом от использования беспилотников явилась возможность получения высокоскоростной информации о текущем положении дел на стройплощадках. Имеющаяся панорамная съемка на 360 градусов помогала быстро и точно выявлять потенциально опасные участки и наблюдать за всей картиной размещения объектов в динамике.

Значительным достижением в области контроля и управления работой городского общественного транспорта является система IMS управления инфраструктурой этого вида транспорта, позволяющая систематически координировать, планировать и программировать инвестиции и эксплуатационные расходы. В основу проектирования данной системы входят сведения о сфере действия, задачи и функции городских служб и необходимые для работы этих служб информационные ресурсы. Система IMS должна также использовать существующие муниципальные базы данных и удовлетворять такие информативные потребности различных служб городского хозяйства, как обеспечение поступления дополнительной информации и функциональности управляющих систем, предоставление необходимых сведений для выполнения запланированных программ, удовлетворение типовых запросов, представляющих интерес для городских служб. Данная система успешно апробирована в ряде городов Португалии.

Опыт развития транспортных систем в больших городах всего мира показывает, что для обеспечения одного из главных факторов эффективности функционирования этих городов является мобильность населения, что, в свою очередь, зависит от организации высоко-

производительных систем городского общественного транспорта. В последнее время получило распространение использование при строительстве железных дорог методики строительного информационного моделирования (СИМ), который, например, по национальному строительному стандарту США, определяется как способ компьютерного моделирования и хранения информации о конструктивных элементах и их физических и стоимостных данных проектируемой железной дороги. Данная методика весьма эффективна с точки зрения снижения затрат на эксплуатацию построенной линии в долгосрочной перспективе.

Большое внимание использованию компьютерных технологий в эксплуатации инфраструктуры городского транспорта уделяет итальянская фирма Pluservice. Эта фирма с 2016 г. проводит испытание нового программного продукта, который позволит оптимизировать бюджетное планирование и профилактическое обслуживание всех объектов инфраструктуры городского транспорта в провинциях Равенны и Римини. Стоит отметить, что эти работы проводятся в соответствии с проектом Международного союза общественного транспорта (МСОТ) «Международный автобусный транспорт в будущем». Целью этого проекта является разработка технологии создания инновационного автобуса нового поколения.

Реализация этого программного продукта базируется на анализе собранной с помощью бортовых датчиков на автобусах информации о техническом состоянии узлов и механизмов, что позволяет проводить техническое обслуживание выборочно, обеспечивая большую экономию затрат на приобретение запчастей. Благодаря использованию процедур, которые регламентированы проектом, можно перейти на технологии обслуживания по состоянию, при которых бюджеты становятся более детальными и гибкими, так как в них учитываются абсолютно все расходы на ремонт и техобслуживание подвижного состава. При этом с помощью программы Officina, разработанной фирмой Pluservice, производится планирование указанных работ. Данная программа позволяет отслеживать жизненные циклы агрегатов и узлов подвижного состава и выдавать полностью информативную картину их технического состояния с соответствующей сигнализацией и возможными неисправностями. Параллельно с этим программа выдает информацию о стоимости запчастей и самих ремонтных работ. Имеется отдельный блок программы, служащий для анализа эксплуатационных затрат в зависимости от пробега автобусов, что дает возможность управлять пробегом и оптимизировать бюджетные расходы. Следует сказать, что предложенный подход может применяться на всех предприятиях общественного транспорта с различным типажом подвижного состава.

Инновационные решения также пришли в сферу взаимодействия между операторами общественного городского транспорта и пассажирами. Так, лондонская транспортная компания TFL недавно начала использовать специальную программу для связи с пассажирами посредством социальной сети Facebook. Цифровой помощник позволяет в автоматическом режиме общаться с пассажирами и сообщает им о точном времени прибытия автобусов, а также представляет им схему маршрутов и нужную информацию о предоставляемых услугах.

Транспортная компания в г. Дубае уже несколько лет выпускает мобильные приложения, с помощью которых пассажиры могут получать информацию о своем передвижении по городу и работе всех видов городского общественного транспорта (метрополитен, автобусы, такси). Среди этих приложений имеется и наиболее популярное приложение RTA Dubai app, с помощью которого пассажиры могут быть проинформированы о ближайшей к ним станции метрополитена и пути движения к ней, а также о реальной стоимости проезда. Другие страны Персидского залива также усиливают интеграцию компьютерных технологий в сферу организации работы городского транспорта.

Цифровые табло в настоящее время становятся неотъемлемой частью системы общественного транспорта. Интерактивные сенсорные экраны показывают информацию о прибытии и отправлении подвижного состава, позволяют планировать оптимальные маршруты для поездок, а также отображают карту прилегающих районов с соответствующими достопримечательностями. В этой сфере одной из самых прогрессивных является система IS-FIDS, которая не только информирует пассажиров о имеющихся вблизи маршрутах городского транспорта, но даже содержит в своей базе фотографии мест назначения. Эта система получает данные из нескольких источников и предполагает использование технологии отслеживания для оценки расстояния, проходимого, например автобусом или трамваем, и уведомления пассажиров посредством цифрового табло о прибытии нужного маршрута. Следует сказать, что почти все версии системы были использованы на подвижном составе GPS-локаторы, которые были связаны через беспроводные коммуникационные сети с АСУ городским транспортом. Последние после соответствующей обработки информации обеспечивает прогнозирование время прибытия подвижного состава разных маршрутов транспорта на каждую остановку и передают эти данные на электронные цифровые табло. В нашей стране такие системы уже успешно функционируют в ряде крупных городов (Москва, Санкт-Петербург, Челябинск и др.).

В качестве недостатка этих систем можно назвать то, что они не в полной мере обеспечивают быстроту и точность передачи необходимой информации. Все это заставило перейти на технологию нового поколения радиочастотной идентификации (RFID), основанную на использовании радиочастотного электронного излучения. Данная технология позволяет осуществлять мониторинг перемещения подвижного состава в реальном времени с большой точностью, надежностью, безошибочностью и высокой скоростью.

В области организации пассажирских перевозок на базе цифровых технологий формируются стандарты качества услуг, основанные на передовом опыте обеспечения максимального уровня интероперабельности (согласованного функционирования на основе единых принципов и организации деятельности) транспортных систем. Комплекс услуг, оказываемых пассажирам на всех этапах поездки, – от планирования до оказания широкого спектра дополнительных сервисных услуг в пункте назначения, включая обеспечение личной безопасности, – может быть реализован за счет максимального использования мобильных устройств различных цифровых стандартов связи и соответствующих функ-

циональных приложений, обеспечивающих выбор параметров путешествия. Этими параметрами являются скорость, комфорт и иные индивидуальные условия, а также создание возможности передачи и получения информации в поездках на железнодорожном транспорте в режиме реального времени на вокзалах, транспортно-пересадочных узлах и в поездах.

Разнообразные мобильные устройства сегодня стали наиболее популярным средством выхода в Интернет, с помощью которого пассажиры могут удобно пользоваться услугами он-лайн услугами по передаче информации. Видеонаблюдение (система CCTV), система информирования пассажиров (PIS) и Wi-Fi как раз и являются именно теми услугами, с помощью которых железнодорожные операторы могут добиться повышения удовлетворенности пассажиров за счет расширения возможностей взаимодействия с ними в реальном времени.

Важным направлением повышения качества предоставляемых пассажирам услуг является внедрение интеллектуальных систем управления работой городских автовокзалов, предусматривающих:

- гибкое реагирование на динамические изменения объемов, структуры, характера и направленности пассажиропотоков;
- реализацию принципа «постоянная информированность пассажиров» на основе интерактивного информирования, визуальной навигации и иных форм обеспечения мобильности;
- маркетинговое интерактивное воздействие, формирующее сценарии поведения пассажиров на территории транспортных объектов и соответствующую гибкую технологию их обслуживания;
- создание системы интеллектуального управления инженерной инфраструктурой вокзального комплекса.

Имеющаяся необходимость в автоматизации рутинного ручного труда операторов станций и автовокзалов привела к разработке решения Huawei Agile Station на базе такого инновационного метода, как облачные технологии. Это позволило организовать конвергентную и неблокируемую сеть, образующую унифицированную платформу для большого числа сервисов и обеспечивающую развертывание новых отказоустойчивых услуг. Для упрощения общего управления системой реализована конвергенция всех производственных сетей, включая и сети информационной системы по технической эксплуатации, а также сетей видеонаблюдения, продажи билетов, диспетчеризации и обслуживания пассажиров.

Таким образом, для реализации клиентоориентированной политики в области пассажирских перевозок с использованием IT-технологий предусмотрено создание системы, обеспечивающей:

- учёт спроса и уровня мобильности населения для территорий различного масштаба - от международного до локального уровня, а также предвидение влияния демографических изменений на потребности клиентов;
- развитие и совершенствование информационно-аналитических систем, используемых для планирования пассажирских перевозок, мониторинга мобильности населения и технического обеспечения перевозок на различных видах городского и пригородного общественного транспорта.

Неоценимую роль в вопросе планирования и управления маршрутными системами общественного транспорта городов играет использование транспортных моделей. К сожалению, существующие такие модели в своей основе содержат алгоритмы моделирования потоков автотранспорта, а моделирование маршрутного общественного транспорта в них, как правило, реализуется только как дополнительная функция. Все это связано с бурным развитием автомобилизации в прошлом веке и входит в явный диссонанс с современными требованиями по обеспечению мобильности городских жителей. Надо отметить, что наблюдающаяся сейчас тенденция перехода на беспилотные автотранспортные средства, хотя и позволяет повысить эффективность их использования и организацию движения, все же не способна заменить собой маршрутные системы городского общественного транспорта.

Транспортные модели должны использоваться на самой ранней стадии градостроительного планирования. К одной из основных задач подобного моделирования можно отнести выбор оптимальных маршрутов городского общественного транспорта, а также распределение спроса на пассажироперевозки по видам такого транспорта в соответствии с их провозной способностью. Транспортная модель должна генерировать пространственные и временные модели параметров пассажиропотоков в городах на отдельных маршрутах и на всей маршрутной сети в целом с учетом следующих показателей: количество перевезенных пассажиров в каждом рейсе, пассажирооборот остановок и крупных транспортных узлов, межостановочные корреспонденции, средняя дальность поездки, потребность в подвижном составе по часам суток. Все сказанное позволяет сделать вывод о том, что транспортное планирование является основополагающим фактором планирования городского общественного транспорта. Автоматизация получения из разных источников необходимых данных позволяет свести до минимума трудоемкость использования транспортной модели в оперативном режиме.

В заключение следует сказать, что внедрение инновационных методов в деятельность городского общественного транспорта сегодня представляет наиболее актуальную проблему. Особенно это касается интеллектуальных транспортных систем (ИТС), которые способны интегрировать средства связи, управление и контроля, изначально встроенные в транспортные средства и объекты транспортной инфраструктуры с возможностями управления и оперативного принятия решений на основе информации, получаемой в реальном времени, доступной транспортным операторам и всем пользователям транспорта. Все это позволяет сделать процесс пассажироперевозок более безопасным, эффективным, доступным и экологичным, а также создаёт предпосылки для поддержания «здоровой» конкуренции в снижении стоимости предоставляемых услуг и улучшении их качества для конечного пользователя.

Литература

1. Шурдак А. В., Климова Т. В., Васильев О. К., Блиндер И. Д., Вериго А. М., Черников А. А. Системы связи и передачи данных нового поколения //Автоматика, телемеханика и связь. - 2016. - №10. [Электронный ресурс]. URL: <http://asi-rzd.ru/nomera/2016-10/>

2. Информационные табло, технологии и возможности их применения на транспорте. Альметова З.В., Гераскина О.В., Чикранова Д.С. «Транспортное планирование и моделирование» Международный инновационный форум пассажирского транспорта SmartTRANSPORT, 2016, Санкт-Петербург, 4-6.
3. A GIS-based infrastructure management system for municipalities /Ferreira A.J.L., Santos D.A. // Pros.Inst. Eng.Munic.Eng.-2016.-159, №2. – С.113-120.
4. [Электронный ресурс]. RL:<http://www.gudok.ru/newspaper/?ID=1348652>. - Выпуск №152 (26057) 01.09.2016.
5. Пенязь И. М. Реализация комплексного научно-технического проекта «Цифровая железная дорога» // Транспорт: наука, техника, управление. -2017. - №3.- С.60-65.
6. [Электронный ресурс]. URL:<http://1430mm.ru/system/zheleznye-dorogi-i-promyshlennost-novye-otnosheniya-v-epohu-cifrovyyh-tehnologiy>, Железные дороги мира.-2016. - №4.
7. Guide L.G. Uses of Digital Signage in Transportation. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.lg.com/us/commercial>
8. Решение Huawei «Цифровая железная дорога» // Информационный документ ООО «Huawei Technologies», 2017. - 11 с.
9. Браун Л. Цифровые технологии и предпочтения пассажиров //Public Transport International. – 2017. - №3. - С.24-27
10. Куренков П.В., Дранченко Ю.Н. Железная дорога в городе: за и против. Транспорт: наука, техника, управление. - 2014. - № 1. - С. 26-34.

Сведения об авторе

Дугин Георгий Сергеевич, научный сотрудник Отдела научной информации по вопросам транспорта ВИНИТИ РАН, зам. зав. ОНИ по транспорту, зам. ген-директора Института проблем транспорта и логистики (ЗАО «ИПТИЛ»).

Тел. 8-495-155-43-22.

E-mail: tranlog@viniti.ru

**ДИВЕРСИФИКАЦИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
КАК ОДИН ИЗ ПРИОРИТЕТОВ СТРАТЕГИИ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ
НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИЙ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКОГО БЛОКЧЕЙНА**

Кандидат техн. наук **Раткин Л.С.**
(Научно-производственное предприятие “АРГМ”)

**DIVERSIFICATION OF THE TRANSPORT INFRASTRUCTURE AS ONE OF THE PRIORITIES
OF THE STRATEGY OF THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT
ON THE EXAMPLE OF THE TECHNOLOGIES OF THE STEGANOGRAPHIC BLOCKCHAIN**

Ph. D. (Tech.) **Rathkeen L.S.**
(Scientific-production enterprise “ARGM”)

Российская академия наук (РАН); Отделение энергетики, машиностроения, механики и процессов управления (ОЭММПУ) РАН; компьютерная стеганография; блокчейн-технологии; транспорт; инфраструктура; телекоммуникации; международные транспортно-логистические центры (МТЛЦ); дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ); Институт космических исследований (ИКИ) РАН.

Russian Academy of Sciences (RAS); Department of the Energy, Machinebuilding, Mechanics and Control Systems (DEMMCS) of RAS; computer steganography; blockchain technologies; transport; infrastructure; telecommunications; International Transport & Logistics Centers (ITLC); Distant Earth Probing (DEP); Institute for Space Researching (ISR) of RAS.

В конце 2018 года в Москве Российской академии наук (РАН) было проведено Общее собрание членов, на котором в рамках научной сессии были рассмотрены приоритеты научно-технологического развития России. В дискуссии участвовали члены РАН (академики и члены-корреспонденты), а также представители отраслевых министерств и подведомственных организаций, промышленных предприятий и инвестиционных компаний.

At the end of 2018 in Moscow was organized the Common meeting of the members of the Russian Academy of Sciences (RAS), on which in the frame of scientific session were observed the priorities of the scientific & technological development of Russia. In discussion took part the members of RAS (academicians and corresponding members), also the representatives of the branch ministers and subdivisions, industrial enterprises and investment companies.

Научная сессия Общего собрания РАН «Научное обеспечение реализации приоритетов научно-технологического развития Российской Федерации», проходившая в конце 2018 года в Москве, открылась обсуждением проблематики перехода к экологически чистой и ресурсосберегающей энергетике. Он предполагает повышение эффективности добычи и глубокой переработки углеводородного сырья, формирование новых источников и способов транспортировки и хранения энергии. С докладом по этой теме выступил академик-секретарь Отделения энергетики, машиностроения, механики и процессов управления РАН академик РАН В.Е.Фортов. В частности, обуславливалась необходимость внедрения новых информационных технологий (например, стеганографического блокчейна) для формирования новых компонентов транспортной инфраструктуры – «умных систем транспорта». В развитие транспортной проблематики прозвучало выступление члена-корреспондента РАН, члена Правления и начальника Департамента ПАО «Газпром» О.Е. Аксютин по научно-техническим проблемам переработки и транспортировки природного газа.

Транспортная тематика получила развитие в докладе Министра природных ресурсов и экологии Российской Федерации Д.Н. Кобылкина, в частности, по вопросам связанности территории РФ за счет создания интеллектуальных транспортных и телекоммуникационных систем с применением современных информационных технологий (в т.ч., компьютерной стеганографии и блокчейн-технологий) и развития системы международных транспортно-логистических центров (МТЛЦ).

В выступлении академика РАН М.А. Погосьяна анализировались различные аспекты научно-технических задач в обеспечении связности территории РФ. В частности, предлагается формирование унифицированной «линейки» внедорожных транспортных средств, включающей сверхлегкую авиацию, дирижабли, вездеходы и амфибии. Также планируется диверсификация транспортной инфраструктуры, развитие сети МТЛЦ, совершенствование систем общественного транспорта для городских агломераций и внедорожных транспортных систем, что предполагает реализацию множества инвестиционных проектов на федеральном и региональном уровне. Также при изучении транспортной проблематики рассматривались вопросы освоения и эффективного использования космического пространства (доклад члена-корреспондента РАН В.А.Соловьева) и обеспечения информационной связанности территории России за счет применения современных систем дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) (выступление д.ф.-м.н. А.А. Лутовинова, директора Института космических исследований (ИКИ) РАН).

Диверсификация транспортной инфраструктуры в качестве одного из приоритетов стратегии научно-технологического развития, в т.ч., на примере технологий стеганографического блокчейна, была темой многих докладов на серии конференций по аэрокосмической проблематике, предварявших проведение Общего собрания членов РАН. В частности, рассматривалась диверсификация транспортной инфраструктуры в части применения обеззараживания частей и компонентов космических аппаратов, корректировки нарушений ра-

боты аппаратуры в условиях меняющейся гравитационной среды, газовой стерилизации для обеззараживания научного оборудования, уточнения отдельных показателей приборов оценки состояния работы экипажа и пассажиров. Также рассматривается сопровождение разработки транспортной продукции на всех стадиях жизненного цикла, включая выбор эффективных программно-технических решений (например, для проекта «Экзомарс») и применение механизмов пралентарной защиты на подготовительном этапе миссии «Экзомарс», построения математических моделей для оценки радиационной обстановки, анализа аудиограмм при высоком уровне шумов и выявления активности двигательных единиц.

Компьютерная стеганография и блокчейн-технологии применимы в транспортных системах. Они, например, применяются для подбора индивидуальных тактик восстановления работоспособности персонала транспортных предприятий, включая изучение физиологических, соматических, психосоматических и психофизиологических реакций, исследования влияния качества и интенсивности света на дороге на качество управления, оценки количества совершенных космических полетов на основные показатели плазменного гомеостаза экипажа и пассажиров космического корабля. Стеганографический блокчейн применим для уточнения психоэмоционального состояния летчиков и космонавтов, мониторинга состояния пассажиров и экипажа в космическом полете, оценки результатов влияния высокоэнергетических протонов и ионов углерода на когнитивные функции моделирования поведения космонавтов в условиях многосуточных изоляционных экспериментов по имитации космических полетов, а также уточнения значений параметров обслуживающих систем для летчиков и космонавтов. Стеганографический блокчейн применим для конструирования оборудования и систем для авиационно-космической промышленности, изучения режимов радиационной стерилизации компонентов космических модулей при реализации международных и федеральных инвестиционных проектов. Отдельное направление научных исследований, в котором также интенсивно применяются технологии стеганографического блокчейна для диверсификации транспортной инфраструктуры – аэрокосмический мониторинг и аэрокосмические информационные системы. Например, компьютерная стеганография и блокчейн-технологии используются для ДЗЗ и геоинформационных систем для экологической паспортизации объектов; космического мониторинга климатически важных параметров атмосферы; спектрально-пространственной классификации гиперспектральных изображений в информационно-телекоммуникационных системах аэрокосмического мониторинга; мультифрактальной оценки ледовой обстановки мировых регионов по материалам космической съемки; математического моделирования для расчета атмосферной ионизации и радиации; аэрокосмического мониторинга акваторий в удаленных районах. Он используется также в научно-методическом сопровождении градостроительного планирования застраиваемых территорий по материалам аэрокосмической съемки, в малых спутниковых аппаратах (в т.ч., микроспутниках, наноспутниках) в космической деятельности, мультиспектральной космической съемке для изучения влияния современных климатических изменений на урожайность сельскохозяйственных культур.

Блокчейн-технологии наряду с компьютерной стеганографией применимы для решения экологических задач, космического мониторинга для оценки степени содержания в атмосфере галогенов (в т.ч., образующихся в результате фотолиза хладонов, содержащих атомы брома и хлора), экологической устойчивости территорий аэропортов, применения методов ДЗЗ и информационно-телекоммуникационных систем для формирования экологического реестра объектов. Эти технологии используются для математического моделирования лесных пожаров на основании данных гиперспектрального аэрокосмического зондирования, решения многопараметрических эколого-экономических уравнений с заранее заданными граничными условиями, суперкомпьютерного моделирования [1-2], а также для экономических расчетов рационального природопользования с интеграцией аддитивных технологий. Стеганографический блокчейн – удобное средство для решения аэродинамических и термодинамических процессов. Например, для отработки методики формирования и аналитической интерпретации оптимальных обводов носовых обтекателей с ограничительными точками для высокоскоростных летательных аппаратов, а также аппроксимации бикубическими сплайнами термодинамических функций воздуха в широком диапазоне температур и давлений для применения в программно-аппаратных комплексах и информационно-телекоммуникационных системах результатов расчетов гиперзвуковых течений.

Диверсификация транспортной инфраструктуры [3] невозможна без внедрения в промышленное производство (судостроительных, автомобильных, подводных, аэрокосмических) новых разработок с применением компьютерной стеганографии и блокчейн-технологий [4-5]. Новые компьютерные технологии применяются для математического (и суперкомпьютерного) моделирования перспективных образцов конструкционных материалов (например, для кораблестроения и аэрокосмического приборостроения); испытаний жаропрочных интерметаллидных никелевых сплавов для двигательных установок, исследования материалов триботехнического назначения (в т.ч., нанотриботехнического). Они применимы для исследования прецизионных соединений разнородных материалов с диффузионной сваркой; испытаний несущей способности материалов, трещиностойкости точечных соединений композиционных элементов и конструктивно-технологического метода установки стеклопластикового подкрепляющего элемента. Используются для исследования оборудования и технологий по изготовлению подшипниковых опор роторов газотурбинных двигателей; разработки технологий по изготовлению свариваемых жаропрочных сплавов для применения в различных системах и комплексах аэрокосмической отрасли. Не менее важное применение стеганографического блокчейна – разработка и тестирование космических тросовых систем и обеспечение бесперебойного функционирования наноспутников. Анализ современных космических тросовых систем, представленных на рынке высокотехнологичной наукоемкой продукции, разработанной по инвестиционным проектам с использованием частных инвестиций под гарантии возврата заемных средств, свидетельствует о стабильном развитии отрасли и росте капитализации предприятий, принимающих участие в международных программах космических исследований. Например, блокчейн-технологии и компьютерная стеганография применимы для моделирования процесса рассмотрения

ближнего наведения космического аппарата с помощью упрощенной математической модели; анализа различий в схемах сближения связанных космических объектов; оценки равновесия локального маневрирования космических аппаратов и фазовых траекторий транспортной системы. Технологии важны для оценки последствий от встречи маневрирующих космических объектов с нулевой относительной скоростью и сближения космических аппаратов (с чередованием участков сближения и удаления), для моделирования процессов сближения космических аппаратов (например, т.н. «жесткой» встречи с множественными соударениями). Они используются для технической реализации метода параллельного сближения космических аппаратов; оптимизации рациональных режимов управляемого движения космических тросовых систем. Частным случаем моделирования является анализ возможности построения на основе группировки космических спутников и нескольких сотен орбитальных обменных масс двунаправленного космического конвейера «Земля-Луна» с грузопотоком в десятки тонн в месяц: накопленный обратным потоком лунный песок на околоземной орбите может быть транспортирован на Землю для проведения научных исследований. Наконец, стеганографический блокчейн применим в авиационной и космической отраслях для внедрения инновационных технологий промышленного производства. Отрасль, например, включает создание утилизационного теплоэнергетического комплекса для линейной компрессорной станции; исследования энергоэффективных технологий и оборудования для обеспечения тепловой энергией автономных жилых объектов; применения новых материалов и технологий в силовых установках самолетов; проверку методики оценки целесообразности и эффективности создания ветроэнергетической системы на ранних стадиях выполнения отраслевого инвестиционного проекта [8-9], применение технологий трехмерного сканирования для реверс-инжиниринга при проектировании лопаток газотурбинного двигателя; создание турбокомпрессора для повышения мощности двигателя; суперкомпьютерное моделирование процессов тестирования высокопрочных износостойких сплавов; инновационное развитие наукоемких отраслей [6-7]; диффузии результатов экспериментальных исследований внутри начальных стадий ЖЦ изделия на предприятии (CALS, CASE, OLAP и OLTP-технологии).

На ряде конференций были также представлены разработки автора для диверсификации транспортной инфраструктуры с применением технологий стеганографического блокчейна, защищенные патентом на изобретение в РФ и за рубежом [10-11].

Выводы

1. Одним из приоритетов стратегии научно-технологического развития Российской Федерации является не модернизация, а диверсификация транспортной инфраструктуры. Неравномерность развития транспортных средств и систем в разных регионах России наряду с лоскутной автоматизацией «на местах», сшивкой отечественных и зарубежных программно-технических решений и множеством других факторов формирует систему вероятностных моделей совершенствования отрасли. Реализация отраслевых и региональных инвестиционных проектов с привлечением отечественного и иностранного капитала возможна под государственные гарантии возврата заемных средств.

2. В качестве одного из примеров диверсификации транспортной инфраструктуры можно рассматривать синтез компьютерной стеганографии и блокчейн-технологий (стеганографического блокчейна). Он применим для разработки и производства энергетического оборудования, повышения эффективности глубокой переработки углеводородного сырья и его дальнейшей транспортировки, строительства МТЛЦ, космического приборостроения, ДЗЗ, медицинского обслуживания экипажей и пассажиров, математического моделирования физических процессов, аэрокосмического мониторинга, экологического сопровождения реализации инвестиционных проектов в транспортной отрасли и т.д.

Литература

1. Бетелин В.Б. Суперкомпьютерные технологии в России: состояние и проблемы развития // Вестник Российской академии наук. - 2015. - Т. 85, № 11. - С. 971-975.
2. Королев А. Сопровождение деятельности специализированных компаний: практический опыт // Энциклопедия российской секьюритизации – 2017». - СПб.: «Любавич», 2017. - С.147-151.
3. Якунин В.И., Осипов Г.В., Садовничий В.А. Интегральный проект солидарного развития на Евро-Азиатском континенте (научно-практическая концепция) // Нефтегазопромысловый инжиниринг, специальный выпуск № 10: итоги-2014 и прогноз-2015. – С. 36-46.
4. Генкин А., Михеев А. Блокчейн. Как это работает и что ждет нас завтра. — М.: Альпина Паблишер, 2017. – С. 177.
5. Мелани Свон. Блокчейн: Схема новой экономики. — Олимп-Бизнес, 2016. – С. 17.
6. Аристов С.А. Перспективные решения в сфере кадрового обеспечения транспортной отрасли // Транспорт Российской Федерации. - 2018. - № 1 (74). – С. 3-5.
7. Горелик А.Л., Тимушев А.Г., Шабаров В.В. Организация внутреннего консалтинга промышленных корпораций // Тяжелое машиностроение. - 2001. - № 6. - С. 16-20.
8. Горелик А.Л., Шабаров В.В. Ситуационный анализ промышленных корпораций // Вопросы оборонной техники. - 2001. - № 1 (302). - С. 8.
9. Горелик А.Л., Раткин Л.С. Об устойчивости корпоративных информационных сетей // Вопросы оборонной техники. - 2003. - № 2 (315). – С. 43-45.
10. Раткин Л.С. Применение компьютерной стеганографии при проектировании информационных систем по оборонной продукции корпоративного уровня // Вопросы оборонной техники. - 2004. - № 4.
11. Раткин Л.С. Патент на изобретение № 2322693.

Сведения об авторе

Раткин Леонид Сергеевич, к.т.н., начальник отдела научных разработок научно-производственного предприятия «АРГМ», действительный член Российской инженерной академии, Академии технологических наук РФ, Европейской академии естественных наук и Международной академии информатизации, член-корр. Российской академии естественных наук и Международной инженерной академии, офицер запаса.

Адрес АРГМ: 127006, г. Москва, ул. Долгоруковская, 5.
Тел. 8-915-450-77-67 моб., (499) 251-85-32 служ.
E-mail: rathkeen@bk.ru

ИНТЕГРАЦИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ И МОРСКОГО ПОРТА

Научный сотрудник **Пенязь И.М.**

(Всероссийский институт научной и технической информации. ВИНТИ РАН)

INTEGRATION OF CONTROL DIGITAL SYSTEMS OF INTERACTION OF THE RAILWAY AND SEA PORT

Researcher **Penyaz I.M.**

(The All-Russia Institute of the Scientific and Technical Information – VINITI of the Russian Academy of Sciences)

Морской порт, железная дорога, пропускная способность, цифровые технологии, грузооборот, интеграция, взаимодействие железной дороги и морского порта, модернизация, информационные системы, система «Грузовой экспресс».

Sea port, railway, port capacity, digital technologies, intermodal transport, freight turnover, integration, interaction of railway and sea port, modernization, information systems, “Freight Express” system.

Изложено состояние и перспективы развития морской припортовой и транспортной инфраструктуры. Подчеркивается необходимость модернизации портов России с целью их интеграции с мировой системой морского грузооборота на основе прогрессивных цифровых технологий.

The state and perspectives of the development of the sea ports and transport infrastructure are set out. It emphasizes the need to modernize the ports of Russia in order to integrate them into the world system of marine cargo turnover on the basis of progressive digital technologies.

Независимость транспортного комплекса РФ от перевалки грузов в портах сопредельных стран

На протяжении около 30 лет в морских портах России активно строились дополнительные перегрузочные мощности. Тем не менее, из-за недостатка инвестиций в портовое строительство прирост потребности в перевалке на море экспортных грузов превышал возможности роста перегрузочной способности отечественных портов, с учетом ограничений на железнодорожных и автомобильных подходах.

Перевалка грузов РФ различного назначения в портах третьих стран достигла максимума в 117,1 млн. т в 2007 г., затем стала снижаться (рис. 1).



Рис. 1. Динамика перевалки грузов России в портах третьих стран

По итогам 2017 г. суммарная мощность терминалов российских портов превысила 1 млрд. т/год. Весной

2018 г. впервые сложилась ситуация, когда морские порты России, с учетом реально достигнутой пропускной способности железнодорожных и автомобильных подходов к ним, уже способны самостоятельно обеспечить внутренние потребности страны и ее внешнюю торговлю услугами по перевалке грузов на море и с моря. Однако пока не хватает ряда узкоспециализированных перегрузочных мощностей, перевалка всех наших грузов в российских портах несколько дороже, чем в сопредельных государствах. На ряде терминалов в портах сопредельных стран качество оказываемых услуг выше. Ввиду этого в интересах российских предпринимателей перегрузка определенной части наших грузов остается в портах третьих стран.

Если отказаться при транзите через Россию направлять чужие грузы на порты Балтии и Украины, то порты РФ способны полностью обеспечить транспортную безопасность страны. Это наглядно иллюстрирует график (рис. 2), построенный по данным табл. 1 [1].

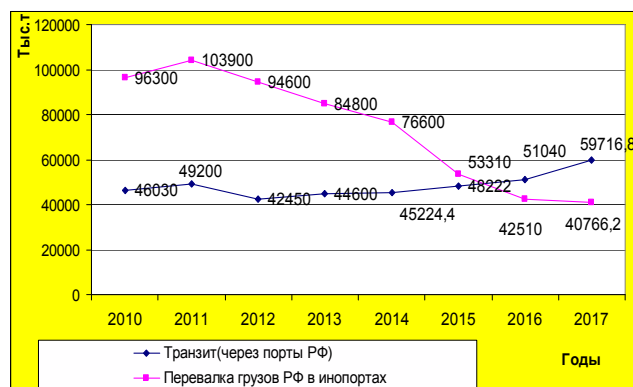


Рис. 2. Динамика перевалки транзитных грузов в портах РФ и российских грузов в портах третьих стран

Таблица 1.

Объемы перевалки транзитных грузов в портах РФ и российских грузов в портах 3-их стран (тыс. т)

Годы	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Транзит (через порты РФ)	46030	49200	42450	44600	45224,4	48222	51040	59717
Перевалка грузов РФ в портах третьих стран	96300	103900	94600	84800	76600	53310	42510	40766

Перевалка грузов РФ в портах третьих стран по итогам 2017 г. сократилась до 40,7 млн. т. По экспертным оценкам, переключение оставшихся грузопотоков способно дать прирост объемов грузоперевозки “железная дорога – порты РФ” до +33 - 35 млн. т сухих грузов и до +12 - 15 млн. т наливных грузов (мазут, другие нефтепродукты, СУГ). По сухим грузам основные позиции представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Объемы перевозок сухих грузов РФ на перевалку в направлении портов Балтии и Украины (всеми видами транспорта), млн. т

Годы	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Всего, сухие грузы РФ	58,98	57,3	48,61	47,23	40,95	36,36	41,5
руда	8,6	7,1	5,3	4	2,4	2,4	3,1
уголь, кокс	27,5	28,5	24,8	23,7	21,9	18,6	23,4
мин. удобрения	11,4	9,2	8,3	9,3	7,7	7,7	7,2
зерно	1,3	2,4	0,56	1,07	1,03	1,03	1
черные металлы	2,6	2,7	2,6	2,8	2,6	2	2,2
цветные металлы	0,020	0,007	0,005	0,006	0,005	0,005	0
прочие сухие	7,4	7,5	7,1	6,4	5,3	4,7	4,7

Как видно из табл. 2, настало время морскому транспорту совместно с ОАО “РЖД” выработать новую концепцию, новые подходы и цели дальнейшего скоординированного развития. Суммарные мощности в портах РФ должны быть в объеме не ниже потребности страны в перевалке грузов внутреннего сообщения и внешней торговли. При этом некоторая доля грузов в интересах части российских предприятий-экспортеров может перегружаться и далее в портах третьих стран. А свободные мощности портов РФ могут быть при этом экономически эффективно для российской стороны задействованы на перегрузке транзита [2].

Обострение конкуренции между портами на бассейнах

В условиях дефицита портовых перегрузочных мощностей порты России в последние десятилетия преимущественно были заняты перевалкой российских

грузов. При этом перевалка грузов бывших республик Средней Азии ушла на порты Балтии и Украины.

В ближайшие годы порты РФ будут активизировать конкурентную борьбу за грузы между портами основных морских бассейнов. Рост конкуренции за остатки российского транзита между портами Латвии, Литвы, Эстонии, Финляндии, Украины уже наблюдается последние три года. Наличие определенного резерва российских портовых мощностей, при условии обеспечения их железнодорожными и автоподходами, позволит более активно развивать международные транзитные потоки грузов из КНР, Японии, МНР, активизировать работы по формированию международных транспортных коридоров (МТК), проходящих через территорию России и ее морские порты.

Качество предоставления услуг при перевалке грузов железнодорожно-морского сообщения через морские порты РФ

Существующая ситуация с постоянной загрузкой морских портов российскими грузами в условиях недостатка перегрузочных мощностей не способствует повышению качества услуг. Следует признать, что своевременность и качество услуг, предоставляемых в передовых зарубежных портах, выше и основывается, прежде всего, на прогрессивных цифровых информационных технологиях. Это определяет актуальность внедрения цифровых технологий во взаимодействие портов со смежными видами транспорта, прежде всего с железнодорожным, переход политики портов в направлении клиентоориентированности предоставляемых услуг, повышения их качества [3, 4].

Цифровые технологии во взаимодействии порта и железной дороги

Применение цифровых информационных технологий во взаимодействии порта и железной дороги способно сократить простой подвижного состава видов транспорта (ж/д, морского, автомобильного) при перегрузочных операциях в портах, ускорить прохождение грузов через порты, повысить производительность технологических линий, производительность труда, упростить, ускорить документооборот.

В современных условиях значительно возрастает роль взаимодействия железнодорожного и морского транспорта при организации перевозок грузов. Однако выяснилось, что разделение вагонного парка лишь усложнило работу портов. Ранее они могли более эффективно использовать высвобождающийся вагонный парк под загрузку импортных и каботажных грузов.

На припортовых станциях скапливаются и простаивают в ожидании выгодных грузов тысячи вагонов собственности операторов. В значительной мере они затрудняют процесс маневрирования и оптимальной подачи вагонов к погрузочно-разгрузочным фронтам портовых терминалов. Наибольшие трудности для портов связаны с взаимодействием с малыми операторскими железнодорожными компаниями, с которыми порты по прибытии груза часто не имеют должного опыта и оперативных контактов.

Учитывая масштабность проблемы, целесообразно было бы развивать взаимодействие в портах по трем направлениям:

- **Совершенствование координации видов транспорта на основе создания «умных» логистических центров.** Это позволит обеспечить ритмичность процесса завоза-вывоза грузов в порты, заранее планировать технологические процессы на основе регулярно поступающей информации, опережающей движение груза, а также сократить время нахождения грузов в портах и тем самым увеличить пропускную способность имеющихся мощностей.

- **Развитие железнодорожных подходов к портам.** Данному направлению в настоящее время АО "РЖД" придает приоритетное значение. И это важно для развития таких портов, как Усть-Луга, объединяющего ключевые виды транспорта: морской (морской торговый порт «Усть-Луга») и железнодорожный (ж.д. станция Лужская), является перспективной площадкой для применения логистических технологий и реализации интермодального потенциала. Актуальным является снижение расходов на комплексные логистические услуги и доставку грузов «от двери до двери». Для повышения эффективности взаимодействия ключевых видов транспорта на стыке «порт - железная дорога» важно, чтобы пропускная способность припортового Лужского железнодорожного узла полностью соответствовала портовым мощностям (180 млн. т в год) и рекордной выгрузке (3505 вагонов в сутки) [5]. Однако следует иметь в виду, что в таких крупных городах, как С-Петербург, Новороссийск и Владивосток (суммарно переваливающих 46-47% внешнеторгового грузопотока) порты расположены в исторической центральной части города, где свободных площадей для железнодорожного развития практически нет.

- **Перенос части операций по переработке грузов на отдаленные от морской черты районы порта и терминалы логистических центров (сухие порты).** Это наиболее современный логистический подход, основанный на передовой зарубежной практике. Идея заключается в том, что за городом на свободных территориях создается терминал логистического центра или отдаленный грузовой район порта, который перерабатывает грузы на железнодорожный транспорт, осуществляет складирование, подготовку судовых партий. Непосредственно грузы с логистического центра подаются к борту судна автотранспортом или железнодорожными маршрутами «вертушками», где перерабатываются по прямому варианту «вагон-борт».

В настоящее время в мире хорошо себя зарекомендовал опыт создания сухих портов как ключевых элементов формирования транспортно-логистических кластеров в Европейском союзе. Порт в данном контексте рассматривается не как обособленная территориальная единица, а как элемент цепочки транспортного коридора, неотъемлемой составной частью которого являются сухие порты, железнодорожные, автомобильные и внутренние водные пути. Такие элементы транспортных коридоров в совокупности с прилегающими профильными предприятиями и организациями образуют ядро транспортно-логистических кластеров. В результате европейские порты все в большей степени конкурируют не как отдельные пункты обработки судов, а как ключевые звенья в глобальных цепях поставок. Выбор порта превращается в функцию зависимости от сетевых затрат. Критерии выбора порта относятся ко всей сети, в которой порт представлен как один из узлов. Выбираются те порты, которые позволяют свести к

минимуму сумму морских, портовых и внутриназемных издержек [6, 7].

Для реализации данной схемы по зарубежному варианту необходимы определенные изменения в транспортном и таможенном законодательстве России, т.к. грузы должны перемещаться (через город) от выносного терминала порта (или его логистического центра) до причала в особом таможенном режиме.

Цифровые технологии и нормативно-правовая база для организации внешнеторговых перевозок

Взаимодействие морского, речного, автомобильного и железнодорожного транспорта в транспортных узлах в коммерческо-правовом отношении в отечественной практике оформлялось (в соответствии с ГК РФ) Узловым соглашением, в котором на договорной основе закреплялись интересы сторон. Однако «Типовое положение об Узловом соглашении» не учитывает прогресс в области цифровых информационных технологий, организацию безбумажного документооборота и прочее.

Раньше в крупных речных и морских портах оформлялись ЕТП ТУ – «Единые технологические процессы транспортного узла» – как основной технологический документ, определяющий преимущественно технологическое взаимодействие порта и железной дороги.

Действующие ЕТП (Приказ МПС РФ №26 от 18.06.2003г.) фактически приравнивают подъездные пути портов к подъездным путям крупных промышленных предприятий. Этим занимается статус портов и руководство предприятий вынуждено принимать решения, связанные с перевалкой груза часто в отсутствии должного представительства грузовладельца. Из-за отсутствия Узлового соглашения в ЕТП фактически были включены вопросы коммерческого, информационного взаимодействия «порт - железная дорога», некоторые вопросы документооборота.

Подобная ситуация мало способствует координации видов транспорта и, как правило, приводит к простоям подвижного железнодорожного состава, брошенным поездам, неритмичной работе транспорта и др. негативным явлениям. Существует потребность в принципиальной переработке «Типового положения об Узловом соглашении» с учетом сложившихся новых экономических отношений на основе равноправия видов транспорта.

В предлагаемых сегодня изменениях технологии взаимодействия видов транспорта важным аспектом является формирование необходимого информационного и технологического пространства, обеспечивающего возможность создания в сфере оперативного (суточного) планирования четких согласованных параметров внутренних и внешних процессов взаимодействия.

Кроме вопросов, обязательных к включению «Типовым положением об Узловом соглашении», подлежат рассмотрению и вопросы информационного обмена сторон, состав обязательно предоставляемой информации и общие принципы выполнения расчетов между сторонами за предоставляемые друг другу информационные услуги; ответственность сторон за достоверность информации и т.д.

Развитие современных информационных технологий позволяет осуществлять пономерное слежение не только за крупнотоннажными контейнерами, но и другими УГЕ (пакетами, упаковками и пр.). А создание систем дистанционного считывания номеров позволит контро-

лизовать процесс продвижения УГЕ по транспортной цепи, обеспечивая ее доставку “точно в срок”. Действующая параллельно транспортному процессу в ТТС система информационного обмена позволяет заблаговременно планировать технологические процессы, подготавливать таможенную и грузосопроводительную документацию, что способствует поэтапному переходу на безбумажные технологии на транспорте. Клиентуре же предоставляется дополнительная услуга в виде информации о продвижении груза и его состоянии [8].

Основной остающейся проблемой логистических технологий следует назвать недостаточную скорость доставки грузов. Так, в Российской Федерации груз за сутки преодолевает 350 км, а в мире — около 1300 км.

Потери суточного бюджета времени в России при транспортировке грузов происходят от технологической неорганизованности и длительного простоя вагонов с грузами на пограничных переходах, в транспортных узлах, особенно — на подходах к портам и в самих портах, на грузовых станциях примыкания к промышленным комплексам и в промышленных комплексах. По этим причинам только 2% транзитных грузов следует по территории России, 28% — по северу и 70% — по югу материка. Требование повышения конкурентоспособности привело к тому, что хозяйствующие субъекты на российском рынке транспортных услуг стали специализироваться на отдельных операциях или функциях логистических цепей. И это — тенденция, общая для всех развитых стран.

Технология логистического управления грузопотоками основывается на принципе диспетчеризации с *использованием комплекса взаимосвязанных информационно-управляющих автоматизированных систем и технологий.*

Одним из эффективных инструментов логистического управления транспортировкой грузов на железнодорожном транспорте является автоматизированная система управления внешнеторговыми перевозками «Грузовой экспресс», обеспечивающая согласованный подвод грузов к транспортным узлам, морским портам, пограничным переходам, промышленным комплексам и клиентуре. «Грузовой экспресс» функционирует совместно с комплексом информационно-управляющих и автоматизированных систем. С помощью системы «Грузовой экспресс» происходит преобразование АСУ припортовой станции в АСУ транспортного узла и АСУ пограничного перехода. Это позволяет осуществить технологическую взаимоувязку со смежными организациями транспортного процесса.

Эволюция АСУ припортовой станции через систему в АСУ транспортного узла и АСУ пограничного перехода позволяет реализовать следующие технологические функции:

- согласованный и заблаговременный подход груза к транспортным узлам, портам, погранпереходам, крупным промышленным комплексам, клиентуре;
- подвод вагонов с грузом по прямому варианту «вагон — судно» или на свободные складские площади;
- заблаговременную подготовку грузовых фронтов, погрузочно-разгрузочных средств, внутрицеповых и внутрипроизводственных технологий промышленных предприятий;
- заблаговременное оповещение пограничной, таможенной, санитарно-эпидемиологической и других

служб государственного контроля о подходе вагонов с грузами.

Это позволяет получить эффект по следующим направлениям:

- повышение качества планирования работы железнодорожной станции, подъездного пути, внутрицеповых и внутрипроизводственных технологий промышленного комплекса в целом;
- сокращение межоперационных простоев подвижного состава под всеми видами обработки;
- сокращение простоя местного вагона и простоя вагона под одной грузовой операцией;
- ускорение оборота местного вагона и общего оборота вагона в целом;
- повышение эффективности использования комплекса технических средств (станционных и подъездных путей, маневровых локомотивов, грузовых фронтов, погрузочно-разгрузочных механизмов, автотранспорта, производственных мощностей промышленного предприятия), оборотных средств и человеческих ресурсов.

Уникальной функцией системы «Грузовой экспресс», во взаимодействии с системами «СИРИУС», АСОУП, ДИС-ПАРК и другими, является формирование в реальном масштабе времени массива информации по вагонам с грузами, следующими в адрес каждого из ЦУМР [9].

Выводы

Изложенный выше подход позволяет унифицировать расценки на доставку и переработку грузов смежными видами транспорта, устранить резкий дисбаланс в этих расценках. Сегодня транспортировка грузов на большое расстояние по железнодорожной инфраструктуре обходится в такую же (или даже меньшую) сумму, как переработка грузов в порту или подача на короткое расстояние на путях ППЖТ, что, безусловно, отпугивает потенциальных клиентов.

Однако следует напомнить, что в России транспортная составляющая в себестоимости продукции непозволительно высока: 15-20%, тогда как в странах развитой рыночной экономики она не превышает 7-8%. При этом нельзя сопоставлять долю транспортной составляющей в стоимости товаров у нас и за рубежом. Средняя дальность грузовых перевозок у нас в 3 — 4 раза больше, чем в западно-европейских странах. Соответственно и транспортная составляющая неизбежно будет выше.

Логистические подходы к грузоперевозкам и передовые информационные технологии позволили в современной международной торговле обеспечить возможность перепродажи (и распродажи) грузов в пути при условии их оформления сквозными перевозочными документами — прямого международного железнодорожного, прямого автомобильного, прямого смешанного сообщения (железнодорожно-морского, железнодорожно-автомобильного, автомобильно-морского, и др. видов сообщений) или же общепризнанными международными экспедиторскими документами. Это помогает развитию электронной торговли, распродаже товарных партий еще в пути следования конечным потребителям через “Интернет”, что, в свою очередь, способствует сокращению потребности в складах и внедрению логистического принципа доставки товара “точно в

срок», существенно повышает уровень предоставляемых информационных услуг.

По статистике сегодня пока лишь часть партий грузов перепродается в пути, но имеет большое значение в современных условиях рыночной экономики, ибо обеспечивается ликвидность груза в пути - возможность обращения товара в деньги в on-line режиме. Сейчас в мировой торговле ликвидные грузы, приобретая форму товарного векселя, обладают реальной стоимостью и под их залог мировые банки выдают кредиты [1, 10].

Литература

1. Гагарский Э.А. Цифровое управление взаимодействия железной дороги и морского порта / Выступление на Международной конференции по теме «Развитие клиентоориентированного сервиса транспортно-логистических услуг на основе цифрового управления перевозками грузов в РФ и в международных транспортных коридорах» 10 октября 2018 г., г. Москва. URL: <http://www.iftr.com> (дата обращения: 11.12.2018).

2. Кириченко С.А., Булгаков С.П., Гагарский Э.А. Дальнейшее совершенствование и развитие российских морских портов обеспечит переработку всех внешнеторговых грузопотоков страны // Бюллетень транспортной информации. – 2018. - № 9.

3. Титов А.В., Ивашкович Д.Б. Современные тенденции развития морских портов и их влияние на портовую индустрию России // Вестник Астраханского государственного университета. Серия: морская техника и технология. – 2016. - №1. - С.1-5.

4. Гагарский Э.А. Прогрессивные транспортно-технологические системы: трудности роста // Морской флот. – 2009. - №3. - С.3

5. Изотов О.А. Гуляев А.В. Усть-Лужский транспортный комплекс как основной элемент накопления судовых партий специализированного груза // Транспортное дело России. - 2017. - №5. - С.14-17.

6. Волинский И.А., Титов А.В. Сухие порты как основные элементы транспортно-логистических кластеров: европейский опыт // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. - №5.

7. Гагарский Э.А., Толкачева И.М., Кириченко С.А. Развитие «сухих портов» - основа совершенствования различных видов транспорта // Бюллетень транспортной информации. - 2013. - № 10. - С.003-007.

8. Гагарский Э.А., Кириченко С.А. Современные тенденции контейнерных перевозок в железнодорожно-морских сообщениях России // Бюллетень транспортной информации. - 2016. - № 9. - С.1-5.

9. Елисеев С.Ю. Логистические технологии и управление грузоперевозками к морским портам, через погранпереходы и к промышленным комплексам // Транспорт Российской Федерации. - 2006. - №5.

10. Материалы Международной научно-практической конференции «Развитие международных транспортных коридоров на основе цифровой логистики и сквозных тарифов», 13 октября 2017 г., г. Москва. URL: <http://www.iftr.com> (дата обращения: 11.12.2017).

Сведения об авторах

Пенязь Инна Михайловна, научный сотрудник ВИНТИ РАН.

125190, г. Москва, ул. Усиевича, 20

Тел. (499)155-44-21.

E-mail: tran@viniti.ru

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ THE INFORMATION FOR AUTORS

ПРАВИЛА

направления, опубликования и рецензирования научных статей

1. К рассмотрению принимаются рукописи, отражающие результаты оригинальных исследований. Содержание рукописи должно относиться к тематике журнала, соответствовать его научному уровню, обладать определенной новизной и представлять интерес для широкого круга читателей журнала.

2. Опубликованные материалы, а также рукописи, находящиеся на рассмотрении в других изданиях, к публикации не принимаются.

3. Редакционная коллегия, а также рецензенты принимают на себя обязательство ограничить круг лиц, имеющих доступ к присланной в редакцию рукописи.

4. Рукопись должна содержать постановку задачи, исследование, библиографические ссылки и выводы.

5. К рассмотрению принимаются рукописи объемом не более одного авторского листа (авторский лист содержит 40 тыс. знаков, включая пробелы). Статьи принимаются в распечатанном виде и по электронной почте.

6. **Рукопись статьи должна быть представлена в следующем составе и последовательности:**

- перед названием статьи должно быть указан индекс УДК;
- название статьи на русском языке, под ним – фамилия автора (авторов) с указанием учёной степени, звания, места работы или учёбы;

- название статьи на английском языке, под ним – в латинской транслитерации фамилия автора (авторов) и на английском языке указание учёной степени (например, Doctor (Tech.), Ph. D.(Econ.)), звания (например, Professor, Associate Professor), места работы или учёбы;

- ключевые слова на русском языке, под ними - ключевые слова на английском языке (не менее пяти слов) (курсивом);

- аннотация (краткий реферат) не более 10 строк на русском языке, под ней - аннотация на английском языке (курсивом);

- текст, напечатанный шрифтом Times New Roman, кегль 14, через полтора интервала, в одну колонку, с полями не менее 20 мм, с пронумерованными страницами, с указанием номеров рисунков, рисунками, подрисовочными подписями и необходимыми к ним пояснениями. **Все рисунки должны быть черно-белыми, без оттенков, четко выполненными.** Рукопись не должна содержать более 10 рисунков и 5 таблиц;

- список использованной литературы (библиография) - не менее десяти источников, желательно использование также зарубежных источников;

- сведения об авторах: фамилия, имя и отчество (полностью), ученая степень, звание, должность, место работы и (или) учебы (полностью), адрес учреждения (с почтовым индексом) (домашний адрес не указывается), контактные телефоны (в том числе мобильный), e-mail;

- подписи авторов с указанием даты отправки рукописи.

7. **Рукопись должна быть представлена также на электронном носителе** (в программе Microsoft Word, шрифт Times New Roman, кегль 14, междустрочный интервал 1,5, расположение в одну колонку).

Текст и каждый рисунок должны быть представлены отдельными файлами:

- текста статьи – в формате DOC или RTF, имя файла текста статьи должно состоять из фамилии первого автора в латинской транслитерации (например, Karpuhin.doc)

- рисунки – в одном из форматов: TIFF, JPEG, GIF, EPS. Имя файла каждого рисунка должно состоять из фамилии первого автора в латинской транслитерации, дополненного знаком «подчеркивание» и номером рисунка в статье (например, Karpuhin_1.tif; Karpuhin_2.tif и т.д.).

8. При написании математических формул, подготовке графиков, диаграмм, блок-схем не допускается применение размеров шрифтов менее № 8 (за исключением индексов). Таблицы, рисунки и формулы являются частью текста и должны допускать электронное редактирование. Сложные математические формулы должны быть представлены как встроенные в Word объекты Microsoft Equation (Math Type).

9. Ссылки на литературу даются в порядке упоминания; в тексте номер ссылки ставится в квадратные скобки. Список использованных источников приводится в конце рукописи под заголовком «Литература». Библиографические описания в этом списке литературы оформляются в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008.

10. **К рукописи статьи прилагается экспертное заключение** о возможности публикации статьи в открытой печати, заверенное подписью и печатью.

11. Издание осуществляет рецензирование всех поступающих в редакцию материалов, соответствующих ее тематике, с целью их экспертной оценки. Все рецензенты являются признанными специалистами по тематике рецензируемых материалов. К рецензированию могут привлекаться члены Редакционной коллегии.

12. Редакция издания направляет авторам представленных материалов копии рецензий или мотивированный отказ, а также обязуется направлять копии рецензий в Министерство образования и науки Российской Федерации при поступлении в редакцию сборника соответствующего запроса.

Рукописи, не соответствующие указанным требованиям, редакцией не рассматриваются.

13. Все публикации в сборнике бесплатные. Авторские экземпляры научных сборников заказываются за плату.

14. Полные тексты статей сборника публикуются с отставанием на 12 мес. с момента выхода из печати и находятся в свободном доступе на сайте ВИНИТИ РАН (Раздел «Издания и продукты»). – URL: <http://www.viniti.ru/products/publications/pub-12187#issues>.

15. Полное содержание журнала и метаданные статей (по мере выхода) находятся в свободном доступе на сайте НЭБ. – URL: <http://elibrary.ru/contents.asp?issueid=1367223>

ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК

предлагает научным работникам, аспирантам и другим специалистам в области естественных, точных и технических наук, желающим быстро и эффективно опубликовать результаты своей научной и научно-производственной деятельности, использовать способ публикации своих работ через *систему депонирования*.

Депонирование (передача на хранение) – особый метод публикации научных работ (отдельных статей, обзоров, монографий, сборников научных трудов, материалов научных конференций, симпозиумов, съездов, семинаров), разрешенных в установленном порядке к открытому опубликованию.

Подготовка и передача на депонирование научных работ происходит в соответствии с «Инструкцией о порядке депонирования научных работ по естественным, техническим, социальным и гуманитарным наукам» (М., 2014).

Депонированные научные работы находятся на хранении в депозитарии ВИНТИ РАН, копии работ предоставляются заинтересованным организациям и специалистам на бумажном и электронном носителях и являются официальной публикацией.

Информация о депонированных научных работах включается в информационные издания ВИНТИ РАН: Реферативный журнал, Базу данных и Аннотированный библиографический указатель «Депонированные научные работы».

Направить научную работу на депонирование можно, обратившись в Группу депонирования ЦНИО ВИНТИ РАН по адресу:

125190, Москва, ул. Усиевича, 20.

ВИНТИ РАН, Группа депонирования ЦНИО

Тел.: 499-155-43-28, 499-155-43-76, 499-155-42-43, Факс: 499-943-00-60,

E-mail: cnio@viniti.ru, dep@viniti.ru

С инструкцией о порядке депонирования можно ознакомиться на сайте ВИНТИ РАН:
<http://www.viniti.ru>