

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

Издается с 1990 г.

№ 1

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

От редакционной коллегии	3
Кузнецов А.П., Лысенко Н.Е., Пашков Н.Н. Актуальные проблемы информационно-технологического обеспечения грузовых фронтов.....	4
Кокурин И.М., Ефанов Д.В., Ярцев А.В. Технологические основы автоматизации функций маневрового диспетчера сортировочной станции	6
Гордеев Б.А., Охулков С.Н., Осмехин А.Н., Ермолаев А. И. Повышение надёжности работы магнитоуправляемой гидроопоры	12
Туранов Х.Т., Гордиенко А.А., Джабборов Ш.Б. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть IV).....	16
Чеботаев А. А., Ивахненко А.М., Фаддеева Е.Ю., Гоголин С.С. Логистические технологии в цепи поставок	21
Куренков П.В., Мухамадшоев Ф.К., Володин А.Б., Андрушак Е.Н. Классификация и систематизация транспортных узлов на базе речных портов	27
Каргина Л.А., Сергеева О.А. Особенности подготовки специалистов транспортной сферы	36
Володькин П.П., Рыжова А.С., Рыжов С.Ю. Особенности лизинговой схемы обновления автотранспорта для лизингополучателя транспортного предприятия	38
Медведев Ю.С., Жучкова В.В. Применение деформационного критерия разрушения к анализу прочности при проектировании системы снижения токсичности отработавших газов.....	43
Арифиллин И.В., Терентьев А.В. Анализ природы факторов влияния внешней среды на сроки эксплуатации автомобилей	47
Грушников В.А. К вопросу о выборе факторов безопасности дорожного движения.....	51
Волкова С.А. Поиск технологий для высокоскоростного трубопроводного пассажирского и грузового транспорта.....	56
Раткин Л.С. К 30-летию запуска космического корабля «Буран»: импортозамещающие аэрокосмические блокчейн-технологии для стеганографических транспортных приложений	61
Информация для авторов	64

CONTENTS

From the Editorial Board	3
Kuznetsov A.P., Lysenko N.E., Pashkov N.N. Current problems of information and technological support of cargo fronts	4
Kokurin I.M., Efanov D.V., Yartsev A.V. Technological foundations of marshaling yard dispatcher's functions automatic	6
Gordeev B.A., Ohulkov S.N., Osmechin A.N., Ermolaev A.I. Increasing the reliability of magnetically gidropony	12
Turanov K.T., Gordienko A.A., Djabborov S.V. A critical analysis of theoretical positions of car's movement from marshalling hump (Part IV).....	16
Chebotaev A.A., Ivakhnenko A.M., Faddeeva E.Y., Gogolin S.S. Logistics technologies in supply chains.....	21
Kurenkov P.V., Mukhamadshoev F.K., Volodin A.B., Andrushchak E.N. Classification and systematization transport hubs based on river ports	27
Kargina L.A., Sergeeva O.A. Features of the training of transport specialists	36
Volodkin P.P., Ryzhova A. S., Ryzhov S.Yu. Features of the leasing scheme of motor transport update for the leasing recipient of the transport enterprise.....	38
Medvedev Y.S., Zhuchkova V.V. Application of the deformation failure criterion for the strength analysis of engines.....	43
Arifullin I.V., Terent'ev A.V. Analysis of the nature of the factors influence of external environment on the period cars operation	47
Grushnikov V.A. To the question about the selection of road safety factors	51
Volkova S.A. Search technologies for high-speed pipeline passenger and cargo transportation	56
Rathkeen L.S. To the 30 th jubilee of «Buran» space flight: import-substitution aerospace blockchain-technologies for steganographic transport applications.....	61
The Information for Authors.....	64

Вниманию авторов и читателей!

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СБОРНИКА ПО СТАТЬЯМ¹

Наукометрический показатель	Значение
Двухлетний импакт-фактор (IF-2)	0,774
Пятилетний импакт-фактор (IF-5)	0,296
Число статей	132
Число цитирований	381

Сборник занимает 9-е место в рейтинге SCIENCE INDEX по тематике «Транспорт».

¹ Использованы данные Научной электронной библиотеки (e-library.ru) по состоянию на 18.01.2018

ОТ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ FROM THE EDITORIAL BOARD

Предлагаемый вниманию читателей Научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление» издается с целью ознакомления широкого круга специалистов и других заинтересованных читателей с результатами новых исследований и разработок в области транспорта, как в России, так и за рубежом.

В соответствии с решением Высшей аттестационной комиссии (ВАК) Министерства образования и науки РФ журнал включен в Перечень ведущих научных журналов и изданий, в которых рекомендуется публиковать статьи по материалам выполняемых научных исследований, в том числе в связи с предстоящей защитой диссертаций на соискание ученой степени кандидатов и докторов наук. Данное решение ВАК впервые было опубликовано в Бюллетене ВАК №3 за 2004г. (пункт 97) и неоднократно подтверждалось. Новый Перечень введен в действие с 01 декабря 2015г.

Основу публикуемых статей сборника составляют работы, отражающие современное состояние и тенденции развития транспорта и транспортной науки. Рассматриваются вопросы разработки и внедрения новых технических средств и технологических процессов на всех видах транспорта, научно-технической политики и развития единой транспортной системы страны. В журнале уделяется большое внимание повышению уровня транспортного машиностроения; организации взаимодействия разных видов транспорта в области пассажирских и грузовых перевозок; применению математических методов для оптимизации транспортных систем; инновациям на транспорте; совершенствованию систем управления, автоматизации; функционированию сложных технических устройств, методов и средств передачи и обработки информации; цифровым технологиям; внедрению навигации с использованием космической техники и технологий. В соответствии с рубрикацией журнала уделено внимание также экономике транспорта, финансово-кредитному обеспечению предприятий, логистике, снижению экологического ущерба, связанного с работой транспорта, включая вопросы проведения правового и экономического регулирования экологических последствий транспортной деятельности, и другим актуальным проблемам транспорта.

Несомненный интерес для специалистов транспорта представляют применяемые в космонавтике отдельные крупные автоматизированные комплексы. В этом отношении транспортный комплекс следует рассматривать как объект управления, для которого использование опыта развития и эксплуатации космической техники может принести существенную пользу.

В сборнике освещается деятельность научных и технических обществ, публикуются сведения об отечественных и международных съездах, конгрессах, конференциях, симпозиумах, семинарах и выставках по транспорту, представляются новости науки, техники и литературы, даются рекламы.

Журнал предназначен для специалистов транспортной отрасли, научных сотрудников, докторантов, аспирантов и преподавателей транспортных вузов.

РУБРИКАЦИЯ

**Научного информационного сборника «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление»
(Номенклатура специальностей, по которым присуждаются ученые степени)**

Общие вопросы транспорта (05.22.01)
Информационные технологии. Интернет (05.22.01)
Автоматизированные транспортные системы (05.22.01)
Экономика транспорта (08.00.05)
Логистика (08.00.05) (05.22.01)
Правовые вопросы на транспорте (05.22.01)
Охрана окружающей среды (05.22.01)
Железнодорожный транспорт (05.22.07)
Автомобильный транспорт (05.22. 10)
Внутренний водный транспорт(05.22.19)
Морской транспорт (05.22.01)
Воздушный транспорт (05.22.14)
Трубопроводный транспорт (05.22.01)
Промышленный транспорт (05.22.01)
Городской транспорт (05.22.01)
Взаимодействие разных видов транспорта, смешанные перевозки (05.22.01)
Прочие виды транспорта (05.22.01)

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГРУЗОВЫХ ФРОНТОВ

Доктор техн. наук, профессор **Кузнецов А.П.**,
кандидат техн. наук, профессор **Лысенко Н.Е.**,
доктор техн. наук, профессор **Пашков Н.Н.**
(Российский университет транспорта. РУТ - МИИТ)

CURRENT PROBLEMS OF INFORMATION AND TECHNOLOGICAL SUPPORT OF CARGO FRONTS

Doctor (Tech.), Professor **Kuznetsov A.P.**,
Ph. D. (Tech.), Professor **Lysenko N.E.**,
Doctor (Tech.), Professor **Pashkov N.N.**
(Russian University of Transport. RUT - MIIT)

Железнодорожные перевозки, грузовые потоки, случайный характер, информационное обеспечение, оперативное планирование, оптимизация технологических параметров, суммарные расходы, договорные отношения.

Rail transportation, freight traffic, random character, information support, operational planning, optimization of technological parameters, total costs, relationship contracts.

Рассматривается задача оптимизации, которая заключается в определении таких технологических параметров грузовых фронтов, при которых суммарные расходы на грузовые операции будут минимальными.

The optimization problem is considered, which consists in determining the technological parameters of cargo fronts, at which the total costs for cargo operations will be minimal.

Оптимальные характеристики грузовых фронтов (ГФ) в условиях случайного характера входных грузовых потоков определены в работах [1, 2], которые предполагают централизованный учет и тарификацию выполнения грузовых, маневровых и коммерческих операций.

Однако в настоящее время между грузоотправителями и собственниками железнодорожной инфраструктуры, подвижного состава, терминально-складских и логистических центров устанавливаются прямые договорные отношения. В этой связи проблема оптимизации технологических параметров грузовой работы является актуальной и требует дополнительных исследований.

Повышению эффективности работы ГФ способствует своевременное информационное обеспечение оперативного планирования грузовых операций, которое позволяет гибко менять технологию работы ГФ с учетом объема предъявленного груза и имеющихся производственных мощностей.

Важнейшими технологическими характеристиками грузовых фронтов являются: длина ГФ, число погрузочно-разгрузочных машин, число смен работы ГФ, число подач вагонов; технология погрузки и разгрузки.

Задача оптимизации заключается в определении таких технологических параметров ГФ, при которых суммарные расходы на грузовые операции будут минимальными.

В настоящей работе определен следующий состав суммарных расходов C :

$$C = C_a + C_{\text{зп}} + C_{\text{ко}} + C_{\text{вч}} + C_m + C_o + C_{\text{ов}}, \quad (1)$$

где:

$C_a = C_{\text{оф}} \cdot \Delta + C_{\text{прм}} \cdot (\Delta + A) \cdot y$ – расходы на амортизацию и ремонт погрузочно-разгрузочных машин (ПРМ)

с учетом эффективности капитальных вложений, $C_{\text{оф}}$ – стоимость основных фондов ГФ; $C_{\text{прм}}$ – стоимость ПРМ; A – норма годовых издержек на ТО и ремонт ПРМ; Δ – отраслевая норма эффективности капитальных вложений, без учета дисконтов; y – число ПРМ,

$C_{\text{зп}} = 365 \cdot y \cdot n_{\text{см}} \cdot T_{\text{см}} \cdot Z_{\text{см}}$ – расходы на заработную плату комплексной бригады приемосдатчиков, грузчиков и механизаторов, $n_{\text{см}}$ – расчетное число смен в сутках; $T_{\text{см}}$ – время работы за смену; $Z_{\text{см}}$ – часовая ставка оплаты труда комплексной бригаде,

$C_{\text{ко}} = 365 \cdot N_{\text{п/р}} \cdot a_{\text{ко}}$ – расходы на выполнение коммерческих операций, $a_{\text{ко}}$ – стоимость выполнения коммерческих операций с вагоном; $N_{\text{п/р}}$ – суточное число погруженных и разгруженных вагонов на ГФ.

$C_{\text{вч}} = 365 \cdot a_{\text{вч}} \cdot \frac{N_{\text{п/р}}}{x} \cdot \frac{P_{\text{ст}}}{q_{\text{прм}} \cdot y}$ – расходы, связанные с вагоно-часами простоя вагонов при выполнении грузовых операций, $a_{\text{вч}}$ – стоимость простоя вагоно-часа; $P_{\text{ст}}$ – средняя статическая нагрузка вагона; $q_{\text{прм}}$ – часовая производительность ПРМ, x – число подач.

$C_m = 365 \cdot x \cdot t_m \cdot a_{\text{лч}}$ – расходы, связанные с локомотиво-часами при подаче/уборке вагонов на ГФ, t_m – маневровое время подачи вагонов на ГФ и уборки их на выставочные пути за один заезд локомотива; $a_{\text{лч}}$ – стоимость локомотиво-часа подачи/уборки.

$C_o = 365 \cdot a_{\text{вч}} \cdot \frac{N_{\text{п/р}} \cdot (x-1)}{2 \cdot x} \cdot (t_m + t_{\text{п/р}})$ – расходы, связанные с вагоно-часами простоя вагонов в ожидании подачи/уборки.

$C_{ов} = 365 \cdot t_{ко} \cdot N_{п/р} \cdot a_{вч}$ – расходы, связанные с вагоно-часами простоя вагонов при выполнении коммерческих операций на грузовом фронте, $t_{ко}$ – время выполнения коммерческих операций на ГФ.

Исследование суммарных затрат на грузовую работу с учетом взаимосвязи потребной перерабатывающей способности ГФ и суточного объема грузовой работы для среднесетевых показателей [3] показывает, что технологические параметры должны удовлетворять следующим соотношениям:

$$y = \left(1 + \frac{N_{п/р}}{2}\right) \sqrt{\frac{a_{вч} P_{ст}}{2q_{прм} \left(\frac{C_{прм} \cdot (\Delta + A)}{365} + n_{см} \cdot T_{см} \cdot Z_{см}\right)}}, \quad (2)$$

$$x = \frac{N_{п/р}}{\left(1 + \frac{N_{п/р}}{2}\right)}. \quad (3)$$

Таким образом, для оптимизации суточного плана-графика работы грузовых фронтов терминально-складского комплекса необходима следующая оперативная информация: суточный объем погрузки/разгрузки вагонов, число смен, стоимость простоя одного вагона, производительность ПРМ и средняя загрузка вагона.

Литература

1. Смехов А.А. Оптимизация процессов грузовой работы / А.А. Смехов, Х.М. Лазарев и др. – М.: Изд-во «Транспорт», 1973. – 264 с.
2. Смехов А.А. Математические модели процессов грузовой работы. – М.: Транспорт, 1982. – 256 с.
3. Приказ ФАС России N 997/18 от 13 июля 2018 г. «О внесении изменений в отдельные приказы ФСТ России и ФАС России по вопросам долгосрочного государственного регулирования тарифов на услуги железнодорожного транспорта по перевозке грузов и услуги по использованию железнодорожной инфраструктуры общего пользования при грузовых перевозках».
4. Резер С. М., Резер А.В., Поспелова Л.Н. Экономическая эффективность моделей и методов повышения качества транспортно-экспедиционного обслуживания //НИС. Транспорт: наука, техника, управление. – 2018. - №11. – С. 3-12.

5. Резер С.М., Голоскоков В.Н., Поспелова Л.Н. Развитие мультимодальных контейнерных и контрейлерных перевозок //НИС. Транспорт: наука, техника, управление. – 2016. - №11. – С. 3-11.

6. Резер С. М. Обеспечение безопасности и страхования рисков грузовых перевозок //НИС. Транспорт: наука, техника, управление. – 2016. - №5. – С. 3-11.

7. Лысенко Н.Е., Демянкова Т.В., Каширцева Т.И. Грузоведение: Учебник для специалистов /под ред. Н.Е. Лысенко. - М.: УМЦ ЖДТ, 2013. - 344 с.

8. Персианов В.А., Сакулева Т.Н. Общий ход научных разработок по проблеме формирования Единой транспортной системы страны //НИС. Транспорт: наука, техника, управление. – 2016. - №5. – С. 12-18.

9. Елисеев С.Ю., Шатохин А.А. Сокращение простоев грузовых вагонов в ожидании погрузки //НИС. Транспорт: наука, техника, управление. – 2016. - №5. – С. 19-22.

10. Куренков П.В., Астафьев А.В., Кизимиров М. В. Внегосударственный эффект контрейлерных перевозок //НИС. Транспорт: наука, техника, управление. – 2016. - №5. – С. 23-29.

Сведения об авторах

Кузнецов Александр Петрович, доктор техн. наук, профессор Кафедры «Логистические транспортные системы и технологии» МГУ- МИИТ; генеральный директор ООО "ТрансСахалинИнвест".

127994, Москва, ул. Образцова, д.9, стр.9.

Тел. +7 (495) 920-07-68 служ., 7 (968) 734-76-25 моб.

E-mail: ark1101@yandex.ru

Лысенко Николай Евгеньевич, кандидат техн. наук, профессор Кафедры «Логистические транспортные системы и технологии» МГУ- МИИТ,

127994, Москва, ул. Образцова, д.9, стр.9.

Тел. +7 (495) 684-28-72 служ.

Пашков Николай Николаевич, доктор техн. наук, профессор Кафедры «Логистические транспортные системы и технологии» МГУ- МИИТ,

127994, Москва, ул. Образцова, д.9, стр.9.

Тел. +7 (495) 684-28-72 служ.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ФУНКЦИЙ МАНЕВРОВОГО ДИСПЕТЧЕРА СОРТИРОВОЧНОЙ СТАНЦИИ

Доктор техн. наук, профессор **Кокурин И.М.**
(Институт проблем транспорта им. Н. С. Соломенко
Российской академии наук, Санкт-Петербург)

Доктор техн. наук, доцент **Ефанов Д.В.**
(ООО «ЛокоТех-Сигнал», Москва)

Ярцев А.В.
(Научный информационно-аналитический центр –
филиал АО «ВНИИЖТ», Санкт-Петербург)

TECHNOLOGICAL FOUNDATIONS OF MARSHALING YARD DISPATCHER'S FUNCTIONS AUTOMATIC

Doctor (Tech), Professor **Kokurin I.M.**
(Solomenko Institute for Transport Problems Russian Academy of Sciences,
St. Petersburg)

Doctor (Tech), Associate Professor **Efanov D.V.**
(«LocoTech-Signal» LLC, Moscow)

Yartsev A.V.
(Scientific Informative and Analytical Center –
Branch of SC Russian Railway Scientific Institute, St. Petersburg)

Сортировочная станция, маневровый диспетчер, автоматизация информационного обмена, информационная поддержка принятия решений, помехоустойчивые коды с суммированием.

Marshaling yard, marshaling yard dispatcher, informative exchange automatic, informative support, automatic for decision making, interference steady sum codes.

Предлагается алгоритмическое описание автоматизации информационного обеспечения принятия решений маневровым диспетчером сортировочной станции на основе детального анализа технологии расформирования-формирования поездов. Показано, что автоматизация создает условия для повышения точности прогнозирования времени и длительности выполнения технологических операций. Обосновывается использование кодирования данных для повышения надежности и защищенности информационного обмена между оперативным персоналом.

Algorithm description for marshaling yard dispatcher's decision making the information support automatic is proposed that is based on the marshaling process detailed analysis. It is demonstrated, that automatic creates conditions to raise the prognosis exactness of the technological operations completion time and duration. It is stated, that data coding is to be used to raise reliability and defensibility of the operating personal information exchange.

Введение

Работа сортировочной станции выполняется в условиях неопределенности, обусловленной случайным характером времени прибытия поездов с замыкающими группами вагонов, отклонениями прибытия поездов от расписания и длительностей выполнения технологических операций от норм. Исследования показывают, что эти события и отказы технических средств неустраняемы. Поэтому маневрового диспетчера нельзя исключить из системы управления и за ним остается единоличное принятие, корректировка и реализация решений.

Первостепенное значение в информационном обеспечении принятия решений имеет точность прогнозирования времени и длительностей выполнения технологических операций, составляющих процессы расформирования-формирования поездов. Автоматизированные информационные системы передают маневровому диспетчеру данные о расположении и назначении вагонов и их передвижениях по станции, а прогнозы моментов времени окончания предстоящих технологических

операций не предоставляют. Это обусловлено отсутствием должного алгоритмического описания сложных процессов принятия решений. Диспетчеру приходится выполнять прогнозирование на основе сложения данных о выполненных технологических операциях, получаемых от оперативного персонала и информационных систем, добавляя к ним усредненные нормативные данные о затратах времени на выполнение предстоящих технологических операций. Повышение точности прогноза предлагается достигать на основе автоматизации получения и обработки статистических данных, которую следует начинать с практического освоения разработчиком системы исследуемой деятельности. Использование современных каналов связи обуславливает применение помехоустойчивых кодов, обеспечивающих надежную передачу и защиту информации.

Целью данной статьи является обоснование автоматизации информационного обеспечения маневровых диспетчеров сортировочных станций на основе алгоритмического описания процессов принятия решений и обеспечения надежного обмена информацией.

Содержание информационного обеспечения маневрового диспетчера

В результате исследований технологии работы маневровых диспетчеров сортировочных станций [1,2] определен набор решаемых задач управления, который включает:

1. Оценку и прогноз состояния сортировочной системы.
2. Прогноз использования «ниток графика» отправления и решение о назначении (отмене) поезда.
3. Определение состава поезда и решение об окончании его формирования.
4. Установление очередности перестановки составов в парк отправления.
5. Решение о роспуске состава и оценка особенностей его расформирования.
6. Установление очередности расформирования составов.
7. Определение очередности подвода поездов к сортировочной станции.

На основе словесного описания и анализа технологии решения каждой задачи определено содержание информации, а также источники и способы ее получения и передачи. Это позволило составить алгоритмическое описание информационных процессов принятия и выполнения решений, необходимое для разработки методики расчета их загрузки. Для упрощения записи логической структуры алгоритмов использован модифицированный способ [3].

Загрузка маневрового диспетчера определяется в затратах рабочего времени [4, 5]. Поэтому при составлении методики ее расчета требуется включить в состав алгоритмов решения задач статистически определяемые оценки математических ожиданий затрат времени маневрового диспетчера на выполнение каждого оператора алгоритма, количества задач за смену и оценки вероятностей возникновения условий, затрудняющих принятие решений.

Используя правила алгоритмического описания затрат рабочего времени на решение задач управления движением [6], для построения алгоритмов расчета загрузки маневровых диспетчеров предлагаются следующие обозначения операторов и логических условий: D – переговоры, по технологической связи; S – считывание; R – запись; I – запоминание и E – вспоминание информации; A – сложение и C – сравнение цифр; M – принятие решения в зависимости от оценки вероятности выполнения логического условия P; B – условный логический переход к блоку алгоритма (B) при невыполнении логического условия; K – количество повторений считывания информации при ожидании ее поступления.

Содержание, источники передачи и получатели информации определяются технологией решения задачи управления, а способы информационного обмена зависят от применяемых технических средств. Эти особенности каждого оператора алгоритма необходимо указывать в словесном описании, добавляя к каждому четырехзначный цифровой индикатор, первые две цифры которого определяют номер задачи, а две последние – номер оператора в алгоритме (например, R₀₂₁₅). Запись с упрощенной нумерацией элементов в алгоритме расчета затрат времени маневровым диспетчером на решение задачи 3 имеет следующий вид:

$$F_3 = S_1 E_1 C_1 (N_{\text{ссп}} < N_{\text{сн}}) P_1 M_1 B_1 S_2 E_2 A_1 (N_{\text{ссп}} + N_{\text{спп}}) C_2 (N_{\text{ссп}} + N_{\text{спп}} < N_{\text{сн}}) P_2 M_2 B_2 S_3 E_3 A_2 (N_{\text{ссп}} + N_{\text{спп}} + N_{\text{спс}}) C_3 (N_{\text{ссп}} + N_{\text{спп}} + N_{\text{спс}} < N_{\text{сн}}) P_3 M_3 B_3 (B_1) S_4 E_4 A_3 (t_{\text{нс}} + \tau_{\text{фс}}) I_1 (t_{\text{пфс1}}) B_4 (B_2) K_1 S_5 E_5 A_4 (t_{\text{нр}} + \tau_{\text{зг}} + \tau_{\text{фс}}) I_2 (t_{\text{пфс2}}) B_4 (B_3) K_2 S_5 E_5 A_4 (t_{\text{нр}} + \tau_{\text{ппз}} + \tau_{\text{зг}} + \tau_{\text{фс}}) I_3 (t_{\text{пфс3}}) (B_4) D_1.$$

В алгоритме применены обозначения: $N_{\text{ссп}}$, $N_{\text{спп}}$, $N_{\text{спс}}$ – соответственно количество вагонов на пути сортировочного парка, парка приема и в поезде на подходе к станции; $N_{\text{сн}}$ – норма состава по длине или массе; $t_{\text{нс}}$ – момент времени окончания накопления состава; $\tau_{\text{фс}}$ – прогноз затрат времени на формирование состава; $t_{\text{пфс1}}$, $t_{\text{пфс2}}$, $t_{\text{пфс3}}$ – прогнозы времени окончания формирования состава при наличии замыкающей группы в сортировочном парке, в парке приема и в поезде на подходе к станции; $t_{\text{нр}}$ – момент времени начала прогноза; $\tau_{\text{зг}}$ – прогноз длительности ожидания поступления замыкающей группы на путь накопления состава; $\tau_{\text{ппз}}$ – прогноз длительности ожидания прибытия поезда с замыкающей группой.

Задача 3 составляет часть решений задач 1 и 2. В процессе решения этих задач диспетчер суммирует $t_{\text{пфс}}$ с прогнозами затрат времени на перестановку состава в парк отправления $\tau_{\text{пс}}$ и отправление поезда $\tau_{\text{оп}}$. В процессе прогнозирования необходимо учитывать затруднения в работе смены, запланированную очередность работ персонала и задержки выполнения работ. По результатам сравнения прогноза времени отправления поезда $t_{\text{поп}}$ с расписанием $t_{\text{опр}}$ проверяется необходимость изменения намеченной очередности технологических операций, обеспечивающих своевременную подготовку поезда к отправлению или принятие решения об отмене поезда.

В алгоритмах автоматизации информационного обеспечения диспетчера все возникающие затруднения автоматически учитываются в процессе решения задач. Поэтому оценки вероятностей использования блоков алгоритмов не требуется включать в алгоритмы автоматизации. Нет необходимости использовать логические условия P, операторы B (B) и M. Ожидать выполнение технологических операций, многократно считывая информацию, не требуется. Отпадает необходимость использования операторов K, E и D.

В итоге для записи алгоритмов автоматизации информационного обеспечения маневрового диспетчера предлагается сокращенный набор операторов: S – считывание, R – запись и I – отображение информации; A – сложение и C – сравнение цифр. Запись алгоритма автоматизации решения задачи 3 приводится к виду:

$$F_3 = S_1 C_1 (N_{\text{ссп}} < N_{\text{сн}}) B_1 S_2 A_1 (N_{\text{ссп}} + N_{\text{спп}}) C_2 (N_{\text{ссп}} + N_{\text{спп}} < N_{\text{сн}}) P_2 B_2 S_3 A_2 (N_{\text{ссп}} + N_{\text{спп}} + N_{\text{спс}}) C_3 (N_{\text{ссп}} + N_{\text{спп}} + N_{\text{спс}} < N_{\text{сн}}) B_3 (B_1) S_4 A_3 (t_{\text{нс}} + \tau_{\text{фс}}) I_1 (t_{\text{пфс1}}) B_4 (B_2) S_5 A_4 (t_{\text{нр}} + \tau_{\text{зг}} + \tau_{\text{фс}}) I_2 (t_{\text{пфс2}}) B_4 (B_3) S_6 A_5 (t_{\text{нр}} + \tau_{\text{ппз}} + \tau_{\text{зг}} + \tau_{\text{фс}}) I_3 (t_{\text{пфс3}}) (B_4).$$

Исследования показывают, что отображение на мониторах только индикации табло централизации вынуждает диспетчеров при определении длительностей выполнения технологических операций фиксировать в памяти занятие и освобождение изолированных участков и объединять их с показаниями часов. Кроме того, каждый элемент индикации содержит информацию о его наименовании. Эту информацию необходимо использовать при автоматизации информационного обеспечения.

Существующие информационные системы не определяют места нахождения замыкающих групп вагонов. Поэтому диспетчеру приходится рассчитывать достижение нормы составов по длине или массе, суммируя вагоны данного назначения, которые находятся в сортировочном парке, парке приема и на подходе к станции. Прогноз времени окончания технологических операций диспетчер определяет, прибавляя к текущему времени утверждаемые руководством технические нормы эксплуатационной работы станции.

Для парка приема технологический процесс делится для всех составов на постоянные нормы времени выполнения технологических операций: закрепления и ограждения, ожидания обработки, обработки и ожидания роспуска. Анализ обнаруживает зависимость длительности выполнения технологических операций от следующего ряда условий.

Освобождение пути приема поездным локомотивом может задерживаться надвигом состава с другого пути, что определяется взаимным расположением путей. Точность прогноза начала по времени передвижения локомотива может быть повышена, если использовать при автоматическом расчете статистические данные, полученные с учетом номеров путей парка приема, по которым предстоит выполнить заданную диспетчером очередность передвижений. Кроме этого, необходимо учитывать, что приоритет отдается передвижениям поездных локомотивов, бригады которых превышают нормы непрерывной работы. В станционных информационных системах имеется об этом машиночитаемая информация.

Прогноз времени окончания технологических операций, которые составляют процесс расформирования-формирования поездов, состоит из двух слагаемых: наблюдаемого времени завершения части рассматриваемого процесса и прогнозируемого времени окончания еще не выполненной части. Следовательно, для достижения требуемой точности прогноза необходимо автоматически получать, обрабатывать, сохранять в базе данных с признаком возникающих условий и использовать статистические оценки затрат времени на выполнение каждой технологической операции.

Для оценки требуемого быстродействия автоматизации, способной своевременно обеспечивать диспетчера информацией, предлагается использовать максимальные оценки затрат времени системой автоматизации на каждую задачу, аналогично расчету загрузки маневрового диспетчера при соответствующей замене статистических данных о затратах рабочего времени диспетчера на затраты времени средствами автоматизации.

Анализ показывает, что одна и та же информация становится необходимой маневровому диспетчеру для принятия и корректировки различных решений. Поэтому рекомендуется отображать на его мониторе информацию о состоянии парков и районов сортировочной станции и подходов к ней в виде пяти таблиц. Расположение данных в строке каждой таблицы должно соответствовать последовательности выполнения технологических операций. Для сокращения текста в статье указана таблица только для парка приема и подходов к станции.

Информация о подходе поездов к станции с соседнего диспетчерского участка должна содержать: номер поезда, индекс поезда, прогнозируемое время прибытия, наличие замыкающих групп и количество вагонов переполнения пути сортировочного парка.

Информация о состоянии парка приема должна содержать: номер пути парка приема, номер поезда, индекс поезда, время прибытия, закрепление состава, уборка поездного локомотива с пути, начало осмотра состава, окончание осмотра, подача горочного локомотива к составу, снятие закрепления состава, начало надвига.

Аналогично составлены таблицы: Информация о состоянии горочных путей, Информация о состоянии сортировочного парка и Информация о состоянии парка отправления. Строки информации в таблицах располагаются снизу вверх в порядке прогнозируемого или фактического времени прибытия поездов или выполнения маневровых передвижений.

Информация о поезде присутствует в информационной системе ГИД «Урал-ВНИИЖТ». На мониторе микропроцессорной централизации фиксируются и моменты времени выполнения технологических операций [7]. Нерешенной задачей остается идентификация подвижных единиц на табло электрической централизации, а на перегоне - с помощью устройств диспетчерского контроля [8]. Перемещение этой важнейшей для оперативного персонала информации по табло централизации и мониторам диспетчеров следует автоматизировать первоначально при ручном ее вводе в систему, а в перспективе - и при автоматическом.

Обеспечение надежной передачи и защиты информации на основе применения помехоустойчивых кодов

Для повышения надежности передачи данных необходимо кодировать их с записью контрольной суммы, а в случае несовпадения последней на устройстве приема и дешифрации выполнять повторную посылку данных. При этом должны быть обеспечены требования киберзащищенности (защита от потенциальных кибератак) [9 – 12].

Данные, содержащие номера поездов и путей парка приема, в двоичном виде кодируются следующим количеством символов:

$$q_i = \lceil \log_2 N_i \rceil, \quad (1)$$

где N_i – максимальное значение i -го числа, а запись [...] обозначает целое сверху от вычисляемого значения.

К примеру, для номера поезда, состоящего из четырех десятичных цифр, в двоичном виде потребуется следующее количество символов:

$$q_i = \lceil \log_2 9999 \rceil = \lceil 13,288 \rceil = 14.$$

Объем данных, которые необходимо передавать маневровому диспетчеру о состоянии парка приема, представлен в таблице 1.

Исходные данные о состоянии парка приема

№	Необходимые для передачи данные	Источник данных	Формат данных в десятичном виде	Объем информации в бинарной форме
1	Номер пути парка приема поезда (2 цифры)	ЭЦ	99	7 битов
2	Номер поезда (4 цифры)	ГИД	9999	14 битов
3	Индекс поезда (4 цифры, 3 цифры, 4 цифры)	ГИД	9999_999_9999	14+10+14=38 битов
4	Время прибытия поезда (метка времени)	ГИД	TIME	11 битов
5	Время закрепления состава (метка времени)	АРМ ДСПП	TIME	11 битов
6	Время уборки поездного локомотива с пути (метка времени)	ЭЦ	TIME	11 битов
7	Время ограждения состава и время снятия ограждения (метка времени)	АРМ ДСПП	TIME	11 битов
8	Время подачи горочного локомотива на путь (метка времени)	ЭЦ	TIME	11 битов
9	Время снятие закрепления состава (метка времени)	АРМ ДСПП	TIME	11 битов
10	Время начала надвига состава (метка времени)	ЭЦ	TIME	11 битов
11	Данные о составе на путях: количество вагонов в составе (максимум 3 цифры), данные о локомотиве (до 4 цифр)	АРМ ДСПП	999_9999	10+14=24 бита
ИТОГО				160 битов (0,16 Кбит)

Данные о времени кодируются исходя из необходимости их передачи без привязки к датам, а только в пределах смен по времени. Максимальное значение времени – 23:59. Первое число кодируется 5 битами двоичных данных (максимальное значение $[23]_{10} = [10111]_2$), а второе – 6 битами двоичных данных (максимальное значение $[59]_{10} = [111011]_2$). Таким образом, каждая метка времени кодируется 11 битами. Альтернативным вариантом кодирования данных при последующем развитии других систем управления движением поездов является передача единого числа, соответствующего времени. В системах Unix-времени время представляет собой одно число – количество секунд, прошедших с 1 января 1970 года [13]. Такой способ подсчета потребует 32 бита данных на каждую метку времени.

В предлагаемой системе данные поступают от трех разных систем – электрической централизации, ГИД «Урал-ВНИИЖТ» и АРМ ДСПП, и в бинарной форме содержат 160 битов (0,16 Кбит) данных.

Задачу шифрации данных от различных систем, расположенных в помещении дежурного по парку приема, рекомендуется решать следующим образом. Поскольку источники информации имеют различную физическую реализацию, для исключения их искажений при передаче в концентрирующее устройство данные от различных систем требуется кодировать отдельно. При кодировании необходимо обеспечить следующие требования: циклический сдвиг кодовой комбинации не должен являться разрешенным кодовым словом, а также при инверсии всех информационных и контрольных разрядов не должно образовываться кодовое слово выбранного кода. Такие требования, например, использованы в системе передачи данных от датчика положения железнодорожной стрелки к контроллеру безопасного сопряжения с объектом управления в системе микропроцессорной централизации МПЦ-МПК [14].

Одна посылка будет состоять из зашифрованных данных от системы централизации, системы регистрации исполненного движения и АРМ ДСПП. Исходная ин-

формация составит 40 битов от первой системы, 63 бита от второй и 57 битов от третьей. Поскольку все три системы реализованы физически отдельно, то для получения данных и их шифрации следует расположить в программной среде каждой из них специализированный программный модуль. Кроме того, с целью контроля правильности данных рекомендуется сначала направлять их в АРМ ДСПП, а затем, по команде дежурного, передавать маневровому диспетчеру.

Шифрацию данных рекомендуется организовать по классическому коду с суммированием [15], который в полной мере соответствует наложенным ограничениям. Код с суммированием строится следующим образом: определяется вес информационного вектора (число значащих разрядов), затем полученное число представляется в двоичном виде и записывается в разряды контрольного вектора. Используя обозначение кода с суммированием, как (m,k) -код, где m и k – количество информационных и контрольных разрядов в кодовом слове кода. Исходя из правил построения (m,k) -кода число контрольных разрядов определяется по формуле:

$$k = \lceil \log_2(m+1) \rceil. \quad (2)$$

Таким образом, информация от всех трех систем кодируется с использованием (40,6), (63,6) и (57,6) кодов. В общем, для передачи всех 160 битов данных потребуется 18 контрольных битов, а общая посылка составит 178 битов (менее 0,2 Кбит). Поскольку код с суммированием ориентирован только на обнаружение искажений, а не на их исправление, то для надежного приема данных следует посылать их с АРМ ДСПП маневровому диспетчеру тремя пакетами с мажоритированием на выходе [16].

Вероятность не обнаружения ошибки при таком способе шифрации данных [17] можно оценить с использованием выражения:

$$P \approx \frac{1}{2^k} \sum_{i=d}^n C_n^i p^i (1-p)^{n-i}, \quad (3)$$

где $n = m + k$ – длина кодового слова, C_n^i – число вариантов искажений кратности I в кодовом слове выбранного кода, d – минимальное расстояние Хэмминга для данного кода, p – вероятность искажения двоичного символа, которая определяется надежностью канала передачи данных.

При высокой величине $p=0,1$ (вероятность безошибочной передачи одного символа всего 0,9) для рассматриваемых (40,6), (63,6) и (57,6) кодов получаем, соответственно, $P_{(40,6)}=0,01487$, $P_{(63,6)}=0,00777$, $P_{(57,6)}=0,00773$. С такими вероятностями возможны возникновения не обнаруживаемых ошибок в каждой из составляющей передаваемой посылки. Общая вероятность не обнаружения ошибки определяется произведением представленных величин и для рассматриваемого примера равна $P=8,930 \cdot 10^{-7}$. Вероятность безошибочного приема составит $\sim 0,99999911$ (шесть «девяток» после запятой).

При кратной передаче пакетов данных и мажоритировании на выходе вероятность безошибочного приема (при условии абсолютно надежного устройства сравнения) определяется по формуле:

$$Q_s = 3Q^2 - 2Q^3, \quad (4)$$

где Q – вероятность безошибочного приема одной посылки.

Величина P_s вычисляется как:

$$P_s = 1 - Q_s = 1 - (3Q^2 - 2Q^3) \quad (5)$$

Пользуясь формулами (4) и (5), получим:

$$\begin{aligned} P_s &= 1 - (3 \cdot (1 - P)^2 - 2 \cdot (1 - P)^3) = \\ &= 1 - (3 \cdot (1 - 8,930 \cdot 10^{-7})^2 - 2 \cdot (1 - 8,930 \cdot 10^{-7})^3) \approx \\ &\approx 2,377 \cdot 10^{-12}. \end{aligned}$$

Указанная оценка является примерной, но показывает высокую эффективность использования избыточного кодирования для решения поставленной задачи. Существуют и другие оценки [17].

Для точной оценки необходимо знать долю не обнаруживаемых кодом ошибок кратностью d от общего количества ошибок с данной кратностью. Такая величина известна не для всех кодов. К примеру, для классических кодов с суммированием эта величина известна для не обнаруживаемых ошибок только в информационном векторе кодовых слов [18]: $\beta_d = 2^{-d} C_d^{\frac{d}{2}}$, где d – кратность не обнаруживаемой ошибки (четное число для кода с суммированием). В рассматриваемых условиях требуется учитывать возможность одновременного возникновения ошибок в информационном и контрольном векторах. При этом ошибки в контрольных векторах обнаруживаются при дешифрации в пункте приема.

Следует отметить, что во всех расчетах была принята большая величина ошибки передачи одного бита данных в 0,1 (безошибочность передачи одного бита данных составляет 0,9). В реальности оценка вероятности ошибки передачи одного бита данных намного меньше 0,1 и определяется параметрами каналов передачи данных, обладающих различной надежностью и скоростью.

При использовании радиоканала с частотой, например, 868 МГц (такая частота является не лицензируемой и разрешена для использования на железнодорожном транспорте [19]) скорость передачи данных не превышает 500 Кбит/с, канала GSM – 200 Кбит/с, оптоволоконных каналов – более 1 Гбит/с, а кабелей с медными жилами – от 1 Мбит/с [20]. При указанном выше объеме незащищенных данных по каждому из каналов, за исключением сети с GSM, информацию можно передать, как минимум, за 1 мс. В микропроцессорной централизации МПЦ-МПК длительность цикла работы контроллера безопасного сопряжения с аппаратурой железнодорожной стрелки составляет 50 мс [14]. Такая скорость позволяет передавать данные на АРМ маневрового диспетчера с кодированием кодом с суммированием, трехкратной передачей и мажоритированием. В системе МПЦ-МПК для управления железнодорожной стрелкой данные, закодированные кодом Хэмминга, передаются пятикратно [14].

Поскольку персонал станции расположен в разных помещениях, требуется организовать сеть передачи данных посредством оптоволоконных линий или радиосвязи. Необходимость прокладки кабельных линий и обеспечения их надежности обуславливает преимущественное использование радиоканалов в системах управления движением поездов во многих странах мира [21, 22]. Этот подход целесообразен и для решения поставленной задачи.

Заключение

Результатом многолетних исследований является разработка теоретических и прикладных основ, которые необходимы для создания интеллектуальной системы автоматизации информационного обеспечения маневрового диспетчера сортировочной станции, обеспечивающей достаточно точное прогнозирование времени выполнения технологических операций, необходимых для определения их оптимальной последовательности, составляющей процесс расформирования формирования поездов. Особое внимание уделяется построению системы кодирования информации, обеспечивающей ее надежную и защищенную передачу.

Решение проблемы алгоритмического описания показано на примере автоматизации информационного обеспечения принятия решений маневровым диспетчером железнодорожной станции, но может представлять интерес и для специалистов других видов транспорта.

Литература

1. Кокурин И.М., Сапунов Н.А. Роль маневрового диспетчера в АСУ сортировочной станцией // Железнодорожный транспорт. – 1976. – №3. – С. 46-52.
2. Кокурин И.М. Формализация расчета загрузки железнодорожных операторов // Железнодорожный транспорт. – 1983. – №5. – С. 51-54.
3. Ляпунов А.А., Шестопал Г.А. Об алгоритмическом описании процессов управления // Математическое просвещение. – М.: Физматгиз, 1957. – Вып. 2. – С. 81-95.
4. Нормы времени и нормативы численности маневровых (станционных) диспетчеров, дежурных и операторов железнодорожных станций / И.М. Кокурин, Н.А. Сапунов, С.А. Шенсизбаев, А.Б. Никитин // Сб. Проектного и внедренческого центра организации труда МПС. – М.: МПС, 1990. – 98 с.

5. Нормы затрат труда и нормативы численности оперативных работников железнодорожных станций по управлению процессами перевозок ОАО «РЖД». – М.: ОАО «РЖД», 2005 г. – 48 с.
6. Кокурин И.М., Ковалев К.Е. Метод расчета загрузки оперативного-диспетчерского персонала технических станций, основанный на алгоритмическом описании содержания труда // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2013. – №3. – С.18-23.
7. Theeg G., Vlasenko S. Railway Signalling & Interlocking: 2nd Edition. – Germany, Hamburg: PMC Media House GmbH, 2018, 458 p.
8. Ефанов Д.В. Функциональный контроль и мониторинг устройств железнодорожной автоматики и телемеханики. – СПб.: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2016. – 171 с.
9. Гапанович В.А., Розенберг Е.Н., Шубинский И.Б. Некоторые положения отказобезопасности и киберзащитности систем управления // Надежность. – 2014. – №2. – С. 88-94.
10. Гросс В.А. Повышение киберзащитности МПСУ ЖАТ // Автоматика, связь, информатика. – 2016. – №5. – С. 12-15.
11. Бакуркин Р.С., Безродный Б.Ф., Коротин А.М. Противодействие компьютерным атакам в сфере железнодорожного транспорта // Вопросы кибербезопасности. – 2016. – №4. – С. 29-35.
12. Аркатов В.С., Шалагин Д.В., Гуменников В.Г. АБЦМ-А – автоблокировка без киберугроз // Автоматика, связь, информатика. – 2018. – №9. – С. 7-12.
13. What is the Year 2038 problem? – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://computer.howstuffworks.com/question75.htm> (дата обращения 08.10.2018).
14. Ефанов Д.В., Блюдов А.А. Повышение надежности датчиков контроля положения железнодорожных стрелок // Известия Петербургского университета путей сообщения. – 2014. – №3. – С. 69-77.
15. Berger J.M. A Note on Error Detection Codes for Asymmetric Channels // Information and Control. – 1961. – Vol. 4. – Issue 1. – Pp. 68-73. – DOI: 10.1016/S0019-9958(61)80037-5.
16. Методы построения безопасных микроэлектронных систем железнодорожной автоматики / В.В. Сапожников, Вл.В. Сапожников, Х.А. Христов, Д.В. Гавзов; Под ред. Вл. В. Сапожникова. – М.: Транспорт, 1995. – 272 с.
17. Кодирование информации. Двоичные коды: Справочник / Н.Т. Березюк, А.Г. Андрущенко, С.С. Мощицкий, В.И. Глушков, М.М. Бекеша, В.А. Гаврилов; Под ред. Н. Т. Березюка. – Харьков: издательство при Харьковском государственном университете издательского объединения «Вища школа», 1978. – 251 с.
18. Ефанов Д.В., Сапожников В.В., Сапожников Вл.В. О свойствах кода с суммированием в схемах функционального контроля // Автоматика и телемеханика. – 2010. – №6. – С. 155-162.
19. Efanov D., Osadtchy G., Sedykh D. Protocol of Diagnostic Information Transmission via Radio Channel Concerning Health Monitoring of Infrastructure of Russian Rail Roads // Proceedings of 3ed International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), St. Petersburg, Russia, May 16-19, 2017, pp. 1-6, DOI: 10.1109/ICIEAM.2017.8076135.
20. Передача данных от удаленных узлов по беспроводным каналам. – [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.compel.ru/wordpress/wp-content/uploads/2012/02/Peredacha-dannyih-ot-udalennyih-uzlov.pdf> (дата обращения: 08.10.2018).
21. Попов П.А., Королев И.Н., Мыльников П.Д. Основные принципы контроля корректности бортовой системы позиционирования средствами железнодорожной автоматики // Автоматика на транспорте. – 2015. – Том 1. – №4. – С. 355-366.
22. Шаманов В.И. Системы интервального регулирования движения поездов с цифровыми радиоканалами // Автоматика на транспорте. – 2018. – Том 4. – №2. – С. 223-240.

Сведения об авторах

Кокурин Иосиф Михайлович, доктор технических наук, профессор, Главный научный сотрудник лаборатории «Проблемы организации транспортных систем» Института проблем транспорта им. Н.С. Соломенко Российской академии наук, 199178, Санкт-Петербург, 12-я линия ВО, д. 13.

Тел.: (+7 921) 963-3587.

E-mail: kokyrinim@mail.ru.

Ефанов Дмитрий Викторович, доктор технических наук, доцент, руководитель направления систем мониторинга и диагностики ООО «ЛокоТех-Сигнал» 107113, Москва, ул. 3-я Рыбинская, 18; профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте» Российского университета транспорта (МИИТ)

127994, Москва, ул. Образцова, 9.

Тел.: +7 (915) 480-9191.

E-mail: TrES-4b@yandex.ru.

Ярцев Андрей Васильевич, инженер, заместитель начальника отдела Научного информационно-аналитического центра – филиала АО «ВНИИЖТ», 196128, Санкт-Петербург, ул. Благодатная, 10, стр. 1.

Тел.: +7 911 103-4945.

E-mail: yarzev@yandex.ru.

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ РАБОТЫ МАГНИТОУПРАВЛЯЕМОЙ ГИДРООПОРЫ¹

Доктор техн. наук, профессор, Главный научный сотрудник **Гордеев Б.А.**
(Институт проблем машиностроения Российской академии наук. ИПМ РАН, Н. Новгород)

Кандидат физ.-мат. наук, с.н.с. ИПМ РАН, доцент НГТУ **Охулков С.Н.**
(Институт проблем машиностроения Российской академии наук. ИПМ РАН, Н. Новгород;
Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева. НГТУ)

Кандидат техн. наук **Осмехин А.Н.**
(Акционерное общество «Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения им. И.И.Африкантова», Н. Новгород)
Младший научный сотрудник **Ермолаев А. И.**
(Институт проблем машиностроения Российской академии наук. ИПМ РАН, Н. Новгород)

IMPROVE THE RELIABILITY OF WORK OF THE MAGNETIC CONTROLLED HYDRO-SUPPORT

Doctor (Tech), Professor, Ch. Researcher **Gordeev B.A.**
(Institute for Problems of Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences, IPM RAS. N. Novgorod)
Ph. D. (Phys.-Math.), Senior Researcher (IPM RAS), Associate Professor (NSTU) **Ohulkov S.N.**
(Institute for Problems of Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences, IPM RAS. N. Novgorod ;
Nizhny Novgorod State Technical University. R.E. Alekseeva. NSTU)

Ph. D. (Tech) **Osmechin A. N**
(Joint-stock company “Experimental Design Bureau of Mechanical Engineering named after I.Afrikontov”, N. Novgorod)
Junior Researcher **Ermolaev A. I.**
(Institute for Problems of Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences, IPM RAS. N. Novgorod)

Магнитореологический трансформатор, магнитореологическая жидкость, седиментация, трёхфазный индуктор, вращающееся магнитное поле, управление вязкостью.

Transformer magneto-rheological, magneto-rheological fluid, sedimentation, three-phase coil, a rotating magnetic field control of viscosity.

В статье рассмотрены новые подходы к оптимизации параметров магнитореологического трансформатора (МРТ). Рассмотрено влияние вихревого магнитного поля на седиментацию магнитных частиц в магнитореологической жидкости (МРЖ), меняющей свою вязкость под действием переменного магнитного поля. Показано, что целесообразно, кроме одного дроссельного канала, ввести дополнительный коаксиальный дроссельный канал, расположенный в виде зазора между коаксиальными цилиндрами. Вращающееся вихревое магнитное поле в этом канале управляет потоком МРЖ и устраняет седиментацию рабочей МРЖ в магнитоуправляемой гидроопоре. Проведён эксперимент подтверждающий предложение авторов.

The article considers new approaches to optimization of magneto-rheological transformer (MRI) parameters. The effect of the vortex magnetic field on the sedimentation of magnetic particles in a magneto-rheological fluid (MRF) changing its viscosity under the action of an alternating magnetic field is considered. It is shown that it is advisable to introduce an additional coaxial choke channel located in the form of a gap between the coaxial cylinders in addition to one choke channel. The rotating magnetic vortex in this channel controls the flow of the GRM and eliminates the sedimentation of the working GRM in the magnetically controlled hydraulic support. The experiment confirms the proposal of the authors.

Введение

В настоящее время для активных систем виброзащиты, таких как магнитоуправляемые гидроопоры с магнитореологическими трансформаторами (МРТ), не применялись широко способы регулирования вязкости магнитореологической жидкости (МРЖ) вращающимся магнитным полем [1-4]. Создание такого поля приводит не только к изменению вязкости МРЖ, но и к генерации магнитного вихря [5], который замедляет процессы седиментации МРЖ, противодействуя гравитационным силам [6]. Это имеет важное значение в железнодорожном транспорте, так как применение магнитоуправляемых гидроопор там наиболее актуально [13,14].

В работах [1-4, 7] показано применение постоянного магнитного поля, или меняющегося с частотой основной гармоники входного вибросигнала для управления демпфированием гидроопоры.

Регулирование вязкости МРЖ осуществляется в этих случаях за счет изменения напряжённости постоянного магнитного поля в дроссельных каналах и не влияет на седиментацию магнитных частиц. Поэтому необходимо совершенствовать методы управления вязкостью и регулирования расхода

МРЖ при её дросселировании в МРТ. Также необходимо совершенствовать и конструкцию самой гидроопоры с МРТ.

¹ Работа выполнена за счет средств Российского научного фонда (проект №15-19-10026).

Применение вращающегося магнитного поля для управления вязкостью, создаваемого однофазным индуктором, рассмотрено в работе [10]. В этой же работе показано, что вектор потока электромагнитной энергии вращающегося магнитного поля способствует расщеплению основной гармоники входного вибросигнала на ряд высокочастотных составляющих, которые эффективно демпфируются. Следовательно, можно предположить, что применение трехфазного, или многофазного, кратного трем, индуктора, создающего вращающееся магнитное поле в МРТ магнитоуправляемой гидропоры, повысит эффективность ее работы.

Для создания вращающегося поля в МРТ гидропоры целесообразно применять трёхфазный индуктор, подключённый к преобразователю трёхфазного переменного напряжения [11,12]. Схематичное представление поперечного разреза трёхфазного индуктора МРТ гидропоры с фазными обмотками А – X, В – Y, С – Z, в виде обмоток, смещённых под углами в 120° , представлены на рисунке 1.

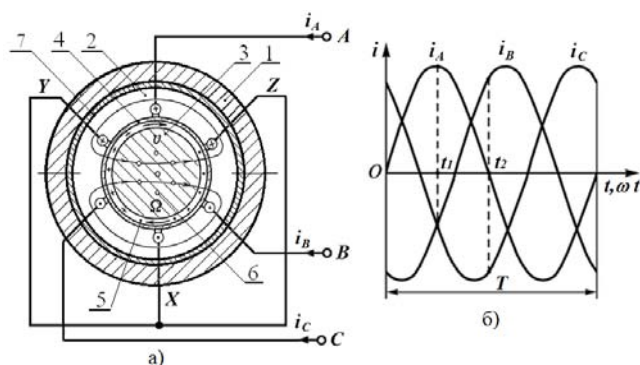


Рис. 1. Схематичное представление поперечного разреза трёхфазного индуктора МРТ гидропоры (а):

- 1 – корпус МР-гидропоры;
- 2 – статор с тремя возбуждающими фазными обмотками А – X, В – Y, С – Z;
- 3 – внутренний стальной coaxial цилиндр;
- 4 – внешний латунный стальной coaxial цилиндр;
- 5 – coaxial цилиндрический канал с МРЖ;
- 6 – дроссельные капиллярные каналы МРТ.

Волновая диаграмма трехфазных возбуждающих токов МРТ гидропоры (б)

Трёхфазный индуктор МРТ гидропоры состоит из неподвижного статора 2 и неподвижных латунных цилиндров - внутреннего сплошного 3 и внешнего полого 4 - с цилиндрическим дроссельным каналом 5 с МРЖ, с зазором от 0,4 до 1,5 мм (рис. 1,а). Статор 2 индуктора МРТ цилиндрической формы с трёхфазной обмоткой в пазах помещается в общий с гидропорой корпус 1. Корпус 1 стальной или из алюминиевого сплава.

Внутри латунного сплошного цилиндра 3 размещены дроссельные проходные каналы 6 (рис. 1,а). Трёхфазная обмотка 2 статора МРТ подключается к источнику управляемого трёхфазного напряжения (рис. 1,б).

В приведённой конструкции индуктора МРТ (рис. 1,а) в coaxial цилиндрическом дроссельном канале рабочая МРЖ делает один оборот вокруг внутреннего латунного сплошного цилиндра 3 за один период вибросигнала.

Coaxial дроссельный канал имеет сечение Δl , где Δ – ширина зазора между coaxial цилиндрами, l – длина магнитопровода индуктора МРТ и внутренней полости дроссельного канала с рабочей МРЖ.

Трёхфазный индуктор МРТ гидропоры можно отнести к одной из разновидностей магнитогидродинамических машин переменного тока и в нём подвижной частью является сама рабочая МРЖ. Для приведения рабочей МРЖ в движение используется бегущее или вращающееся магнитное поле, образованное трехфазной обмоткой переменного тока внешнего статора. В зависимости от формы дроссельного канала, в котором перемещается рабочая МРЖ в магнитном поле, электромагнитные индукторы МРТ гидропор могут подразделяться на винтовые и линейные.

Скольжение рабочей МРЖ $s_{мж}$ относительно вращающегося кругового поля в трехфазном индукторе МРТ гидропоры

$$s_{мж} = (v - v_1)/v = 1 - v_1/v, \quad (1)$$

где v – линейная скорость вращающегося кругового поля; v_1 – линейная скорость рабочей МРЖ в coaxial дроссельном канале индуктора МРТ.

Результирующий поток остается неизменным и равным 1,5 от максимального потока фазы. Направление этого потока всегда совпадает с направлением магнитного потока той фазы, ток в которой в данный момент максимален. Поэтому для изменения направления вращения магнитного поля необходимо поменять местами любые две фазы [11,12].

Проведённый анализ показывает, что результирующий вектор индукции магнитного поля $\vec{B}(t, x, y)$ имеет постоянную амплитуду ($B_{max} = 3/2 \cdot B_m$) и равномерно вращается в пространстве против часовой стрелки катушки А к катушке В с угловой скоростью ω_n , равной угловой частоте тока ω . Угловая скорость вращения магнитного поля зависит и от числа катушек:

$$\omega_n = \omega/p = 2\pi f/p \quad [\text{рад/с}] \text{ или } [c^{-1}],$$

где p – число пар полюсов и f – частота тока статора индуктора МРТ.

В технике для характеристики вращения магнитного поля пользуются понятием «частоты вращения» [11,12]:

$$n = 60 \cdot f/p \quad [\text{об./мин}].$$

С изменением числа p пространственная картина магнитного поля изменяется: при $p = 1$ магнитное поле имеет два полюса (или одну пару полюсов), при $2p = 2$ – четыре полюса (или 2 пары полюсов) и т.д. По этой причине число $p = 1, 2, 3, \dots$ называют числом пар полюсов магнитного поля.

Рассмотренные примеры относятся к двухполюсной обмотке индуктора МРТ гидропоры ($2p = 2$) при частоте вращения поля $n_1 = 60 \cdot f$.

Структурная схема гидропоры с трёхфазным МРТ и coaxial дроссельным каналом, управляемым вращающимся магнитным полем, представлена на (рис. 2).

На рисунке 2 показано: 1, 2 – рабочая и компенсационная камеры; 3 – корпус гидропоры; 4 – опорная плата; 5 – эластичная обечайка; 6 – мембрана; 7 и 8 – внутренний и внешний латунные coaxial цилиндры; 9 – ферромагнитный сердечник индуктора МРТ; 10 – трёхфазные обмотки статора индуктора; 11 – продольные дроссельные каналы; 12 – coaxial цилиндрический зазор; 13 – входные отверстия; 14, 16 – акселерометры на входе и выходе МРТ; 15 – трёхфазный преобразователь переменного напряжения.

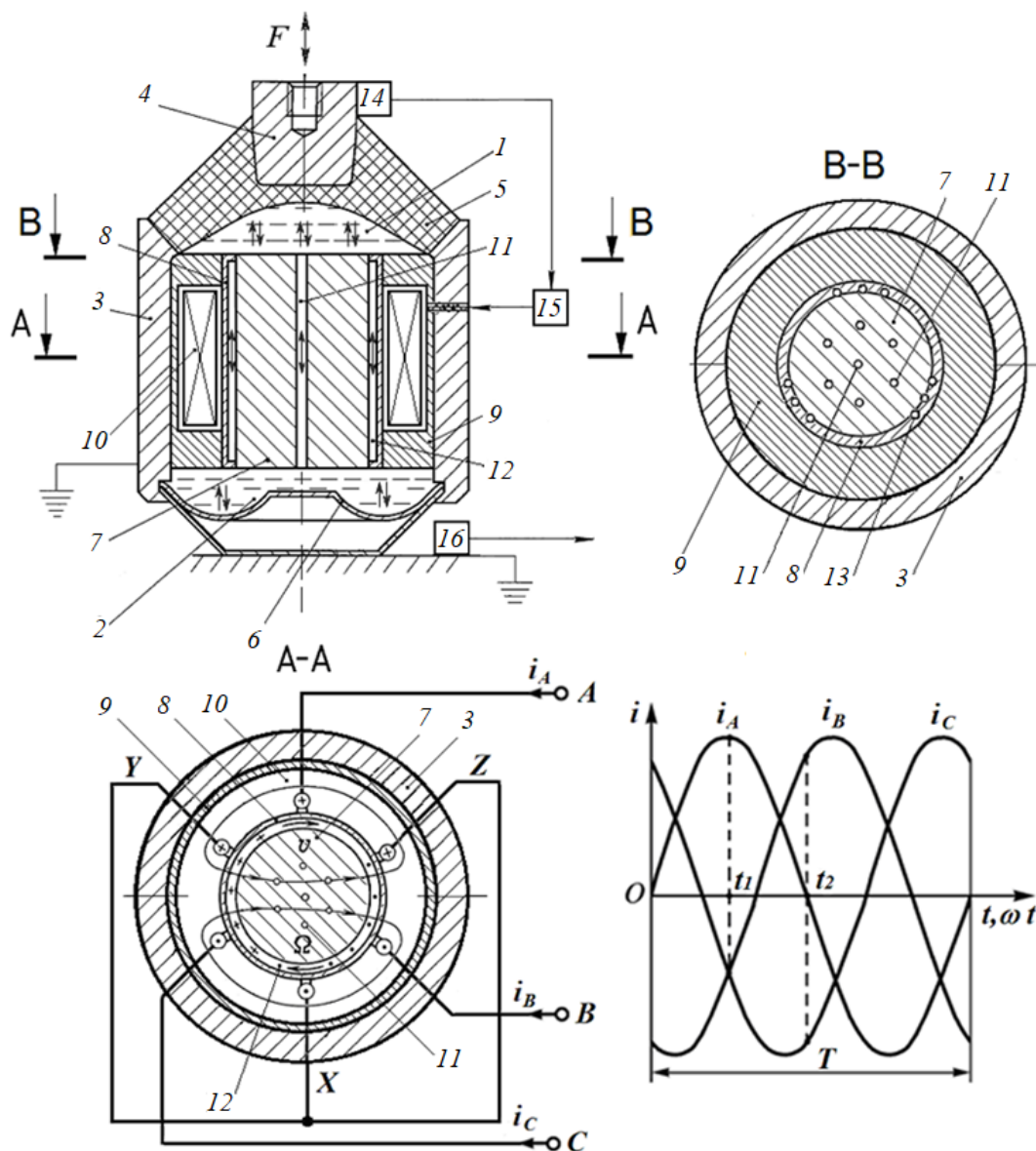


Рис.2. Структурная схема гидроопоры с МРТ с коаксиальным дроссельным каналом, управляемым вращающимся магнитным полем

При создании кругового вращающегося магнитного поля в коаксиальном зазоре МРТ гидроопоры необходимо и достаточно выполнение двух условий.

Условие первое: необходимо в МРТ гидроопоры расположить в пространстве $3p$ одинаковые катушки ($p = 1, 2, 3, \dots$) с равным числом витков так, чтобы их оси были расположены в одной плоскости и сдвинуты взаимно на равные углы $\Delta\alpha = 360^\circ/3p$ [11,12].

Условие второе: необходимо пропустить по катушкам МРТ равные по амплитуде и сдвинутые во времени на $\Delta t = T/3$ или $\Delta\omega t = 360^\circ/3 = 120^\circ$ переменные токи (симметричный трехфазный ток). При соблюдении указанных условий в пространстве вокруг катушек МРТ будет создано круговое вращающееся магнитное поле с постоянной амплитудой индукции B_{max} вдоль его оси и с постоянной угловой скоростью вращения ω_n [11,12].

На рисунках 1 и 2 показано пространственное расположение трех ($p = 1$) одинаковых катушек под равными углами в 120° согласно первому условию.

При выполнении этих условий поток плотности энергии (вектор Умова-Пойнтинга) $\mathbf{W}_p$, являющийся суммой трёх потоков, создаваемых первой, второй и третьей обмотками МРТ, будет один и тот же, так как

векторы напряженности магнитных полей, индуцируемых токами в этих обмотках, взаимно ортогональны [10]. Тогда результирующий поток плотности энергии определяется суммой трёх потоков $\mathbf{W}_p = \mathbf{W}_1 + \mathbf{W}_2 + \mathbf{W}_p$.

Так как при указанных условиях векторы питающих напряжений, а следовательно, и напряженности магнитных полей, сдвинуты по фазе на $\Delta\alpha = 360^\circ/3p$, то результирующий вектор напряженности магнитного поля, равный сумме магнитных полей, генерируемых обмотками индуктора, описывает окружности [11,12]. Время одного оборота результирующего вектора равно периоду основной гармоники вибросигнала.

Рассмотрим работу гидроопоры с магнитореологическими трансформаторами на рисунке 2.

При действии знакопеременной нагрузки на опорную плату 4 возникает два процесса. В одном из них деформируемая обечайка 5 уменьшает объём рабочей камеры 1. Вследствие этого часть рабочей жидкости через входные отверстия 13 в верхнем и нижнем основаниях внешнего коаксиального цилиндра 8 перемещается в коаксиальный цилиндрический зазор 12 и в компенсационную камеру 2. В эту же камеру 2 часть рабочей жидкости через продольные дроссельные каналы 11

поступает из рабочей камеры 1. Одновременно появляется электрический сигнал с акселерометра 14, поступающий на первый вход трёхфазного преобразователя переменного напряжения 15 блока управления МРТ, на выходе которого формируется также электрический сигнал, но усиленный для питания трёхфазных обмоток 10 электромагнитов индуктора. Возникающее при этом магнитное поле в коаксиальном цилиндрическом зазоре 12 возбуждает находящуюся в нём рабочую МРЖ. Так как магнитные поля, возбуждаемые токами обмоток 10, сдвинуты по фазе на 120° , то на МРЖ в цилиндрическом зазоре 12 кроме поступательного движения действует и её вращательное движение. Таким образом, движение рабочей МРЖ канале 12 происходит по спирали, что приводит к дополнительному трению и снижению седиментации.

Во втором полупериоде выходной электрический сигнал с акселерометра 16 поступает на второй вход трёхфазного преобразователя переменного напряжения 15 блока управления МРТ, на выходе которого опять формируется усиленный электрический сигнал для питания трёхфазных обмоток 10 электромагнитов индуктора. Таким образом, процесс повторяется в обратном направлении.

Заключение.

В подтверждении модели вращающегося поля, создаваемого трёхфазным индуктором, был проведён эксперимент при вращении стальных шариков в полном статоре асинхронного трёхфазного двигателя АИР 63 В4 УЗ, поставленного вертикально. В итоге вращающееся магнитное поле полого статора поднимало стальные шарики и удерживало их за время питающего напряжения. Этот факт позволяет сделать вывод, что седиментация МРЖ при работе магнитоуправляемой гидропоры будет отсутствовать. МРЖ в коаксиальном зазоре при выполнении данных условий также будет вращаться и перемещиваться. В результате ликвидируется седиментация и, как следствие, повышается эффективность работы гидропоры.

Литература

1. Гордеев Б.А. Системы виброзащиты с использованием инерционности и диссипации реологических сред. / Б.А. Гордеев, В.И. Ерофеев, А.В. Синев, О.О. Мугин. - М.: Физматлит, 2004. - 175 с.
2. Гордеев Б.А., Охулков С.Н., Плехов А.С., Злобин П.А. Применение магнитореологических жидкостей в машиностроении. Статья. // Приволжский научный журнал. - 2014. - № 4. - С.29-42.
3. Гордеев Б.А. Течение и релаксация магнитореологической жидкости в дроссельных каналах гидропор / Б.А. Гордеев, С.Н. Охулков, А.С. Плехов, Д.Ю. Титов, В.П. Горсков // Вестник машиностроения. - 2015. - №7. - С. 32-38.
4. Гордеев Б. А., Маслов В.Г., Охулков С.Н., Осмехин А.Н. К вопросу создания цилиндрического магнитореологического трансформатора в ортогональных магнитных полях. Статья. // Проблемы машиностроения и надёжности машин. - 2014. - № 2. - С. 15 -21.
5. Такетоми С. Магнитные жидкости / С. Такетоми, С. Тикадзуми, пер. с японск. - М.: Мир, 1993. - 272 с.
6. Шульман З.П. Магнитореологический эффект. / З.П. Шульман, В.И. Кордонский - Минск: Наука и техника, 1982. - 184 с.

7. Морозов Н.А. Нанодисперсные магнитные жидкости в технике и технологиях / Н.А. Морозов, Ю.Б. Казаков - Иваново: Иван. гос. энерг. ун-т., 2011. - 264 с.

8. Райхер В.В., Русаков Ю. Л. Вращательная вязкость вязкоупругой магнитной жидкости // Коллоидный журнал. - 2008. - №70. - С. 85-92.

9. Гордеев Б.А., Синев А.В., Куплинова Г.С. Патент №2407029 на изобретение Гидравлическая виброопора. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 27 декабря 2010 года, бюл. № 36.

10. B.A. Gordeev, A.I. Ermolaev, S.N. Okhulkov, A.W. Sinev, A.E. Shokhin. A Magnetoreological Transformer Controlled by a Rotating Magnetic Field.// ISSN 1052-6188, Journal of Manufacture and Reliability, 2018, Vol. 47, №4, pp 324-329.

11. Иванов-Смоленский А.В. Электрические машины: Учебник для вузов. В 2-х т. Том 2. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательство МЭИ, 2004. - 532 с.

12. Электротехнический справочник: В 4 т. Т. 2. Электротехнические изделия и устройства / Под общ. ред. профессоров МЭИ В.Г. Герасимова и др. - 9-е изд., стер. - М.: Издательство МЭИ, 2003. - 518 с.

13. Гордеев Б.А., Ерофеев В.И., Ковригин Д.А., Синев А.В., Аббакумов Е.И. Взаимодействие силового агрегата мотора-компрессора электровоза с вибрационными полями в переходных режимах // Проблемы машиностроения и надёжности машин. - 2002. - №4. - С.105-111.

14. Гордеев, Б.А. Причины возникновения синхронизации в рельсовом транспорте / Б.А. Гордеев, А.Б. Гордеев, Д.А. Ковригин, А.В. Леонтьева // Приволжский научный журнал. - 2009. - № 4. - С. 47-53.

Сведения об авторах

Гордеев Борис Александрович, доктор техн. наук, профессор, Главный научный сотрудник Института проблем машиностроения Российской академии наук (ИПМ РАН), Россия,

603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85
Тел.: (831) 432 - 23 - 56; факс (831) 432 - 23 - 40
E-mail: gord349@mail.ru

Охулков Сергей Николаевич, кандидат физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории «Виброзащита машин» ИПМ РАН; доцент кафедры «Теоретическая и общая электротехника» Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ), Россия,

603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85
E-mail: oxulkovs@mail.ru

Осмехин Александр Николаевич, кандидат технических наук, инженер по информационным системам, Акционерное общество «Опытное Конструкторское Бюро Машиностроения им. И.И.Африкантова» (АО «ОКБМ Африкантов»), Россия,

603074, г. Н. Новгород, ул. Бурнаковский проезд, д. 15.
Тел.: (831) 241-87-72
E-mail: newnuclear@mail.ru

Ермолаев Артём Игоревич, младший научный сотрудник лаборатории «Виброзащита машин» ИПМ РАН, Россия,

603024, г. Н. Новгород, ул. Белинского, д. 85
E-mail: acidwolfvx@rambler.ru

КРИТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ПОЛОЖЕНИЙ ДВИЖЕНИЯ ВАГОНА С СОРТИРОВОЧНОЙ ГОРКИ (Часть IV)

Доктор техн. наук, профессор **Туранов Х.Т.**,
Кандидат техн. наук, доцент **Гордиенко А.А.**

(Уральский государственный университет путей сообщения. УрГУПС)

Ассистент **Джабборов Ш.Б.**

(Ташкентский институт инженеров железнодорожного транспорта. ТаШИИТ)

A CRITICAL ANALYSIS OF THEORETICAL POSITIONS OF CAR'S MOVEMENT FROM MARSHALLING HUMP (Part IV)

Doctor (Tech.), Professor **Turanov K.T.**,
Ph. D. (Tech.), Assistant Professor **Gordienko A.A.**
(Urals State University of Railway Transport)
Assistant **Djabborov S.V.**

(Tashkent Institute of Railway Transport Engineers)

Железная дорога, станция, сортировочная горка, вагон, реакции неидеальной связи, качение колес, скольжения колеса по рельсу.

Railway, station, marshalling hump, car, reaction in-ideal constant, rolling wheels, slide the wheel along the rail.

В статье выяснены причины появления момента трения качения из-за воздействия рельса на колесо (или реакции неидеальной связи на колесо) и выявлено условие отсутствия качения колеса по рельсу. В ней конечными аналитическими формулами и примерами расчётов доказано, что в зонах торможения на участках тормозных позиций сортировочной горки происходят скольжения колес колесных пар вагона. По этой причине ошибочным является определение скорости скольжения вагона на участках тормозных позиций по формуле свободного падения тел с учетом инерции вращающихся частей.

The article clarified the cause of the moment of rolling friction due to the impact of the rail on the wheel (or reaction in-ideal constant on the wheel) and identified a condition of the lack of wheel rolling along the rail. In her final analytical formulas and examples of calculations proved that in the areas of deceleration at the stations the brake position hump happen to slip of the wheels of the wheel pairs of the car. For this reason is erroneous determination of sliding speed of the car at the stations the brake position according to the formula of free fall of bodies, taking into account the inertia of the rotating parts.

Актуальность проблемы

В настоящей статье, как и в [1 – 8], будут критически оценены теоретические положения существующих методик сортировочных горок [9 – 17] относительно возможности качения колес колесных пар вагона в зонах торможения на участках тормозных позиций. Математическими выражениями и примерами расчётов будет доказано, что момент трения качения возникает из-за воздействия рельса на колесо и/или реакции неидеальной связи на колесо.

Цель настоящей статьи. На основе классических положений теоретической механики о теории трения скольжения и качения [18 – 27] попытаться подробно разъяснить причину качения колёс со скольжением, если такое движение возможно, и чистого скольжения колеса по рельсовым нитям в зонах затормаживания вагона на участках тормозных позиций.

Формулировка задачи. Опираясь на положения геометрической статики качения колеса теоретической механики обосновать возможность и/или невозможность движения вагона по уклону сортировочной горки, в отличие от [6], с качением колеса с одновременным скольжением и чистого скольжения колеса относительно рельса.

Результаты исследований

Поясним появление момента трения при качении M_k (см. рис. 4 и формулу (5) в [6]) двумя способами.

Согласно принципу механики освобождения от связей, отбрасывая площадку у края вокруг точки A (рис. 1), убеждаемся, что вокруг этой точки на колесо действует реакция R неидеальной связи (рельса).

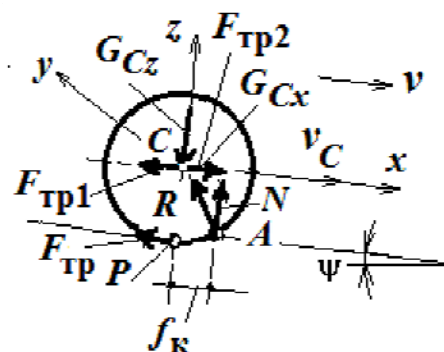


Рис. 1. Условная схема качения колеса без скольжения по рельсу

(Приняты те же обозначения, что и на рис. 3 и 4 в работе [6])

Продemonстрируем следующие два способа решения данной прикладной задачи по выяснению причин появления момента трения качения M_k колес вагона по уклону горки.

1-й способ. Силы N и $F_{\tau} = F_{\text{тр}}$ на рис. 1 являются составляющими одной и той же реакции связи R , т.е. $(N, F_{\text{тр}}) \in R$, однако смещёнными друг от друга на расстояние f_k , называемое в дальнейшем коэффициентом трения при качении.

Вместе с тем, чтобы система трёх сил (N , $F_{\text{тр}}$ и R) была в равновесии, необходимо, чтобы линии действия этих сил пересекались в одной точке, например в точке C , совпадающей с осью колеса. Это возможно лишь в случае, если $F_{\text{тр}} = G_{xc}$, что верно при равновесии. Отсюда становится очевидным, что силовой треугольник, построенный из сил G_{xc} , N и R по известным направлениям G_{xc} и N , окажется замкнутым.

Высказанные рассуждения, полностью соответствующие теореме механики о трёх непараллельных силах (если три силы, расположенные в одной плоскости, т.е. в плоскости колеса), взаимно уравнивающиеся и непараллельные, то линии действия этих сил пересекаются в одной точке) (см. стр. 42 в [20], стр. 69-72 в [22]).

Воздействие образовавшейся пары сил (G_{zc} , N) на момент $M_k = N \cdot f_k$ (см. рис. 1) является противоположным по направлению вращения рассмотренной ранее паре сил ($F_{\text{тр}}$, G_{xc}) с моментом $M_{\text{тр}} = G_{xc} \cdot r$, может уравновесить колесо, т.е. обеспечить равенство (4) в [6].

2-й способ. Воздействие рельса на колесо (или реакция не идеальной связи на колесо) в виде момента трения при качении M_k будет препятствовать качению колеса.

Наибольшее значение M_k достигнет в момент начала качения колеса по рельсу, т.е. в момент нарушения равновесия колеса. Причём предельное значение момента $M_k \leq M_{\text{max}}$ пропорционально нормальному давлению, а следовательно, и пропорциональной ему по величине нормальной реакции N связи (см. рис. 1) (см. формулу (2.75) в [27]):

$$M_{\text{max}} = f_k N. \quad (1)$$

Исходя из этого, запишем **условие отсутствия качения по рельсу**:

$$M_k \leq M_{\text{max}} = f_k N, \quad (2)$$

где

f_k – коэффициент трения при качении, м (обычно для вагонных колес $f_k = 0,005 \cdot 10^{-2}$ м) (см. стр. 203 в [21]). По данным [28, стр. 42], величина коэффициента трения качения «закаленная сталь по закаленной стали» $f_k = 0,001$ м.

Заметим, что колесо **не будет скользить по рельсу**, если обеспечить соблюдение нестрогого неравенства (см. для примера стр.262 – 264 [24]):

$$F_{\text{тр}} \leq F_{\text{тр}}^{\text{max}} = fN. \quad (3)$$

Запишем условия равновесия плоской системы сил, действующих на колесо со стороны вагона (G_{xc} , G_{zc}) и рельса (N , $F_{\text{тр}}$, M_k):

$$\sum_{k=1}^n F_{kx}^e = 0; \quad \sum_{k=1}^n F_{kz}^e = 0; \quad \sum_{k=1}^n m_p(F_k^e) = 0, \quad (4)$$

откуда получаем (см. стр. 264 - 266 в [18], формулу (2.76) в [27]):

$$\left. \begin{aligned} \sum_{k=1}^n F_{kx}^e = 0: \quad G_{xc} - F_{\text{тр}} = 0; \\ \sum_{k=1}^n F_{kz}^e = 0: \quad -G_{zc} + N = 0; \\ \sum_{k=1}^n m_p(F_k^e) = 0: \quad G_{xc}r - M_k = 0. \end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Из последней системы имеем условия равновесия:

$$\left. \begin{aligned} F_{\text{тр}} &= G_{xc}; \\ N &= G_{zc}; \\ M_k &= G_{xc}r, \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

где момент силы $G_{xc}r$ взят относительно точки P на колесе (см. рис. 1).

Перепишем условия отсутствия скольжения колеса по рельсу (1) в [6] с учётом условия равновесия $F_{\text{тр}} = G_{xc}$:

$$G_{xc} = F_{\text{тр}}^{\text{max}} \leq fN,$$

или, принимая во внимание условия равновесия $N = G_{zc}$, получим:

$$G_{xc} \leq fG_{zc}. \quad (7)$$

Если условие (7) будет выполнено, то не произойдет скольжения колеса по рельсу.

Перепишем условия (1) и/или (6) в [6], **когда колесо не катится и не скользит по поверхности катания рельса**, с учётом условия равновесия $M_k = G_{xc}r$ в виде:

$$G_{xc}r = M_k \leq f_k G_{zc}. \quad (8)$$

Таким образом, при движении вагона по уклону горки **не будет происходить скольжение колеса по рельсу** (см. для примера стр. 262 – 264 в [24]), если проекция доли силы тяжести вагона с грузом на одно колесо G_{xc} удовлетворяет нестрогому неравенству (7).

Для отсутствия качения колеса по рельсу, т.е. его скольжению, эта же сила должна удовлетворять другому нестрогому неравенству, вытекающему из (8):

$$G_{xc} \leq \frac{f_k}{r} G_{zc}. \quad (9)$$

Если будет соблюдено последнее нестрогое неравенство, то не произойдет качения колеса по рельсу.

Перепишем последнее неравенство с учётом условия (7):

$$f \ll \frac{f_k}{r}. \quad (10)$$

Следовательно, для начала качения колеса без скольжения по рельсу требуется значительно меньшая по величине сила G_{xc} , чем для начала его скольжения по противоположность условию (7).

Иначе, при соблюдении условия (10) колесо начнет катиться по рельсу с проскальзыванием, а при несоблюдении (т.е. $(f_k/r) \ll f$) – происходит чистое качение колеса по рельсу (см. стр. 91 в [23], стр. 330 в [26]).

Применительно к роспуску вагона с вершины горки (ВГ) с начальной скоростью v_n сила G_{xc} на первом скоростном участке (СК1) горки сразу же приобретает

максимальное значение G_{xc}^{max} , поскольку на этом участке $\psi_{max} = 0,050$ рад. [10] - колеса колесной пары начинают катиться по рельсовым нитям.

На наш взгляд, чистое качение колёс колёсных пар вагона по поверхностям катания рельсовых нитей происходят и на других участках горки, включая и второй участок сортировочного пути, где $\psi_{min} = 0,0006$ рад., за исключением зоны затормаживания на участках тормозных позиций.

Пример расчёта. Для примера, как и в [6], исследуем первый скоростной участок (СК1) горки. Исходные данные: $G = 908$ – сила тяжести вагона с грузом, кН; $G_{кп} = 19$ – сила тяжести одной колёсной пары, кН; $f = 0,15 \dots 0,25$ – коэффициент трения скольжения «металл по металлу» (см. стр. 65 в [26]); $f_k = 0,001$ – коэффициент трения качения «закаленная сталь по закаленной стали», м (см. стр. 42 в [28]); $r = 0,475$ – радиус по кругу катания колёс, м; $\psi_1 = 0,050$ – угол уклона СК1 горки, рад. [10]; $l_1 = 39,95$ – длина участка СП1 горки, м; $F_{x1} = 48,57$ – проекция силы тяжести вагона G на ось Cx с учётом проекции силы попутного ветра малой величины F_{vx} ($F_{vx} \approx 3,19$ кН) на участке СК1 горки; $F_{o1} = k_{o1}G = 0,001 \cdot 908 \approx 0,91$ – сила от основного сопротивления движению вагона, кН; $F_{св1} = k_{св1}G = 0,0005 \cdot 908 \approx 0,454$ – сила сопротивления от воздушной среды и ветра, кН; $F_{c1} = 1,36$ – в общем случае сила сопротивления всякого рода на участке СК1 горки, кН.

Результаты расчёта. 1) Проверка соблюдения равенства (2) (см. [6]).

Выполним расчёт по формуле (6) в [6], кН·м:

$$M_{тр1} = M_{Gx1} = G_{xc1} r = 11,35 \cdot 0,475 \approx 5,35.$$

Вычислим момент трения при качении $M_{к1}$ по формуле (2), кН·м:

$$M_{к1} = f_k N_1 = 0,001 \cdot 0,475 \approx 5,35 \cdot 226,72 = 0,227.$$

Как видно, неравенство (1) в [6] не соблюдается. Это означает, как отмечено в [6], что в этом случае происходит **качение колёс относительно поверхностей рельсовых нитей**, что в действительности соответствует движению вагона по скоростным участкам профиля сортировочной горки.

2) Проверим условие отсутствия скольжения колеса по рельсу, согласно нестрогану неравенству (7) (см. для примера стр.262 – 264 в [24]), кН:

$$G_{xc} \leq fG_{zc} \text{ или } 11,35 \leq 0,125 \cdot 226,72 = 28,76, \\ \text{или } 11,35 \leq 28,76.$$

Это, как и условие (2) в [6], означает **невозможность чистого скольжения колеса по рельсу**, что также соответствует действительности на скоростных участках профиля горки.

3) Проверим, соблюдается ли нестрогану неравенство (10):

$$f \ll (f_k/r) \text{ или не соблюдается } (f_k/r) \ll f$$

или

$$(0,001/0,475) \ll 0,125, \text{ или } 0,0021 \ll 0,125.$$

Как видно, условие (9) и/или (10) не соблюдается, а это означает, что потеря равновесия колеса по рельсу происходит путем перехода к качению (см. стр. 91 в [23]).

Анализ результатов вычислений, выполненных на основе аналитических формул (включая формулы (1) – (6) в [6]), выведенных с применением условия равновесия геометрической статики, позволил доказать качение колёс колесной пары по рельсовым нитям при движении вагона на всех участках спусковой части сортировочной горки, кроме участков тормозных позиций.

Рассмотрим следующие случаи кинематики качения колёс колёсных пар вагона относительно рельсовых нитей.

Исследуем кинематику качения колеса вагона без скольжения относительно рельса. Так как колесо вагона катится без скольжения, то скорость точки P касания колеса с рельсом равна нулю, т.е. $v_P = 0$ [16]. Поэтому точка P является мгновенным центром вращения (МЦВ) колеса (рис. 2) (см. стр. 227 [25]).

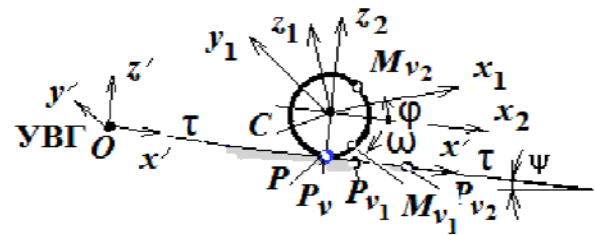


Рис. 2. Схема качения колёсных пар без скольжения относительно рельсовых нитей

На рис. 2 обозначено: $Cx_1y_1z_1$ – система подвижных осей, неизменно связанных с центром C движущейся колёсной пары; $Cx_2y_2z_2$ – система неподвижных осей неизменного направления, движущихся вместе с колёсной парой поступательно; P – точка соприкосновения колеса с рельсом, совпадающая с МЦВ P_v (см. стр. 227 и 242 [25]), где скорость $v_{P_v} = 0$; ϕ – угол между осями Cx_2 и Cy_1 , характеризующий положение движущейся колёсной пары относительно подвижных осей $Cx_2y_1z_2$, т.е. её относительное движение, показывающее вращение колёсной пары вокруг оси Cy_1 с угловой скоростью $\omega = \dot{\phi}(t) \neq 0$.

Здесь положительное направление угла, в соответствии с левой системой координат, направлено против часовой стрелки [29], а ω – угловая скорость движущейся колёсной пары между осями Cx_2 и Cx_1 , характеризующую её положение относительно подвижных осей $Cx_2y_1z_2$.

Считаем, что колесо вращается вокруг точки P с той же угловой скоростью ω , с какой вращается колесо вокруг своего центра C , т.е. $\omega_P = \omega_C = \omega$. Поэтому линейная скорость точки C :

$$v = \omega r, \quad (11)$$

где r – радиус колеса по кругу катания. Отсюда угловая скорость колеса: $\omega = v_C/r \neq 0$.

Очевидно, что условием качения колеса без скольжения относительно рельса является выполнение равенства (см. стр. 242 [25]):

$$v_C = \omega r. \quad (12)$$

Будем иметь в виду, что при качении колёсных пар без скольжения их мгновенные центры скоростей (МЦС) P_v находятся в точках касания колёс P с рельсовыми нитями, непрерывно изменяющей свое положение при вращении колеса (см. стр. 135 в [26]).

Согласно теореме кинематики о центроидах твёрдого тела (см. стр. 316 [19]) было выяснено следующее. При качении колеса без скольжения с соответствующей в каждый момент времени t угловой скоростью $\omega = \dot{\phi}(t) \neq 0$ относительно неподвижного рельса, имеющего общую касательную $\tau - \tau$, точка P (и/или любые другие точки на ободе колеса, например, точки M_{v1} и M_{v2} на рис. 2), после того как она войдет в контакт с поверхностью рельса, как подвижной центроидой, опишет траекторию, *называемую обыкновенной циклоидой* (см. стр. 107 [29]).

Так как качение колеса относительно рельса происходит без скольжения, то скорость точки касания колеса P , с рельсом равна нулю, т.е. $v_P = 0$. Следовательно, эта точка, как об этом отметили ранее, является мгновенным центром вращения (МЦВ) колеса (см. стр. 104 – 106 [21]).

Спустя некоторый промежуток времени Δt_1 МЦВ колеса из точки P , переместится в точку P_{v1} , с точкой P_{v1} на рельсе придёт в совпадение точка M_{v1} колеса. Ещё через некоторое время Δt_2 МЦВ колеса будет служить точка P_{v2} на рельсе, а МЦС – точка M_{v2} на колесе и в этот момент обе эти точки совпадают и т.д. При этом длина соответствующей дуги $P_{v1}M_{v1}$ подвижной центроиды (окружности колеса) равна длине $P_{v1}P_{v1}$ касательной $\tau - \tau$ рельса, как неподвижной центроиды (см. рис. 2).

Далее, длина соответствующей дуги $P_{v2}M_{v2}$ окружности колеса равна длине $P_{v2}P_{v2}$ касательной $\tau - \tau$ рельса. Такие явления происходят на скоростных участках профиля горки.

Исследуем кинематику качения колеса вагона со скольжением относительно рельса. Качение колеса с одновременным скольжением может иметь место, если за некоторый момент времени Δt точка P колеса начинает скользить относительно рельса. Такое явление возможно лишь при отсутствии углового поворота (и/или вращения) колеса (т.е. при $\phi = \dot{\phi} = \omega = 0$) вокруг его МЦВ P , т.е. при $\omega_P = 0$. Следовательно, колесо временно начинает скользить относительно рельса со скоростью v_C точки C , не равной ωr , т.е. $v_C \neq \omega r$, а равной начальной скорости вагона $v_{н.дт}$, до момента наступления явления скольжения колеса, т.е. $v_C = v_{н.дт}$. В этот момент времени окружность колеса станет неподвижной центроидой.

Таким образом, в этом случае колесо как неподвижная центроида, скользя, будет перемещаться относительно общей с рельсом (т.е. с другой неподвижной центроидой) касательной $\tau - \tau$ (см. рис. 2).

Заметим, что в пределе, когда $\Delta t \rightarrow 0$, качение колеса относительно рельса вновь произойдет без скольжения.

Авторы статьи [1, 3, 5, 6] убеждены, что смогли разъяснить авторам статьи [2, 4] суть кинематики качения колеса вагона со скольжением относительно рельса в привычном понимании.

Исследуем кинематику чистого скольжения колеса вагона относительно рельса. Чистое скольжение колеса относительно рельса возможно лишь в случае, когда под воздействием внешних факторов произойдет явление «заклинивания» колеса. Такие внешние факторы появляются в моменты включения вагонного замедлителя операторами сортировочной горки, когда в зоне затормаживания тормозных позиций под воздействием силы прижатия тормозных шин обода колёс колёсных

пар вагона будут прижаты так, что колёса принужденно будут скользить относительно рельсовых нитей. Следовательно, в этом случае невозможен угловой поворот ϕ (и/или вращение ω) колеса (т.е. $\phi = \dot{\phi} = \omega = 0$) вокруг его МЦВ P , т.е. при $\omega_P = 0$.

Отсюда ясно, что колесо вместе с тележками и кузовом вагона будет совершать, вместо плоскопараллельного движения (т.е. поступательное и вращательное вокруг собственного оси Cy_1 (см. рис. 2)), только поступательное движение, т.е. скорость v_C его центра C будет равна скорости центра масс вагона v , которая, в свою очередь, равна скорости входа вагона $v_{вх.н}$ в зону затормаживания тормозных позиций горки, т.е.

$$v = v_{вх.н} = v_C = \text{const.}$$

Отсюда можно заключить, что в зонах затормаживания вагона на участках тормозных позиций горки колёсные пары, начиная скользить относительно тормозных шин вагонного замедлителя, вместе с тележками и кузовом вагона совершают переносное поступательное движение со скоростью входа вагона в эту зону тормозных позиций, т.е. $v = v_{вх.н} = v_C = \text{const} > 0$ (см. предпоследний абзац последней колонки на стр. 36 в работе [4]).

Выводы

1. Согласно условию теоретической механики равновесия геометрической статики выяснены причины появления момента трения качения из-за воздействия рельса на колесо (или реакции не идеальной связи на колесо) и подтверждено условие перехода колеса к качению по рельсу.

2. Расчетами доказано, что в зонах затормаживания на участках тормозных позиций сортировочной горки происходит скольжение колёс колёсных пар вагона относительно рельсовых нитей. По этой причине ошибочным является определение скорости скольжения вагона на участках тормозных позиций по формуле свободного падения тел с учетом инерции вращающихся частей, как это бездоказательно рекомендовано в [2, 4].

3. В зонах затормаживания вагона на участках тормозных позиций горки колёсные пары, начиная скользить относительно тормозных шин вагонного замедлителя, вместе с тележками и кузовом вагона совершают переносное поступательное движение со скоростью входа вагона в эту зону тормозных позиций.

Литература

1. Туранов Х.Т. Некоторые проблемы теоретических предпосылок динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации. - 2015. - № 3 (237). - С. 29 - 36. ISSN 2072-8115.
2. Рудановский В.М. О попытке критики теоретических положений динамики скатывания вагона по уклону сортировочной горки / В.М. Рудановский, И.П. Старшов, В.А. Кобзев // Бюллетень транспортной информации. - 2016.- № 6 (252). - С. 19-28. ISSN 2072-8115.
3. Туранов Х.Т. О попытке доказательства нового подхода к исследованию движения вагона по спускной части сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации. - 2016. - № 10 (256). - С. 19 - 24. ISSN 2072-8115.

4. Позойский Ю.О. К вопросу движения вагона по уклону железнодорожного пути / Ю.О. Позойский, В.А. Кобзев, И.П. Старшов, В.М. Рудановский // Бюллетень транспортной информации. - 2018. - № 2 (272). - С. 35-38. ISSN 2072-8115.
5. Туранов Х.Т. Критический анализ теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть I) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Бюллетень транспортной информации. - 2018. - № 9 (256). - С. 19 - 24. ISSN 2072-8115.
6. Туранов Х.Т. К критическому анализу теоретических положений движения вагона с сортировочной горки (Часть III) / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Транспорт: наука, техника, управление. - 2018. - № 11. - С. 26-31. ISSN 0236-1914.
7. Туранов Х.Т. Выбор рационального режима роспуска «очень плохого бегуна» с сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко, О.В. Молчанова // Транспорт: наука, техника, управление. - 2018. - № 7. - С. 9 - 13. ISSN 0236-1914.
8. Туранов Х. Т. Математическое описание движения вагона на участках тормозных позиций сортировочной горки / Х.Т. Туранов, А.А. Гордиенко // Транспорт Урала. - 2018. - № 2 (57). - С. 3–8. DOI: 10.20291/1815-9400-2018-2-3-8. ISSN 1815-9400.
9. Образцов В.Н. Станции и узлы. Ч. II / В.Н. Образцов. - М.: Трансжелдориздат, 1938. - 492 с.
10. Земблинов С.В. Альбом схем элементов станций и узлов / С.В. Земблинов, И.И. Страковский. - М.: Всесоюз. изд.-полиграфич. объедин. МПС, 1962. - 89 с.
11. Железнодорожные станции и узлы: учеб. для вузов ж. - д. трансп. / В.М. Акулиничев, Н.В. Правдин, В.Я. Болотный, И.Е. Савченко. Под ред. В.М. Акулиничева. - М.: Транспорт, 1992. - 480 с. (С.207 – 253).
12. Акулиничев В.М. Расчёт и проектирование сортировочных горок большой и средней мощности: учебн. пособ. для вузов ж. - д. трансп. / В.М. Акулиничев, Л.П. Колодий. - М.: МИИТ, 1981.- 61с.
13. Prokop, J & Myojin, Sh. Desing of Hump Profile in Railroad Classification Yard. Memoirs of the Faculty of Engineering. Okayama University. 1993. Vol. 27. No. 2. P.41-58. Available at: http://ousar.lib.okayama_u.ac.jp/file/15404/Mem_Fac_Eng_OU_27_2_41.pdf.
14. Prokop, J & Myojin, Sh. Simulation of Hump Performancre in Railroad Classification Yard. Memoirs of the Faculty of Engineering. Okayama University. 1993. Vol. 27. No. 2. P.59-71. Available at: http://ousar.lib.okayama_u.ac.jp/file/15404/Mem_Fac_Eng_OU_27_2_59.pdf.
15. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1 520 мм. - М.: ТЕХИНФОРМ, 2003. - 168 с.
16. Железнодорожные станции и узлы (задачи, примеры, расчёты): Учебное пособие для вузов ж. - д. трансп. / Н.В. Правдин, В.Г. Шубко, Е.В. Архангельский и др.; Под ред. Н.В. Правдина и В.Г. Шубко. - М.: Маршрут, 2005. - 502 с.
17. Железнодорожные станции и узлы: учебник / В.И. Апатцев и др.; под ред. В.И. Апатцева и Ю.И. Ефименко. - М.: ФГБОУ «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте», 2014. - 855 с.
18. Николай Е.Л. Теоретическая механика. Ч.II. Динамика / Е.Л. Николай. - М. - Л.: ГИФМЛ, 1952. - 484 с.
19. Воронков И.М. Основной курс теоретической механики / И.М. Воронков. - М.: ГИТТЛ, 1957. - 596 с.
20. Николай Е.Л. Теоретическая механика. Ч.І. Статика. Кинематика / Е.Л. Николай. - М.: ГИФМЛ, 1958. - 280 с.
21. Бухгольц Н.Н. Курс теоретической механики. Ч.І. / Н.Н. Бухгольц. - М.: Наука, 1967. - 467 с.
22. Добронравов В.В. Краткий курс теоретической механики: учебник для втузов / В.В. Добронравов, Н.Н. Никитин, А.Л. Дворников. - М.: Высш. шк., 1968. 624 с.
23. Бутенин Н.В. Курс теоретической механики / Н.В. Бутенин, А.Я. Лунц, Д.Р. Меркин. - СПб.: Изд-во «Лань», 1998. - 736 с.
24. Лойцянский Л.Г. Курс теоретической механики. В 2-х томах. Т.ІІ. Динамика / Л.Г. Лойцянский, А.И. Лурье. - М.: Наука, 1983. - 640 с.
25. Яблонский А.А. Курс теоретической механики. Учебн. для тех. вузов / А.А. Яблонский, В.М. Никифорова. - СПб.: Изд-во «Лань», 1998. - 768 с.
26. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики: учебник для втузов. - М.: Высш. шк., 1998. - 416 с.
27. Туранов Х.Т. Теоретическая механика в специальных задачах грузовых перевозок: учебное пособие / Х.Т. Туранов. - Новосибирск: Наука; Екатеринбург, Изд-во УрГУПС, 2012. - 447 с.
28. Иванов П.С. Кинетика усталостного разрушения рельсовых плетей железнодорожного пути по дефектам в подошве рельса / П.С. Иванов. - Нижний Новгород: ДЦНТИ ГЖД, 2009. - 74 с.
29. Бронштейн И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов: Учебн. пос. / И.Н.Бронштейн, К.А. Семендяев. - СПб.: Изд-во «Лань», 2009. - 608 с.

Сведения об авторах

Туранов Хабибулла Туранович, Почётный железнодорожник, доктор технических наук, профессор кафедры «Станции, узлы и грузовая работа» УрГУПС
620034. г. Екатеринбург. ул. Колмогорова, 66.
Тел. + 7 963 035 31 89 (моб.).
E-mail: khturanov@yandex.ru

Гордиенко Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Станции, узлы и грузовая работа» УрГУПС
620034. г. Екатеринбург. ул. Колмогорова, 66.
Тел. + 7 919 374 84 81 (моб.).

Джаббаров Шухрат Ботирович, ассистент кафедры «Вагоны» ТашИИТ
100069. г. Ташкент, ул. Темирийулчилар, 1.
Тел. + 998 97 330 37 51 (моб.).

ЛОГИСТИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЦЕПИ ПОСТАВОК

Доктор техн. наук, профессор **Чеботаев А. А.**(Научный центр по комплексным транспортным проблемам
Министерства транспорта Российской Федерации. НЦКТП Минтранса России)Доктор техн. наук, профессор **Ивахненко А.М.,**кандидат техн. наук, доцент **Фаддеева Е.Ю.,**кандидат техн. наук, доцент **Гоголин С.С.**

(Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет. МАДИ)

LOGISTICS TECHNOLOGIES IN SUPPLY CHAINS

Doctor (Tech.), Professor **Chebotaev A.A.**

(Scientific Center for Complex Transport Problems of the Ministry of Transport of the Russian Federation)

Doctor (Tech.), Professor **Ivakhnenko A.M.,**Ph. D. (Tech.), Associate Professor **Faddeeva E.Y.,**Ph. D. (Tech.), Associate Professor **Gogolin S.S.**

(Moscow Automobile and Road Construction State Technical University. MADI)

*Иерархическая теоретическая модель, полная интегральная цепь, поставки, транспорт, распределение поставок.**Hierarchical theoretical model, complete integrated circuit, supply, transport, distribution of supplies.*

Эффективность товародвижения напрямую зависит от функционирования логистических технологий и видов обеспечения. Отсутствие одного из видов обеспечения, например транспортного, приводит к отказу или к вероятному снижению качества поставок в логистических цепях различной длины и назначения. Использованный системный анализ и теория множеств позволили построить иерархическую теоретическую модель формирования чувствительности логистических технологий к экономике. Рассмотрены специфические факторы построения полных интегральных логистических цепей поставок и формирования структуры их цены.

The efficiency of goods movement directly depends on the functioning of logistics technologies and the types of their provision. The absence of one type of provider, for example transport, leads to a failure or a probable reduction in the quality of supply in logistic chains of different lengths and destinations. The used system analysis and set theory allowed to construct a hierarchical theoretical model of the formation of the sensitivity of logistics technologies to the economy. Specific factors of the construction of complete integrated logistics supply chains and formation of the structure of their prices are considered.

Чувствительность логистики и экономики

Логистика в большей мере, чем другие отрасли научной и практической деятельности, подвержена влиянию рыночного регулирования с участием правительственных и местных органов власти, а также предпринимательских сообществ. При этом необходимо понимать, что многочисленные уже существующие и вновь возникающие государственные, частные, муниципальные субъекты рынка не похожи друг на друга, а проблемы их становления и развития не подчиняются единой политике «логистической технологии», хотя характеризуются некоторыми общими принципами товародвижения в цепях поставок. Однако при этом видна явная микроэкономическая сущность использования и внедрения логистических технологий в виде интегральных цепей с временем t входа в канал и выходом из каналов со временем $t + \Delta t$ (где Δt логистическое время товародвижения).

Кроме дополнительного логистического времени, очевидно, что рыночная, уже конечная цена потребления товара C_p , в итоге будет равна сумме отпускной цены товаропроизводителя (товаровладельца) и некой общей логистической цены поставок L (т.е. стоимость услуги с учетом транспортно-складских затрат) каналов сбыта (снабжения), т.е.:

$$C_p = C_{omn} + L \quad (1)$$

На основании изучения различных литературных источников [1 - 4] методологии системного анализа и теории множеств разработана Ноу-хау иерархическая теоретическая модель формирования логистических технологий товародвижения в экономике (рис.1).

Было установлено, что разработанную логистическую систему, с учетом принципа декомпозиции, можно представить как некое множество L (нулевого уровня), состоящие из трех множеств (элементов). Первый уровень - виды потоков. Подмножество $L.1$. определяет виды материальных потоков. Подмножество $L.2$. определяет группу нематериальных интеллектуальных факторов: потоки информации и управления. Подмножество $L.3$. определяет группу стоимостных факторов: денежный и финансовый поток.

Таким образом, математически разработанная логистическая система записывается как непустое множество, понимаемое только из примеров, где элементы подмножеств $L.1$, $L.2$, $L.3$ принадлежат множеству, т.е.

$$L = (\{L.1\}, \{L.2\}, \{L.3\}) \quad (2)$$

где $L.1 \in L$, $L.2 \in L$, $L.3 \in L$.

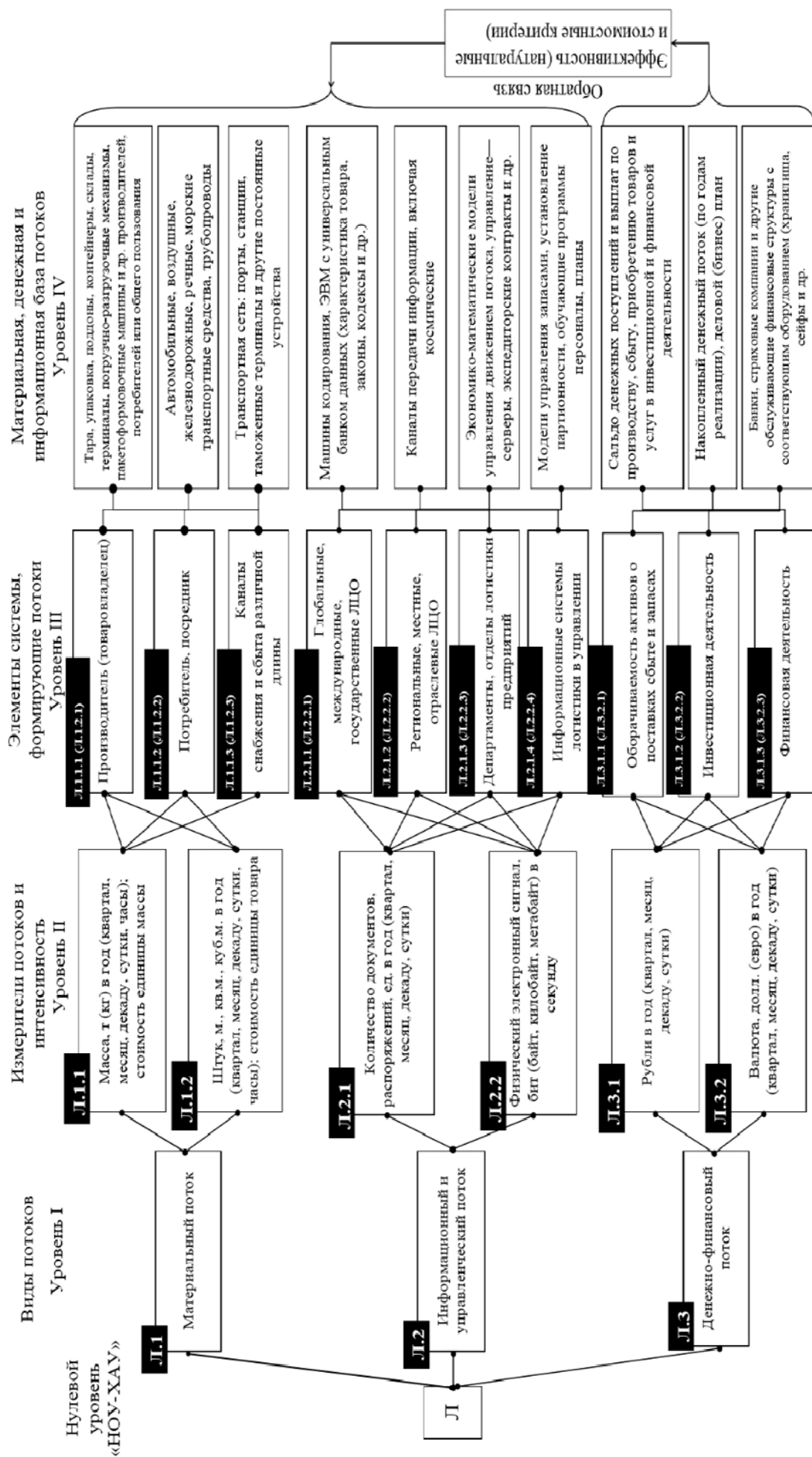


Рис. 1. Теоретическая иерархическая модель формирования логистических технологий товародвижения в экономике

Следовательно, каждый из этих трех элементов подмножеств одновременно принадлежит множеству L в качестве составной части всей нашей теоретической модели. В свою очередь, с учетом декомпозиции подмножества $L.1, L.2, L.3$ на более низком уровне является множеством для нижеследующих подмножеств.

Таким образом, с научной точки зрения под логистикой (логистическими технологиями) понимается область знаний о закономерностях товародвижения в цепях поставок.

Полная интегральная логистическая цепь

Из приведенного выше классического определения логистических технологий следует важная особенность системного интегрированного подхода к формированию цепей поставок. Имеющиеся современные данные

и проведенные натурные наблюдения позволили установить характер важнейших взаимосвязей, складывающихся между снабжением, складированием, производством, сбытом, транспортом и потребителями. Гармоничное взаимодействие всех этих элементов позволило сформировать полную интегральную цепь поставок $L_{ц}$ (рис.2.).

Комплексное функционирование интегральной цепи поставок $L_{ц}$ и процедура принятия решения основывается на взаимодействии на первом уровне 3-х составляющих элементов. Это $L_{ц1}$ – входящее снабженческо-транспортное звено; $L_{ц2}$ – производственно-перерабатывающее звено и $L_{ц3}$ – выходящие транспортно-сбытовое звено.

Из данных рис.2 наглядно виден генезис формирования интегральной логистической цепи в цепи поставок.

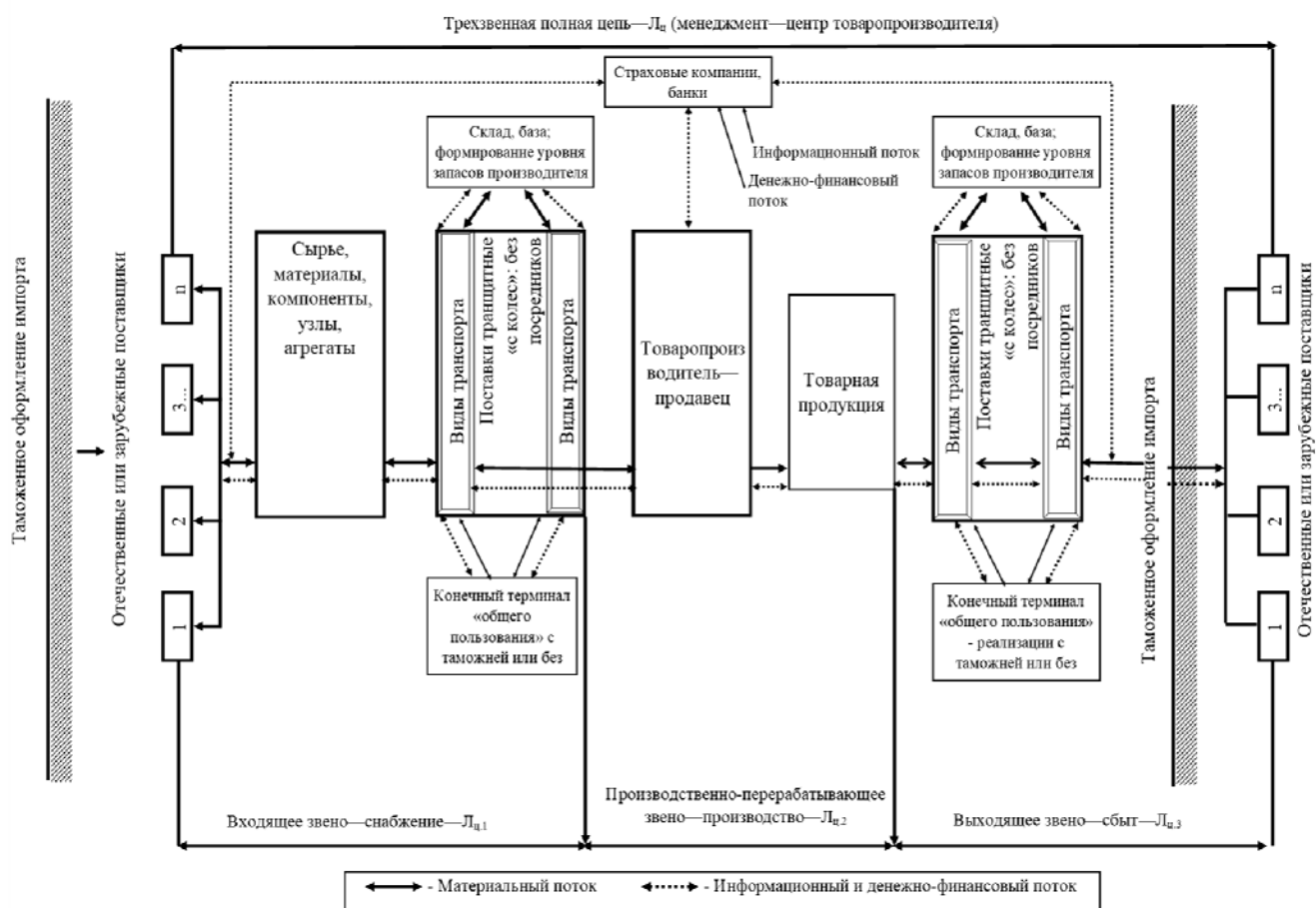


Рис.2. Полная интегрально-логистическая цепь поставок

На рис. 3 приведен вариант методики формирования структуры цены предложенных логистических услуг на рынке и получаемой при этом прибыли с учетом реализации интегральной логистической цепи. Для того чтобы получить исчерпывающую информацию с целью обоснования структуры цены товара, необходимо провести детальный анализ её формирования. Это даст возможность сравнить полученный уровень цены до и после реализации логистических услуг товародвижения в поставках и затем сравнить с ценой товара на рынке.

Специфическая особенность интегрированного подхода в выработке стратегии развития любой фирмы заключается в том, чтобы весь процесс изготовления товара, затем товародвижения и в итоге реализации на рынке рассматривать как единое целое при формировании цены. При этом предполагается, что собственником остается сам товаропроизводитель. Получаемые таким

путем сведения должны включать все расходы, связанные с изготовлением товара-продукции и маркетинговыми расходами по изучению рынка, в том числе и зарубежного. Сюда включают логистические издержки каналов снабжения, заготовок, складирования L^I и внутрипроизводственные логистические издержки L^{II} (см. рис. 3). При отсутствии отдельной калькуляции маркетинговых (М) и логистических издержек они включаются в себестоимость продукции как сумма маркетинговых издержек:

$$ML = M + L^I + L^{II} \quad (3)$$

Из данных рис.3 также видно, что на себестоимость продукции C влияют, кроме амортизации, оплаты труда, налогов, стоимости сырья, акцизов и т.п., ещё и ранее упомянутые логистические издержки L^I и L^{II} .

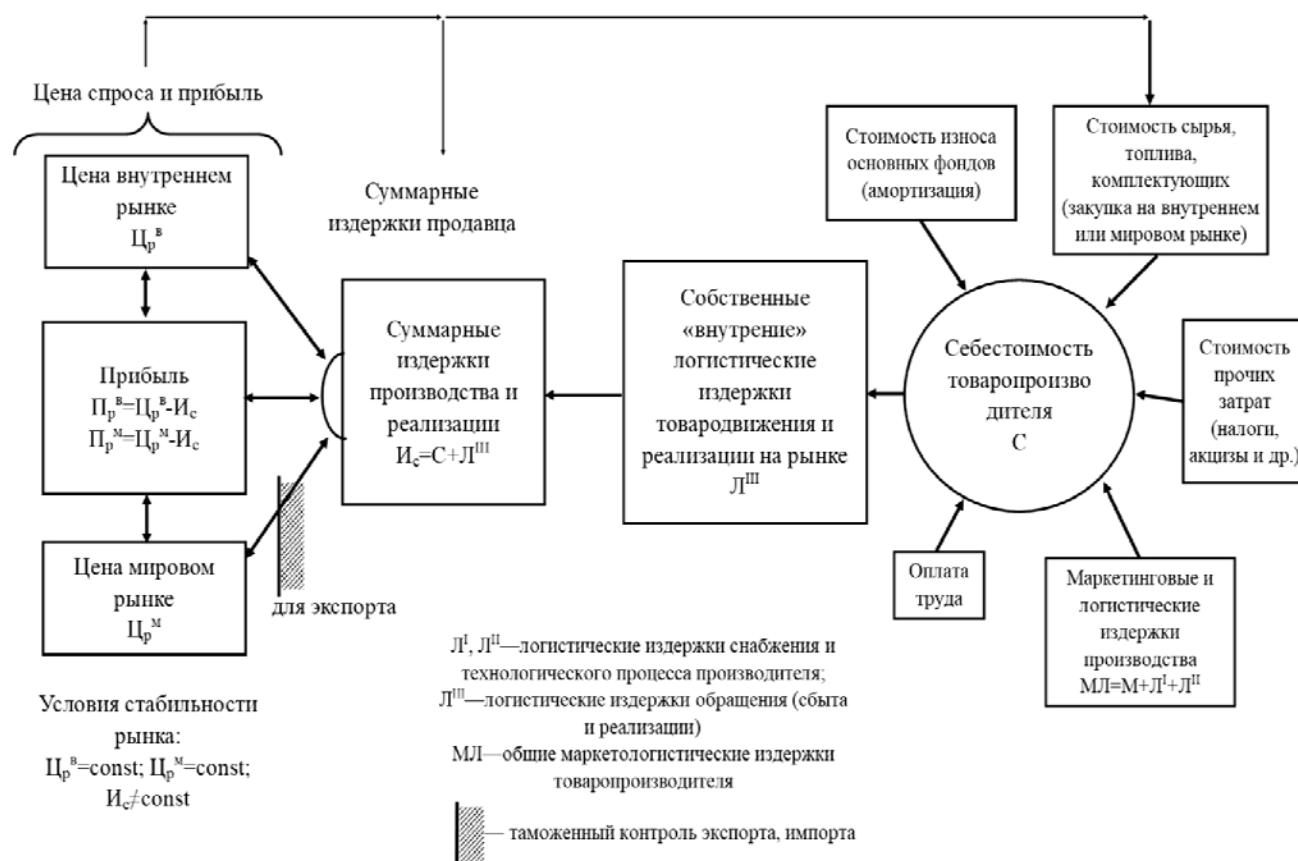


Рис. 3. Формирование структуры цены и прибыли товаропроизводителя в интегральной логистической цепи при реализации своего коммерческого проекта

В итоге каждый товаропроизводитель уже на некий «удаленный» рынок будет выходить с суммой C и логистических издержек сбыта и реализации своего товара в «удаленных» каналах товародвижения L^{III} , т.е.:

$$И = C + L^{III} \quad (4)$$

При этом прибыль (маржа) такого товаропроизводителя будет определяться:

- на внутреннем рынке как разность

$$П_r = Ц_r^в - И$$

- на внешнем рынке как разность:

$$П_r = Ц_r^м - И$$

где $Ц_r^в, Ц_r^м$ - соответственно рыночная внутренняя и внешняя мировая цена товара, продукции.

Таким образом, в итоге вся маржа, связанная с товародвижением ($L^I + L^{II} + L^{III}$), остается у этого товаропроизводителя с использованием внутрифирменных логистических технологий.

Предложенная в порядке обсуждения проблема влияния логистических издержек на рыночную цену позволит ее использовать различными товаропроизводителями и товаровладельцами для реализации своих коммерческих проектов.

Обеспечение логистических технологий

Для успешного эффективного функционирования логистических технологий, представляющих сложные общественные отношения, которые затрагивают различные области услуг в экономике, должна предусмат-

риваться комплексная система их обеспечения. Здесь - и регламентирующее нормативно-правовое, информационно-управленческое, а также терминально-складское, организационное обеспечение. Все они поддерживают логистическое товародвижение и в статье подробно не рассматриваются. Наибольшее значение для функционирования логистических технологий представляет транспорт. Транспорт в логистике играет определяющую роль в функционировании логистических цепей поставок различных товаров. Его доля в цене товара иногда достигает 35-45%.

Транспортная политика, вне зависимости от доли собственности на подвижной состав и на его инфраструктуру, со временем постоянно изменяется в зависимости от того, используется ли транспорт общего пользования или как обслуживающий элемент логистических технологий. Эти изменения связаны с усилением конкурентных преимуществ между разными видами транспорта, ускорением морального износа транспортных средств и путей сообщения, ростом смешанных, комбинированных перевозок, дифференциацией скорости доставки. В итоге это и определяет масштабы его дальнейшего развития, в том числе и в логистических технологиях.

Распределение материальных логистических потоков по территории в значительной степени определяется транспортным фактором. Перевозка изготовленного товара, продукции, по сути, продолжает производственный процесс. Выполненный анализ транспортного участия в товародвижении показал, что распределение материальных потоков в значительной степени зависит от транспортной обеспеченности. На рис. 4 показано участие различных видов транспорта в распределении

материальных потоков с учетом импорта и экспорта. Из схемы рисунка видно, что транспортный фактор остается одним из решающих для местной, региональной и межрегиональной и транзитной емкости рынков. Изменение характера спроса клиентуры на логистические

услуги будет определяться сдвигами в отраслевой и территориальной структуре экономики, специализацией и кооперацией производства и торговли, а также расширением международных транспортных и экономических связей.

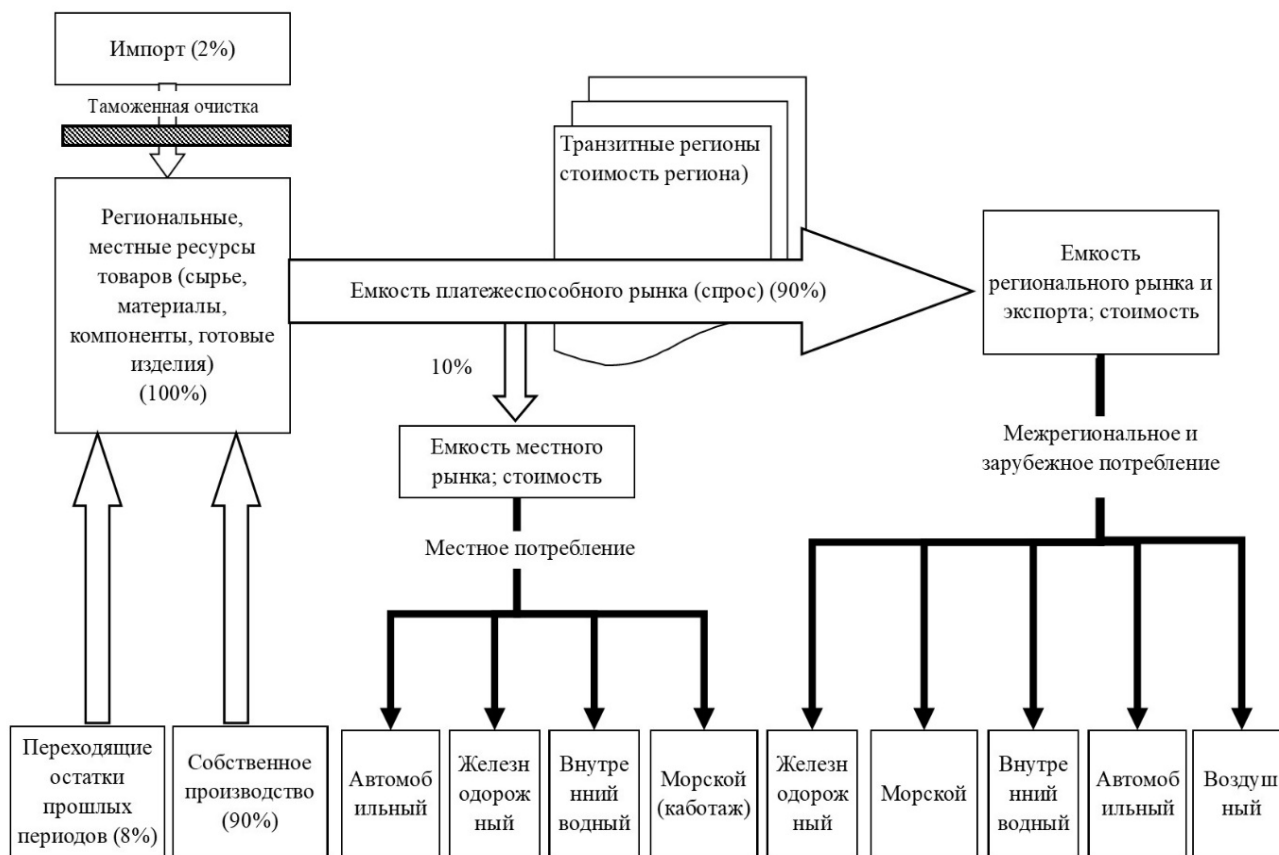


Рис. 4. Схема участия видов транспорта в распределении материальных логистических потоков

Заключение

Полученные теоретические зависимости служат базой для обоснования выбора схемы обеспечения товародвижения с использованием логистических технологий.

В результате разработанной теоретической модели чувствительности логистики и экономики можно значительно облегчить выбор в применении логистических технологий для реализации различных коммерческих проектов в товародвижении.

Литература

1. Беляев В.М., Фаддеева Е.Ю. Проблемы управления цепочками поставок и пути их преодоления. // Интегрированная логистика. - 2012. - №3.
2. Миротин Л.Б., Саркиев В.М. Тренды и инновации в логистике и управлении цепями поставок // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. = Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura. – 2014. – №1(1).
3. Миротин Л.Б., Некрасов А.Г. Логистика интегрированных цепочек поставок: учебник. - М.: Экзамен, 2003.
4. Ивахненко А.М., Чеботаев А.А., Ивахненко А.А. Менеджмент качества транспортных услуг. Учебное пособие. – М., МАДИ, 2016. - 116 с.

5. Повышение эффективности грузовых перевозок на основе создания устойчивой транспортно-логистической системы модульного типа для высокоскоростной обработки и доставки грузов/ Л. Б. Миротин, А. Г. Некрасов, В.А. Гудков и др. Под ред. Л. Б. Миротина и А.Г. Некрасова. – М.: Техполиграфцентр, 2013. – 232 с.

6. Чеботаев А.А. Генезис «Маятника экономики» в регулируемых рыночных отношениях – М.: «Колос», 2003. - 304с.

7. Чеботаев А.А., Чеботаев Д.А. Логистика и менеджмент товародвижения. – М.: «Экономика», 2012. – 397с.

8. Чеботаев А.А. Уровни трудо- и энергоемкости как факторы инновационной и деловой активности перевозок в экономике. // Инновационный транспорт. - 2017. - №4 (26). - С. 38-48. ISSN 2311-164X.

9. Чеботаев А.А., Ивахненко А.М., Чеботаев Д.А. Транспортные взаимодействия в пограничных перевалочных пунктах международных логистических цепей / А.А. Чеботаев, А.М. Ивахненко, Д.А. Чеботаев// Международный экспедитор.– 2012.– №1.– С. 30-37.

10. Капtilкин С.К. Исследование взаимодействия системы транспорт-производство на формирование рынка потенциальных услуг: дис...канд. техн. наук / С.К. Капtilкин. - Москва, 2013.

Сведения об авторах

Чеботаев Алик Александрович, доктор технических наук, профессор, Лауреат Премии Совета Министров СССР; НЦКТП Минтранса РФ - 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, 16.

Тел. моб. +7-903-189-49-38

Email: managementkafedra@yandex.ru

Ивахненко Андрей Михайлович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Менеджмент» МАДИ - 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64.

Тел. моб. +7-919-772-44-78

Email: ivakhnenko_am@mail.ru

Фаддеева Екатерина Юрьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Менеджмент» МАДИ - 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64.

Тел. моб. +7-985-846-75-06

Email: faddeeva84@mail.ru

Гоголин С.С. кандидат техн. наук, доцент кафедры «Менеджмент» МАДИ - 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64.

Тел. моб. +7-915-038-74-03

КЛАССИФИКАЦИЯ И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ТРАНСПОРТНЫХ УЗЛОВ НА БАЗЕ РЕЧНЫХ ПОРТОВ

Доктор экон. наук, профессор **Куренков П.В.**,
аспирант **Мухамадшоев Ф.К.**,
кандидат техн. наук, доцент **Володин А.Б.**,
старший преподаватель **Андрущак Е.Н.**
(Российский университет транспорта. РУТ - МИИТ)

CLASSIFICATION AND SYSTEMATIZATION TRANSPORT HUBS BASED ON RIVER PORTS

Doctor (Econ.), Professor **Kurenkov P.V.**,
Post-graduate **Mukhamadshoev F.K.**,
Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Volodin A.B.**,
Senior Teacher **Andrushchak E.N.**
(Russian University of Transport. RUT - MIIT)

Внутренний водный транспорт, речные порты, транспортные узлы, классификация, систематизация.

Inland water transport, river ports, transport hubs, classification, systematization.

Рассмотрение основных типов транспортных узлов на судоходных реках показало, что существует определённая взаимосвязь между мощностью транспортных узлов, определяемой протяжённостью внутриузловых ходов, числом железнодорожных станций, портовых районов, их пропускной и перерабатывающей способностью, а также схемой их территориальной организации. Рассмотрены узлы без мостовых переходов, узлы с одним мостовым переходом и узлы с двумя переходами через реку. Предлагается разработка единых технологических процессов работы портов и обслуживающих их железнодорожных станций.

Consideration of the main types of transport hubs on navigable rivers showed that there is a certain relationship between the capacity of transport hubs, determined by the length of intra-nodal passages, the number of railway stations, port areas, their throughput and processing capacity, as well as their territorial organization. Nodes without bridge crossings, nodes with one bridge crossing and nodes with two crossings over the river are considered. It is proposed to develop common technological processes for the operation of ports and railway stations serving them.

За годы плановой экономики многие узлы России изменились не только количественно (в смысле материального наполнения и увеличения мощности), но и качественно. Возникли новые станции и внутриузловые соединения. Прошла специализация станций по характеру выполняемых операций. Схемы крупных узлов, впитавшие в себя влияние многочисленных факторов, сегодня характеризуются уже в значительной степени сложившейся структурой, размещением магистральных внутриузловых ходов, специализированных станций и портовых районов. Длительной эволюцией во многом объясняется большое разнообразие схем транспортных узлов, которое наблюдается на сети путей сообщения страны и не все узлы могут быть вполне определенно отнесены к тому или иному типу.

Под территориальной организацией понимается схема взаимного расположения основных элементов транспортного узла и их специализаций. Она складывается десятилетиями под влиянием многочисленных факторов географического, технико-экономического, планировочного и исторического характера. Трудно узнать в настоящих структурах Нижегородского, Волгоградского, Новосибирского и других транспортных узлов прежние схемы, начавшие складываться более столетия назад, инфраструктурные комплексы в узловых пунктах транспортной сети.

Долгое время вопросы обоснования расчетным путем схем размещения транспортных устройств в узлах оставались малоизученной областью. Отсутствовали методы определения минимального количества и выявления наиболее целесообразных схем взаимного раз-

мещения станций, портовых районов и т.п. Благодаря исследованиям советских специалистов по многим задачам планировочного характера были найдены общие или частные решения [15,16,17,29,43-54]. К числу этих задач относится выбор числа и размещения грузовых и сортировочных станций, грузовых дворов, портовых районов на сети железных дорог и в транспортных узлах. Методика выбора оптимального числа и размещения портовых районов в узлах в увязке с работой железнодорожного и автомобильного транспорта разработана достаточно детально [16,17,29,43-54].

Ниже рассматриваются железнодорожно-речные транспортные узлы разных типов с точки зрения условий размещения в них перевалочных районов. При этом оказалось целесообразным несколько отступить от общей системы классификации транспортных узлов, разработанной в Отделе транспортных узлов ИКТП [17]. И рассмотреть лишь три наиболее характерных типов узлов, расположенных в пунктах выхода к водным путям или пересечения железных дорог с крупными судоходными реками.

Узлы без мостовых переходов

Узлы рассматриваемой группы являются либо тупиковыми, либо сквозными и имеют значительное распространение на нашей сети. Из числа рассмотренных 40 наиболее крупных железнодорожно-речных транспортных узлов к данному типу относятся 13 (33 %). Они размещаются в сравнительно небольших городах с населением от 50 до 250 тыс. жителей.

По планировочной структуре многие города данной группы представляют собой достаточно компактный жилой массив, тяготеющий к реке и железнодорожной линии. Город, как правило, располагается на одном из берегов реки - со стороны подхода железной дороги. Исключение представляют лишь некоторые узлы, расположенные в устьях рек (например, Архангельск).

Промышленные предприятия тяготеют либо к железнодорожной станции и связаны с ней подъездными путями, либо размещаются на берегах реки и имеют возможность получения сырья и вывоза продукции непосредственно речным транспортом. Мелкие предприятия с незначительным грузооборотом, осваиваемым автотранспортом, часто размещаются внутри жилого массива.

Железнодорожная сеть в таких узлах характеризуется следующими показателями:

- количество сходящихся в узле линий - от 1 до 3;
- протяженность внутриузловых ходов и соединений - от 10 до 30 км ;
- число станций других раздельных пунктов - от 1 до 7;
- местный грузооборот (погрузка + выгрузка) железнодорожных станций - от 2 до 5 млн. т в год.

Число станций более 1 – 2, как наиболее крупные узлы данной группы, расположены обычно в устьях больших рек и имеют, наряду с речным портом, морской (Архангельск, Николаев).

Несколько станций имеют также некоторые узлы, расположенные в осваиваемых северных и восточных районах страны и совпадающие с начальными или конечными пунктами судоходства и местами массовой передачи грузов с железной дороги на воду в обратном направлении (Комсомольск-на-Амуре, Асино). Специализация станций по роду выполняемых операций в узлах рассматриваемого типа обычно не наблюдается.

Местный грузооборот речного транспорта изменяется в пределах от 100 тыс. т до 1 млн. т в год в зависимости от расположения узла на сети и перерабатывается на причалах общественного пользования и клиентуры. Речной порт в зависимости от структуры и размеров грузооборота состоит из одного основного портового района общего пользования. В некоторых случаях в его состав входит специализированные районы (нефтяной, элеваторный др.). Перевалочные операции в узлах рассматриваемого типа обычно осуществляются в одном из районов, совмещенном с основным грузовым районом порта. Ввиду незначительных размеров узла децентрализация перевалочных операций не может дать существенных экономических выгод практически при любой корреспонденции перевалочных грузопотоков.

Наиболее характерные разновидности узлов данного типа представлены на рис.1.

Случай «А» характерен подходом железнодорожной линии и расположением станции в направлении, перпендикулярном или почти перпендикулярном к реке (Кинешма, Камышин и др.). Станция М обычно не является специализированной и выполняет пассажирские и грузовые операции, а также необходимую маневровую работу по обслуживанию подъездных путей.

Ниже рассматриваются **возможные варианты размещения перевалочных районов в узлах данного типа.**

1-й вариант (см. рис. 1а) - выше города по течению реки, близ основного промышленного района с примыканием железнодорожной ветви небольшого протяжения к станции М. Указанное размещение перевалочных

устройств возможно, если это не противоречит санитарно-гигиеническим и противопожарным требованиям города.

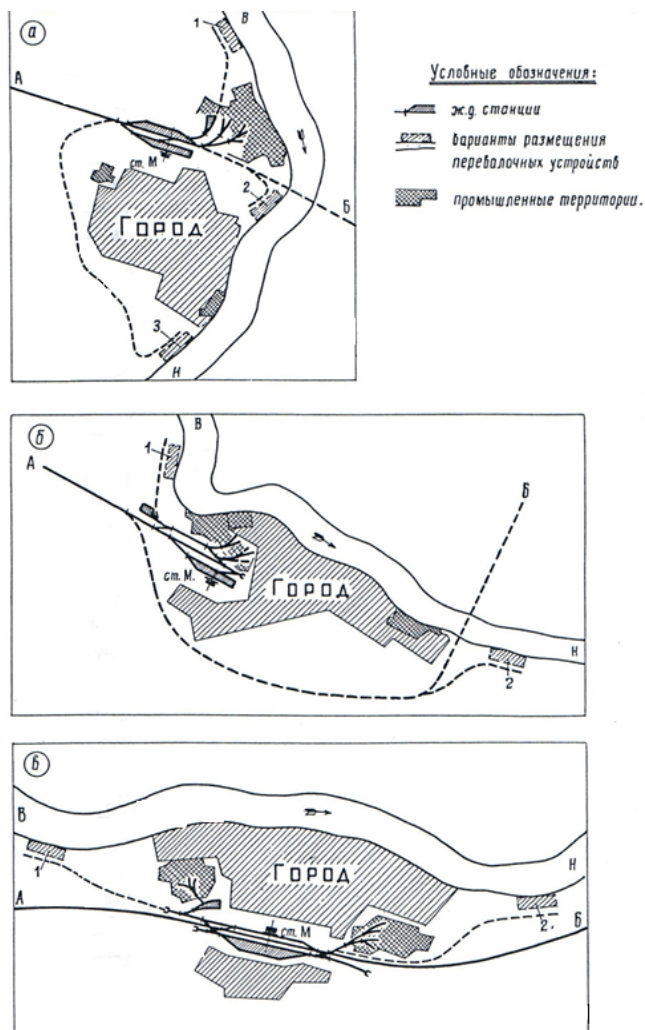


Рис.1. Воднотранспортные узлы без мостовых переходов

Преимуществами данного варианта являются:

1) минимальные затраты на пропуск перевалочного грузопотока с В на А (или в обратном направлении) в виду отсутствия угловых пробегов и повторных передвижений как на реке, так и по железной дороге;

2) минимальные затраты на строительство портовых железнодорожных устройств (ветви, путевое развитие станций) и их эксплуатацию, так как район перевалки расположен в непосредственной близости от станции М и не требует создания специальной районной (портовой) станции или парка может отсутствовать;

3) расположение близ основного промышленного массива, что позволяет не только повысить качество обслуживания промышленных предприятий и порта железнодорожным транспортом и улучшить эксплуатационные показатели его работы (простой вагонов, производительность маневровых локомотивов и др.) путем кооперирования, но и дает городу хорошее планировочное решение;

4) возможность беспрепятственного развития перевалочных устройств в дальнейшем, так как они создаются, по существу, на свободной территории, где имеются все условия для резервирования потребных площадей.

Основным недостатком рассматриваемого варианта является дополнительный пробег по реке для грузопотока, корреспондирующего по направлению Н-А. Однако в этом случае может быть сокращен внутриузлов

вой пробег по железной дороге, что в некоторой степени компенсирует дополнительные затраты на перевозки по реке. Необходимо отметить также, что при создании в узле грузового портового района при данном варианте его размещения могут возникнуть значительные пробеги и затраты на перевозки автотранспортом.

2-й вариант (см. рис. 1б) - в центральной части узла близ проектируемого мостового перехода через реку.

Данный вариант может обладать всеми преимуществами рассмотренного выше, за исключением последнего пункта, так как при указанном размещении перевалочных устройств ухудшатся условия их развития и территориального роста города в будущем, а также затруднятся связи между жилой и промышленной его частями. В отношении поточности пропуска перевалочных грузов по обоим возможным корреспонденциям (А-В и А-Н) при данном варианте создаются более благоприятные условия, чем в рассмотренном выше. При создании единого грузового портового района и размещении его в центральной части узла сокращаются затраты на внутриузловые перевозки автотранспортом.

3-й вариант (см. рис. 1в) - ниже города по течению реки, за пределами жилого массива.

Такое размещение перевалочных устройств может иметь место, если рассмотренные ранее варианты исключаются по планировочным, санитарным или другим требованиям.

Данный вариант обладает весьма существенными недостатками, а именно:

- 1) перевалочные устройства располагаются на значительном расстоянии от основной железнодорожной станции, что вызывает увеличение длины портовой ветви и ухудшает обслуживание порта железнодорожным транспортом;

- 2) происходит распыление грузовой работы в узле, нарушается четкое деление территории города на жилую и промышленно-транспортную зоны, что в итоге приводит к ухудшению работы транспорта и условий для его кооперирования и рационального взаимодействия;

- 3) портовая ветвь охватывает город и затрудняет его территориальное развитие.

К преимуществам рассматриваемого варианта следует отнести возможное сокращение затрат на внутриузловые перевозки речным транспортом, если основной перевалочный грузопоток корреспондирует по направлению Н-А. Однако экономический эффект от этого снижается увеличением пробега по портовой ветви. Следует отметить, что при создании единого грузового портового района могут сократиться расходы по автомобильным перевозкам внутри узла.

Случай «Б» имеет место, когда железнодорожная линия и станция располагаются параллельно (вдоль реки). Указанный случай встречается в железнодорожно-речных узлах, расположенных в устьях рек (Николаев, Херсон и др.) Как и в рассмотренном выше случае «А», станция М является основной станцией узла, не специализированной по роду выполняемых операций.

Возможны следующие варианты размещения перевалочных районов:

1-й вариант - выше города по течению близ железнодорожной станции М.

Данному варианту свойственны в основном те же преимущества и недостатки, которыми характеризовался первый вариант в рассмотренном выше случае «а»;

2-й вариант - ниже города по течению реки, в месте проектируемого мостового перехода.

Преимущества и недостатки такого размещения перевалочных устройств также были рассмотрены выше. Здесь следует лишь отметить, что при оценке данного варианта необходимо учитывать размещение проектируемого мостового перехода и превращение тупикового узла в перспективе в сквозной. В случае пересечения на схеме «б» реки линией А-Б (указанной пунктиром), возможно возникновение в будущем концентрированных перевалочных потоков, корреспондирующих по направлениям Б-В и Б-Н. При размещении перевалочных устройств за городом, ниже по реке, необходимо учитывать расположение намечаемой сортировочной станции, а также специализацию существующих и проектируемых станций, объём загрузки внутриузловых ходов и др. При планируемом расположении проектируемой сортировочной станции на обходе города (в правобережной части) или на противоположном берегу реки для пропуска перевалочных грузопотоков указанных выше корреспонденций создаются весьма благоприятные условия. Эти условия следующие: размещение перевалочных устройств в непосредственной близости от сортировочной станции, освобождение обхода, который в будущем может стать основным внутриузловым ходом, от дополнительного передаточного движения, переключение грузопотоков на воду во входной части узла и др. С учетом перспектив развития узла может оказаться целесообразным размещение перевалочных устройств ниже города по реке, несмотря на то что это требует строительства портовой ветви значительного протяжения. С целью экономии средств портовая ветвь может быть проложена по трассе будущего обхода города, а портовой районный парк - совмещен с предмостовой станцией.

Случай «В» встречается, когда сквозная железнодорожная линия проходит параллельно реке, но не пересекает её (Рыбинск, Череповец и др.). Перевалочные устройства могут быть размещены в двух вариантах - выше или ниже города, преимущества и недостатки которых были рассмотрены на предыдущих схемах. В данном случае оба варианта оказываются примерно равноценными. Следует отметить, что при характерном для данного случая взаимном расположении реки, города и железной дороги, дальнейшее развитие узла возможно по продольной схеме на одном берегу или с переходом на другой берег реки. Если основные устройства железнодорожного узла и тяготеющие к ним промышленные предприятия предполагается размещать со стороны А, то и перевалочные устройства целесообразно располагать выше города (1-й вариант). Если же узел в дальнейшем будет развиваться в сторону Б, то преимущества получает 2-й вариант.

Узлы с одним мостовым переходом

Узлы данного типа широко распространены на сети. Из числа рассмотренных на их долю приходится более половины (52 %). Они обслуживают города с населением от 150 до 600 тыс. жителей. Распределение узлов по числу жителей внутри данной группы городов неравномерно: 22 % приходится на города с населением до 200 тыс. жителей, 30 % - от 200 до 400 тыс. жителей, 38 % - от 400 до 600 тыс. жителей и 10 % - более 600 тыс. жителей. Значительная часть узлов с одним мостовым переходом (48 %) расположена в крупных городах с населением свыше 400 тыс. жителей. Для основной части узлов рассматриваемой группы характерно размещение города на обоих берегах реки. Однако встре-

чаются случаи расположения жилой застройки на одном из берегов реки (Котлас, Хабаровск).

Размещение промышленных районов и отдельных предприятий, находящихся в тесной взаимосвязи с расположением жилой застройки в узлах данного типа, также весьма разнообразно. Встречаются случаи с одним основным промышленным районом и несколькими, с размещением промышленных предприятий в системе городских кварталов и внегородской застройки. Такое разнообразие размещения промышленных предприятий и целых комплексов вытекает не только из разнотипности застройки самих городов, но и из наличия большого количества предприятий разных отраслей промышленности, расположенных в узлах данного типа. В отношении транспортного обслуживания промышленных предприятий характерно тяготение их к железной дороге и реке. Заинтересованность промышленности в территориях, расположенных вдоль реки и внутри узловых железнодорожных ходов, приводит к "ленточному" размещению промышленных зон. Наибольшие предприятия, не имеющие подъездных железнодорожных ветвей, обслуживаются автотранспортом.

Железнодорожная сеть в узлах рассматриваемого типа характеризуется следующими показателями:

- количество примыкающих линий – от 2 до 6;
- протяженность внутриузловых ходов и соединений – от 20 до 150 км;
- число станций и других раздельных пунктов – от 3 до 30;

- местный грузооборот железнодорожных станций – от 2 до 25 млн. т в год.

Приведенные показатели изменяются в широком диапазоне. Для значительной части транспортных узлов данной группы типична специализация станций по характеру выполняемых операций. Некоторые из них имеют в своем составе полный узловой комплекс, состоящий из пассажирской, сортировочной и грузовых станций (Омск, Волгоград, Горький и др.). Число специализированных сортировочных станций обычно не превышает двух. В некоторых случаях сортировочная работа в узле выполняется и большим количеством станций, однако не все они могут быть отнесены к разряду сортировочных. Число грузовых станций изменяется в более широком диапазоне, чем сортировочных.

Местный грузооборот речного транспорта в узлах рассматриваемого типа колеблется от 400 тыс. т до 5 млн. т в год. Устройства речного транспорта представлены пассажирскими (грузопассажирскими), перевалочными пунктами и районами местных грузов, а также причалами клиентуры. В некоторых узлах имеются специализированные перевалочные базы (нефти, леса и др.). Две наиболее характерные разновидности узлов данного типа представлены на рис. 2.

Случай "А" (см. рис. 2а) соответствует узлам, в которых основной внутриузловой ход расположен перпендикулярно реке, а примыкание линий к нему осуществляется как бы в двух направлениях (на рис. 2 станции Г и С) на противоположных берегах реки (Омск, Барнаул и др.). В узлах данного типа возможны следующие варианты размещения перевалочных районов.

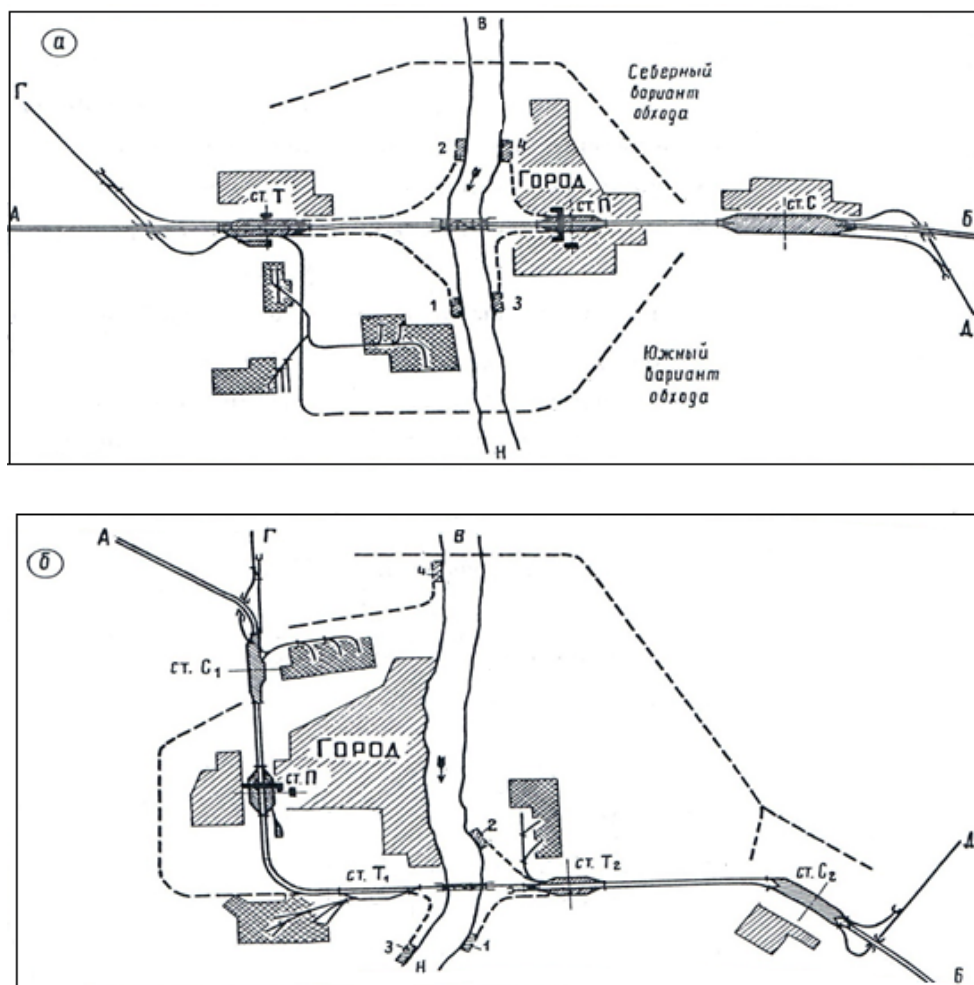


Рис.2. Водотранспортные узлы с одним мостовым переходом

1-й вариант – ниже моста по течению реки со стороны, противоположной городу.

При данном варианте размещения перевалочных устройств обеспечивается удобное примыкание их к железнодорожной сети, возможность рациональной компоновки и расширения причального фронта и складских площадей в перспективе, если они развиваются на свободной территории и не встречают препятствий со стороны промышленной застройки. Примыкание к станции Т, выполняющей большую грузовую и сортировочную работу, позволяет производить регулярную подачу и уборку вагонов в передаточных поездах или маневровым порядком. Если станция Г является ближайшей предмостовой станцией, примыкание может быть осуществлено портовой ветвью небольшого протяжения без строительства специальной районной (портовой) станции или отдельного парка. Это способствует объединению маневровых операций в узле и улучшению использования существующего путевого развития станции примыкания, где можно сосредоточить работу по накоплению вагонов с перевалочными грузами, их подборке по причалам и т.д. Однако изучение существующих узлов данного типа показывает, что в ряде случаев станции, ближайшие к мостовым переходам, в силу характерных для многих рек топографических особенностей, располагаются либо в глубоких выемках, либо на высоких насыпях и поэтому не всегда могут получить достаточное путевое развитие. Другими словами, предмостовые станции не всегда являются сортировочными и крупными грузовыми станциями, которые обычно располагаются на значительном расстоянии от берега. Исключение составляют некоторые места пересечения с железными дорогами рек Западной Сибири, где сортировочные и другие крупные станции располагаются сравнительно недалеко от береговой полосы и могут быть использованы для примыкания портовых ветвей и обслуживания районов перевалки.

Если ближайшая предмостовая станция не является сортировочной или крупной грузовой, указанные выше преимущества рассматриваемого варианта снижаются. Однако и в этом случае часто бывает целесообразнее примкнуть портовую ветвь к ближайшему разъезду или посту, нежели стремиться получить примыкание к крупной станции, идя на значительное увеличение длины портовой ветви.

В отношении поточности и обеспечения кратчайших маршрутов пропуска перевалочных грузопотоков через узел рассматриваемый вариант размещения перевалочных устройств для разных корреспонденций создает неодинаково благоприятные условия. Он обеспечивает пропуск по кратчайшему маршруту грузопотоков корреспонденции А – Н и Г – Н. Для струй грузопотока, следующего с В на А и Г (или обратного направления), возникает дополнительный, хотя и незначительный, пробег по реке. Что же касается корреспонденции Б (Д) – В и Б (Д) – Н, то для первой из них при данном варианте размещения перевалочных устройств возникает дополнительный внутриузловой пробег по железной дороге и реке, а второй – только по железной дороге с занятием мостового перехода.

2-й вариант – выше моста со стороны, противоположной городу.

Данный вариант характеризуется в основном теми же преимуществами и недостатками, которые свойственны варианту, рассмотренному выше.

3-й вариант – ниже моста по течению реки со стороны города.

При размещении перевалочных устройств по данному варианту примыкание портовой ветви с целью сокращения её протяжённости может быть осуществлено также к ближайшей предмостовой станции, разъезду или посту. Если пунктом примыкания является сортировочная или грузовая станция, то данный вариант получает важные эксплуатационные преимущества, указанные ранее. В отношении обеспечения поточности пропуска перевалочных грузопотоков, особенно в невыгодные условия, рассматриваемый вариант ставит правобережные корреспонденции (с А и Г на В и Н и обратного направления). Однако данный вариант обладает более серьёзными недостатками планировочного характера. Размещение перевалочных устройств в пределах городской черты препятствует доступу жителей к реке, ухудшает санитарно-гигиенические условия жизни населения, а портовая ветвь, пересекающая жилой район обычно в одном уровне с улицами, затрудняет условия передвижения по городу и сообщения между отдельными его частями. Сам перевалочный район, будучи территориально стеснённым, имеет ограниченные возможности дальнейшего развития.

4-й вариант – выше моста по течению реки со стороны города.

Данному варианту свойственны основные недостатки, рассмотренные выше.

Случай «Б», как показано на схеме рис.2б, имеет место, когда основной внутриузловой ход состоит из участков как перпендикулярных, так и параллельных реке. Узлы указанной схемы весьма распространены (Хабаровск, Саратов, Красноярск и др.). Сюда же относятся узлы, в которых имеется не один, а два хода, расположенных параллельно реке (Казань, Котлас), и другие узлы с некоторыми особенностями в схемах, не оказывающими влияния на условия размещения районов перевалки.

В данном случае возможны следующие варианты размещения перевалочных устройств:

- 1-й вариант – ниже моста со стороны, противоположной городу, с примыканием к предмостовой станции;
- 2-й вариант – то же, выше моста;
- 3-й вариант – ниже моста со стороны города;
- 4-й вариант – то же, выше моста с примыканием к одной из станций внутриузловых ходов, параллельного реке.

Как видно, возможности выбора станций примыкания портовых ветвей в этом случае расширяются. Примыкание может быть осуществлено как к предмостовым станциям, так и к входной станции узла, расположенной на ходу, параллельном реке. Возможные варианты примыкания перевалочных устройств к предмостовым станциям рассмотрены ранее и на них нет необходимости останавливаться повторно. Последний (четвёртый) вариант при незначительном удалении внутриузловых ходов, параллельного реке, от берега позволяет осуществить примыкание перевалочных устройств к входной станции узла ветвью небольшого протяжения. В результате можно получить известные преимущества строительного и эксплуатационного характера. В существующих узлах указанные входные станции не всегда являются сортировочными. Однако при реконструкции узлов выдвигается требование выноса сортировочных

станций за пределы городской черты и расположения их на подходах. Таким образом, вынос сортировочных станций и размещение их на подходах создаёт одновременно весьма благоприятные условия для рационального примыкания портовых ветвей и обслуживания перевалочных районов.

В узлах с одним мостовым переходом большое влияние на выбор того или иного варианта размещения перевалочных районов при сложной (дробной) структуре перевалочного вагонопотока оказывает размещение сортировочных станций.

При наличии одной сортировочной станции, расположенной в левобережной или в правобережной части узла, в эксплуатационном отношении дополнительные преимущества получают те варианты, при которых станция и перевалочные районы размещаются на одном берегу. При наличии двух сортировочных станций, расположенных на разных берегах реки и специализированных по обслуживанию примыкающих к ним железнодорожных линий, возможности вариантов (лево- и правобережных) выравниваются.

Опыт развития узлов показывает, что при значительном росте пассажирского и грузового движения в узлах рассматриваемого типа возникает необходимость строительства обходной линии (на схеме показана пунктиром) со вторым переходом через реку выше или ниже существующего. Строительство обхода и второго перехода через реку на значительном расстоянии от первого вносит существенные изменения в условиях развития и работы узла, выдвигает ряд новых задач по специализации образовавшегося второго внутриузлового хода и др.

Узлы с двумя переходами через реку

Основные разновидности узлов данного типа представлены на рис.3.

Переходы – мостовые или по плотинам – располагаются на значительном расстоянии друг от друга так, что узел получает два параллельных хода.

На долю этой группы приходятся 15 % узлов из числа рассмотренных. Они размещаются в крупных городах и промышленных центрах с населением более 600 тыс. жителей.

Для городов рассматриваемой группы характерна, в основном, линейная схема планировки: город растягивается на десятки километров вдоль реки (Пермь, Волгоград).

Однако можно привести примеры, когда город имеет четко выраженный основной массив и тяготеющие к нему города-спутники, (например, Новосибирск).

Размещение промышленных районов и отдельных предприятий в узлах данной группы так же разнообразно, как и в узлах с одним мостовым переходом. Но общая тенденция – тяготение их к реке и железной дороге – проявляется и здесь.

В результате анализа узлов с двумя переходами через реку установлены следующие показатели их железнодорожных устройств:

- количество примыкающих линий – 3-4;
- протяженность внутриузловых ходов и соединений – от 80 до 150 км;
- число станций и других отдельных пунктов – от 15 до 25;
- местный грузооборот железнодорожных станций – от 10 до 50 млн. т в год.

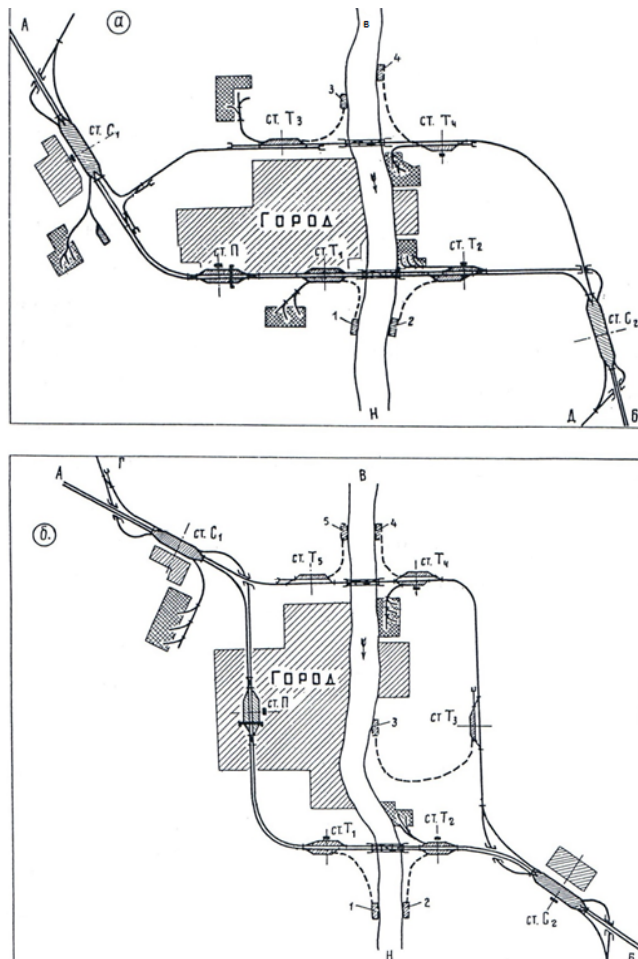


Рис.3. Воднотранспортные узлы с двумя мостовыми переходами

Как видно из рассмотрения этих показателей, железнодорожные устройства и величины их грузооборота в узлах данного типа весьма обширны. Станции специализированы по характеру выполняемых операций (пассажирские, сортировочные, грузовые). Сортировочные станции, число которых обычно не превышает 2-3, располагаются на обоих берегах реки, в местах слияния примыкающих к узлу линий.

Местный грузооборот речного транспорта изменяется от 1,5 млн.т до 8 млн.т в год. Портовые районы также специализируются по характеру выполняемых операций (пассажирские, перевалочные, местные).

Случай «А» характерен перпендикулярным расположением двух внутриузловых ходов к реке, когда подходящие к узлу линии сливаются в двух полусах, расположенных на противоположных берегах реки на значительном расстоянии от берега (Омск, Новосибирск, Красноярск). Возможные варианты размещения перевалочных устройств указаны на схеме рис. 3а. Как видно, примыкание портовых ветвей в данном случае может быть осуществлено к предмостовым станциям. Аналогичные варианты были рассмотрены ранее. Выбор того или иного варианта, его преимущества перед другими вариантами и недостатки во многом зависят от корреспонденции перевалочных грузопотоков, размещения жилой застройки, промышленных территорий, сортировочных станций и других объектов транспортного узла.

Случай «Б» имеет место, когда оба внутриузловых железнодорожных хода располагаются и идут на значи-

тельном расстоянии вдоль реки. Узлы данной разновидности чаще встречаются на реках Западной Европы. Возможные варианты размещения перевалочных устройств показаны на рис. 36.

Этим вариантам соответствует примыкание портовых ветвей либо к мостовым станциям, либо другим (в том числе входным), расположенным на параллельных ходах. В дополнение к уже отмеченным преимуществам и недостаткам рассматриваемых вариантов размещения перевалочных устройств следует добавить, что во всех случаях необходимо учитывать возможность пропуска судов под железнодорожными и городскими мостами.

При недостаточной высоте подмостовых габаритов сквозной пропуск судов через узел может вообще оказаться невозможным. В таком случае преимущества получают варианты размещения перевалочных районов на предмостовых участках реки на входе в узел. Это необходимо учитывать и в отношении перспективных условий, так как строительство гидроузлов приводит к подъему горизонта воды и уменьшению подмостовых габаритов в зоне подбора. Поэтому, если даже в период проектирования при пропуске судов под мостами никаких затруднений и ограничений не возникает, необходима проверка их на перспективные условия развития узла и судоходства.

Изложенные соображения остаются в силе и в отношении узлов, разложенных в устьях рек, где наблюдается приливно-отливные явления, а также при наличии разводных мостов. Известные преимущества получают те варианты, при которых требуется меньшее количество разводов мостов и меньшая их продолжительность в связи с пропуском судов.

Это обеспечивает большую независимость работы железнодорожного, речного и городских видов транспорта и повышает тем самым пропускную способность элементов транспортного узла. Когда более удобной площадки для такого размещения перевалочных районов, при котором выполнялись бы указанные выше требования, найти не удастся, технико-экономическими расчётами должна быть показана целесообразность соответствующего переустройства мостов или же сооружения обходного канала с новым мостовым переходом.

Особую группу представляют железнодорожно-речные узлы столичных городов (Москвы, Парижа, Берлина, Вены и др.). Для них характерны более сложные схемы, преимущественно кольцевого типа с тупиковыми железнодорожными выводами и диаметрами для обеспечения не только грузовых, но и пассажирских перевозок [41]. Эти узлы по своей территориальной организации в значительной степени индивидуальные, причём на их развитие река обычно не оказывает решающее влияние. Более важными здесь оказываются другие факторы, в том числе исторического характера [15-17, 26, 29, 31, 36, 42-54].

Перевозка большинства грузов, находящихся в простаивающих на подходах к портам вагонах, осуществляется в дефицитном на данный момент подвижном составе – полувагонах. Поэтому их исключение на длительный период из обращения приводит не только к значительному сокращению перевозочных мощностей ж.-д. транспорта, но и к невозможности завоза угля на электростанции для обеспечения данной продукцией отопительного периода. В то же время, мощности речных портов используются не более чем на 50 %. По-

этому целесообразно рассмотреть возможность перевалки данных грузов (в частности, кузбасского угля) в речных портах, что имело место в дореформенный период [17-33].

Например, в середине 70-х годов по перевалке угля Куйбышевский речной порт являлся одним из лидеров среди портов Поволжья. Он имел три грузовых района – Центральный, Верхний мол, Большая коса. В настоящее время ж.-д. пути, находящиеся на балансе железной дороги, вследствие снижения объемов грузопереработки разбираются (Верхний мол, соединительный путь с Северным парком станции Самара и другие), а район Большая коса вообще находится под водой.

Морские и речные порты, являясь транспортными узлами, выполняют функции сопряжения различных видов транспорта [1-6, 17-33].

Речной флот, вследствие не востребоваемости, стареет, хотя речные перевозчики - ОАО «Волгафлот» (бывшее Волжское объединенное речное пароходство – ВОРП), ОАО «Камское пароходство» и другие, а также ОАО «Татфлот» (Казанский речной порт), ОАО «Саратовское речное транспортное предприятие» (Саратовский речной порт), ОАО «Ярославский порт», ОАО «Нижегородский порт», ОАО «Ульяновский порт», ОАО «Тольяттинский порт», ОАО «Самарский порт», ОАО «Волгоградский порт» - имеют значительное количество речных судов и судов смешанного «река – море» плавания. Енисейские речники, вследствие отсутствия работы в России, вообще перешли на обслуживание грузоперевозок в Адриатике [8, 9, 17]. При этом в ближайшее время внутренние водные пути России будут открыты для захода иностранных судов.

Поэтому необходимо проработать вопросы привлечения внешнеторговых грузопотоков для переработки не только в морских, но и в речных портах, что позволит привлечь дополнительные грузопотоки на ж.-д. и речной транспорт. Как следствие, возрастут доходы от перевозок и перевалки грузов, возникнут дополнительные рабочие места, что будет способствовать снятию социальной напряженности и стабилизации экономической ситуации как в ареале Поволжья, где проживает более 40 % населения и производится более 45 % промышленной продукции России, так и в целом по стране.

Ни одна страна в мире не обладает такой протяженностью ВВП. Поэтому Россия имеет неоспоримое преимущество перед другими странами не только в секторе экспортно-импортных, но и транзитных грузовых перевозок на мировом рынке транспортных услуг (РТУ). ВВП России позволяют выходить речным судам практически во все морские бассейны, обеспечивая и реализуя транспортную составляющую внешнеэкономической деятельности.

Транспортные узлы на базе речных портов выполняют не только функции стыкования наземных и водных видов транспорта, но также вполне могут стать логистическими тримодальными центрами грузораспределения, что сейчас широко практикуется на ВВП Германии и стран Дунайского бассейна.

Тримодальный центр грузораспределения (новый термин, появившийся в немецких изданиях транспортной периодики) выполняет функции стыкования водного (морского или речного), а также железнодорожного и автомобильного транспорта, и обеспечивает оказание всех остальных сопутствующих услуг, связанных с внутри- и внешнеторговой деятельностью.

Данные центры должны играть роль основных звеньев торгово-транспортных цепей в смешанном железнодорожно-водном сообщении.

Реализация транзитного потенциала может дать российской экономике десятки миллиардов долл. США в год. Отставание в реализации данных предложений приводит к формированию альтернативных маршрутов и практической потере транзитных преимуществ России на международном РТУ.

Выводы.

Рассмотрение основных типов транспортных узлов на судоходных реках показало, что существует определённая взаимосвязь между мощностью транспортных устройств узла, определяемой протяженностью внутри-узловых ходов, числом станций, портовых районов, их пропускной и перерабатывающей способностью, а также схемой их территориальной организации. Общей закономерностью является увеличение мощности узла при переходе от простых схем к более сложным. Исключения представляют лишь некоторые узлы, что объясняется особенностями их размещения на сети и территориальной организацией.

Одновременно с изменением схем узла изменяются и его количественные характеристики, размещение перевалочных районов и условия перспективного развития узла как единого производственно-технологического комплекса.

Литература

1. Артемкина Е.В. О факторах и перспективах развития речного транспорта // Вестник транспорта.- 2002.- № 5.- С. 2-6
2. Беляков А.А. Стратегия развития речного флота и водных путей сообщения России // Вестник транспорта.- 2013.- № 11.- С. 2-7.
3. Ботнарюк М.В. Проблемы развития отрасли морского транспорта на современном этапе и направления их решения // Вестник транспорта.- 2014.- № 9.- С. 29-34.
4. Веселов Г.В., Минеев В.И., Костров С.В., Шишкина М.А. Итоги реформирования, проблемы и перспективы развития водного транспорта России // Вестник транспорта.- 2015.- № 3.- С. 2-5.
5. Голубчик А.М., Мельников А.В. Контейнерные перевозки на Каспии. Миф или реальность? // Вестник транспорта.- 2009.- № 12.- С. 19-20 (начало); 2009.- № 12.- С. 25-26 (окончание).
6. Гончаренко С.С., Прокофьева Т.А., Сергеев В.И. Роль России в формировании северной зоны евроазиатских международных транспортных коридоров // Вестник транспорта.- 2011.- № 10.- С. 2-10.
7. Елисеев С.Ю., Котляренко А.Ф., Куренков П.В. К типологии логистических центров // Логистика.- 2003.- № 3.- С. 15, 16, 19.
8. Елисеев С.Ю., Котляренко А.Ф., Куренков П.В. Концептуальные основы логистического управления внешнеторговыми перевозками // Бюллетень транспортной информации.- 2004.- № 3.- С.11-16 (начало); № 4.- С. 31-38 (окончание).
9. Елисеев С.Ю., Котляренко А.Ф., Куренков П.В. Логистизация управления внешнеторговыми перевозками в смешанном сообщении // Транспорт: наука, техника, управление: НИС / ВИНТИ.- 2003.- № 9.- С. 2-7.

10. Елисеев С.Ю., Котляренко А.Ф., Куренков П.В. Логистика в управлении смешанными перевозками. История. Проблемы. Перспективы // Железнодорожный транспорт.- 2003.- № 10.- С. 44-47.
11. Елисеев С.Ю., Котляренко А.Ф., Куренков П.В. Логистическая концепция управления внешнеторговыми перевозками // Железнодорожный транспорт.- 2004.- № 9.- С. 35-41.
12. Елисеев С.Ю., Котляренко А.Ф., Куренков П.В. Стратегия логистического управления внешнеторговыми перевозками // Транспорт: наука, техника, управление: НИС / ВИНТИ.- 2004.- № 3.- С. 26-35.
13. Елисеев С.Ю., Тучков Э.В., Куренков П.В. Логистика в управлении внешнеторговыми перевозками // Экономика железных дорог.- 2005.- № 7.- С. 28-33.
14. Ефремов Н.А., Костров В.Н., Никитин А.А., Коновалов М.С. Ключевые направления развития водно-транспортной системы в условиях международной интеграции: инновационный подход // Вестник транспорта.- 2011.- № 9.- С. 2-11.
15. Звонков В.В. Комплексная типизация технических средств внутреннего водного транспорта. - М.: "Речной транспорт", 1948.
16. Земблинов С.В., Бураков В.А. и др. Основы построения транспортных узлов / Под ред. С.В. Земблинова.- М.: Транспорт, 1959.- 467 с.
17. ИКТП при Госплане СССР. Методическое пособие по размещению транспортных устройств в транспортных узлах. Под ред. К.Ю. Скалова. - М.: 1965.- 127 с.
18. Колбасникова М.А. Становление и развитие речного транспорта России (краткий исторический очерк) // Вестник транспорта.- 2013.- № 9.- С.36-44.
19. Костыгина Л.В. Речной транспорт России в условиях рынка: современное состояние, проблемы и пути их решения // Вестник транспорта.- 2004.- № 2.- С. 19-29.
20. Котляренко А.Ф., Куренков П.В. Взаимодействие на транспортных стыках при внешнеторговых перевозках // Железнодорожный транспорт.- 2002.- № 2.- С. 48-52.
21. Котляренко А.Ф., Куренков П.В. К логистическим технологиям смешанных перевозок // Логистика.- 2002.- № 3.- С. 8-10.
22. Куренков П.В. Логистический подход к управлению грузопотоками // Железнодорожный транспорт.- 1997.- № 3.- С. 13-15.
23. Куренков П.В. Применение логистических принципов при обеспечении внешнеторговых грузопотоков через морские и речные порты // Бюллетень транспортной информации.- 1997.- № 5.- С. 34-38.
24. Куренков П.В., Калущин А.А. Логистический подход к выбору схемы поставки товаров // Железнодорожный транспорт.- 2000.- № 11.- С. 40-43.
25. Куренков П.В., Котляренко А.Ф. Внешнеторговые перевозки в смешанном сообщении: экономика, логистика, управление.- Самара: Типография "Солдат Отечества", 2002.- 636 с.
26. Куренков П.В., Курбатова А.В. Эффективность ускорения транспортных потоков (подвижного состава) в смешанном сообщении // Исследования и разработки ресурсосберегающих технологий на железнодорожном транспорте: Сб. науч.тр. / СамИИТ.- Самара, 1999.- Вып. 19.- С. 229-234.

27. Куренков П.В., Серяпова И.В. Потери ОАО «РЖД» в результате неприема поездов портами // Экономика железных дорог.- 2016.- № 1.- С. 32-40.
28. Лещенко А.Н. Ростовский универсальный порт – первый мультимодальный транспортный узел на Нижнем Дону // Вестник транспорта.- 2009.- № 4.- С.2-4.
29. Ляхницкий В.Е. Проектирование портов.- «Речной транспорт», 1959.- 421 с.
30. Махлин Е.М., Неснов А.В. Развитие инфраструктуры международных транспортных коридоров на территории России // Вестник транспорта.- 2002.- № 1.- С. 18-22
31. Милославская С.В., Мыскина А.Б. Внутренний водный транспорт России, Европейского Союза и США.- М.: Транслит, 2017.- 140 с.
32. Милославская С.В., Троценко Р.Н. Особенности развития речного транспорта и его место в хозяйственном комплексе России // Вестник транспорта.- 2007.- № 5.- С. 18-27.
33. Милославская С.В., Щербаков Б.В. Состояние и перспективы развития водных смешанных перевозок между Россией и странами Восточной Азии // Вестник транспорта.- 2012.- № 8.- С. 5-6
34. Мойсевич Н.В. Оценка логистического взаимодействия железнодорожного и речного видов транспорта региона // Вестник транспорта.- 2012.- № 4.- С. 16-19
35. Мохонько В.П., Исаков В.С., Куренков П.В. Система поддержки принятия экономически обоснованных решений // Экономика железных дорог.- 2005.- № 1.- С. 18-26.
36. Мухин А.С. Планировка портовых городов // Проблемы современного градостроительства, 1947.- № 1.
37. Нехаев М.А., Куренков П.В., Мартычук В.А. Ситуационно-логистическая система управления перевозочным процессом // Логистика и управление цепями поставок.- 2008.- № 5(28).- С. 25-35.
38. Пеков М.С., Иваненко М.А. Проблемы развития водного транспорта России // Вестник транспорта.- 2007.- № 6.- С. 10-20.
39. Персианов В.А. Роль речных путей в транспортном комплексе страны // Вестник транспорта.- 2006.- № 7.- С. 24-30.
40. Персианов В.А., Знатнов С.С. Создание координатных транспортно-логистических центров на внутреннем водном транспорте - важный фактор повышения эффективности перевозок // Вестник транспорта.- 2016.- № 5.- С. 5-9.
41. Персианов В.А., Куренков П.В., Беднякова Е.Б., Дранченко Ю.Н., Сысоева Е.А., Прошкина Е.С., Кравченко М.В., Заварзаева Н.В., Игнатова Я.С. Проект «Городские железные дороги России» // Вестник транспорта.- 2014.- № 5.- С. 5-10 (начало); 2014.- № 6.- С. 6-11 (окончание).
42. Писарев И.И. Работа железнодорожных узлов. Труды МИИТ. Вып.79.- 1953.
43. Покровская О.Д., Самуйлов В.М., Неволлина А.Д. Инфраструктура международных транспортных коридоров // Инновационный транспорт.- 2013.- № 3 (9).- С. 33-37.
44. Покровская О.Д., Самуйлов В.М. Организационно-технические решения при проектировании грузовых терминалов в составе международных транспортных коридоров // Инновационный транспорт.- 2015.- № 4 (18).- С. 13-24.
45. Покровская О.Д., Зачешигрова М.А. Роль Новосибирского мультимодального транспортного узла в транспортно-логистическом кластере России // Известия Петербургского университета путей сообщения.- 2015.- № 3 (44).- С. 85-103.
46. Pokrovskaya O.D. Chi termilisticareale come unanuovadirezionescientifica // Italian Science Review.- 2016.- Т.1.- № 34.- С. 112.
47. Покровская О.Д. Классификация узлов и станций как компонентов транспортной логистики // Вестник транспорта Поволжья.- 2016.- № 5 (59).- С. 77-86.
48. Покровская О.Д. Выбор наилучшего варианта терминальной сети и проверка его устойчивости // Транспорт Урала.- 2012.- № 2.- С. 70-74.
49. Развитие транспортных узлов. Т.1. Основные принципы построения и развития транспортных узлов; под ред. К.Ю. Скалова: - М.: Транспорт, 1978.- 251с.
50. Резер С.М., Куренков П.В., Шмугляков Е.П. Модель функционирования транспортного узла на базе морского порта // Вестник транспорта.- 2014.- № 7.- С. 41-44.
51. Скалов К.Ю., Зубков М.Н. и др. Портовые узлы и станции. М.: Транспорт, 1965.- 198 с.
52. Техничко-экономические показатели портов и пристаней на внутренних водных путях. – Л.: Ленгипротранс, 1956.
53. Холопов К.В. Международно-правовое регулирование перевозок грузов по внутренним водным путям // Вестник транспорта.- 2009.- № 8.- С. 2-9.
54. Яковлев В.Е. Размещение промышленных предприятий в городе.- М.: 1951.

Сведения об авторах

Куренков Петр Владимирович, д.э.н., профессор, зам. директора Института управления и информационных технологий (РУТ - МИИТ).
Тел. 8-926-471-65-04.
E-mail: petr_kurenkov@mail.ru.

Мухамадшоев Фирдавс Кодиралиевич, аспирант кафедры «Управление транспортным бизнесом и интеллектуальные системы» (РУТ - МИИТ).
Тел. 8-926-853-54-12.
E-mail: boryan_arsen@mail.ru.

Володин Алексей Борисович, к.э.н., доцент кафедры «Международный транспортный менеджмент и управление цепями поставок» (РУТ - МИИТ).

Андрущак Екатерина Николаевна, старший преп. кафедры «Международные отношения и геополитика транспорта» (РУТ - МИИТ).

ОСОБЕННОСТИ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ТРАНСПОРТНОЙ СФЕРЫ

Доктор экон. наук, профессор **Каргина Л.А.**,
 доктор пед. наук, доцент **Сергеева О.А.**
 (Российский университет транспорта. РУТ - МИИТ)

FEATURES OF THE TRAINING OF TRANSPORT SPECIALISTS

Doctor (Econ.), Professor **Kargina L.A.**,
 Doctor (Ped.), Associate Professor **Sergeeva O.A.**
 (Russian University of Transport. RUT - MIIT)

Транспортная отрасль, образовательные технологии, высококвалифицированные специалисты, научно-образовательные центры, программы подготовки специалистов, инновационные образовательные модели.

Transport industry, educational technologies, highly qualified specialists, scientific and educational centers, training programs for specialists, innovative educational models.

Статья посвящена рассмотрению вопросов инновационного подхода при подготовке кадров для транспортной отрасли, поскольку компетентность современных специалистов транспортной отрасли во многом обуславливает развитие не только транспортной системы, но и функционирование хозяйственного комплекса страны.

The article is devoted to the consideration of the issues of the innovative approach in the training of personnel for the transport industry, since the competence of modern specialists in the transport sector largely determines the development of not only the transport system, but also the functioning of the country's economic complex.

В настоящее время ни у кого не вызывает сомнений тот факт, что транспортная отрасль является важной составляющей развития экономики и социальной сферы страны. В условиях российской действительности, характеризующейся территориальной протяженностью, рассредоточенным производством, создание транспортной системы является чрезвычайно важным.

В соответствии с Транспортной стратегией страны определены основные задачи, стоящие перед транспортным комплексом. К ним относятся: управление прогнозированием, транспортным проектированием, эффективной реализацией создаваемых программ развития транспортной сферы и регулирования транспортной деятельности и др. В значительной степени реализации поставленных задач способствует подготовка высококвалифицированных специалистов для транспортной отрасли. Это предполагает формирование инновационных образовательных моделей и наличие гибких образовательных технологий [1].

Внедрение инновационного подхода при подготовке кадров для транспортной отрасли имеет ряд особенностей, к которым относятся в частности:

1. Формирование конкурентоспособности специалистов транспортной сферы. По мнению доктора педагогических наук, профессора Б.С. Гершунского, конкурентоспособность человека в профессиональной деятельности обусловлена не только полученными знаниями и сформированными умениями, но и системой мотивов и ценностного отношения к выбранной специальности [2]. Развитие конкурентоспособной личности, владеющей современными информационными и коммуникационными технологиями, является важной в подготовке к профессиональной деятельности, в том числе и будущего специалиста межтранспортного профиля.

Система подготовки в высших учебных заведениях должна обеспечивать формирование общекультурных и

профессиональных компетенций, предполагающих расширение специализации. Например, транспортное экспедирование является на сегодняшний день особой отраслью транспорта с собственными технологиями, ценообразованием и правовыми основами. Современный специалист должен знать не только особенности эксплуатации транспортных средств, но и специфику технологического процесса.

2. Современная реальность диктует необходимость развития социального партнерства в профессиональном образовании как одного из главных условий развития образовательной организации, ориентированной на формирование компетентного специалиста. Достичь желаемых результатов по подготовке конкурентоспособного специалиста возможно только при организации эффективного взаимодействия образовательных учреждений, бизнес-структур, объединенных решением совместно поставленных задач.

Развитие сотрудничества в сфере подготовки высококвалифицированных специалистов транспортной сферы между компаниями и кафедрами логистики предполагает не только организацию производственной, ознакомительной или учебной практики, но и создание коммуникативной площадки для обсуждения различных вопросов, связанных с транспортной сферой, в частности эффективное управление транспортом, проектирование и т.д. Это позволяет сформировать у будущих специалистов учебно-производственный опыт в учебно-профессиональной деятельности, что является составляющей профессиональной компетентности специалиста транспортного профиля, а также создает основу для включения в программы практик типовых и индивидуальных заданий, характер которых зависит от потребностей предприятий.

3. Важным компонентом подготовки специалистов для транспортной сферы является создание научно-образовательных центров по приоритетным направле-

ниям развития транспортного комплекса. Исследователи, к числу которых относятся Казакова С.Б., Казаков В.В., Мирошкина Е.В., предлагают в качестве одного из вариантов решения данного вопроса создание при вузах научно-учебных центров гибких образовательных технологий [3]. Они выделяют следующие условия, необходимые для эффективного функционирования данного центра:

- постепенный переход к проектной, или матричной, технологии оказания образовательных услуг;
- интеграция основных задач высшей школы при несомненном приоритете именно образовательных услуг;
- применение современной технологии, в том числе CRM.

Через сеть таких центров возможна эффективная реализация НИОКР по приоритетным направлениям развития транспортного комплекса.

Внедрение научных разработок и инноваций в производственный процесс будет способствовать формированию национальной инновационной системы, основанной на интеграции образовательных организаций, научных учреждений и производственных компаний [4]. Это позволит реализовать задачи инновационного развития транспортной системы России, основные из которых определены в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030г.

4. Большое значение в процессе подготовки специалистов имеет учет региональной специфики. Отчасти это обусловлено тем, что в настоящее время наблюдается существенная разница между транспортными системами крупных населенных пунктов и небольших городов, сельских поселений, в которых транспортная инфраструктура развита недостаточно. Это создает определенные сложности в формировании единого рынка транспортных услуг. На настоящий момент около 40 тысяч населенных пунктов России, в которых проживает несколько миллионов человек, не обеспечены круглогодичной связью с дорожной сетью общего пользования. Транспортная отрасль испытывает потребность в специалистах, компетентных в решении вопросов развития транспортных систем, управления транспортной деятельностью.

5. Работа высших учебных заведений "под результат", подготовка специалистов транспорта для конкретных рабочих мест позволит студентам соответствовать требованиям деятельности в различных транспортных структурах и начать работать уже во время учебы. Кроме того, это позволит решить вопрос с так называемым "человеческим фактором", который является причиной многих транспортных катастроф [4]. Именно поэтому качественная подготовка любого специалиста-транспортника - это в первую очередь обеспечение безопасности будущих перевозок. Так, например, в условиях развития различных сфер бизнеса в России все более отчетливо обозначается нехватка провозных возможностей транспорта, недостаток современной транспортной техники и технологий. Растет неудовлетворенный спрос на интермодальные и мультимодальные перевозки, на квалифицированные экспедиторские услуги и современный логистический сервис [1]. Обеспечить это способны только профессионалы, обладающие знаниями и навыками в области видов

транспорта и транспортной специфики, имеющие базовое образование и большой практический опыт в сфере организации перевозок и экспедиторского сервиса [5, 6].

Как отмечено в Стратегии развития транспортного комплекса Российской Федерации на период до 2030 года, определяющей приоритетные направления развития транспортной отрасли Российской Федерации и пути их реализации, "кадровый потенциал, сложившийся к настоящему времени, требует реструктуризации и пополнения молодыми специалистами". Таким образом, вопрос кадрового обеспечения является особенно значимым. Компетентность специалистов транспортной отрасли во многом обуславливает развитие не только транспортной системы, но и функционирование хозяйственного комплекса страны [7- 9].

Литература

1. Аргунов Т.Г., Пастухова И.П., Скамницкая Т.П. Управление методической работой в профессиональном образовательном учреждении / Методическое пособие. – М.: Библиотека журнала СПО, 2011
2. Гершунский Б.С. Философия образования. - М., 1998. - 231с.
3. Казакова С. Б., Казаков В. В., Мирошкина Е. В. Инновационный подход в подготовке специалистов для транспортной отрасли // Молодой ученый. – 2016. – № 22.2. – С. 8-11.
4. Панина Т.С., Вавилова Л.Н. Современные способы активации обучения: учебное пособие – М.: Издательский центр «Академия», 2012.
5. Приказ Минобрнауки России от 01.03.2018 г. № 161 "Об утверждении примерных программ повышения квалификации водителей транспортных средств соответствующих категорий и подкатегорий (Зарегистрирован 10.05.2018 № 51055).
6. Распоряжение РФ от 22.11.2008 № 1734-р.(ред. от 12.05.2018) "О транспортной стратегии Российской Федерации".
7. Цибизова Т. Ю. О проблемах подготовки высококвалифицированных специалистов в системе непрерывного профессионального образования // Электронное научное издание «Ученые заметки ТОГУ». – 2013.- Том 4, № 4. - С. 1480 – 1484.
8. Поздняков В.Я., Казаков С.В. Экономика отрасли: Учебное пособие / В.Я. Поздняков, С.В. Казаков. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 281 с.
9. Казаков С.В., Поздняков В.Я., Экономика индустриальных видов деятельности в России: Монография / С.В. Казаков, В.Я. Поздняков. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 304 с.

Сведения об авторах

Каргина Лариса Андреевна, доктор экон. наук, профессор, зав. Кафедрой информационных систем цифровой экономики, Российский университет транспорта. РУТ - МИИТ

E-mail: guilldexp@yandex.ru

Сергеева О.А., доктор пед. наук, доцент, Российский университет транспорта. РУТ - МИИТ

ОСОБЕННОСТИ ЛИЗИНГОВОЙ СХЕМЫ ОБНОВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТА ДЛЯ ЛИЗИНГОПОЛУЧАТЕЛЯ ТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Доктор техн. наук, профессор **Володькин П.П.**,
кандидат экон. наук, доцент **Рыжова А.С.**,
магистрант **Рыжов С.Ю.**
(Тихоокеанский государственный университет, г. Хабаровск)

FEATURES OF THE LEASING SCHEME OF MOTOR TRANSPORT UPDATE FOR THE LEASING RECIPIENT OF THE TRANSPORT ENTERPRISE

Doctor (Tech.), Professor **Volodkin P.P.**,
Ph.D. (Econ.), Associate Professor **Ryzhova A. S.**,
Undergraduate **Ryzhov S.Y.**
(Pacific State University, Khabarovsk)

Лизинг, финансовый лизинг, оперативный лизинг, лизинговые платежи, кредит, обновление основных фондов, автотранспортное предприятие, транспортные средства, подвижной состав.

Leasing, financial leasing, operational leasing, leasing payments, loan, renewal of fixed assets, motor transport company, vehicles, rolling stock.

В статье описаны особенности и причины использования лизинга лизингополучателем. Проанализирована целесообразность лизинговой сделки для организационных, правовых и экономических интересов автотранспортного предприятия. Представлены преимущества и недостатки лизинговой схемы для лизингополучателей. Рассмотрен процесс превращения преимуществ в недостатки лизинговой схемы.

The article describes the features and reasons for the use of leasing by the lessee. For the organizational, legal and economic interests of the trucking company analyzed the feasibility of a leasing transaction. The advantages and disadvantages of the leasing scheme for lessees are presented. The process of turning advantages into disadvantages of a leasing scheme is considered.

Лизинг – это вид инвестиционной деятельности, направленной на инвестирование временно свободных или привлеченных заемных средств. При лизинге арендодатель (лизингодатель) по договору финансовой аренды (лизинга) обязуется приобрести в собственность обусловленное договором имущество у определенного продавца и предоставить это имущество арендатору (лизингополучателю) за плату во временное пользование для предпринимательских целей [1].

Лизинг обеспечивает дополнительный приток финансирования в производственный сектор, способствуя увеличению внутреннего производства и развитию финансовых механизмов, доступных автотранспортным предприятиям (АТП). Обновление основных фондов финансируется в основном за счет собственных средств АТП - нераспределенной прибыли предприятий - и, зачастую, сдерживается отсутствием доступного заемного капитала.

За последние годы продажи грузовых автомобилей упали более чем в два раза. В 2017 году программа государственного субсидирования автолизинга помогла бизнесу удовлетворить накопившиеся потребности в коммерческом транспорте. Программа стимулировала спрос, но не заместила его. Объем неудовлетворенной потребности в транспорте оценивается лизинговыми компаниями как высокий. Субсидии помогают определенным предприятиям обновлять автотранспортный

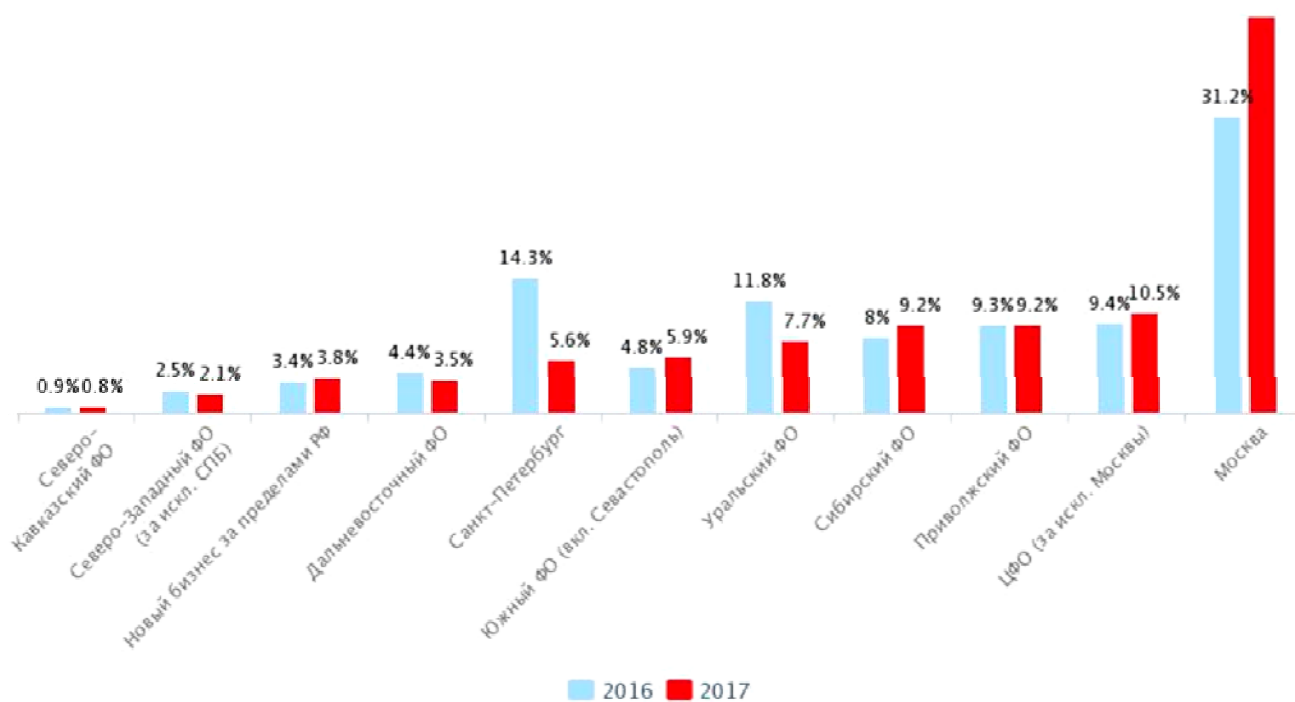
парк. Также субсидия серьезно влияет на сегмент лизинга коммерческого транспорта, произведенного в РФ.

В дальнейшем автотранспортный сегмент лизинга останется хорошим показателем происходящего в малом бизнесе. При росте сегмента, повышается и деловая активность малого бизнеса России; если сегмент лизинга стагнирует, активность участников рынка уменьшается, замирает, причем не столько в лизинге, сколько в целом в экономической ситуации.

Программа субсидирования лизинга автотранспорта стала одной из наиболее эффективных мер государственной поддержки лизинга за последние несколько лет. Планируемое сокращение объемов госсубсидирования окажет негативное влияние на рынок, так как программы Минпромторга являются катализатором роста спроса. Но в перспективе на развитии автолизинга это скажется не сильно и планируется, что он отыграется за 2018 год.

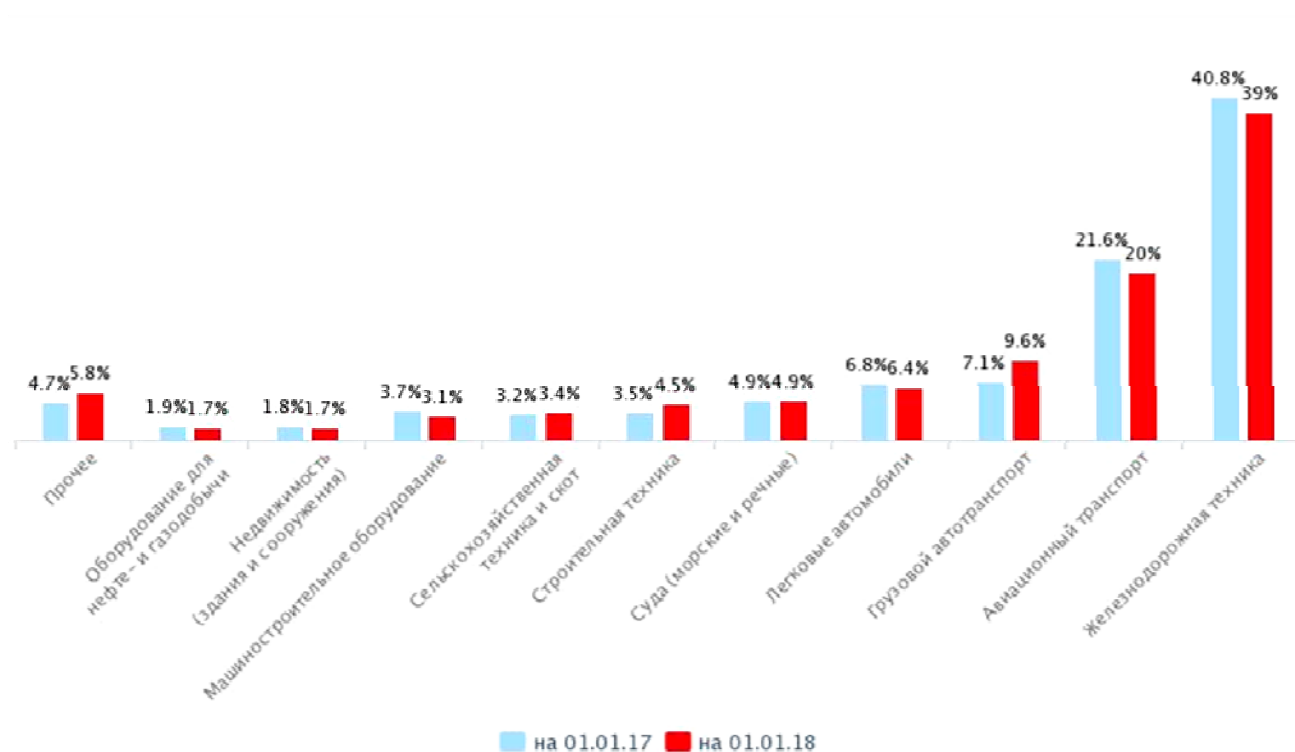
Рейтинговое агентство RAEX (Эксперт РА) [2] проводит ежегодно исследование рынка лизинга по результатам добровольного анкетирования лизинговых компаний (ЛК). В исследовании по итогам 2017 года приняли участие 120 лизинговых компаний, объем нового бизнеса, которых составил не менее 92% всего лизингового рынка.

В 2017 году доля Москвы в объеме нового бизнеса выросла с 31 до 42 % (рис. 1).



Источник: RAEX (Эксперт РА), по результатам анкетирования ЛК

Рис. 1. Региональное распределение в объеме нового бизнеса за 2016г. (левый столбец) и 2017г. (правый столбец)
Источник: RAEX (Эксперт РА) по результатам анкетирования ЛК



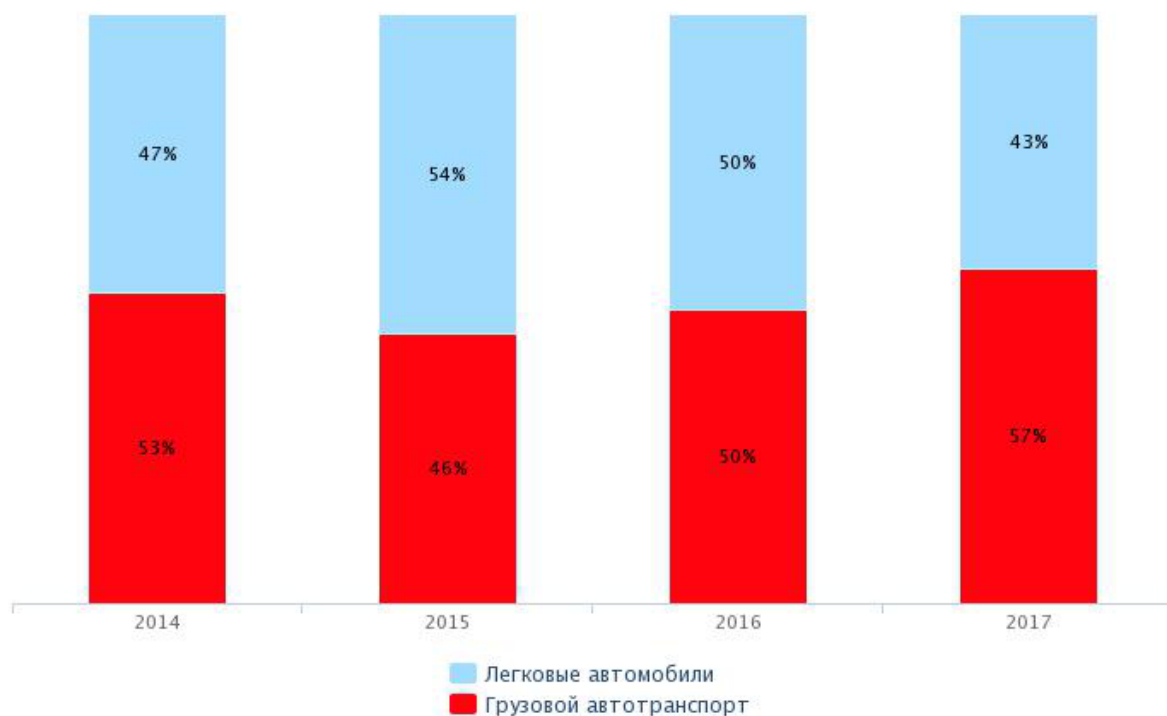
Источник: RAEX (Эксперт РА), по результатам анкетирования ЛК

Рис. 2. Сегментирование лизингового портфеля в 2016-2017 гг.: (слева – на 01.01.17; справа – на 01.01.18)
Источник: RAEX (Эксперт РА) по результатам анкетирования ЛК

В 2017 году лидирующим предметом лизинга остается железнодорожная техника - 39% и авиационная - 20%, грузовой и легковой транспорт занимают 3 и 4 места соответственно с общей суммарной долей 16% (рис. 2).

В 2017 г. объем лизинга автотранспорта прибавил

43% по сравнению с 2016 г. за счет госпрограммы по субсидированию лизинга грузовых автомобилей. В итоге впервые за последние три года доля грузовых автомобилей превзошла долю легковых, составив 57% от объема нового бизнеса в автомобильном сегменте (рис. 3).



Источник: RAEX (Эксперт РА), по результатам анкетирования ЛК

Рис. 3. Сегменты лизинга грузового и легкового автотранспорта в 2016-2017 гг.:

верхняя часть – легковые автомобили, нижняя часть – грузовые автомобили

Источник: RAEX (Эксперт РА) по результатам анкетирования ЛК

Таблица 1.

Преимущества и недостатки лизинга исходя из экономической природы

Преимущества лизинга	Недостатки лизинга
Возможность получения современных высокопроизводительных транспортных средств без крупных первоначальных затрат.	Аванс. Для лизингополучателя стоимость лизинга часто выше, чем цена, по которой можно приобрести имущество за счет банковского кредита. Дополнительные затраты - страхование приобретаемого имущества.
Относительно большие сроки проведения лизинговых сделок по сравнению с кредитными сделками.	Сроки все равно недостаточно большие.
Низкорисковая природа лизинга: возможность разделения рисков между несколькими сторонами.	Повышенная сложность организации, которая заключается в большем количестве участников.
Требования к финансовому состоянию лизингополучателя в среднем гораздо ниже, чем к претендентам на банковский кредит.	Лизинговые компании строже, чем банки подходят к анализу качества менеджмента компании и эффективности проекта . Проблемы с определением кредитоспособности партнеров (отсутствие кредитных бюро).
Инструмент финансирования преимущественно для малого и среднего бизнеса.	При сравнении экономической эффективности лизинга и других форм привлечения ресурсов не учитывается специфика ценообразования и налогообложения различных форм собственности субъектов хозяйствования и отрасль народного хозяйства.
Требования к дополнительному обеспечению лизинговой сделки, как правило, более гибкие, чем к обеспечению кредита.	Дополнительные способы снижения рисков (залог дополнительного имущества, поручительства сторонних физических и юридических лиц). Аванс. Так как у многих предприятий нет свободных денежных средств для оплаты аванса, они вынуждены брать кредит на эту сумму.
Предмет лизинга, остающийся в собственности лизингополучателя до окончания срока сделки, является гарантией успешного осуществления сделки для лизингодателя.	Лизингополучатель, не являющийся собственником своих основных средств, не может предоставить их в качестве залога в случае необходимости банковского займа.

Являясь потребителем лизинга, АТП должно иметь возможность его эффективного использования, если достоинства лизинга широко отражены в прессе и рекламированы лизинговыми компаниями [3 - 10]. Недостатки лизинговой схемы не так широко освещены [11 - 19] и проявляются, зачастую, когда лизинговый договор на автотранспорт уже подписан, при этом лизингополучатели должны учитывать эти особенности до того, как решиться на данный механизм финансирования.

Все преимущества и недостатки лизинговых сделок можно поделить на три основные группы.

К первой группе относятся факторы, связанные с экономической природой лизинга (табл. 1). Они имеются при любых внешних условиях, поэтому полнота их реализации зависит только от того, насколько правильно построена общая схема лизинга. Лизингополучатель должен быть готов к тщательному анализу лизинговой компанией его бизнеса и конкретного проекта, для которого используется объект лизинга. **Ко второй группе относятся факторы, обусловленные конъюнктурной природой лизинга** (табл. 2). Они связаны с конкретными внешними условиями лизинговых сделок (его организационной природой, общей экономической ситуацией, действующими ставками процентов за кредит, нормативной базой, регулирующей лизинговую деятельность) и зависят от умения предприятия адаптироваться к быстро меняющимся условиям конкурентной среды.

Лизингополучатели по действующему законодательству имеют право на следующие налоговые льготы. Во-первых, лизинговые платежи учитываются у него в прочих расходах, связанных с производством и эксплуатацией, то есть, средства на их уплату формируются до образования облагаемой налогом прибыли (так называемый «налоговый щит»). Во-вторых, применяет-

ся механизм ускоренной амортизации: сокращение суммарных выплат по налогу на имущество за весь период действия договора лизинга («амортизационный щит»).

Тем самым имеется возможность увеличить себестоимость транспортных услуг и снизить налог на прибыль. Но не все транспортные компании могут позволить себе увеличение себестоимости. Рост себестоимости может быть оправдан до определенного уровня, который с минимально допустимой рентабельностью не превышает среднерыночный уровень цен.

Во время действия договора лизинга происходит увеличение уплачиваемого НДС (т. к. налог начисляется на всю сумму лизинговых платежей). Зачет НДС происходит при выкупе и постановке имущества на баланс лизингополучателя, в конце срока лизинга. По завершении срока действия договора лизинга налоговая нагрузка на лизингополучателя увеличивается за счет увеличения налога на прибыль, доходы с деятельности автомобиля получаются, а амортизация не начисляется.

Отмечается несовершенство принципов бухгалтерского учета: налоговые противоречия (четко не определены остаточная стоимость и состав лизинговых платежей), вмешательства налоговых органов.

При применении специальных налоговых режимов (налоговая система в виде единого налога на вмененный доход и упрощенная налоговая система с валовой выручки) данные льготы не имеют значения, а при применении упрощенной налоговой системы с валовой выручки «амортизационный щит» отсутствует, а «налоговый» - несколько снижен за счет разницы в налоговых ставках. Многие автотранспортные предприятия применяют данные режимы, но практически никогда не рассматривают эффективность использования лизинга при них.

Таблица 2.

Преимущества и недостатки лизинга исходя из его конъюнктурной природы

Преимущества лизинга	Недостатки лизинга
Комплексность предоставляемых лизингодателем услуг.	Законодательные и судебные неопределенности и противоречия: - судебная незащищенность в отношении прав собственности; - бесспорные взыскания лизинговых платежей трудноосуществимы и оспариваемы по суду; - возможность административных органов прямо или косвенно вмешиваться в данный процесс.
Условия договора лизинга более гибкие, чем кредитные отношения, что объясняется многообразием форм, видов лизинга, методов начисления и способов уплаты лизинговых платежей и менее жесткой регламентацией деятельности лизинговых компаний по сравнению с банками.	Гибель или невозможность использования объекта лизинга, научно-технический прогресс не освобождает лизингополучателя от обязанностей погашать долг. При просрочке оплаты лизинговых платежей предусмотрено принудительное изъятие объекта договора лизинга.
Процесс оформления техники происходит немногим дольше, чем при прямой покупке, и значительно быстрее, чем при кредите.	В настоящее время наблюдается сокращение сроков одобрения и выдачи лизинга, как и кредита.
Возможность создать кредитную историю предприятия – лизингополучателя.	Лизинговые компании, как и банки, обычно не работают с предприятиями, зарегистрированными менее полугода.

К третьей группе относятся факторы, обусловленные организационной природой лизинга (см. также табл. 2). Реализация их полностью связана с внутренними, зависящими от предприятия, условиями лизинговых сделок. Это, в свою очередь, предполагает тщательный анализ возможных вариантов эксплуата-

ции арендованных на правах лизинга транспортных средств с целью выбора наилучшего.

Есть и законодательные неопределенности и противоречия: судебная незащищенность в отношении прав собственности, возможность административных органов прямо или косвенно вмешиваться в данный про-

цесс. Зачастую возникают сложности с регистрацией автомобилей в органах ГИБДД. При просрочке оплаты лизинговых платежей предусмотрено принудительное изъятие объекта договора лизинга, без возврата ранее уплаченных сумм.

Хотя лизинг транспортных средств имеет много преимуществ по сравнению и с кредитом, и с покупкой за собственные средства, эти преимущества не проявляются автоматически при любых условиях эксплуатации автотранспорта и функционирования АТП. Для полного использования преимуществ лизинга необходимо провести серьезный финансовый анализ лизинговой сделки, включающий:

- отбор наиболее эффективных объектов лизинговых сделок;
- выбор поставщиков автотранспорта;
- выбор лизинговой компании;
- согласование оптимальной для АТП периодичности и графика лизинговых платежей;
- согласование аванса, выкупной стоимости и других условий реализации.

Зачастую автотранспортные предприятия, особенно мелкие и средние, не имеют в своем штате специалистов, умеющих провести данную работу, еще и в достаточно короткий срок. В этом случае, при недостаточной проработке вопроса, преимущества лизинга легко могут обратиться в его недостатки.

Литература

1. Мельниченко, А. С. Определение зоны максимальной эффективности потребления лизинговых услуг: дис. ... канд. экон. наук. Хабаров. Гос. техн. университет. - Хабаровск, 2007.
2. Эксперт Ра / Рейтинговое агентство. - М., 2018. - [Электронный ресурс]. URL: <http://www.raexpert.ru>.
3. Козлова Виктория Викторовна Основные преимущества лизинга // Научный вестник МГТУ ГА. - 2005. - №88. - [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-preimushchestva-lizinga> (дата обращения: 28.08.2018).
4. Кирсанова И.С. Экономические преимущества лизинга как финансового инструмента // Таврический научный обозреватель. - 2016. - №6 (11). - [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekonomicheskie-preimushchestva-lizinga-kak-finansovogo-instrumenta> (дата обращения: 28.08.2018).
5. Дрыков А. В. Преимущества лизинга как финансового инструмента эффективного инвестирования предприятий // Вестник БГУ. - 2010. - №3. - [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimushchestva-lizinga-kak-finansovogo-instrumenta-effektivnogo-investirovaniya-predpriyatiy> (дата обращения: 28.08.2018).
6. Косталындина А. В., Апалькова Т. Г. Конкурентные преимущества использования лизинга в качестве инструмента финансирования // Современная конкуренция. - 2012. - №2. - [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/konkurentnye-preimushchestva-ispolzovaniya-lizinga-v-kachestve-instrumenta-finansirovaniya> (дата обращения: 28.08.2018).
7. Барбакадзе М. Берите технику в долг / М. Барбакадзе, И. Теляницкий // Риск. - 1995. - № 1. - С. 40-45.
8. Горизонтов Д. Лизинг – инструмент богатых и бедных / Д. Горизонтов // Риск. - 1995. - №5-6. - С. 22.

9. Павлодский Е.А. Банковский лизинг / Е.А. Павлодский // Законодательство и экономика. - 1994. - №5-6. - С. 11.

10. Пристром Е. Преимущества лизинга / Е. Пристром // Консультант. - 1999. - №10. - С. 61-64.

11. Мельниченко А.С., Денисов Г.Г. Лизинговые услуги на автомобильном транспорте (на примере Дальневосточного федерального округа) (научная статья). - Финансы и кредит. - М.: Финансы и кредит, 2007. - №15 (255).

12. Гусаков Б.И. Как избежать парадоксов / Б. И. Гусаков, А.О. Левкович // Финансы, учёт, аудит. - 2002. - №2 - С. 54-56.

13. Дорожкина Н.П. Лизинг или кредит: как производителю выгоднее приобрести оборудование / Н.П.Дорожкина // Технологии лизинга и инвестиций. - 2000. - №1-2. - С. 68.

14. Захаров В. Дешево – не всегда выгодно / В. Захаров // Международные автомобильные перевозки. - 1996. - № 1. - С. 30-31.

15. Лелецкий Д.В. Лизинг или кредит. Финансирование инвестиций [Электронный ресурс] / Д.В. Лелецкий. - М., 2006. - [Электронный ресурс]. URL: <http://www.unlease.ru>.

16. Толстошеин И. Финансовый лизинг: Целью оправдывайте средства / И. Толстошеин, В. Фонарев // Деньги. - 1995. - №4. - С. 18-20.

17. Апосова Н. Н. Лизинг, его преимущества и недостатки // Вестник КрасГАУ. - 2011. - №4. - [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lizing-ego-preimushchestva-i-nedostatki> (дата обращения: 28.08.2018).

18. Огнев Д.В. Преимущества и недостатки лизинговой формы инвестиций // Известия БГУ. - 2009. - №1. - [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/preimushchestva-i-nedostatki-lizingovoy-formy-investitsiy> (дата обращения: 28.08.2018).

19. Закирова О.В. Финансирование через механизм лизинга: за и против // Экономический анализ: теория и практика. - 2015. - №12 (411). - [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/finansirovanie-cherez-mehanizm-lizinga-za-i-protiv> (дата обращения: 28.08.2018).

20. Бухгалтерский, валютный и инвестиционный аспекты лизинга. - М., 1994. - 84 с.

Сведения об авторах

Володькин Павел Павлович, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой «Эксплуатация автомобильного транспорта» Тихоокеанский государственный университет (ТОГУ).

Россия, 680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская, 136
Тел.: (4212)37-51-93.

E-mail: pvolodkin@mail.khstu.ru.

Рыжова Александра Сергеевна, кандидат экон. наук, доцент, Тихоокеанский государственный университет (ТОГУ).

E-mail: chefra@mail.ru.

Рыжов С.Ю., магистрант 2-го года, Тихоокеанский государственный университет (ТОГУ).

ПРИМЕНЕНИЕ ДЕФОРМАЦИОННОГО КРИТЕРИЯ РАЗРУШЕНИЯ К АНАЛИЗУ ПРОЧНОСТИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМЫ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ¹

Доктор техн. наук, профессор **Медведев Ю.С.**,
кандидат физ.-мат. наук, доцент **Жучкова В.В.**
(Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков
имени Героя Советского Союза А.К. Серова)

APPLICATION OF THE DEFORMATION FAILURE CRITERION FOR THE STRENGTH ANALYSIS OF ENGINES

Doctor (Tech.), Professor **Medvedev Y.S.**
Ph.D. (Phys-math.), Associate Professor **Zhuchkova V. V.**
(Krasnodar higher military aviation school for pilots
the name of the Hero of Soviet Union A. K. Serov)

Система снижения токсичности, нейтрализация, отработавшие газы.

System of reducing toxicity, neutralization, exhaust gas.

При проектировании систем снижения токсичности отработавших газов важным фактором для прогнозирования ресурса системы являются прочностные свойства материала конструкции. Существенное значение приобретают численные методы количественного определения коэффициентов концентрации напряжений. В данной работе рассматривается влияние, на механические свойства материала внутренних дефектов, таких как литейная раковина, круговая полость, опасно расположенные сварные швы. В статье решается задача расчета на прочность конструкции по снижению токсичности отработавших газов с использованием деформационного критерия разрушения. Предлагаемая методика позволяет правильно оценить степень влияния концентраторов напряжений на статическую прочность конструкции.

When designing systems to reduce exhaust gas toxicity, the strength properties of the structural material are an important factor in predicting the life of the system. Numerical methods of quantitative determination of stress concentration coefficients are of significant importance. In this paper we consider the influence of internal defects such as casting shell, circular cavity, dangerously located welds on the mechanical properties of the material. The article deals with the problem of calculating the structural strength to reduce the toxicity of exhaust gases using the deformation criterion of destruction. The proposed method allows to correctly assess the degree of influence of stress concentrators on the static strength of the structure.

Для снижения интенсивности загрязнения от автотранспорта наиболее действенным является оснащение двигателей каталитическими нейтрализаторами (КН) отработавших газов (ОГ) [1, 2]. КН работает в условиях, характеризующихся высоким уровнем и значительными градиентами температур, а также частыми тепло-сменами. Помимо этого, он подвергается действию вибрационных нагрузок, работает в условиях агрессивных сред [2-4]. Для достижения высоких характеристик КН на протяжении всего срока службы автотракторных дизелей необходимо разработать комплекс мероприятий по предохранению конструкции системы снижения токсичности (ССТ) от разрушения [1, 4].

Ограниченность применения каталитических нейтрализаторов (КН) обусловлена, прежде всего, недостатками конструкции ССТ ОГ [1].

Основной тенденцией в создании ССТ является разработка многоступенчатых КН [2]. На основании проведенных исследований была разработана конструкция ССТ [5] (рис.1), предложена концепция построения систем снижения токсичности на основе КН ОГ с автоматическим распределением потока газов, обеспечивающим

циклическую работу каталитических реакторов с дозированным внесением катализатора в поток газов и проведением его термической регенерации [6,7]. Предложен комплекс мероприятий, позволяющих достичь высоких характеристик КН на протяжении всего срока службы автотракторного дизеля [8, 9].

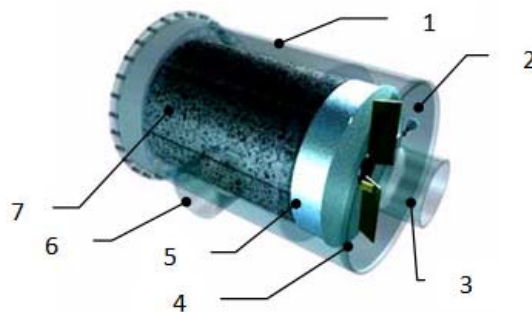


Рис. 1. Система снижения токсичности (Пат. 2248455 РФ):
1—корпус; 2—регулирующее устройство; 3—впускной патрубок; 4—полость перед распределителем потока газов;
5— распределитель потока газов; 6—выпускной патрубок;
7—каталитический реактор

¹ Проект «Метод оптимизации теплообмена в системах снижения токсичности тепловых двигателей с регенерируемыми утилизацией тепла отработавших газов каталитическими блоками» поддержан грантами Президента РФ МК-3863.2005.8 и МД-146.2010.8.

При проектировании ССТ ОГ определяющим для прогнозирования ресурса системы является правильное определение долговечности элементов системы с учётом дефектов материала.

Для определения прочности элементов конструкций, испытывающих при нагрузке воздействие сравнительно небольших напряжений и даже в наиболее «опасных» сечениях которых, возникают упругие деформации, достаточно использовать силовые критерии разрушения. К силовым критериям разрушения относят номинальные и местные напряжения для соответствующего вида предельного состояния – недопустимые необратимые пластические деформации или разрушения за счет образования и развития макроскопических деформаций. Использование в этих случаях деформационных или энергетических критериев принципиального значения не имеет, поскольку деформации пересчитывают в напряжения с помощью простейших линейных или квадратичных функций. Это справедливо и для случая применения высокопрочных малопластических конструкционных материалов, их диаграммы деформирования близки к линейным до момента разрушения.

В создании современных двигателей, турбомашин и других конструкций в последние годы наметилась тенденция к существенному понижению запасов прочности.

Известно, что для корпусов ССТ в определенных сечениях, например, в местах концентрации напряжений, в зоне сварных швов и др., при действии эксплуатационных нагрузок могут возникать местные пластические деформации. Увеличение внешних действующих нагрузок в таких конструкциях приводит к значительным изменениям внутренних напряжений. Поскольку при переходе материала конструкции из упругой области в упругопластическую происходит резкое снижение его сопротивления деформациям, то незначительное увеличение эксплуатационных напряжений может привести к возрастанию деформации в несколько раз. Инженерные расчеты прочности по номинальным или местным напряжениям становятся недостаточными. В этих случаях необходимо проводить расчет прочности по предельным нагрузкам, который позволяет учесть возникающие деформации, что приводит к увеличению запаса прочности.

Для расчетов прочности и долговечности в упругопластической области необходимо знать не только механические характеристики, но и зависимость между напряжениями и деформациями, т.е. иметь уравнение состояния для всего процесса деформирования – от его начала до момента разрушения. Эти зависимости можно получить не только экспериментально, но и путем аппроксимации реальных диаграмм деформирования.

Существенное значение для инженерных расчетов прочности и ресурсов приобретают приближенные способы количественного определения коэффициентов концентрации и полей упругопластических деформаций, которые отражают процессы перераспределения напряжений и деформаций и дают достаточную точность [10]. Для того чтобы рассмотреть изменение местных напряжений в зоне концентрации, предполагают равенство коэффициента концентрации деформаций K_ϵ теоретическому коэффициенту концентрации α_ϵ в пластической области [10, 11].

Рассмотрим степенную аппроксимацию диаграммы деформирования. В этом случае получим следующую систему уравнений для определения местных напряже-

ний $\sigma_{\max k}$, деформаций $e_{\max k}$, коэффициентов концентрации напряжений K_σ и деформаций K_ϵ

$$\begin{cases} e_{\max k} = e_H \alpha_\sigma; \\ \sigma_{\max k} = \sigma_T (e_H \alpha_\sigma / e_H)^m; \\ K_\sigma = \frac{\sigma_T}{\sigma_H} (e_H \alpha_\sigma / e_H)^m; \end{cases} \quad (1)$$

где σ_T - истинный предел текучести (МПа);

e_T - соответствующая истинному пределу текучести деформация текучести;

m - характеристика упрочнения материала в упруго-пластической зоне ($0 \leq m \leq 1$);

σ_H - номинальное напряжение (МПа);

e_H - номинальная деформация.

Для упругого материала из системы (1) следует очевидное равенство коэффициентов концентрации напряжений и концентрации деформаций. Однако, как показывают эксперименты, использование системы уравнений (1) при реальных показателях упрочнения m приводит к существенному занижению значений местных деформаций в зонах концентрации и дает результат на увеличение запаса прочности. Уточнение коэффициентов концентрации осуществляется путем добавления в систему уравнений (1) поправочных функций, постоянных множителей, которые определяются по диаграмме деформирования [11].

Основным фактором, определяющим напряженно-деформированное состояние корпуса двигателя, является рабочее давление P (МПа), зависящее от режима работы конструкции.

Рассмотрим корпус двигателя в первом приближении как цилиндрическую оболочку, радиус R (м) которой существенно превосходит толщину h (м).

Номинальное плоское напряженное состояние описывается соотношениями

$$\begin{cases} \sigma_{1H} = \frac{PR}{h}; \\ \sigma_{2H} = \frac{PR}{2h}. \end{cases} \quad (2)$$

При традиционных расчетах статистической прочности по номинальным допускаемым напряжениям действующие номинальные эксплуатационные напряжения σ_H должны удовлетворять неравенству:

$$\sigma_H \leq [\sigma_H], \quad (3)$$

где $[\sigma_H]$ - допускаемое номинальное напряжение, которое определяется по пределу прочности σ_B :

$$[\sigma_H] = \frac{\sigma_H}{n_B}. \quad (4)$$

Коэффициент запаса n_B обычно принимают в пределах 1,7 – 2,5.

Расчет по формулам (2) – (4) проводят для основных размеров корпуса конструкции (прежде всего толщины h), при этом концентрация напряжений не учитывается.

Для учета пластических деформаций, возникающих в зоне концентрации, расчеты на прочность на стадии образования трещин по уравнениям (2) – (4) дополняются проверочными расчетами. Проверочные расчеты проводятся в относительных напряжениях $\bar{\sigma} = \sigma / \sigma_T$ по предельным деформациям по формуле

$$n_{eo} = \bar{e}_{ko} / \bar{e}_{maxk},$$

где n_{eo} – запас прочности по предельным относительным деформациям $\bar{e}_{ko}$.

При степенной аппроксимации диаграммы деформирования номинальные напряжения $\bar{\sigma}_n$ и деформации $\bar{e}_h$ связаны соотношениями:

$$\bar{\sigma}_n = \bar{e}_h, \text{ при } \bar{\sigma}_n \leq 1.$$

Относительная пластичность материала определяет по формуле:

$$\bar{e}_k = \ln(1 - \psi)^{-1},$$

где ψ – относительное сужение площади поперечного сечения образца.

Предельная деформация определяется с учетом объемности напряженно-деформированного состояния в зоне концентраций. Коэффициенты Пуассона зависят от величин напряжений и деформаций как для номинального напряженно-деформированного состояния, так и в зоне концентрации. При номинальных напряжениях и деформациях в допустимых пределах, как это имеет место для корпуса двигателя, можно считать, что $\mu = 0,3$, тогда в первом приближении

$$\mu_{max} = 0,461.$$

Предположим, что концентратор напряжений расположен наиболее «опасно» к наибольшему окружному напряжению, тогда связь между деформацией $\bar{e}_H$ и нагрузкой P определяется соотношением:

$$\bar{e}_H = \bar{\sigma}_H = PR / \sigma_T h.$$

После ряда вычислений и преобразований деформационный критерий разрушения примет вид:

$$n_{eo} = \frac{\bar{e}_k (1 - \mu_{max} + \mu_{max}^2)}{K_e \bar{e}_H (1 + \mu_{max})}. \quad (5)$$

Анализ прочности корпуса двигателя проводится исходя из деформационного критерия разрушения (5).

Пусть концентратор расположен наиболее «опасно» по отношению к наибольшему окружному номинальному напряжению. Тогда связь между относительной деформацией и нагрузкой P определяется соотношением:

$$\bar{e}_H = \bar{\sigma}_H = PR / h.$$

Численно проведены расчеты для различных видов концентраторов напряжений. Рассмотрен случай, когда концентратором напряжений в стенке корпуса является отверстие, радиус которого значительно меньше толщины оболочки. Указанный концентратор характеризуется теоретическим коэффициентом концентрации: $\alpha_\sigma = 3$.

На рис.2 представлена зависимость коэффициента запаса прочности n_{eo} от рабочего давления P . Расчеты проведены для корпуса двигателя, изготовленного из стали 08X14H7MN со свойствами $\sigma = 800$ МПа, $\sigma_B = 1100$ МПа, $\psi = 40\%$, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа.

В качестве концентратора напряжений рассмотрена литейная раковина в стенке корпуса. Считается, что полость раковины расположена достаточно далеко от внешней и внутренней поверхности стенки корпуса. Предполагается, что раковина представляет собой круговую полость эллиптического поперечного сечения, расположенную наиболее «опасно» к окружному напряжению. Геометрия такой полости характеризуется величинами r_1 , r_2 (м).

Расчеты проведены с учетом влияния плоского напряженного состояния в стенке корпуса на теоретический коэффициент концентрации.

Тогда:

а) при $r_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ м; $r_2 = 2 \cdot 10^{-4}$ м; теоретический коэффициент концентрации равен $\alpha_\sigma = 4,75$; коэффициент Пуассона равен $\mu_{max} = 0,481$;

б) при $r_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ м; $r_2 = 10^{-4}$ м; теоретический коэффициент концентрации равен $\alpha_\sigma = 6,5$; коэффициент Пуассона равен $\mu_{max} = 0,488$.

С использованием деформационного критерия (5) построен график зависимости коэффициента запаса по предельным деформациям от рабочего давления и теоретического коэффициента концентрации напряжений (см. рис. 2).

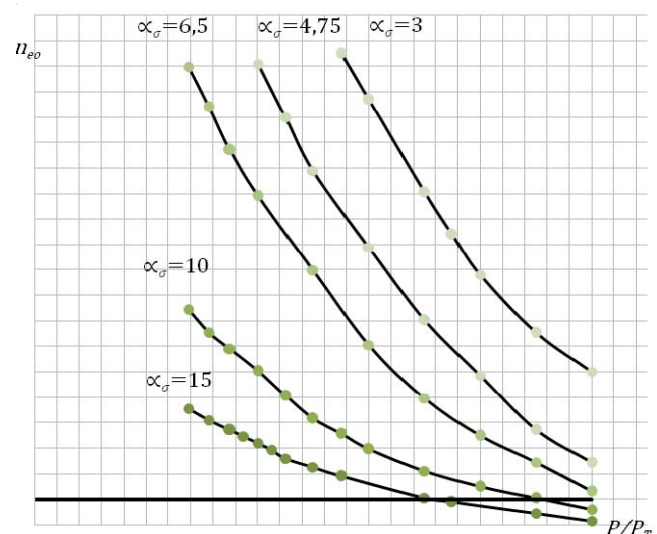


Рис. 2. Графическая связь между рабочим давлением P , коэффициентом запаса по предельным деформациям прочности n_{eo} , теоретическим коэффициентом концентрации напряжений α_σ

Рассмотрим более подробно «неверно» расположенный продольный сварной шов. Как правило, корпус имеет только опасные окружные швы. Возникающая на внешней поверхности оболочки концентрация α_σ порядка двух не является опасной. Однако при сварке возможно появление более существенных концентраторов – непроваров. В зависимости от их формы и размера теоретический коэффициент концентрации напряжений может колебаться в широких пределах.

В данной работе расчеты проводились для коэффициентов запаса по предельным деформациям с коэффициент концентрации напряжений $\alpha_\sigma = 10$ и $\alpha_\sigma = 15$.

Коэффициент Пуассона вычислен по формуле

$$\mu_{\max} = 0,5 - 0,2 / \alpha_\sigma^{\frac{2(1-m)}{1+m}}.$$

Теоретический коэффициент концентрации первых главных напряжений можно аппроксимировать по формуле

$$\alpha_{\sigma_i} = \left(\alpha_{\sigma_1} - \bar{\sigma}_{2H} \right) \sqrt{ \left(1 - \mu_{\max} + \mu_{\max}^2 \right) / \left(1 - \bar{\sigma}_{2H} + \bar{\sigma}_{2H}^2 \right) },$$

где $\bar{\sigma}_{2H} = \sigma_{2H} / \sigma_{1H}$;

σ_{1H}, σ_{2H} – первая и вторая главные составляющие напряжений в зоне концентратора, соответственно.

Анализ прочности корпуса двигателя с учетом сварного шва проведен по деформационному критерию разрушения.

После ряда вычислений получена связь коэффициента запаса по предельным деформациям и теоретическим коэффициентом концентрации напряжений. Графическая связь представлена на графике (см. рис. 2).

Как видно из графика, при $\alpha = 15$ возможно образование трещины в зоне концентратора еще до того, как номинальные напряжения в стенке корпуса, достигнут предела текучести. Согласно рекомендациям, имеющимся в литературе, коэффициент запаса по предельным деформациям n_{eo} не может быть ниже коэффициента запаса по пределу прочности n_B .

Если принять для корпуса $n_B \geq 2$, получим критерий допускаемого давления $n_{eo}(\alpha_\sigma, P) \geq 2$.

Графически это можно представить, проведя горизонталь $n_{eo} = 2$, тогда абсциссы точек пересечения этой горизонтальной с графиками дадут значения соответствующих допускаемых давлений. Если графики располагаются выше горизонтальной, то допускаемое давление нужно определять по традиционной формуле. Окончательно, допускаемое давление выбирается как минимальное из найденных давлений. Полученные результаты хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Выводы.

При проектировании ССТ ОГ – системы снижения токсичности отработавших газов – определяющим для прогнозирования ресурса системы является правильное определение долговечности элементов системы. Предлагаемая методика позволяет правильно оценить степень влияния концентраторов напряжений на статическую прочность конструкции ССТ.

Полученные результаты были использованы при разработке метода управления интенсивностью теплообмена в зоне термической регенерации ССТ ОГ. В результате срок службы ССТ на основе КН увеличивается до 12 - 18%.

Литература

1. Гетманец Г.В., Лиханов В.А. Социально-экологические проблемы автомобильного транспорта. - М.: Наука, 1993.-330 с.
2. Жегалин О.И., Китросский Н.А., Панчишный В.И. и др. Каталитические нейтрализаторы транспортных двигателей/ - М.: Машиностроение, 1979. – 80 с.
3. Звонов В.А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. – М.: Машиностроение, 1981. – 157 с.
4. Лиханов В.А., Сайкин А.М. Снижение токсичности автотракторных дизелей. – М.: Агропромиздат, 1991. – 208 с.
5. Каталитический нейтрализатор отработавших газов двигателя внутреннего сгорания: Пат. 2248455 РФ, МКИЗ 7F01 N 3/28. Медведев Ю.С – Заявл.- 30.09.2003; Оpubл. 20.03.2005. Бюл.№8.
6. Медведев Ю.С. Исследование процесса термической регенерации катализатора утилизацией тепла отработавших газов // Транспорт: наука, техника, управление: Научн. информационный сборник. - М.: ВИНТИ РАН. - 2006. - №1. – С. 47-48.
7. Медведев Ю.С. Снижение тепловых потерь в зоне термической регенерации системы снижения токсичности // Транспорт: наука, техника, управление: Научн. информационный сборник. - М.: ВИНТИ РАН. - 2010. - №7. - С.51-53.
8. Медведев Ю.С., Жучкова В.В. Прогнозирование долговечности конструкций с поверхностными дефектами при проектировании систем снижения токсичности отработавших газов // Экология и промышленность России: Ежемес. общественный науч.-техн. журнал – М. - 2015. - № 5. - С. 31-33.
9. Медведев Ю.С., Жучкова В.В. Влияние усталостных дефектов на срок службы конструкций при разработке систем снижения токсичности отработавших газов// Транспорт: наука, техника, управление: Научн. информационный сборник. - М.: ВИНТИ РАН. - 2016. -№ 3. - С. 52-54.
10. Прочность, ресурс, живучесть и безопасность машин. / Отв. ред. Н.А. Махутов. - М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ». - 2008. - 576 с.
11. Петерсон Р. Коэффициенты концентрации напряжений. – М.: Мир, 1977. – 224 с.

Сведения об авторах

Медведев Юрий Станиславович, доктор технических наук, профессор; Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова (КВВАУЛ) - 350005. г. Краснодар, ул. Дзержинского, 135. КВВАУЛ. Тел. моб. + 7 903 450 28 12. E-mail: ysm-73@yandex.ru

Жучкова Виктория Владимировна, кандидат физико-математических наук, доцент; Краснодарское высшее военное авиационное училище лётчиков имени Героя Советского Союза А.К. Серова (КВВАУЛ) - 350005. г. Краснодар, ул. Дзержинского, 135. КВВАУЛ. Тел. моб. + 7 909 468 09 89. E-mail: vvzh.53@mail.ru

АНАЛИЗ ПРИРОДЫ ФАКТОРОВ ВЛИЯНИЯ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА СРОКИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Кандидат техн. наук, доцент **Арифуллин И.В.**,

кандидат техн. наук, доцент **Терентьев А.В.**

(Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет. МАДИ)

ANALYSIS OF THE NATURE OF THE FACTORS INFLUENCE OF EXTERNAL ENVIRONMENT ON THE PERIOD CARS OPERATION

Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Arifullin I.V.**,

Ph.D. (Tech.), Associate Professor **Terent'ev A.V.**

(Moscow Automobile and Road Construction State Technical University. MADI)

Автомобиль, срок эксплуатации, внешняя среда, природа факторов, информационная ситуация, многокритериальная оценка, система эксплуатационных свойств, теория принятия решений.

Lifetime, car, external environment, nature of factors, information situation, multi-criteria assessment, system of operational properties, decision theory.

В статье анализируется природа факторов, определяющих сроки эксплуатации автомобиля. Обосновано, что в современных условиях для обеспечения общей или локальной эффективности системы технической эксплуатации автомобилей (ТЭА), необходимо работать с факторами, относимыми к неопределённым (неизвестным) условиям. Наличие в исследованиях ряда ситуаций, обладающих той или иной степенью неопределённости, требует для своего описания привлечения определённого математического аппарата, который априори включал бы в себя вероятность появления неопределённости. Таким аппаратом могут служить; теория вероятностей; теория игр; теория статистических решений; теория расплывчатых (размытых) множеств. В таких задачах выбор решения зависит от состояния «природы», а математические модели называются «игры с природой», а для получения искомых решений в ТЭА могут быть использованы методы векторной оптимизации.

The article analyzes the nature of the factors determining the life of the car. It is substantiated that in modern conditions to ensure the overall or local efficiency of the system of technical vehicles operation, it is necessary to work with factors attributable to undefined (unknown) conditions. The presence in research a number of situations that have a certain degree of uncertainty requires, for the description, the involvement of a certain mathematical apparatus, which would a priori include the probability of uncertainty occurrence. Such an apparatus can serve; probability theory; game theory; theory of statistical solutions; theory of vague (blurred) sets. In such problems, the choice of the solution depends on the state of "nature", and the mathematical models are called "games with nature", and vector-optimized methods can be used to obtain the desired solutions.

Методология системного подхода подразумевает исследование влияния факторов внешней среды на сроки эксплуатации автомобиля. Изменение состояний среды эксплуатации автомобиля влияет на параметры системы технической эксплуатации автомобилей (ТЭА), то есть возникает необходимость определения характера «природы» факторов состояния внешней среды (СВС). Эффективность любой системы в целом повышается за счёт последовательного ряда производимых операций, обоснованных с помощью ряда математических и экономико-математических методов. В каждом случае разработки методов, обеспечивающих общую или локальную эффективность системы или её элементов, приходится работать с тремя группами факторов [1]:

- 1) группа заданных факторов;
- 2) группа управляемых факторов;
- 3) группа факторов, относимых к неопределённым (неизвестным) условиям.

Наиболее сложным и приближённым к реальности

является третий случай. Природа неопределённости этих переменных (факторов) может быть различной. Обычно неопределённые переменные делятся на две группы: случайные переменные и неопределённые переменные нестохастической природы. Если распределение случайной переменной известно, в этом случае говорят, что переменная статистически определена. Случайные переменные с неизвестными распределениями делят на два вида: с известными параметрами распределения и неизвестными параметрами (рис. 1).

При исследовании со случайными факторами широко используются вероятностно-статистические методы. Неопределённые факторы не стохастической природы можно условно разделить на две подгруппы:

- 1) с известными функциями принадлежности (функция принадлежности задаёт некоторое подмножество общей допустимой области изменения фактора, отражающей степень неопределённости);
- 2) с неизвестными функциями принадлежности.



Рис. 1. Схема ситуаций взаимодействия исследуемой системы и внешней среды

Последние случаи обладает наибольшей степенью неопределённости. Обычно к ним применяют процедуру экспертного оценивания диапазонов изменения их значений. Неопределённость этого типа называют «природой» [2,3,4]. Наличие неопределённости данного типа в системе ТЭА объясняется следующими положениями:

1. **Нечётко выраженная конечная цель исследования в количественных характеристиках** – определение оптимального срока эксплуатации автомобиля. В условиях рыночных отношений далеко не всегда ресурс автомобиля определяет его срок эксплуатации. Нередко происходит вывод модели автомобиля из эксплуатации в связи с моральным устареванием конструкции или изменениями в политике реализации продукции автопроизводителями.

2. **Недостаточной изученностью на этапе разработки явлений, сопровождающих процесс функционирования системы.** Срок эксплуатации автомобиля исчисляется годами или десятилетиями, поэтому возможно лишь предположить – какие агрегаты и системы автомобиля, отвечающие за его экологическую или конструктивную безопасность, будут внедряться в конструкцию или наращиваться на неё в процессе эксплуатации.

3. **Наличием целенаправленного противодействия со стороны внешней среды, действия которой неизвестны в течение срока эксплуатации автомобиля.**

Разработка и применение новых стандартов конструктивной и экологической безопасности в тех или иных регионах предполагаемой эксплуатации автомобиля (например, внедрение стандартов Евро-6 в странах Евросоюза и т.д.).

Наличие в исследованиях ряда ситуаций, обладающих той или иной степенью неопределённости, требует для своего описания привлечения определённого математического аппарата, который априори включал бы в себя вероятность появления неопределённости. В настоящее время таким аппаратом может служить; теория вероятностей; теория игр (используется для описания неопределённости, порождаемой конфликтом и антагонистическими интересами «игроков»); теория статистических решений (описываются игры с пассивной средой или «природой», поведение которых характеризуется случайными величинами с известными или неизвестными законами распределения); теория расплывчатых (размытых) множеств. В [4] приведена следующая классификация методов принятия решений (рис. 2).

В соответствии приведённой схемой методы принятия решений в системе ТЭА следующие:

- 1) по ситуации принятия решений – стандартные;
- 2) по характеру информации – принимаемые в условиях неопределённости;
- 3) по аппарату принятия решения – расчётно-аналитические.



Рис. 2. Классификация методов принятия решений

Для применения того или иного математического аппарата необходимо классифицировать возможные степени градации неопределённости или классифицировать информационные ситуации I_i . Всю исходную информацию (количественные данные и др.) можно представить в виде множества $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_n\}$, взаимоисключающего с СВС - C своих состояний Q . Под информационной ситуацией понимается определённая степень деградации неопределённости выбора средой C состояний [6,7,8]. Можно выделить следующие основные информационные ситуации:

1. I_1 – первая информационная ситуация характеризуется заданным распределением априорных вероятностей P_j на элементах q_j множества Q (в дискретной форме):

$$P_j = P\{Q = q_j\}, \sum_{j=1}^n P_j = 1. \quad (1)$$

2. I_2 – вторая информационная ситуация характеризуется заданным распределением априорных вероятностей P_j с неизвестными параметрами на элементах q_j множества Q :

$$P(w) = \{P_1(w), P_2(w), \dots, P_n(w)\}, 0 \leq P_j(w) \leq 1, \quad (2)$$

где w – неопределённый параметр из параметрического множества Q .

3. I_3 – третья информационная ситуация характеризуется заданной системой предпочтений на априорных вероятностях P_j распределения множества Q . Упорядочение состояний среды $q_j \in Q$ предполагает введение отношений порядка для компонентов $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$. Например, простое отношение порядка $q_1 > q_2 > \dots > q_n$ определяется заданием неравенства:

$$P_1 \geq P_2 \geq \dots \geq P_n \geq 0. \quad (3)$$

4. I_4 – четвёртая информационная ситуация характеризуется неизвестным распределением вероятностей P_j на элементах q_j из множества Q , с одной стороны, и отсутствием активного противодействия среды - с другой. Такое поведение среды эквивалентно «пассивной среде», исследуемой в теории статистических решений «игр с природой». Надо отметить, что в данной ситуации незнание закона распределения не исключает возможность учитывать любые сведения об элементах состояния среды (различного рода ограничения, средние и дисперсионные оценки и др.)

5. I_5 – пятая информационная ситуация характеризуется антагонистическими интересами среды.

6. I_6 – шестая информационная ситуация является смешанной и определяется наличием информационных элементов, характеризующих «промежуточное» поведение среды [9].

Доказано, что информационные ситуации I_2, I_3 могут быть сведены к первой I_1 [10,11,12]. В случае информационной ситуации I_4 , если может быть определена вероятность состояний «природы» третьей группы факторов, решение принимается в условиях риска. Далее должна выполняться задача его минимизации, то есть информационная ситуация также сводится к I_1 . Для I_4 , когда отсутствует информация или её недостаточности о среде может рассматриваться как в условиях не противодействия со стороны «природы», но при этом её поведение неизвестно, то задача решается в условиях неопределённости. В таких задачах выбор решения зависит от состояния «природы», а математические модели называются «игры с природой». В этих случаях методы получаемых искомым решений должны основываться на правилах игр и статистических решений, либо могут быть получены с помощью методов векторной оптимизации [13,14,15]. Информационная ситуация I_5 требует привлечения теории игр. Информационная ситуация I_6 требует привлечения теории принятия решений и теории игр.

Выводы

1. Математический аппарат методов принятия решений при определении срока эксплуатации автомобиля в системе ТЭА относится к классу задач теории «игр с природой».

2. Искомые решения можно получить с помощью методов векторной оптимизации.

3. Понятие «природа», или природа факторов в рамках исследования процессов ТЭА тождественно понятию «состояние внешней среды», или «среда эксплуатации автомобиля».

Литература

1. Вентцель Е.С. Исследование операций. Задачи, принципы, методология. /
2. Е.С. Вентцель. - М.: Высшая школа, 2001. - 208 с.
3. Антонова А.С. Многокритериальное принятие решений в условиях риска на основе интеграции мультиагентного, имитационного, эволюционного моделирования и численных методов / А.С. Антонова, К.А. Аксёнов // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4(2), URL: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1466>.
4. Динер И.Я. Исследование операций / И.Я. Динер. – Ленинград: ВМОЛУА, 1969. – 606 с.
5. Кузнецов Е.С. Управление техническими системами: учеб. пособ. / Е.С. Кузнецов - М.: МАДИ, 2003. - 247 с.

6. Капустин А.А. Автомобильно-дорожный транспорт, опасный этап развития. Сб. тр. 74-й конференции МАДИ (ТУ), 2016. - С.224 – 228.

7. Евланов Л.Г. Теория и практика принятия решений / Л.Г. Евланов. - М.: Экономика, 1984. – 176 с.

8. Мушик Э. Методы принятия технических решений / Э. Мушик, П. Мюллер. Пер. с нем. – М.: Мир, 1990. -208 с.

9. Принятие решений на основе нечетких моделей: примеры использования / А.Н. Борисов и др.; отв. ред. А.Н. Борисов. – Рига: Зинатне, 1990. – 184 с.

10. Колотырин К.П. Организационно-экономические инструменты в сфере обращения с отходами потребления: монография / К.П. Колотырин. - Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2010. - 224 с.

11. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление / А. Пегат; пер. с англ. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. -798 с.

12. Экономико-математические модели контроллинга на промышленном предприятии / А.В. Пархоменко, Л.В. Пархоменко, Б.И. Герасимов ; под науч. ред. д-ра экон. наук, проф. Б.И. Герасимова. - Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. - 96 с.

13. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий /Т. Саати. — М.: Радио и связь, 1993. — 278 с.

14. Прудовский Б.Д. Методы решения многокритериальных автотранспортных задач/ Б.Д. Прудовский // Вестник гражданских инженеров (СПбГАСУ). - 2015. - №2(49), - С.154-159.

15. Карелина М.Ю. Аналитическое определение весовых коэффициентов при многокритериальной оценке эффективности автотранспортных средств /М.Ю. Карелина, И.В. Арифиллин, А.В. Терентьев // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). - 2018. - № 1 (52). - С. 3-9..

16. Терентьев А.В. Investigation methods for «current repairs labour-intensiveness» factor for a vehicle / А. В. Терентьев, Б.Д. Прудовский // Life Science Journal.- 2014. -11(10s). - С.307-310.

Сведения об авторах

Арифиллин Илья Владимирович, к.т.н., доцент кафедры «Менеджмент» МАДИ, 125319, Москва, Ленинградский проспект 64. Тел.: +7-903-224-63-93. E-mail: i_arifullin@mail.ru.

Терентьев Алексей Вячеславович, к.т.н., доцент кафедры «Детали машин и теории механизмов» МАДИ, 125319, Москва, Ленинградский проспект 64. Тел.: +7-911-004-81-67. E-mail: aleksej.terentev.67@bk.ru.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ФАКТОРОВ БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

Кандидат техн. наук **Грушников В.А.**

(Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук. ВИНТИ РАН)

TO THE QUESTION ABOUT THE SELECTION OF ROAD SAFETY FACTORS

Ph.D. (Tech.) **Grushnikov V.A.**

(All-Russian Institute of Scientific and Technical Information.
VINITI of RAS)

Автомобильный транспорт, колесные транспортные средства, безопасность дорожного движения, предотвращение столкновений в дорожно-транспортных происшествиях, факторы, мероприятия

Road transport, wheeled vehicles, road safety, collision avoidance in traffic accidents, factors, measures

Безопасность дорожного движения в интенсивных и плотных транспортных потоках автомобилей, управляемых водителями разных когнитивных способностей, не может быть достигнута без углубленного анализа причинно-следственных связей факторов дорожно-транспортных происшествий. Эту задачу решают исследователи разных стран мира.

Road safety in intensive and dense traffic flows of cars, driven by drivers of different cognitive abilities, cannot be achieved without an in-depth analysis of the causal relationships of road accident factors. This task is solved by researchers from different countries of the world.

Наряду с такими стихийными бедствиями, как ураганы, землетрясения и наводнения, наибольшую опасность гражданскому населению любой и каждой страны мира несут в себе чреватые тяжелым травматизмом и смертельными исходами столкновения в дорожно-транспортных происшествиях (ДТП). Они являются самым прямым, а потому и трудно устранимым по тяжести последствий, средством массового поражения людей, степень повреждения которых определяется уровнем цивилизации общества, а ежегодный урон по всему миру составляет несколько сотен тысяч человек.

Оценка этой опасности невозможна без определения наиболее значимых факторов безопасности дорожного движения, для чего необходимо углубленное исследование причинно-следственных связей событий, предшествующих ДТП. Наиболее обоснованно оно может быть проведено на основе всестороннего анализа национальных и международных требований к обеспечению и оценке уровня безопасности дорожного движения. Примером такого анализа является [1], например, исследование бельгийских и сербских специалистов по этой проблеме. По результатам их исследований сформулирована инновационная методология расчета сводного индекса безопасности дорожного движения применительно к конкретному региону, штату и т. п. единице административно-территориального деления той или иной страны мира. Полученная процедура в значительной степени согласована в целом, но обладает национальными особенностями. Выявлен широкий диапазон этих особенностей по дифференциальным показателям безопасности. Инновационный индекс эффективности безопасности дорожного движения, полученный на основе их интеграции, позволяет адекватно этим различным национальным особенностям прогнозировать и оценивать последствия столкновений в ДТП, помогает выявить сильные и слабые стороны системы

безопасности дорожного движения в каждой отдельной стране.

Большое количество национальных и общих идентичных показателей и индикаторов безопасности дорожного движения диктуют необходимость использования интегрального метода анализа данных и корреляционного анализа на качественной основе и активного применения методологии идентификации и аппарата квалитетрии с использованием мониторинговой информации. Информацию предлагается получать в различных фазах: идентификации состояния алкогольного опьянения водителей, соблюдения водителями скоростных режимов, определения степени их защиты бортовыми и дорожно-инфраструктурными системами безопасности, оценки состояния автомобильных дорог и послеаварийной помощи пострадавшим в ДТП. Это поможет достичь стандартизации показателей, включая процедуры сбора данных и выбора ключевого списка показателей, которые необходимо контролировать.

По результатам данного аналитического исследования было установлено, что использование наиболее значимых показателей позволяет оценить уровень безопасности дорожного движения на территории любой страны мира с приемлемым уровнем качества, сосредоточив внимание на странах с низким рейтингом. Меньший набор значимых показателей, определенных таким образом, может служить для быстрого и простого понимания ситуации безопасности дорожного движения и оценки последствий принимаемых мер. Кроме того, этот универсальный индексный подход применим в случаях, когда анализируется более широкий комплекс показателей, который обеспечивает более точную идентификацию слабых точек и более значимую обобщенную оценку отдельных стран.

В других аналогичных исследованиях важнейшее значение придавалось основным факторам потенциального

возникновения ДТП, среди которых не последняя роль принадлежит скорости движения колесного транспортного средства (КТС). Влияние скоростных режимов городского движения на транспортную аварийность все-сторонне оценивалось в совместном исследовании китайских и британских специалистов по безопасности дорожного движения [2]. Ими была предпринята попытка заполнить пробел в оценке зависимости влияния скоростных режимов городского движения на уличную автотранспортную аварийность с анализом характера ДТП со столкновениями в развивающихся странах.

Результаты этого исследования были основаны на углубленном анализе динамики интенсивности и плотности транспортных потоков в центре многонаселенного китайского Шанхая с перегруженным дорожным движением, сильно отличающимся по времени суток. В исследовании учитывался усовершенствованный метод фиксации пространственно-временных распределений скоростных режимов движения. Он предполагает оценку изменения скорости путем интеграции пространственно-временных колебаний скорости отдельного КТС в транспортном потоке с разностями скоростей между ними. Для этого предполагается использовать высокочастотные GPS-датчики, устанавливаемые в таксомоторах. Чтобы учесть потенциальные корреляции между этими сегментами, была разработана иерархическая пуассоновская логарифмически нормальная имитационная математическая модель со случайными распределениями факторов. Результаты моделирования показали, что увеличение средней скорости на городских автомагистралях и улицах на 1% приводит к увеличению общего числа ДТП на 0,7%, а тяжести последствий – в еще большей степени.

Нарушения скоростных режимов являются наиболее массовыми и опасными по последствиям. Их результаты фиксируются средствами фото- и видеонаблюдения, но наиболее достоверно оцениваются при проведении испытаний разного типа, вида и уровня детализации. В частности, североамериканскими исследователями во время проведения испытательных заездов по аттестованным маршрутам движения по дорогам общего пользования и полигонным трассам установлено, что оценка соблюдения скоростных режимов и правильности выполнения маневров очень полезна для адекватного прогнозирования ошибок, совершаемых водителями КТС разных типоразмеров [3]. Кроме того, оказалось, что она продуктивна для выявления и диагностирования когнитивных нарушений и проявлений деменции, что подтвердилось у 45% из 373 добровольно принявших участие в эксперименте водителей в возрасте 65 лет и старше.

Их возможности могут оцениваться адекватно возрасту и адаптивно ситуациям диагностировать риски аварийности пожилых водителей, т.к. пожилые водители автомобильных КТС становятся все более веским контингентом в экономически развитых странах мира [4]. В Вашингтонском университете США были оценены их риски создания ситуаций с ДТП и автомобильных катастроф в сравнении со средними показателями аварийности. В основу исследования были положены наблюдения водителей с признаками приобретенного слабоумия, проявляющегося в стойком снижении познавательной деятельности в связи с утратой в той или иной степени ранее усвоенных знаний и практических навыков и затруднением или невозможностью приобретения новых. В этом ретроспективном аналитическом

исследовании были использованы данные Организации здравоохранения штата Вашингтон по участникам обследования в возрасте 65-79 лет. Записи о состоянии их здоровья в 1999-2009 гг. были связаны с зарегистрированными в полицейских протоколах фактах столкновениях в ДТП. По модели пропорциональных рисков Кокса с устойчивыми стандартными ошибками, учитывающими повторяющиеся события (столкновения), из 29730 пожилых водителей с водительскими правами приблизительно 6% были диагностированы с признаками слабоумия до или во время исследования, а их участие в ДТП составило 14,7 случаев в 1000 ДТП. Скорректированный коэффициент риска аварийности в ДТП у них составил 0,95, что подтвердили и имитации вождения на тренажерах (рис. 1).



Рис. 1. Тренажерные исследования когнитивных способностей водителей автомобилей

Снижение вероятности этих рисков эффективно достигается массовым распространением современных знаний и использованием современных автомобильных технологий пожилыми водителями. В исследовании [5] было проведено углубленное изучение понимания используемых пожилыми водителями современных технологий управления КТС и предлагаемых его электронными устройствами коммуникационных и навигационных возможностей, активной и пассивной безопасности. Исследованы также адаптивные способности их использования в процессе обучения водителей, в т. ч. при предпродажной подготовке автомобиля. Эта информация получена из многочисленных интернет-сайтов потребителей автомобилей в США и по результатам опроса пользователей системы. Результаты ответа на вопросы анкеты 2990 участников исследования по проблеме старения позволили установить, что из 15 доступных технологий в современном легковом автомобиле пожилыми водителями максимально используется по результатам послепродажной адаптации только 12 адаптированных к их возможностям функций. В целом 57,2% участников расширенного эксперимента освоили, по крайней мере, одну передовую технологию в своем новом современном автомобиле. Большинство (до 75%) опрошенных респондентов научились использовать эти технологии самостоятельно и используют их примерно в 43% случаев разных дорожно-транспортных ситуаций. По всем имеющимся инновационным технологиям почти 70% респондентов отзывались положительно в плане потенциала обеспечения активной и пассивной безопасности. Менее 9% респондентов адаптировалось к использованию до четырех новых технологий без сопровождения профессионала.

Результативность этих мероприятий еще только изучается, но уже вызывает интерес проведенная интегральная оценка улучшения вождения на основе визуально-моторной координации [6]. Преобладание значения визуальной информации при управлении КТС, по мнению австралийских специалистов по безопасности дорожного движения, является объективным основанием для использования так называемых визуальных шаблонов оценки двигательного поведения водителей и качества восприятия ими пространственной и опасной, динамически изменяющейся дорожно-транспортной информации с целью регулирования их физических действий. Эффективность координации визуальных моторов может быть чувствительным индикатором оценки ситуационной компетентности водителя. Связанное с возрастом снижение познавательной способности и остроты восприятия объективной реальности, т. е. ослабление когнитивных способностей старшими водителями, приводит к ухудшению визуально-моторной координации, которая может стать причиной рискованного поведения за рулем. Данные, полученные в экспериментах на тренажерах и в подконтрольных испытательных заездах с участием 38 водителей в возрасте от 60 до 81 года, позволили представить информационно согласованную базу данных о влиянии когнитивного состояния водителей на манеру их вождения в конкретных дорожно-транспортных ситуациях. При этом исследования проводились с синхронной видеозаписью отслеживания взгляда внутренней камерой и отслеживания движения автомобиля внешней камерой. Результаты интерпретации этого эмпирического исследования свидетельствуют о большей замедленности визуально-моторной координации пожилых водителей при маневрах на круговых развязках и на перекрестках, пропорционально регрессирующей с возрастом.

Повышение результативности комбинированного обучения и адаптации водителей КТС к объективным реальностям, наряду с другими современными возможностями, достигается оптимизацией моделирования аварийных ситуаций на основе динамического распределения их частоты и тяжести последствий [7]. Повышение достоверности прогнозирования вероятности и оценки тяжести столкновений КТС на дорогах общего пользования достигается при использовании инновационной системы оптимизации моделирования аварийных ситуаций на основе динамического распределения событий на разветвленной дорожной сети региона, позволяющей оперативно оказывать помощь пострадавшим. В ее реализации учитываются неопределенности различных ситуаций по критерию минимизации издержек и максимизации полезности предоставляемых услуг. Результативность этой процедуры была подтверждена экспериментальной апробацией в конкретной реализации, а именно применительно к расследованию транспортной ситуации при землетрясении в апреле 2015 г. в центральном Непале.

Немаловажным фактором дорожной аварийности и тяжести ДТП является зависимость дорожно-транспортной аварийности от уровня взаимодействия водителя с пассажирами КТС [8]. По результатам многофункционального анализа литературных источников, протоколов официальной статистики ДТП и экспериментальных наблюдений и эксплуатационных испытаний греческими специалистами по безопасности дорожного движения выявлены риски столкновений и

выброса с полосы движения автомобилей, водители которых отвлекаются на разговоры с пассажирами во время управления пассажирским КТС. В качестве критериев оценки рискованности конкретных ситуаций были выбраны эффекты случайных контактов, частота столкновений по причине отвлечения водителя, которых по официальной статистике не превышает 3,85%. Однако эта величина, как установлено этими исследованиями, является заниженной.

Наряду с основными факторами безопасности дорожного движения далеко не последнюю роль играют факторы инфраструктурной поддержки эксплуатации КТС на современной интеллектуальной дорожной сети. Так, например, в исследовании [9] установлена ключевая роль городского энергоснабжения в современной транспортной мобильности. Она связана с ростом парка подвижного состава, повышением интенсивности и плотности транспортных потоков, объемом выбросов токсичных отработавших газов, затрудненностью парковки и заправки топливных баков и зарядки аккумуляторных батарей в периоды пиковых спросов. Эффективное решение этой комплексной проблемы предлагается на основе интеллектуальной платформы сетевой эксплуатации индивидуальных и общественных КТС с корпоративным вызовом и использованием программно-технологического комплекса информационной фирмы NTT Data и системной транспортной логистической фирмы Gisa (обе - Германия). Оптимальность решения энергетической проблемы достигается участием в ней центра компетенции в виде городской электростанции, помещенной в центр сетевой энергосистемы.

Среди не самых последних по действенности способов превентивного предупреждения ДТП является использование медицинской и правовой информации для расследования смертельных случаев столкновений в ДТП [10]. Австралийскими исследователями предложен эффективный способ прогнозирования и расследования причинно-следственных связей ДТП на основе использования оперативной медицинской и следственной информации по параметрам обустройства дорожного покрытия, обочин дорог, оснащения КТС, а также физического состояния участников дорожного движения и скорости движения отдельных автомобилей и транспортных потоков в целом. По результатам информационной базы данных о ДТП штата Виктории за 2013-2014 гг., на 100000 человек населения в среднем пришлось 1398 смертельных исходов в столкновениях. Участниками и пострадавшими в 44% случаев стали водители легковых автомобилей старшей возрастной группы, в 32% - пожилые пешеходы (32%), в 17% - пожилые пассажиры КТС, в 4% - пожилые велосипедисты, 1% - мотоциклисты и 1% - водители мотороллеров. В большинстве случаев (98%) причинами фатальных аварий стали ошибки водителей легковых автомобилей, а объектами, в том числе вторичных столкновений, - стационарные объекты, включая деревья (46%) и обочины (23%). Большинство смертельных случаев произошло вблизи строений (73%) и на дорогах (87%) с низкой интенсивностью транспортных потоков (37%), с 12 до 18 часов (44%), в будние дни (80%), при дневном свете (75%) и на сухом дорожном покрытии (81%). Установлено, что в 55% случаев причина смертельных исходов в ДТП была выявлена полицией, в 54% не установлена, в том числе в 41% недооценена.

Насколько улучшает или ухудшает ситуацию на автомобильных дорогах общего пользования использование специальных средств установлено в исследовании рисков столкновений в ДТП в потоках автомобильных КТС с сигнальными огнями и сиренами [11]. По официальной базе данных столкновений в ДТП, принадлежащей Управлению дорожного транспорта штата Айова США в период с 2005 по 2013 гг., было оценено влияние на риски столкновений присутствие в транспортных потоках спецавтомобилей полиции, автомобилей скорой медицинской помощи, пожарных и служб безопасности. Для оперативности прибытия на место чрезвычайных ситуаций эти автомобили были вынуждены двигаться в аварийном режиме с использованием сигнальных огней и сирен и нарушать предписания правил дорожного движения. Установлено, что в рассматриваемый период времени полицейские автомобили попали в 2406 ДТП, а автомобили скорой медицинской помощи и пожарные КТС - в 528. Углубленный анализ этих ДТП показал, что полицейские автомобили при движении в аварийном режиме с включенными световыми и звуковыми сигналами оказались в 1,8 раза более подвержены к столкновениям, чем в обычном режиме. Скорая помощь и пожарные автомобили не продемонстрировали такой высокой статистической уязвимости в ДТП при аварийном режиме движения. Но отмечается, что в отношении полицейских автомобилей был проведен более детальный анализ в экстремальных условиях движения, погоды и состояния дорожного покрытия (рис. 2).



Рис. 2. Спецавтомобили на дорогах общего пользования

В целом эффективность реализации программы безопасности дорожного движения оценивается комплексом факторов, определяющих возможность предотвращения ДТП. Так, на примере шести развивающихся стран мира рассмотрена эффективность реализации в период 2008-2023 гг. мероприятий программы безопасности дорожного движения международной организацией Bloomberg [12]. Эта программа была разработана исследовательской группой в 2004-2013 гг. по результатам анализа уровня смертности в ДТП. Программа финансируется как из источников международной организации, так и национальных источников. Она направлена на повышение степени использования возможностей систем активной и пассивной безопасности КТС, совершенствования дорожно-транспортной инфраструктуры и уровня соблюдения правил дорожного

движения с ужесточением штрафных санкций. Первым шагом в реализации комплекса этих мероприятий стал пересмотр национальных законов о безопасности дорожного движения в Бразилии, Китае, Кении, Мексике, Турции и Вьетнаме. Изменение законов позволило сберечь в предотвращенных столкновениях в ДТП 2008-2013 гг. около 19 000 человеческих жизней и способно в 2014-2023 гг. сберечь еще примерно 90 000 жизней. Национальными законами предусматривается, в том числе, 13%-е улучшение защитной экипировки мотоциклистов, а также увеличение на 2% размеров штрафов. Снижение затрат на материальные потери и компенсации в Китае прогнозируются в размере 56%, во Вьетнаме - 35%.

Этот фрагментарный анализ факторов и мероприятий предотвращения столкновений в ДТП позволяет оценить масштабы и эффективность защитных действий организаторов транспортного процесса, инфраструктурных операторов и дорожной полиции, совместно решающих задачу снижения дорожно-транспортных рисков. В этом направлении предотвращения ДТП предпринимаются усилия многочисленных исследователей и разработчиков жизненно важной проблемы безопасности.

Литература

1. Tešić M., Hermans E., Lipovac K., Pešić D. Identifying the Most Significant Indicators of the Total Road Safety Performance Index// *Accid. Anal. and Prev.* - 2018. - Том 113. - С. 263-278. [Электронный ресурс].
2. Wang X., Zhou Q., Quddus M., Fan T., Fang S. Speed, speed variation and crash relationships for urban arterials// *Accid. Anal. and Prev.* - 2018. - Том 113. - С. 236-243. [Электронный ресурс].
3. Duncanson H., Hollis A.M., O'Connor M.G. Errors versus speed on the trail making test: Relevance to driving performance// *Accid. Anal. and Prev.* - 2018. - Том 113. - С. 125-130. [Электронный ресурс].
4. Fraade-Blanar L.A., Hansen R.N., Chan K. C.G., Sears J.M., Thompson H.J., Crane P.K., Ebel B.E. Diagnosed Dementia and the Risk of Motor Vehicle Crash Around Older Drivers// *Accid. Anal. and Prev.* - 2018. - Том 113. - С. 47-53. [Электронный ресурс].
5. Eby D.W., Molnar L.J., Zakrajsek J.S., Ryan L.H., Zanier N., Louis R.M.St, Stanciu S.C., LeBlanc D, Kostyniuk L.P., Smith J., Yung R., Nyquist L., DiGuseppi C., Li G., Mielenz T.J., Strogatz D. Privalence, and Attitudes, and Knowledge of in-Vehicle Technologies and Vehicle Adaptations Among Older Drivers// *Accid. Anal. and Prev.* - 2018. - Том 113. - С. 54-62. [Электронный ресурс].
6. Sun Q.C., Xia J.C., He J., Foster J., Falkmer T., Lee H. Towards unpacking older drivers' visual-motor coordination: A gaze-based integrated driving assessment// *Accid. Anal. and Prev.* - 2018. - Том 113. - С. 85-96. [Электронный ресурс].
7. Fikar C., Hirsch P., Nolz P.C. Agent-based simulation optimization for dynamic relief distribution// *Cent. Eur. J. Oper. Res.* - 2108. - 26, № 2. - С. 423-442. [Электронный ресурс].
8. Theofilatos A., Ziaropoulos A., Papadimitrion E., Yannis G. How many crashes are caused by driver interaction with passengers? A metaanalysis approach// *J. Safety Res.* - 2018. - 65. - С. 11-20. [Электронный ресурс].

9. Kallert J. Wie Stadtwerke zum integrierten Mobilitätsdienstleister werden// ew: Elektrizitätswirt. - 2018. - 117, № 3-4.- С. 26-27.

10. Koppel S., Bugeja L., Smith D., Lamb A., Dwyer J., Fitzharris M., Newstead S., D'Elia A., Charlton J. Using medico-legal data to investigate fatal or road user crash circumstances and risk factors// Traffic Injury Prev. - 2018. - 19, № 2. - С. 133-140. [Электронный ресурс].

11. Missikpore C., Peek-Asa C., Young T., Hamann C. Does crash risk increase when emergency vehicles are driving with lights and sirens? // Accid. Anal. and Prev. - 2018. - Том 113.- С. 257-262. [Электронный ресурс].

12. Miller T.R., Levy D.T., Swedler D.I. Lives saved by laws and regulations the resulted from the Bloomberg road safety program// Accid. Anal. and Prev.- 2018.- Том 113.- С. 131-136. [Электронный ресурс].

Сведения об авторе

Грушников Виктор Александрович, старший научный сотрудник ОНИ по машиностроению Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ) РАН.

Телефон 8(499) 152-59-10 (сл.).

E-mail: mach04@viniti.ru.

ПОИСК ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ТРУБОПРОВОДНОГО ПАССАЖИРСКОГО И ГРУЗОВОГО ТРАНСПОРТА

Научный сотрудник **Волкова С.А.**

(Всероссийский институт научной и технической информации. ВИНТИ РАН)

SEARCH TECHNOLOGIES FOR HIGH-SPEED PIPELINE PASSENGER AND CARGO TRANSPORTATION

Researcher **Volkova S.A.**

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

Виды транспорта, трубопроводный, пассажирский, грузовой, пневматический транспорт, магнитолевитирующий транспорт, история развития.

Types of transport, pipeline, passenger, cargo, pneumatic transport, magnetolevitating transport, development history.

Рассматривается история развития трубопроводного пассажирского и грузового транспорта. Описываются принципы движения капсул в вакуумной трубе. Рассматривается перспектива уникального способа борьбы с трением в разных видах магнитолевитирующего транспорта.

The history of development of pipeline passenger and freight transport is considered. The principles of the movement of capsules in a vacuum tube are described. The perspective of a unique method for controlling friction in various types of magnetic levitating transport is considered.

Одним из самых необычных видов пассажирского транспорта в ближайшие десятилетия может стать трубопроводный транспорт. Он может составить конкуренцию авиации по скорости, а железной дороге — по дешевизне перевозок. Это будущее, которое опирается на удивительные примеры и идеи прошлого и достижения настоящего. Достижения в этой сфере связаны с поиском форм наиболее совершенных транспортных технологий. Научная и инженерная мысль делает осязаемой фантастическую задачу — создать высокопроизводительный, энергосберегающий и экологически безопасный вид путей сообщения. Можно предположить, что в будущем соединит континенты не железная дорога, а транспорт, в котором капсулы с пассажирами будут “летать” со сверхзвуковой скоростью в вакуумном трубопроводе [1].

История развития пневматического транспорта [2]

О пневматическом транспорте в современном понимании первым задумался французский естествоиспытатель Дени Папен, который в 1667 году исследовал поведение поршней в цилиндрах. Ученый пришел к идее: если цилиндр сделать очень длинным, то есть попросту взять трубу, то по ней можно будет послать цилиндр с вложенным в него почтовым сообщением или посылкой. Лишь в 1792 году, идея посылать сообщения по трубе была применена на практике в Вене.

В 1854 году Иосий Кларк запатентовал первую городскую пневматическую почту как способ перемещения грузов по трубам посредством давления воздуха и вакуума. Он проложил свою систему в Лондоне между биржей и телеграфом, ее длина была всего 200 метров, но она продемонстрировала удобство и выгоду данного инженерного решения.

Пневматическая почта, которая использует небольшие контейнеры, пережила века и до сих пор используется там, где нужно отправить физические предметы, например денежные купюры. Так отправляют

и получают кассиры деньги во многих крупных торговых центрах по всему миру.

Другое достижение позапрошлого века — пневматическая дорога в Баттерси в Британии в 1863 году. Диаметр почтовой трубы этой дороги составлял 76 см. По трубе двигались особые тележки на резиновых колесах. Чтобы продемонстрировать систему, в тележки даже ложились сотрудники компании и через минуту они благополучно прибывали с железнодорожной станции на почтовый терминал. Но труба имела слишком маленький диаметр для пассажирской капсулы, и дорога просуществовала всего лишь 11 лет, но идея не умерла.

Исторически первым был пассажирский пневматический трубопроводный транспорт (ПТТ), использующий для транспортировки перепад давления воздуха. В этом смысле, интересен проект пневмотранспорта в трубопроводе большого диаметра, который инженер Раммель реализовал в 1864 г. близ Хрустального дворца в Лондоне. Благодаря перепаду давления, создаваемого паровыми насосами, в тоннеле диаметром 3 м перемещались вагоны с пассажирами на расстояние 500 м. Размеры поперечного сечения рабочего пространства, в котором двигался состав, до настоящего времени остались рекордными. Опыт недолгой эксплуатации этой установки оказался востребованным в наши дни, когда возрождаются подобные полузабытые проекты.

К началу XX века технологии заметно продвинулись вперед. Все больший интерес инженеры обращали на электрические системы. Тогда возникла идея электромагнитного поезда, который бы висел над дорогой, поддерживаемый магнитными силами. Эту идею практически одновременно взяли разрабатывать американский изобретатель Эмиль Башле, и российский ученый-физик Борис Вейнберг, работавший в Томском технологическом институте. Башле создал работавшую модель открытого поезда, а Вейнберг предложил отправлять капсулы с пассажирами в трубе, где создавал

ся вакуум. По расчетам и на основании модельных опытов получалось, что капсулы способны разогнаться почти до 1000 км в час. Авторы продемонстрировали свои модели в 1914 году, спустя несколько месяцев началась первая мировая война.

Вновь к идее пассажирского трубопроводного транспорта вернулись в 60-е годы сразу в нескольких странах. Разрабатывалась система городского пневматического движения, обеспечивающая скорость около 80 км/час, с расстояниями между станциями около 2 км. Однако расчеты показали, что пневматическая система, выгодная в черте города, не сможет конкурировать с метро.

В 1970-е годы проводились исследования поездов, предназначенных для движения в трубе, и были достигнуты скорости в 500 - 600 км/ч; а в вакуумной трубе модель поезда-ракеты могла "лететь" со скоростью 2500 км/ч (лаборатория университета Нагойя, Япония). В 1980-е годы ПТТ рассматривался в перспективе XXI века как сверхзвуковой, не уступающий по скорости авиалайнерам [3]. Но работы в этом направлении были свернуты. Причины тому разные, одна из них – несовершенство ПТТ. Ограничения связаны с самим принципом движения.

Пневматика – несовершенный механизм для перемещения пассажирской капсулы в трубопроводе. В ПТТ давление воздуха преобразуется в движение капсулы с пассажирами под действием перепада давления на ее торцах. Движение капсул внутри трубопровода может быть как в режиме нагнетания (компрессия), так и в режиме разрежения (вакуум). Для непрерывно следующих одна за другой капсул необходимо перераспределение воздушных потоков на участках разгона, движения с постоянной скоростью и на участках торможения. На отдельных участках трубопровода нужно в определенном темпе создавать избыточное давление или разрежение. Необходимы мощные насосы для громоздких систем перераспределения воздушных потоков. Нагнетательные, всасывающие и смешанные системы весьма затратны, недостаточно надежны в эксплуатации и обладают, к тому же, значительной инерционностью.

Инерционность ПТТ велика, движение капсулы начинается в тот момент, когда насосы создадут давление, достаточное, чтобы преодолеть инерцию капсулы и механическое сопротивление изолирующих манжет. Движущаяся с большой скоростью капсула должна постоянно разделять две зоны: повышенного давления и разрежения. Равновесие наступает с ростом непрерывно изменяющейся величины объема пространства позади капсулы и увеличения давления (плотности воздуха). Из-за инерционности системы сложно погасить кинетическую энергию капсулы, двигающейся с большой скоростью. Капсулу можно остановить только на специально оборудованном участке торможения, соединенном на одном конце с атмосферой ($P^+ \rightarrow 1$ атм.), а на другом конце – имеющем специальную заслонку, служащую для регулирования выходной скорости с участка торможения на станцию разгрузки.

Специальные манжетные уплотнения фиксируют положение капсулы относительно стенок трубопровода и должны препятствовать перетеканию воздуха в разреженную зону впереди капсулы [3].

Работа давления, затрачиваемая на поступательное движение капсулы, увеличивается за счет того, что

часть энергии сжатого воздуха пропадает из-за массы воздуха, прорывающегося через зазоры в уплотнительных манжетах.

В начале XXI века новейшие транспортные технологии, в частности труботранспорт, стали выгодной и перспективной сферой вложения капиталов, что в свою очередь стимулирует положительную мотивацию и создает благоприятный климат для исследований в малоизученных или основательно забытых направлениях научно-технических разработок.

Опытные разработки и экспериментальные образцы убедили в перспективности уникального способа борьбы с трением в разных видах магнитолевитирующего транспорта (МЛТ), способного обеспечить высокую провозную способность, надежность, экономичность, безопасность, требующего меньших эксплуатационных затрат в сравнении с контактными видами транспорта. Основное назначение МЛТ – скоростные перевозки пассажиров, однако экономически оправдана и срочная доставка грузов: почта, контейнерные перевозки ценных грузов.

Сравнительно давно возникла идея левитирующего транспорта как альтернатива рельсовому транспорту и без его существенного недостатка, связанного с трением в звене "колесо-рельс". Левитация в физике – это устойчивое положение объекта в гравитационном поле. Левитация возможна с помощью энергии магнитного поля – для компенсации гравитационной составляющей используется магнитное давление. В гравитационном поле компенсировать ускорение свободного падения и устойчиво удерживать объект можно с помощью взаимодействия сверхпроводников и систем с вихревыми токами [4, 5].

Магнитная левитация подвешивает, направляет и приводит поезд в движение.

В 2004 году в Китае по схеме Башле началась коммерческая эксплуатация поездов-магнитопланов в Шанхае на 30-километровом участке от центра города до аэропорта. Магнитоплан идет там со скоростью до 430 км/ч. Однако эксплуатация этой схемы выявила проблемы. В частности, на таких скоростях стремительно растет сопротивление воздуха, а трасса для вагона стандартных размеров обходится крайне дорого. Возможно, поэтому в 2010 году китайские инженеры высказали идею возвращения к схеме Вейнберга, то есть магнитоплана в вакуумной трубе, который мог бы разгоняться до 1000 км/ч.

В новейших проектах отчетливо просматривается влияние творческих идей 1960 - 1970-х гг. и воплощение их в реальные конструкции. В числе таких, вероятно, осуществимых идей – проект «Hyperloop» – скоростной вид наземного транспорта, который предложил американский предприниматель Илон Маск [6]. В 2012 году Илон Маск выступил с идеей строительства аналогичной системы в США. Для начала предусматривается строительство трубопроводной трассы длиной 550 км и диаметром 2,2 м между Лос-Анджелесом и Сан-Франциско, так же создавая в трубе частичный вакуум и разгоняя поезда до скорости около 1000 км/ч. Поступательное движение по проекту будет обеспечиваться электромагнитным способом, а «висеть» в трубе капсулы будут за счет оставшегося в трубе воздуха. Однако это первоначальные планы, которые могут измениться в ходе разработки конкретных технических решений.

В 2013 г. была опубликована альфа-версия проекта: ставилась цель минимизировать силу трения и перемещать капсулы с большими скоростями на огромные расстояния. Внутри трубопровода будут двигаться одиночные капсулы с пассажирами или грузами в одном направлении с интервалом в 30 сек со скоростями до 1220 км/ч (в зависимости от рельефа местности) (рис. 1).

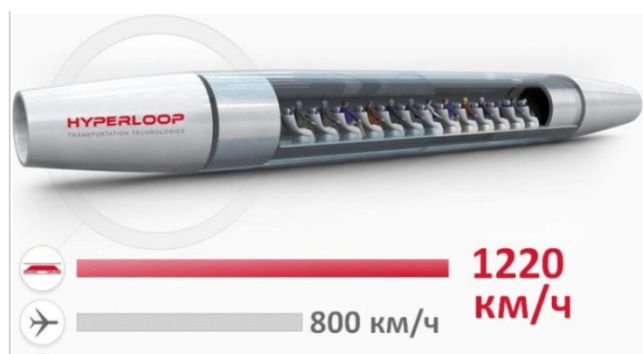


Рис. 1. Пассажирская капсула вакуумного поезда по проекту Илона Маска

Естественно, что такой транспорт может окупиться только при значительных пассажиропотоках. Для удешевления проекта И. Маск взял за основу модель вакуумного поезда, преимуществом которого является отсутствие необходимости преодолевать трение опоры и встречное сопротивление воздуха. Нет нужды стремиться к достижению в трубе полного вакуума, достаточно насосов умеренной мощности и стенок стальной трубы толщиной 20 - 25 мм для поддержания форвакуума, а именно пониженного давления в 100 Па (0,001 атм.). Дальнейшее снижение давления невыгодно, так как ведет к экспоненциальному росту затрат.

Однако на предусмотренной проектом скорости капсула все равно сталкивается с набегающим воздушным потоком. Но и пониженное давление можно использовать рационально, для создания воздушной подушки. Расположенные в передней части капсулы специальные направляющие и вентилятор должны перенаправлять встречный поток воздуха под днище. В условиях форвакуума для создания воздушной подушки достаточно будет обеспечить давление в 9,4 кПа, что потребует подачи всего 200 г воздуха в секунду. Тем самым И. Маск отказался от гораздо более дорогой в реализации идеи магнитной подушки.

Для перемещения капсулы используется линейный электродвигатель, статором служат отрезки алюминиевого рельса длиной 15 м, уложенные в нижней части трубопровода через каждые 110 м. Ротор будет находиться в капсуле, при этом требуемая постоянная мощность составляет всего 100 кВт. Предусмотрено получение энергии с помощью солнечных батарей, установленных на крыше сооружения. Батареи должны вырабатывать 57 МВт электроэнергии при потребности системы только в 21 МВт. Поскольку статор выполняет не только ускорение, но и торможение, в последнем случае кинетическая энергия движущейся с большой скоростью капсулы также преобразуется в электрическую. От продажи излишков энергии планируется выручать ежегодно около 25 млн. долл., что создает дополнительный источник финансирования эксплуатационных расходов. Для покрытия эксплуатационных расходов стоимость билета в один конец должна быть 19,8 долл. Стоимость проекта «Hyperloop» является самой низкой

по сравнению с другими высокоскоростными технологиями и может составить 1 долл. за 10-12 км. Как результат, при общей стоимости 7,5 млрд. долл. окупаемость проекта будет достигнута за 20 лет.

Предусмотрены два варианта системы:

1) пассажирский (капсула вмещает два ряда сидячих мест по 14 кресел в каждом) предполагает внутренний диаметр трубопровода 2,23 м, сечение капсулы 1,35 м в ширину и 1,1 м в высоту, площадь лобовой проекции 1,4 кв.м., длина капсулы 25-30 м;

2) пассажирско-грузовой, который планируют использовать для скоростного перемещения водителя со своим легковым автомобилем. Внутренний диаметр трубы 3,3 м, лобовая проекция капсулы 4 кв.м.

В мае 2017 г. компания провела первое полноценное испытание поезда в пригороде Лас-Вегаса, на участке протяженностью 500 м, диаметр трубы - 3,3 м. Пассажирскую капсулу удалось разогнать до скорости 113 км/ч. На следующем этапе ставится задача достичь скорости 400 км/ч.

Специалисты NASA пришли к выводу, что в проекте «Hyperloop» диаметр трубы следует увеличить примерно в 2 раза. Сотрудники НТТ сомневаются в целесообразности использования воздушной подушки, поскольку пневматика создает проблемы с управлением. При больших пассажиропотоках непросто организовать управление движением большого числа капсул, одновременно движущихся с короткими интервалами, в разных темпах и с разными скоростями. Как вариант, изучается степень удорожания проекта в случае перехода на магнитную левитацию. Даже без такого применения, по расчетам НТТ, стоимость двухпутной дороги между Лос-Анджелесом и Сан-Франциско составит от 7 до 16 млрд. долл. [6].

В свою очередь, компания Hyperloop One решает сосредоточиться на варианте проекта с организацией грузовых контейнерных перевозок, причем с пассивной магнитной левитацией. Эта технология предполагает движение постоянных магнитов над проводящей поверхностью.

Преимущество трубопроводной формы пути

В вакуумном трубопроводе из-за снижения воздушного сопротивления и отсутствия механического контакта в звене «колесо-рельс» левитирующие системы могут развивать скорости до 400 - 500 км/ч при потреблении энергии на одного пассажира меньше, чем в рельсовом экспрессе ICE (ФРГ) или французском поезде TGV.

Тоннель и метрополитен - это своеобразная форма трубопровода. Хотя тоннели - самый дорогостоящий и длительный по времени строительства элемент трасс МЛТ, длина подземных скоростных трасс постоянно увеличивается. Построенная для японского поезда MLU испытательная линия Yamanashi Test lines на 82 % состоит из тоннелей (длина линии 42,8 км).

Существуют различия между движением поезда по эстакаде, на мосту или в тоннеле - меняется аэродинамическое воздействие и соответствующие нагрузки. Для трубопроводной прокладки трасс таких различий нет. Экипаж постоянно движется в трубе, хотя сам трубопровод может быть проложен над землей, под землей, под водой и над водными преградами. Надземная прокладка на свайных опорах или эстакаде применяется для пересечения естественных препятствий и искус-

ственных сооружений инфраструктуры, при прокладке трассы на местности со сложным рельефом.

Магнитоплан, левитирующий в вакуумном трубопроводе, – эффективный способ снижения аэродинамического сопротивления и повышения скоростей движения с приемлемыми энергетическими затратами, при минимальном негативном воздействии на окружающую среду. Вакуумный поезд будет ходить по полностью изолированному от окружающего мира пути. Преимущество такого движения состоит в том, что трубопровод служит не только направляющей движения, но и надежным средством защиты от внешних воздействий: не страшны ливни, снегопады, обледенение пути, сильные ветры, полностью исключается попадание посторонних предметов на путь.

Конструкция трубопровода получается легкой и дешевой, как следствие, снижаются затраты на строительство трассы, но трубопровод получается не достаточно жестким. Для корректного учета динамических нагрузок необходимо учитывать упругость конструкции, как многоопорной балки на упругих опорах. При выборе рациональных параметров трубопровода усиливается влияние динамических нагрузок. Если, с точки зрения удешевления проекта, желательно снизить толщину стенки трубы или увеличить расстояние между опорами, то это может обернуться нежелательным ростом амплитуд колебаний конструкции. Для обеспечения комфортности поездки необходимо учитывать реакцию пассажиров на колебания. Расчет на прочность трубопровода нужно проводить с учетом возможного взаимодействия упругих колебаний трубопровода с вибрациями оболочки капсулы. Взаимодействие вибраций разных видов может создать угрозу работоспособности сооружения. В частности, при возможном резонансе изгибных колебаний трубы на опорах с изгибно-крутильными колебаниями капсулы сложно гарантировать беспрепятственную проходимость по трубопроводу череды капсул, следующих одна за другой с большой скоростью и малыми интервалами.

Постоянная магнитная связь с путевой структурой трубопровода влияет на устойчивость движения и безопасность эксплуатации. Капсула не отрывается от пути, не садится и не взлетает. Путевая направляющая в форме трубы удобна для прокладки скоростных магистралей в густонаселенной местности, их можно прокладывать через центры городов, а междугородние скоростные линии – через городские агломерации без непосредственного контакта с другими видами инфраструктуры, совмещать в пределах транспортного коридора новые и традиционные виды транспорта. Столкновения с другими видами транспорта исключаются вследствие того, что капсула изолирована в трубе. Комфорт скоростных сообщений сочетается с возможностью быстрой доставки пассажира непосредственно в любую точку мегаполиса, как и метро, независимо от капризов погоды. Это большое преимущество в сравнении с авиоперевозками [7].

Давно известна идея перемещения капсул-контейнеров в трубопроводе с помощью магнитных полей поочередно включающихся электромагнитов. Вдоль трубы расставлены электромагниты, которые передают капсулы, как эстафету, от одного к другому. Этот вид трубопровода обеспечивает движение не за счет перепада давления, а за счет магнитных полей, капсула движется в магнитном поле без контакта со стенками

трубопровода. Сто лет тому назад этот прообраз левитирующего трубопровода трудно было осуществить. Современные транспортные технологии позволяют реализовать такую идею на основе сильных магнитных полей, создаваемых СП-магнитами.

Параметры левитации магнитоплана зависят от особенностей обтекания воздушным потоком тел сложной формы, движущихся с большой скоростью вблизи специальным образом спроектированной опорной поверхности. Формы поверхностей подвижных и неподвижных элементов, аэродинамически взаимодействующих между собой, могут быть не только плоскими, но и более сложной формы: Т-образный или U-образный путепровод, с одним или двумя киями. Могут быть и криволинейные поверхности, как у воздушного подшипника, например, сегмент трубы или желоб.

Капсула цилиндрической формы эффективна при движении в желобе. Опорной поверхностью для левитации капсулы служит внутренняя стенка желоба (своего рода криволинейный экран), сам полет бесконтактный, с зазорами в несколько сантиметров, чтобы свободно перемещаться. Задача состоит в том, чтобы организовать движение встречного воздушного потока. Особым образом спроектированное днище экипажа и ответной части нижнего сектора желоба могут выполнять ту же роль, что и экран для экраноплана. Благодаря специальной организации пространства для воздушных потоков в виде желоба под днищем экипажа, воздушная опора может иметь небольшую толщину, измеряемую сантиметрами, и являться «смазкой» между скользящей поверхностью капсулы и внутренней поверхностью желоба.

На пущенной в 1972 г. экспериментальной установке ЕЕТ-системы ЭДЛ (г. Эрлангер, ФРГ) путь имел форму бетонного желоба, в который была вмонтирована трехфазная якорная обмотка ЛТД.

В проекте “Magneplane system” [9], который был разработан в 1970 г., вагон с цилиндрической нижней частью левитировал и перемещался над направляющим лотком подобной цилиндрической формы.

Требования к конструкциям левитирующих экспрессов

Чтобы левитирующие экспрессы стали комфортабельнее и надежнее, привлекательнее для пассажира, необходимо по-иному, чем обычные поезда, их конструировать. Легкие, но достаточно прочные капсулы имеют конструкцию, отличающуюся от пассажирского вагона. Авиационная практика оказала несомненное влияние на проектирование формы капсулы, она идентична фюзеляжу самолета. Авторы проекта “Magneplane system” для обеспечения необходимой жесткости капсулы воспользовались опытом авиастроителей по применению оболочек с повышенной жесткостью на изгиб. Из-за мощного силового набора эффективная толщина оболочки увеличивается до 8 см. Если в самолете оболочка защищает пассажира от низких температур, то при больших скоростях движения в трубопроводе требуется учитывать нагрев оболочки капсулы. Необходимо предусмотреть усиление тепловой защиты от высоких температур.

Гибриды левитирующих систем интересны тем, что они часто возникают в результате объединения кардинально отличающихся видов транспорта. Экипаж, в котором соединены электродинамический и аэродина-

мический принцип бесконтактного перемещения (аэромагнитная опора) направляющей с трубопроводной формой, обладает хорошими перспективами. Таким гибридом может стать магнитоплан в вакуумном трубопроводе.

Анализ перспектив разработок в области трубопровода сопряжен с решением проблем устойчивости и управляемости экипажей. Цилиндрическая форма пути не приспособлена для качения опорных элементов по криволинейной в поперечном сечении трубе. Своеобразие такой формы опорной поверхности порождает трудности – пространственное положение экипажа становится неустойчивым. Благодаря кривым обводам лотка вагон может свободно поворачиваться относительно продольной оси, например, при вписывании в кривые путей направляющей. Седлообразная форма пути позволяет капсуле, при вписывании в кривую, кренится на борт, уменьшая необходимый радиус поворота, что существенно при высоких скоростях движения. Недостатком такой формы пути являются возникающие колебания крена, для их устранения необходимы специальные конструктивные решения опорно-ходового аппарата.

Комплексное решение задач устойчивости капсулы в трубопроводе найдено в килевых системах подвеса. Мощные и легкие СП-магниты, установленные в капсуле, взаимодействуют с направляющим полотном из обычного металла, как правило, алюминия. Вихревые токи в алюминиевом полотне индуцируются только тогда, когда СП-магнит экипажа находится прямо над ним. Направляющая в виде желоба удерживает капсулу в стабильном положении (в магнитной яме). В проекте “Magneplane system” осевое расположение СП-магнитов позволяет формировать магнитное поле с явно выраженным максимумом под продольной осью капсулы – своеобразным воздушным “килем”.

Левитирующая капсула должна быть жестко привязана к осям координат направляющего лотка (или трубопровода), и не только сохранять положение своих осей координат в пространстве, но и сопротивляться всяким попыткам сместить их. Установка значительных по весу СП-магнитов ниже центра тяжести капсулы обеспечивает возвращающие силы для стабилизации в пространстве.

Этапы развития левитирующего транспорта в СССР

На различных этапах развития цивилизации транспорт продолжает оставаться высокоинтеллектуальной и привлекательной для инвестиций областью техники. Капиталовложения в магнитные дороги могут быть как из общественных источников, в том числе долговременные правительственные субсидии, так и из частных.

Разработки по созданию левитирующего транспорта в СССР начались в 1975 г., когда при Миннефтегазстрое СССР появилось производственное объединение “Союзтранспрогресс”. Главным разработчиком “летающего” поезда был ВНИИПИ “Гидротрубопровод” (г. Москва). Экспериментальный вагон ТП – 05 с линейным двигателем был построен по немецкой технологии поезда Transrapid (системы ЭМЛ). В 1989 г. при

испытаниях на участке длиной 600 м в г. Раменское (Московская обл.) вагон левитировал на высоте 1 см над рельсом и перемещался со скоростью до 400 км/ч. Для сравнения, японский экипаж MLU достиг скорости 517 км/ч на 7-километровом испытательном полигоне на острове Кюсю в 1979 г. [8]. Испытания продолжались без серьезного успеха до развала СССР.

Перед специалистами по трубопроводному транспорту, которые курировали работы по МЛТ, не ставилась задача использовать свой опыт в области разработки трубопроводов. Задания распределялись по институтам, конструкторским бюро, опытным заводам, в частности, таким как ВЭЛНИИ, НПИ (г. Новочеркасск), ИТМ АН УССР (г. Днепропетровск), кафедры электрических машин МИИТ (г. Москва), ЛПИ (г. Ленинград), ЕрПИ (г. Ереван) и другим. У каждой из этих организаций были сложившиеся коллективы, устоявшаяся тематика работ и плановое финансирование.

Выбор правильного направления научной работы в области левитирующего транспорта, хорошее ее выполнение в значительной мере определяется отношением к ней ученых, их энтузиазмом.

Аэромагнитный трубопроводный транспорт вобрал в себя важнейшие достижения наземного транспорта и авиации, и при сверхвысоких скоростях способен обеспечить массовость, регулярность и безопасность поездок на далекие расстояния, вне зависимости от погоды, а также меньшую, в сравнении с другими видами транспорта, себестоимость перевозок.

Литература

1. Пассажирский трубопроводный транспорт. [Электронный ресурс]. URL: <https://vpk.name/forum/s346.html4>
2. Трубопроводный пассажирский транспорт: 170 лет экспериментов и большие надежды. [Электронный ресурс]. URL: <https://vpk.name/forum/s346.html60>
3. Форгач Р. Л. Скоростной вакуумный трубопроводный транспорт – конкурент реактивной авиации. - В кн.: Наземный транспорт 80-х годов. - М., 1974. – С.121.
4. Контейнерный трубопроводный пневмотранспорт. – М.: Машиностроение, 1979. – 263 с.
5. Трубопровод как грузоперевозчик. [Электронный ресурс]. URL: <http://perevozka24.ru/pages/truboprovod-kak-gruzoperevozchik>
6. Высокоскоростной вакуумный поезд Hyperloop от Илона Маска стал реальностью. [Электронный ресурс]. URL: <https://novate.ru/blogs/060817/42493/>
7. Ein modernes Transportsystem: die M-Bahn // Eisenbahn techn. Rdsch, - 1990. – 39, № 1/2. – S.39- 44.
8. Magnetic Levitation train MLU – 002. Main topics // Techno Japan, 1986. - v. 21, № 9, sept. – P. 60 – 63.
9. Kolm H.H., Thornton R.D. The magneplane system. // Cryogenics. – 1975, july. – P. 377 – 384.

Сведения об авторе

Волкова Светлана Александровна, научный сотрудник ВИНТИ РАН.

125190, г. Москва, ул. Усиевича, 20.

Тел. (499)155-44-26.

E-mail: volkova-viniti@yandex.ru.

**К 30-ЛЕТИЮ ЗАПУСКА КОСМИЧЕСКОГО КОРАБЛЯ «БУРАН»:
ИМПОРТОЗАМЕЩАЮЩИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИИ
ДЛЯ СТЕГАНОГРАФИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ**

Кандидат техн. наук **Раткин Л.С.**
(Научно-производственное предприятие «АРГМ»)

**TO THE 30TH JUBILEE OF «BURAN» SPACE FLIGHT:
IMPORT-SUBSTITUTION AEROSPACE BLOCKCHAIN-TECHNOLOGIES
FOR STEGANOGRAPHIC TRANSPORT APPLICATIONS**

Ph. D. (Tech.) **Rathkeen L.S.**
(Scientific-production enterprise «ARGM»)

Российская академия наук (РАН), Международный Аэрокосмический конгресс (МАК), Международный авиационно-космический салон (МАКС), авиация, космос, стеганография, блокчейн-технологии (БТ), транспортные системы выведения (ТСВ) космических грузов на орбиту (КГО), нормативно-правовой документ (НПД).

Russian Academy of Sciences (RAS), International Aeronautic Congress (IAC), International Aviation & Space Congress (IASC), aviation, space, steganography, blockchain-technologies (BT), Transport Output Systems (TOS) of Space Cargo to the Orbit (SCO), Normative & Law Documents (NLD).

Раз в три года в Москве проводится форум, являющийся главным отраслевым смотром в сфере развития авиационных и космических технологий – Международный Аэрокосмический конгресс (МАК). МАК – ровесник Международного авиационно-космического салона (МАКС), также организуемого в России с начала 1990-х годов. На пленарных и секционных заседаниях МАК и МАКС регулярно обсуждаются перспективы развития отрасли, среди которых особое место занимают аэрокосмические блокчейн-технологии (БТ) для стеганографических транспортных приложений.

One time per three years at Moscow is organized the Forum, which is main branch show in the field of development of aviation & space technologies – International Aeronautic congress (IAC). IAC is regularly organized since 1990th, like International aviation & space congress (IASC). On plenary & sectional meetings of IAC and IASC are regularly discussed the perspectives of branch development, among which the special place is distributed for aerospace blockchain-technologies (BT) for steganographic transport applications.

Накануне тридцатилетия успешного полета многоразового орбитального корабля – ракетоплана «Буран» 15 ноября 1988 года в МГУ им. М.В.Ломоносова был проведен Девятый Международный Аэрокосмический конгресс (МАК), посвященный юбилею. Открывая форум, ректор МГУ им. М.В. Ломоносова, Президент Российского Союза ректоров академик Российской академии наук (РАН) В.А.Садовничий, в частности, отметил значимость развития международной научно-образовательной кооперации и промышленно-технологического сотрудничества разных стран [1-2]. Важность укрепления интернациональных связей в космосе и на Земле была лейтмотивом выступления советского и российского летчика-космонавта (шесть космических полетов, в т.ч., на космических кораблях «Discovery» и «Endeavour»), Героя Советского Союза и первого Героя Российской Федерации (медаль «Золотая Звезда» № 1) С.К. Крикалева. На пленарном заседании «О технологиях виртуальной реальности в космонавтике» была анонсирована информация о Факультете космических исследований МГУ им. М.В. Ломоносова и представлены следующие доклады: «К столетию со дня рождения Министра С.А. Афанасьева», «Цели и задачи использования авиационной техники в процессе подготовки космонавтов к выполнению космического полета», «Об авиационном полете вдоль Полярного круга», «К тридцатилетию полета многоразового орбитального корабля «Буран» и «История испытаний орбитального корабля «Буран»».

В рамках секционных заседаний были представлены доклады российских и иностранных ученых по приоритетным направлениям развития отрасли. Например, на секции «Многоразовые ракетные и аэрокосмические системы. Технологии в космосе» рассматривались следующие направления отрасли: перспективные транспортные системы выведения (ТСВ) космических грузов на орбиту (КГО); примеры построения частично-многоразовых сверхтяжелых ТСВ на основе семейства МРКС-1 с крылатым ракетным блоком типа «Байкал»; перспективы развития одно- и многоразовых ТСВ КГО; модели многоразовой аэрокосмической системы на базе двухфюзеляжного самолета-носителя и космического буксира на базе транспортного космического корабля «Прогресс-М» для сбора космического мусора; принципы моделирования пилотируемых ракетно-космических систем. Также в докладах были представлены методы обоснования рациональной численности экипажа и режимов его работы в различных сценариях пилотируемых экспедиций на Луну; принципы работы энергетической установки космического аппарата с химико-кинетическим накопителем энергии; направления конструирования ракетных двигателей для решения транспортных задач (например, по смены орбит или обмену орбитами); особенности диагностики и мониторинга состояния силовых конструкций на основе квантового подхода к изменению и анализу сигналов акустической

эмиссии; тенденции доработки приводов колес шасси самолетов и оборудования для наземного и бортового повышения надежности космических полетов.

Секция «Динамика полета и моделирование» рассматривала результаты научных исследований, в т.ч.: по эффективности применения прямооточных воздушных электрореактивных двигателей; комплексной оптимизации траекторий и параметров космических транспортных систем с учетом ограничений по условиям нагружения конструкций; рассмотрению ближнего наведения космического аппарата с помощью упрощенных математических моделей; интегральному закону управления угловой скоростью крена и углом крена магистрального самолета; использованию функционала пути в управлении космическим аппаратом; результатам моделирования наведения при полете на предельно малых высотах; математическому моделированию динамики авиационных трансмиссий и испытательных стендов; оптимизации крейсерского полета с учетом пространственного распределения ветра; алгоритмам формирования оптимального управления на режимах сверхманевренности; моделированию в целях испытаний систем бортового оборудования; автоматическому управлению отклоняемым вектором тяги в режиме маловысотного полета; анализу возмущений у поверхности летательного аппарата при транзвуковом режиме движения с возможностью управления потоками.

Секционное заседание, посвященное перспективам развития транспортных двигательных установок и топлив, включало рассмотрение: влияния энергетических свойств твердых топлив на летательные аппараты с прямооточным воздушно-реактивным двигателем; методов «представления Зельдовича» для определения основных параметров внутренней баллистики низкотемпературных твердотопливных газогенераторов; методологии тепловых испытаний охлаждаемых деталей авиационных двигателей и энергетических установок в расплаве высокотеплопроводного металла и с применением тепловизоров; перспективных систем охлаждения теплонапряженных конструкций авиационных двигателей и энергетических установок и технологий их доводки на этапе конструкторско-технологической отработки опытного изделия; кинетики тепло- и газовой выделения при разогреве топлива высокоскоростного летательного аппарата; механизмов термического разложения углеводородных компонентов авиационных топлив; применения программных комплексов и блокчейн-технологий (БТ) для формирования облика летательного аппарата с воздушно-реактивным двигателем [3-4]; прирабатываемых пар лабиринтных уплотнений на двигателях пятого и последующих поколений; компьютерных комплексов и БТ для проектирования доводки компактных теплообменников, экспериментальным исследованиям эффективности рабочего процесса в твердотопливных комбинированных двигательных установках газогенераторной схемы [5]. Также были представлены разработки по: наращиванию отраслевого кадрового потенциала [6-7]; ситуационному анализу и консалтингу транспортных корпораций [8-9]; теплообмену в канале лопатки турбины с закрытой циклонной схемой охлаждения; экспериментальному обоснованию возможности допуска противозносных присадок к применению в составе отечественных реактивных топлив; расчетно-экспериментальным комплексам с БТ

для создания масел для авиационной техники; методам оценки эффективности рабочего процесса в малогабаритных камерах сгорания; разработке конструкции для снижения температуры охлаждающего воздуха, подвешенного к критичным узлам ротора турбины газогенератора на максимальных режимах работы высокотемпературных авиационных газотурбинных двигателей.

На секционном заседании «Навигация и автоматическое управление. Бортовое оборудование и системы» анонсировались результаты исследований по наземной навигации по контурам местности, подготовке к вылету и посадке летательных аппаратов при базировании на космической станции; изучению методик калибровки микромеханического блока датчиков на трехосном стенде; микромеханических систем для повышения точности и надежности функционирования космических аппаратов; интеллектуальной и психологической поддержки космических экипажей; созданию бортовых прицельно-навигационных комплексов с базовым функциональным ядром модульного построения; повышения точности и отказоустойчивости прицельно-навигационных комплексов летательных аппаратов. Также рассматривались: разработка алгоритмов управления воздушным судном при решении задач вертикальной навигации с применением концепции обратных задач динамики; перспективный подход к синтезу интеллектуальных транспортных систем управления и измерительных комплексов; концепция мониторинга технического состояния изделий авионики на основе применения средств и методов физической диагностики; резервирование интегрированной системы мониторинга технического состояния воздушного судна, коррекция навигационных систем летательных аппаратов авианосного базирования с помощью модифицированного фильтра Калмана, обеспечение большого диапазона измеряемых ускорений у акселерометров разных типов; построение алгоритмов распознавания слов в условиях шума на основе нейронных сетей; изучение возможностей применения технологий 3D-аудио в кабинах перспективных летательных аппаратов. Часть научных сообщений была посвящена доработке структур авионики и систем управления полетом, изучению возможностей применения гравито-инерциального механорецептора в условиях микрогравитации для детектирования движений космонавта; вычислению угловых ускорений для тестирования качества наведения на цель на трехстепенном стенде; методике мониторинга технического состояния планера и шасси на этапах взлета и посадки летательного аппарата; согласованию алгоритмического обеспечения разнородных информационных подсистем бортового комплекса беспилотного летательного аппарата. Обсуждение было также посвящено идентификации собственных частот и коэффициентов возбудимости математической модели нежесткого спутника на основе решения спектральной задачи для системы пучков матриц; созданию базы данных эталонных ориентиров местности для высокоточной коррекции координат по изображениям в видимом и инфракрасном диапазонах; нечетким динамическим экспертным системам летательных аппаратов разных типов; высокоточной коррекции навигационных параметров летательных аппаратов по разноточным изображениям датчиков технического зрения; динамическому системному синтезу моделей управляющих комплексов

летательных аппаратов. Обсуждались сообщения, посвященные: разработке нелинейного фильтра Калмана с идентификацией параметров модели навигационной системы летательных аппаратов разных типов; методам анализа электроэнцефалограмм для оценки состояния оператора в процессе пилотирования; установке инерциальных навигационных систем методом векторного согласования; разработке инерциальных систем ориентации и навигации на основе твердотельных волновых гироскопов; созданию многофункциональной радиолокационной системы для летательных аппаратов вертолетного типа; инерциальной навигации в высоких широтах и разработке алгоритмов оценивания для коррекции навигационных систем.

На МАК были представлены и авторские разработки для стеганографических транспортных приложений с применением БТ, защищенные патентом на изобретение в РФ и за рубежом [10-11].

Выводы

1. Блокчейн-технологии (БТ) применяются в транспортной отрасли в различных приложениях, в частности, для оптимизации грузопассажирского трафика и повышения эффективности работы профильных предприятий. Также БТ используются для количественной и качественной оценки роста отраслевых показателей функционирования транспортно-логистических холдингов. Для повышения инвестиционной привлекательности транспортной сферы и формирования благоприятного инвестиционного климата для российских и зарубежных инвесторов необходимо внесение изменений в законодательство, в т.ч., предполагающее устранение правовых пробелов и внутренних и внешних противоречий в текстах нормативно-правовых документов (НПД), например, по обеспечению необходимых мер государственной поддержки и гарантиям возврата заемных средств при реализации соответствующих инвестиционных проектов.

2. Инновационным направлением применения БТ в аэрокосмической отрасли являются стеганографические транспортные приложения, обеспечивающие скрытую обработку и передачу данных как по открытым, так и по защищенным телекоммуникационным каналам. Авторская разработка, защищенная седьмым патентом в мире, на основании данных Федерального института промышленной собственности Роспатента, выполнена на уровне лучших зарубежных аналогов, в частности, разработанных компаниями Sun Microsystems и Microsoft Corporation. Импортзамещающая технология позволяет не только скрытно обрабатывать и передавать информацию, но и краткосрочно, среднесрочно или долгосрочно хранить данные в специализированных стеганографических контейнерах [12].

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. 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.
3. Генкин А., Михеев А. Блокчейн. Как это работает и что ждет нас завтра. — М.: Альпина Паблишер, 2017. - С. 177.
4. Королев А. Сопровождение деятельности специализированных компаний: практический опыт // Энциклопедия российской секьюритизации - 2017 // СПб.: «Любавич», 2017 // С.147-151.
5. Мелани Свон. Блокчейн: Схема новой экономики. — Олимп-Бизнес, 2016. - С. 17.
6. Старостина Е. Дефицит профильных специалистов в сфере кибербезопасности негативно сказывается на работе бизнеса и госструктур // Информационная безопасность, № 1, 2018 // С.12-15.
7. Аристов С.А. Перспективные решения в сфере кадрового обеспечения транспортной отрасли // Транспорт Российской Федерации. - 2018. - № 1 (74). - С.3-5.
8. Горелик А.Л., Шабаров В.В. Ситуационный анализ промышленных корпораций // Вопросы оборонной техники, № 1 (302), 2001. // С. 8.
9. Горелик А.Л., Тимушев А.Г., Шабаров В.В. Организация внутреннего консалтинга промышленных корпораций // Тяжелое машиностроение. - 2001. - № 6. - С. 16-20.
10. Горелик А.Л., Раткин Л.С. Об устойчивости корпоративных информационных сетей // Вопросы оборонной техники. - 2003.- № 2 (315). - С. 43-45.
11. Раткин Л.С. Применение компьютерной стеганографии при проектировании информационных систем по оборонной продукции корпоративного уровня // Вопросы оборонной техники. - 2004. - № 4.
12. 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, 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.

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. Ссылка на литературу дается 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>