

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
ВСЕРОССИЙСКИЙ ИНСТИТУТ НАУЧНОЙ И ТЕХНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ
(В И Н И Т И Р А Н)

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

Издаётся с 1990 г.

№ 7

Москва 2024

ВАК при Минобрнауки РФ письмом от 06.12.2022 № 02-1198 сообщила, что научные журналы, включенные в Перечень научных рецензируемых журналов (Перечень ВАКа) разделены на три научные категории – 1, 2 и 3 на основе рассчитанных научометрических показателей и оценки научного качества журналов.

Научный информационный сборник «ТРАНСПОРТ: наука, техника, управление» включен в число журналов 1 категории, что обозначается индексом К1 (информативно: позиция в упомянутом письме п. 441).

СОДЕРЖАНИЕ

ЛОГИСТИКА

Маколова Л.В., Чеботарева Е.А., Солоп И.А. Управление транспортно-логистическими процессами на основе формирования метаграфовой модели влияния рисков.....	3
Бобрик П.П., Подберезкина О.А. Организационно-правовые механизмы регулирования и сопряжения сухопутного коридора Европа-Китай	9
Ларин О.Н., Капский Д.В., Капский П.Д., Моононхуу Цогт, Баасан Сарангэрэл Содержательная характеристика понятия отказоустойчивости цепочек поставок	16

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

Поспелова Л.Н., Рыжова Л.А. Исследование рисков безопасности на железнодорожном транспорте	21
Иванов П.Ю., Дульский Е.Ю., Осипов Д.В., Трескин С.В., Кудьяров И.А. Исследование возможности применения воздухораспределителя №483 в тормозной системе с двухтрубным питанием.....	25

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Гречиков М.И., Грушников В.А. Современные зарубежные исследования и разработки в сфере автомобильной энергетики. Часть 4: Цели и промежуточные результаты.....	31
Калимуллин Р.Ф., Кулаков А.Т., Тетерин М.Ф. Мониторинг показателей качества дизельного топлива как резерв повышения эффективности эксплуатации автомобилей	37
Володькин П.П., Лазарев В.А., Волобуев К.Е. Подсистема контроля скорости передвижения и стиля управления транспортным средством на предприятии.....	44

ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ

Курбатова А.В., Зайченко Е.А. Пути решения проблем грузовых авиаперевозок в период международных санкций.....	48
Файнбург Г.Д., Файнбург И.А., Асибаков Р.И. Поиск оптимальных параметров бюджета и срока выполнения проекта в организации по техническому обслуживанию авиационной техники	53

ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТ

Максимов В.А., Чан Д.К.З., Нгуен В.Т. Количественная оценка факторов, влияющих на маршрутный расход топлива городских автобусов.....	59
---	----

CONTENTS

LOGISTICS

Makolova L.V., Chebotareva E.A., Solop I.A. Management of transport and logistics processes based on the formation of a meta-graph model of the impact of risks 3

Bobrik P.P., Poberezkina O.A. Organizational and legal mechanisms of regulation and interconnection of the Europe-China land corridor 9

Larin O.N., Kapsky D.V., Kapsky P.D., Moononkhuu Tsogt, Baasan Sarangerel Content characteristics of the concept of supply chain resilience 16

RAILWAY TRANSPORT

Pospelova L.N., Ryzhova L.A. Investigation of safety risks of railway transport 21

Ivanov P.Yu., Dulsky E.Yu., Osipov D.V., Treskin S.V., Kudyarov I.A. Investigation of the possibility of using air distributor no. 483 in a two-pipe brake system 25

AUTOMOBILE TRANSPORT

Grechikov M.I., Grushnikov V.A. Modern foreign research and development in the field of road transport. Part 4: goals and intermediate results 31

Kalimullin R.F., Kulakov A.T., Teterin M.F. Monitoring diesel fuel quality indicators as a reserve for increasing vehicle operation efficiency 37

Volodkin P.P., Lazarev V.A., Volobuev K.E. Subsystem for monitoring speed and vehicle driving style at the enterprise 44

AIR TRANSPORT

Kurbatova A.V., Zaichenko E.A. Ways to solve the problems of air cargo transportation during the period of international sanctions 48

Fainburg G.D., Fainburg I.A., Asibakov R.I. Finding optimal budget and project delivery time parameters in an aircraft maintenance organization 53

URBAN TRANSPORT

Maksimov V.A., Tran D.K.D., Nguyen V.T. Quantitative assessment of factors affecting the route fuel consumption of city buses 59

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ СБОРНИКА

(по состоянию на 07.03.2023 г.)

Наукометрический показатель	Значение
Двухлетний импакт-фактор в РИНЦ	0,419
Двухлетний импакт-фактор с учетом цитирования из всех источников	0,681
Пятилетний импакт-фактор в РИНЦ	0,327
Число статей за год в РИНЦ	130

ЛОГИСТИКА

Научная статья

УДК 656.25 + 06

DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-1

УПРАВЛЕНИЕ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ НА ОСНОВЕ ФОРМИРОВАНИЯ МЕТАГРАФОВОЙ МОДЕЛИ ВЛИЯНИЯ РИСКОВ

Маколова Людмила Викторовна

makolova76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6070-6318>,

(Ростовский государственный университет путей сообщения, РГУПС)

(Финансовый университет при Правительстве Москвы)

Чеботарева Евгения Андреевна

Abrosimova@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7662-0837>,

(Ростовский государственный университет путей сообщения, РГУПС)

Солоп Ирина Андреевна

Bhbirf1122@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9900-5490>,

(Ростовский государственный университет путей сообщения, РГУПС)

Аннотация. В статье рассматривается проблема принятия управленческих решений в области транспортно-логистической деятельности посредством идентификации и оценки рисков на основе формирования метаграфовой модели влияния рисков. Актуализирована задача принятия сложных управленческих решений в условиях неопределенности изменения факторов внешней среды с учетом механизма генерирования рисков, сопутствующих реализации решений. На основе исследования действия факторов внешней среды на транспортно-логистические процессы представлена концептуальная модель влияния рисков. Проанализировано наличие зависимости между изменением отдельного фактора, определяющего состояние внешней среды и количества дорожно-транспортных происшествий, являющихся результатом реализации ситуации риска.

Ключевые слова: транспортно-логистическая деятельность, риски, метаграфовая модель, концептуальная модель влияния рисков, управленческие решения

Для цитирования: Маколова Л.В., Чеботарева Е.А., Солоп И.А. Управление транспортно-логистическими процессами на основе формирования метаграфовой модели влияния рисков // Научный информационный сборник. Транспорт: наука, техника, управление. 2024. № 7 . С. 3-8. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-1.

LOGISTICS

Scientific article

MANAGEMENT OF TRANSPORT AND LOGISTICS PROCESSES BASED ON THE FORMATION OF A META-GRAF MODEL OF THE IMPACT OF RISKS

Lyudmila V. Makolova

makolova76@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6070-6318>,

(Rostov State Transport University (RSTU)),

(Financial University under the Government of Moscow).

Evgenia A. Chebotareva,

Abrosimova@ya.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7662-0837>,

(Rostov State Transport University (RSTU)),

Irina A. Solop,

Bhbirf1122@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9900-5490>,

(Rostov State Transport University (RSTU)).

Abstract. The article deals with the problem of making managerial decisions in the field of transport and logistics activities through the identification and assessment of risks based on the formation of a metagraphic model of the impact of risks. The task of making complex management decisions in conditions of uncertainty of changes in environmental factors is actualized, taking into account the mechanism of generating risks associated with the implementation of decisions. Based on the study of the effect of environmental factors on transport and logistics processes, a conceptual model of the impact of risks is presented. The existence of a relationship between the change of a separate factor determining the state of the external environment and the number of road accidents resulting from the implementation of a risk situation is analyzed.

Key words: transport and logistics activities, risks, meta-graph model, conceptual model of risk impact, management decisions

For citation: Makolova L.V., Chebotareva E.A., Solop I.A. Management of transport and logistics processes based on the formation of a meta-graph model of the impact of risks// Scientific Information Collection. Transport: science, technology, management. 2024. № 7 . P. 3-8. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-1.

Введение

Транспортно-логистическая деятельность предприятий и организаций происходит в условиях неопределенности изменения факторов, определяющих внешнюю среду. Одновременно с этим механизм функционирования предприятий предполагает для реализации собственной стратегии необходимость постоянного решения текущих производственных проблем, сопровождающихся принятием управленческих решений. В связи с чем, для принятия эффективных управленческих решений требуется обработка и систематизация большого объема информационных данных, определяющих текущее состояние внешнего окружения предприятия и использование экономико-математических методов принятия управленческих решений. В случае ограниченности требуемой актуальной информации, необходимой для принятия конкретного управленческого решения, или ее полного отсутствия, трудно предварительно определить результативность принимаемого решения.

Ситуация неопределенности внешней среды порождает возникновение рисков, которые, в свою очередь, определяют множественность результатов и последствий при реализации конкретного управленческого решения. Транспортно-логистические процессы в настоящее время подвержены сильному воздействию разнохарактерных внешних рисков, вследствие влияния большого количества факторов на процессы перемещения грузов. Во-первых, необходимо отметить, что процесс транспортировки грузов предполагает территориальное перемещение объектов, что в свою очередь определяет воздействие множества геополитических, природных, экономических, и социальных факторов на перемещаемые объекты [1]. Во-вторых, факторы внешней среды могут действовать как отдельно на объект и генерировать риски, так и в совокупности, что также приводит к возникновению синергетических рисков. В-третьих, генерация рисков происходит последовательно, что означает возникновение нескольких «волн» взаимосвязанных рисков.

Отдельные группы факторов внешнего окружения предприятия являются в достаточной степени прогнозируемыми и соответственно возможна разработка и реализация мероприятий по снижению рисков, вызванных действием таких факторов. Например, факторы внешней среды, относимые к группе природных, определяются климатическими и погодными условиями местности по которой пролегает маршрут доставки груза.

Цель, методология и структура исследования

Для принятия эффективного управленческого решения в области транспортировки груза ключевыми критериями выступают параметры, характеризующие отличительные особенности перевозки: вид используемого транспорта или совокупность нескольких видов транспорта; маршрут транспортировки груза; вид пере-

возки (унимодальная, мультимодальная или интермодальная). При этом результативность однотипных перевозок может различаться, так как на процесс транспортировки действует множество разнотипных рисков, которые оказывают влияние как самостоятельно, так и в совокупности. В связи с чем возникает проблема прогнозирования множества потенциально возможных потерь от действия рисков [2, 3].

Существующие теоретические исследования в области управления рисками предполагают формирование модели влияния рисков на деятельность предприятия на основе вероятностного подхода или использования метода имитационного моделирования. Необходимо отметить, что данные подходы являются эффективными инструментами в ситуации анализа и прогнозирования типичных рисков, степень опасности которых может быть оценена на основе анализа статистических данных. Но в последние годы наблюдается ситуация усиления действия факторов внешней среды на процессы функционирования предприятия, в частности на реализацию логистических процессов, посредством генерации новых нетипичных рисков, влияние и степень опасности которых необходимо оценивать в условиях отсутствия накопленной базы данных о проявлении таких рисков в прошлые периоды и наработанных методов их минимизации.

Наиболее ярким примером нетипичных рисков являются риски, возникшие в период пандемии и проявившиеся в периодическом прекращении функционирования объектов транспортно-логистической инфраструктуры, вследствие повышения заболеваемости персонала или предотвращения распространения инфекции. В частности, из-за коронавирусной инфекции железная дорога столкнулась с дефицитом локомотивных бригад. Последствиями от действия такого рода рисков явились нарушения сроков доставки грузов и отсутствие возможности использования определенных видов транспорта. В настоящее время процесс генерации новых нетипичных рисков можно наблюдать в процессе введения экономических санкций и различных ограничительных мер в отношении Российской Федерации со стороны недружественных стран.

В результате проведенного исследования авторами был предложен подход, предполагающий описание механизма идентификации воздействия нетипичных рисков на процессы предприятия,участвующего в формировании грузопотока на основе формирования метаграфовой модели возникновения и совместного воздействия рисков.

Для формирования данной модели использовались следующие обозначения. Обозначим множество рисков, которые могут проявиться при осуществлении логистических процессов предприятия через M (r_1, r_2, \dots, r_n). Тогда M_1 (r_1, r_2, \dots, r_n) обозначим как подмножество природных рисков, M_2 (r_1, r_2, \dots, r_n) – подмножество геополитических рисков, M_3 (r_1, r_2, \dots, r_n) – подмножество экономических рисков, M_4 (r_1, r_2, \dots, r_n) – подмножество

социальных рисков, M_5 (r_1, r_2, \dots, r_n) – подмножество рисков, которые невозможно отнести к какой-либо конкретной группе рисков, V_i обозначаем как множество вторичных рисков источником возникновения которых

являются первичные риски, $L (P_1, P_2, \dots, P_m)$ – множество логистических процессов предприятия. Для определения взаимосвязи множеств рисков и логистических процессов формируем рисунок 1.

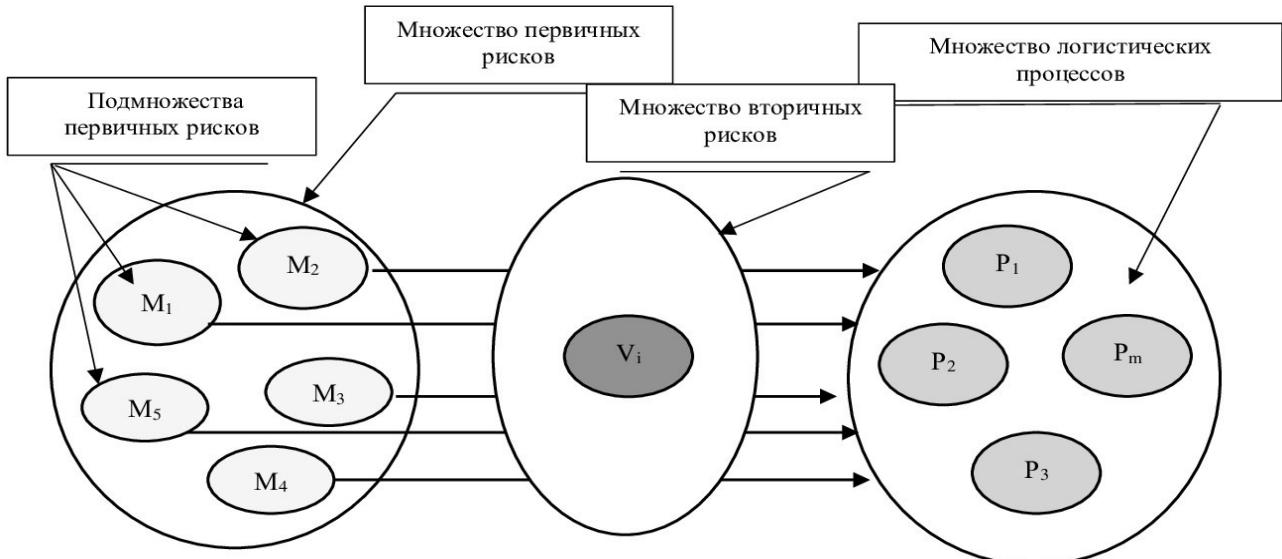


Рис. 1. Метаграфовая модель воздействия рисков на логистические процессы предприятия

Основной теоретической работой в сфере построения метаграфовых моделей является труд А. Базу и Р. Бленинга, в котором отмечалось, что метаграф – это графовая конструкция, определяемая порождающим множеством вершин и множеством ребер, при этом множество ребер определено на том же порождающем множестве [4].

Необходимо отметить, что вершинами метаграфа могут являться отдельные риски или подмножества рисков. Множество ребер метаграфа определяет множество вторичных рисков, оказывающих воздействие на логистический процесс. Например, введение экономических запретов на поставки запасных частей иностранного производства для ремонта подвижного состава, транспортных средств явилось причиной возникновения риска дефицита запасов аналогичных запасных частей на внутреннем рынке, а вторичными рисками явилось повышение стоимости запчастей, увеличение цены идентичных запасных частей, выпускаемых в КНР и риск возрастания продолжительности проведения ремонтных работ такого рода транспортных средств. Для недопущения дефицита в будущем и снижения рисков, на территории России развернута локализация отечественного производства запчастей.

Необходимо отметить, что механизм минимизации транспортных рисков основывается на подходе, при котором прогнозируемые риски сводятся к минимальным значениям посредством реализации предупредительных мероприятий. Применительно к проблеме управления транспортными рисками, например, для автотранспортного предприятия, к таким мероприятиям можно отнести:

- проведение проверки технического состояния транспортного средства перед осуществлением транспортной услуги;
- проведение обновления транспортного парка предприятия посредством приобретения новых транспортных средств и списанием с последующей утилизацией изношенных транспортных средств;

– разработке оптимального маршрута доставки груза с учетом сезонности транспортировки и метеорологических условий, а также интенсивности транспортных потоков.

Комплекс мероприятий по снижению рисков на инфраструктурных объектах железнодорожного транспорта подробно рассмотрен в работах [3,5].

Рассмотрим сущность концептуальной модели влияния рисков на основе представления процесса транспортировки груза по определенному маршруту как результата эксплуатации транспортного средства в условиях действия на него n подмножеств рисков ($i=1,2,\dots,n$), по каждому подмножеству рисков происходит воздействие m ($j=1,2,\dots,m$) рисков. Одновременно с этим обозначим [2,6]:

l_i^j – протяженность маршрута транспортировки груза;

α_i^j – затраты, необходимые для устранения ущерба от действия подмножества первичных рисков при вероятности реализации j -го первичного риска;

β_i^j – затраты, связанные с устранением вторичных рисков, возникших по причине реализации j -го первичного риска входящего в i -го подмножество рисков;

p^j – стоимость груза, перемещаемого транспортным средством по маршруту;

w_i^j – наличный парк транспортных средств обеспечивающих минимизацию j -го первичного риска входящего в i -го подмножество рисков;

z^j – затраты, связанные с ликвидацией (реализация, утилизация) транспортного средства вследствие действия j -го первичного риска входящего в i -го подмножество рисков;

r^j – затраты, связанные с приобретением транспортного средства для обеспечения перевозок, обеспечивающего минимизацию j -го первичного риска входящего в i -го подмножество рисков;

P_i – грузопоток на маршруте l_i^j ;

A – предельное допустимое действие множества первичных рисков в стоимостном выражении;

B – предельное допустимое действие множества вторичных рисков в стоимостном выражении;

R – общие (предельные) затраты на обновление транспортных средств для обеспечения перевозок.

Обозначим x_i^j – число транспортных средств выполняющих перевозку груза по маршруту l_i^j . Тогда модель задачи оптимизации процесса транспортировки с целью снижения действия на транспортное средство первичных и вторичных рисков имеет вид:

$$U(x) = \min_x \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_i^j \beta_i^j l_i^j x_i^j, \quad (1)$$

при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m p_i^j x_i^j \geq P_i, \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \alpha_i^j l_i^j x_i^j \leq A, \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \beta_i^j l_i^j x_i^j \leq B, \quad (4)$$

$$\begin{aligned} & \sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n x_i^j - w^j \right) z^j \operatorname{sign} \left(\sum_{i=1}^n x_i^j - w^j \right) + \\ & + \left(w^j - \sum_{i=1}^n x_i^j \right) r^j \operatorname{sign} \left(w^j - \sum_{i=1}^n x_i^j \right) \leq R. \end{aligned} \quad (5)$$

Ограничения (2)-(5) отражают предоставление услуг по транспортировке грузов с учетом удовлетворенности потребностей в перевозках, выполнением требований по минимизации первичных и вторичных рисков, удовлетворением требований на достаточность средств реализации стратегии минимизации транспортных рисков.

Обсуждение проблемы

Целесообразность интерпретации механизма воздействия множества разнородных рисков на основе метаграфовой модели обусловлена, во-первых, необходимостью описания сложного механизма генерации рисков и их влиянием на процессы предприятия. Во-вторых тем, что на одиночный логистический процесс могут оказывать воздействие одновременно несколько рисков, характеризующихся различными источниками возникновения. В-третьих, данная модель отражает как одиночное воздействие на логистический процесс отдельного риска, так и синергетическое воздействие нескольких рисков.

Необходимо отметить, что воздействие одиночного риска и одновременное воздействие совокупности рисков, может привести к последствиям от действия рисков, которые трудно прогнозировать без учета взаимовлияния рисков. Например, в ноябре 2023 г. на Юге России прошел ураган, в процессе прохождения которого фиксировалось усиление ветра и выпадение осад-

ков. В результате действия природных факторов было приостановлено движение в отдельных населенных пунктах по причине затопления транспортных путей возникшее из-за «нагона воды ветром».

Анализ логистических процессов в рассматриваемых условиях погодных аномалий показал, что теоретически вследствие действия совокупности природных факторов произошла генерация следующих первичных рисков:

- риск затопления отдельных территорий и прекращения движения на транспортных магистралях;
- риск аварии транспортных средств вследствие ухудшения погодных условий;
- риск переворачивания транспортных средств вследствие сильных порывов ветра;
- риск остановки движущихся транспортных средств вследствие их затопления;
- риск порчи транспортируемой продукции вследствие намокания;
- риск размытия транспортных путей и остановки транспортных средств.

Также необходимо отметить возникновение совокупности вторичных рисков, к которым относятся:

- риск несвоевременной поставки вследствие увеличения маршрута транспортировки в результате перекрытия отдельных участков трассы и простоя транспортных средств в автомобильных пробках;
- риск накопления пассажиров вследствие отклонения от графиков движения пассажирского транспорта;
- риск порчи транспортируемого груза вследствие увеличения длительности поставки.

В процессе проведенного исследования для определения частоты реализации отдельных видов рисков была проанализирована база данных о дорожно-транспортных происшествиях, представленная на информационном ресурсе ГИБДД. В частности, была рассмотрена частота дорожно-транспортных происшествий произошедших на одной из ключевых федеральных дорог, проходящих через территорию Ростовской области: М-4 Дон Москва - Воронеж - Ростов-на-Дону - Краснодар – Новороссийск (основное направление). На основе анализа статистической информации за период с 2021-2023 гг. было установлено, что на процесс генерации рисков при транспортировке грузов оказывают действие не только природные факторы внешней среды, но и такие факторы, как: интенсивность транспортного потока, которые относятся к группе факторов транспортной инфраструктуры, а также существенное воздействие оказывают экономические факторы, такие как стоимость проезда по данному направлению автомобильным транспортом по сравнению с железнодорожным транспортом [7].

На примере анализа динамики изменения количества дорожно-транспортных происшествий в период с 2021-2023 гг. (рис. 2, 3) было установлено, что процесс возникновения первичных и вторичных рисков в сфере транспортной деятельности обусловлен одновременным действием нескольких типовых групп факторов внешней среды: природных, экономических и социальных.

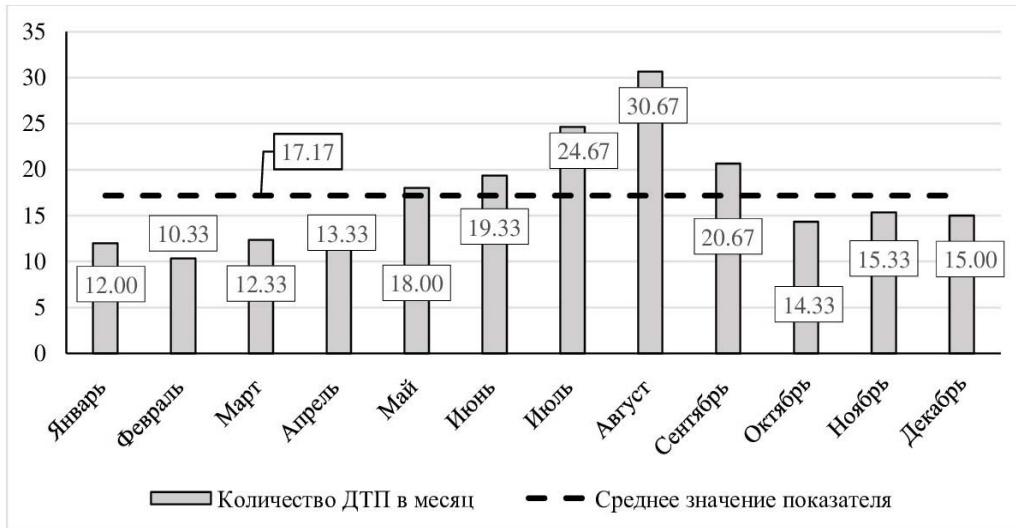


Рис. 2. Соотношение количества дорожно-транспортных происшествий, произошедших на дороге «М-4 Дон Москва - Воронеж - Ростов-на-Дону - Краснодар – Новороссийск (основное направление)» в 2021-2023 гг., ед. (Составлено авторами на основе данных источника [7])

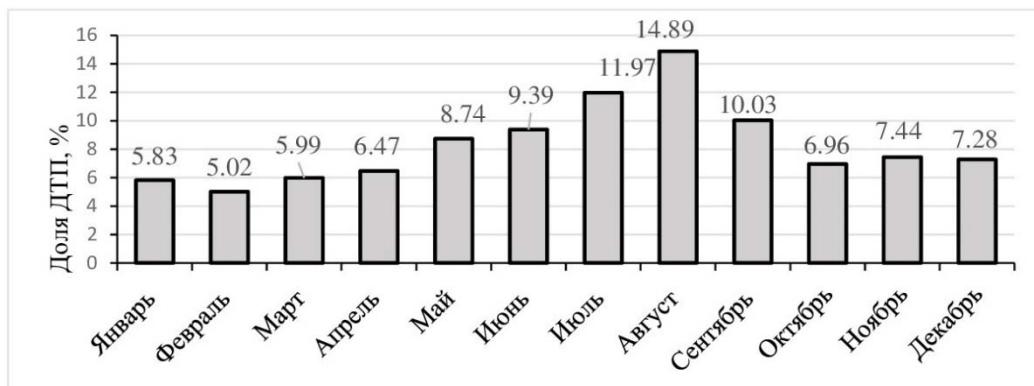


Рис. 3. Доля количества дорожно-транспортных происшествий, произошедших на дороге «М-4 Дон Москва - Воронеж - Ростов-на-Дону - Краснодар – Новороссийск (основное направление)» в 2021-2023 гг. при расчете среднего количества происшествий, %

(Составлено авторами на основе данных источника [7])

Анализ результатов исследования показал, что наиболее существенными факторами генерирующими транспортные риски являются множество экономических факторов. Что подтверждается увеличением частоты дорожно-транспортных происшествий в летние и осенние месяцы. Множество природных факторов, негативное воздействие которых усиливается в зимние месяцы не оказывает значимого влияния на количество дорожно-транспортных происшествий, происходящих на дорогах федерального значения.

В процессе исследования была проанализирована гипотеза о наличии зависимости между следующими критериями, определяющими протекание транспортного процесса: средняя температура воздуха и количество дорожно-транспортных происшествий по месяцам. Коэффициент корреляции составил 0,754, что характеризует наличие слабой зависимости между рассматриваемыми показателями. Согласно изложенным результатам в работе [8] также подтверждается, что причинами ДТП в летний период в основном являются: увеличение скорости и интенсивности маневрирования, неверно принимаемые решения и недостаточная скорость реакции водителя.

Выходы

Реализация производственных и транспортно-логистических процессов предприятий в современных условиях сопровождается процессами генерации множества разнородных рисков. В соответствии с теориями предпринимательской деятельности, в частности с Кейнсианской теорией поведения предпринимателя, предполагается, что предприниматель осознанно реализует процессы, характеризующиеся вероятностью реализации большого количества рисков, если в итоге получить максимальную прибыль. Но при этом не учитываются последствия от реализации таких процессов для внешней среды.

В связи с чем эффективность реализации отдельного процесса предприятия должна определяться не только на основе конечного экономического эффекта, но и на основе анализа множества первичных и вторичных возможных рисков, которые генерируются при реализации процесса и могут привести к существенным потерям предприятия.

Таким образом, можно заключить, что механизм управления рисками включающий совокупность методов, позволяющих проводить идентификацию, оценку и

снижение рисков, нуждается в постоянной корректировке так как появляются новые нетипичные риски, которые требуют новых подходов к управлению ими. Массив данных, позволяющий проводить исследование причин возникновения первичных и вторичных рисков включает множество информации, которая нуждается в обработке, систематизации и анализе для выявления закономерностей генерации рисков [9, 10, 11].

В настоящее время моделирование процессов на основе обработки большого количества информации основывается на использовании метаграфовых моделей, позволяющих отразить все причины неэффективности реализации конкретного процесса и сформировать комплекс предупреждающих мероприятий.

© Маколова Л.В., Чеботарева Е.А., Солоп И.А., 2024.

Список источников

1. Волов В.Т. Инновационная логистика развития железнодорожного транспорта в условиях глобализации и регионализации мировой экономики / В.Т. Волов, П.В. Куренков, И.А. Солоп, Е.А. Чеботарева, С.А. Сафонов // Логистика. – 2023. – № 6 (199). – С. 16-19.
2. Маколова, Л.В. Прогнозирование логистических рисков в цепях поставок на основе моделирования процессов / Л.В. Маколова, О.И. Веревкина // Транспорт Азиатско-Тихоокеанского региона. – 2022. – № 4 (33). – С. 41-47.
3. Веревкина О.И. Развитие технических средств оценивания рисков / О.И. Веревкина, О.Н. Попов // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 4 (80). – С. 161-169.
4. Basu A., Blanning R. Metagraphs and Their Applications. Springer, 2007. 174 p.
5. Веревкина О.И. Методология управления принятия решений по обеспечению надежности производственных процессов на инфраструктурных объектах при скоротечном возникновении технологических рисков / О.И. Веревкина // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2023. – № 8. – С. 67-73.
6. Multi-agent green logistics technologies in the export transport Makolova L., Mamaev E. Lecture notes in Networks and Systems. 2022. T. 330 LNNS. C. 360-369.
7. Официальный сайт Госавтоинспекции Интернет ресурс: <http://stat.gibdd.ru/>.
8. Якунин И.Н. Влияние высоких температур и солнечной радиации на аварийность на автомобильном транспорте в летнее время / И.Н. Якунин // Вестник СиБАДИ. – 2020. – Т. 17. – № 6. – С. 704-713.
9. Кузьмина Е.В. Теория игр на основе построения модели рисков / Е.В Кузьмина // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2023. – №7. – С. 31-43. DOI:10.36535/0236-1914-2023-07-6.
10. Гусева И.А. Моделирование оценки риска при организации перевозок опасных грузов автомобильным транспортом/И.А. Гусева, С.А. Гусев, А.С. Терентьев, Ю.А. Хилюк // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2023. – №10. – С. 50-55. DOI:10.36535/0236-1914-2023-10-8.
11. Макарова И.В. Анализ рисков при внедрении системы управления безопасностью дорожного движения / И.В. Макарова, П.А. Буйвол, Г.А. Якупова, А.М. Абашев // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2022. – №5. – С. 51-59. DOI:10.36535/0236-1914-2022-05-10.

Сведения об авторах

Маколова Людмила Викторовна, д.э.н., профессор кафедры «Логистика и управление транспортными системами», Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС); Финансовый университет при Правительстве Москвы, кафедра «Безопасность жизнедеятельности».

344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2.

Телефон +7(863)272-64-44, 89185658278.

Чеботарева Евгения Андреевна, к.т.н, доцент, кафедра «Управление эксплуатационной работой», Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС).

344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2.

Телефон +7(863)272-64-44, 8-960-45-41-624

Солоп Ирина Андреевна, к.т.н, доцент, кафедра «Управление эксплуатационной работой», Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС),

344038, г. Ростов-на-Дону, пл. Ростовского Стрелкового Полка Народного Ополчения, 2.

Телефон +7(863)272-64-44, 8-908-185-28-98
e-mail: bbbirf122@yandex.ru

Information about the author

Makolova Lyudmila Viktorovna, Doctor of Economic Sciences, professor the Chair of «Logistics and Management of transport systems», Rostov State Transport University, (RSTU);

344038, Rostov-on-Don, sq. Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolchenia, 2.

Telephone +7(863)272-64-44, 89185658278

Financial University under the Government of Moscow, Department of "Life Safety".

Chebotareva Evgenia Andreevna, candidate of technical sciences, associate Professor, The Chair of «Management of Operational Work», Rostov State Transport University (RSTU).

344038, Rostov-on-Don, sq. Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolchenia, 2.

Telephone +7(863)272-64-44, 8-960-45-41-624.

Solop Irina Andreevna, candidate of technical sciences, associate Professor, The Chair of «Management of Operational Work», Rostov State Transport University (RSTU).

344038, Rostov-on-Don, sq. Rostovskogo Strelkovogo Polka Narodnogo Opolchenia, 2.

Telephone +7(863)272-64-44, 8-908-185-28-98

Статья поступила в редакцию 12.01.2024, одобрена после рецензирования 05.02.2024, принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 12.01.2024, approved after reviewing 05.02.2024, accepted for publication 11.03.2024.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

ЛОГИСТИКА

Научная статья

УДК 327.57, 338.47: 341.24: 656

DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-2

ОРГАНИЗАЦИОННО ПРАВОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ И СОПРЯЖЕНИЯ СУХОПУТНОГО КОРИДОРА ЕВРОПА- КИТАЙ

Бобрик Петр Петрович

Bobrikpp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9038-1852>

(ФГБУН институт проблем транспорта РАН имени Н.С. Соломенко)

Подберезкина Ольга Алексеевна

Podberezkina.olga@yandex.ru, Researcher ID (WoS):AAD-2513-2020

(к.полит.н., приглашенный преподаватель МГИМО (У) МИД РФ.)

Аннотация. Статья посвящена разработке комплекса мер для снижения себестоимости сухопутных перевозок вдоль направления Европа - Китай до уровней тарифов доставки по морю. Показывается, что существуют экономические предпосылки для достижения этих целей. Утверждается, что для их реализации необходимы организационно правовые механизмы международного регулирования. При реализации предлагаемых мер объем сухопутного трафика может достигнуть половины общего транзитного потока в данном направлении. Предлагается создание единого железнодорожного оператора коридора, осуществляющего согласованное управление перевозками на протяжении всего маршрута. Обосновывается приданье ему одинакового законодательного статуса во всех странах транзитерах. Обсуждаются вопросы концепции оператора, которые включают в себя его функции, зоны ответственности, структуру управления, ротацию представителей. Предлагается создание международной компании в виде наднационального юридического лица с акционерным капиталом, пропорциональным протяженности страновых участков коридора. По основным вопросам акционерам предоставляется право вето.

Ключевые слова: сухопутный коридор, Европа - Китай, конкурентный тариф, единый оператор, международный арбитраж, правовые механизмы, сопряжение коридоров

Для цитирования: Бобрик П.П., Подберезкина О.А. Организационно правовые механизмы регулирования и сопряжения сухопутного коридора Европа-Китай // Научный информационный сборник. Транспорт: наука, техника, управление. 2024. № 7. С. 9-15. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-2.

LOGISTICS

Scientific article

ORGANIZATIONAL AND LEGAL MECHANISMS OF REGULATION AND INTERCONNECTION OF THE EUROPE-CHINA LAND CORRIDOR

Petr. P. Bobrik

Bobrikpp@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9038-1852>

(N.S. Solomenko Institute of Transport Problems of the Russian Academy of Sciences)

Olga A. Podberezkina

Podberezkina.olga@yandex.ru, Researcher ID (WoS):AAD-2513-2020

(MGIMO (U) OF THE Ministry of Foreign Affairs OF THE Russian Federation)

Annotation. The article is devoted to the development of a set of measures to reduce the cost of overland transportation along the Europe- China route to the levels of shipping tariffs by sea. It is shown that there are economic prerequisites for achieving these goals. It is argued that organizational and legal mechanisms of international regulation are necessary for their implementation. When implementing the proposed measures, the volume of overland traffic may reach half of the total transit flow in this direction. It is proposed to create a single railway operator of the corridor, which carries out co-ordinated transportation management throughout the entire route. It is justified to give it the same legislative status in all transit countries. The issues of the operator's concept are discussed, which include its functions, areas of responsibility, management structure, and rotation of representatives. It is proposed to create an international company in the form of a supranational legal entity with equity proportional to the length of the country sections of the corridor. Shareholders are given the right of veto on major issues.

Keywords: overland corridor, Europe - China, competitive tariff, single operator, international arbitration, legal mechanisms, interconnection of corridors

For citation: Bobrik P. P., Podberezkina O.A. Organizational and legal mechanisms of regulation and interconnection of the europe-china land corridor // Scientific Information Collection. Transport: science, equipment, management. 2024. № 7. P. 9-15. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-2.

Введение

Транспортный поток из Китая в Западную Европу традиционно входит в тройку крупнейших в мире, наряду с потоками из Китая на запад США и из востока США в западную Европу. Только в контейнерном исчислении он составляет около 14 млн. TEU в год, не считая прочих грузов. Он может быть осуществлен не только по морю, но и по суше. Однако он почти весь реализуется морским путем. Перевозки железнодорожным транспортом через Центральную Азию значительно выросли за последнее десятилетие, по-прежнему составляют всего несколько сотен тысяч контейнеров в год, что составляет всего лишь проценты от общего трафика.

В качестве одной из основных причин отсутствия результата называются экономические факторы. Если сравнивать тарифы на перевозку в этом направлении, то в среднем они составляли около 2-2,5 тыс. долларов за контейнер при доставке морем и около 6-9 тыс. (разброс цен объясняется разными методиками учета китайских дотаций) при доставке железнодорожным транспортом. [1]. При этом морские цены очень волатильны. [2]. Например, во время ковидных ограничений, фрахт уверенно поднимался выше 10 тыс. долларов, что было значительно выше стоимости железнодорожных перевозок, но в 2023 году он нормализовался. В настоящее время появились военные факторы, приведшие к всплеску стоимостей страховок.

В современной экономике сложилась такая ситуация, когда морские перевозки приблизительно в 2-3 раза дешевле железнодорожных в пересчете на тоннно-километр груза. [3]. Встречаются утверждения, что любые дороги в этом направлении обречены либо обслуживать местный трафик, либо доставлять лишь дорогие и (или) срочные грузы. Однако, для данного направления возможна сухопутная транзитная перевозка с тарифами, соизмеримыми с морскими. А значит, коридор может взять на себя до половины всего трафика (не считая попутного местного) в этом направлении, что выведет его в число крупнейших в мире.

Коридор будет способствовать сопряжению транспортных систем китайского проекта «Пояс и путь» и ЕАЭС [4]. Вопреки часто встречаемому мнению, маршрут через Центральную Азию не входит в число шести основных направлений инициативы «Пояс и путь», канонизированных еще в 2013 года. Поэтому предлагаемый в статье коридор значительно расширит потенциал «Пояса и пути».

Наибольшая польза от него заключается в том, что он обеспечит значительным внутриконтинентальным территориям доступ к мировым рынкам по морским тарифам. Что придаст им сильный импульс для внутреннего развития. Запуск такого коридора будет полезен [5] России, которая при морской доставке вообще исключена из этого потока.

Запуск такого коридора - очень сложная и многосторонняя задача [6], поскольку надо обеспечить транспортировку по конкурентным ценам. Выстраивание коридоров путем смягчения таможенных различий на границах без влияния на внутренние перевозки стран транзита оказывается недостаточной. Необходимо существенно снизить себестоимость перевозок. Но этого нельзя сделать лишь одной стране. Требуется уверен-

ность, что подобной политики будут придерживаться все остальные участники коридора.

В данной статье рассматривается концепция единого технического оператора и создание международной компании с долевым распределением стран-участниц коридора. Будет рассмотрена возможность применения наднациональных протоколов досмотра грузов и возможность выведения правил доступа к коридору из национальных систем, передав их регулирование в ведение межправительственного соглашения. Также это предполагает синхронизацию налогового и административного и других законодательств стран участниц. И создания на протяжении всего коридора зоны особых экономических отношений.

С такой точки зрения - это коридор особого типа. Что требует выполнения большого числа различных мер из разных областей. Необходимо отметить организационно-правовые механизмы регулирования коридора. Опираясь на исторические прецеденты, такие как строительство газопроводов в Европу или международная космическая станция во время холодной войны, существует возможность создания наднациональных механизмов правового регулирования и технологической поддержки, которые могли бы гарантировать бесперебойное функционирование коридора. Такие механизмы должны быть надежными, чтобы противостоять давлению международной политики, обеспечивая свободное движение торговли, несмотря на превратности дипломатических отношений.

Энергетические предпосылки

С момента объявления инициативы шелкового пути в 2013 году прошло уже более 10 лет. Однако, несмотря на значительные и многочисленные успехи, главная его цель - запуск сухопутной ветки как полноценной альтернативы морской доставки, так и не была достигнута.

Главной предпосылкой для обоснования конкурентоспособности и рентабельности сухопутной ветки является равенство затрат энергии в физическом выражении на направлении Нового шелкового пути при доставке морем и железнодорожным транспортом, которые являются основными в структуре себестоимости перевозок. [7, 8].

Равенство энергетических затрат является географической особенностью направления Китай - Европа [9] из-за того, что длина сухопутного маршрута существенно короче. Но именно этот факт позволяет утверждать о потенциальной возможности построения сухопутного коридора Шелкового пути с экономической точки зрения. Например, еще в начале XX в. основателем geopolитики Х. Маккиндером [10] был сделан прогноз о переходе мировой экономики с морского типа на сухопутный. Необходимо только сделать прочие затраты на перевозку железнодорожным транспортом соизмеримыми с прочими затратами контейнеровозов.

В существующей парадигме современной экономики железнодорожный и морской транспорт находятся в неравных условиях налогового бремени. Например, при перевозке морем НДС не начисляется, а железнодорожный транспорт является одним из крупнейших платильщиков этого налога с бюджеты многих стран. Поэтому для рентабельного функционирования коридора, прежде всего, требуется устранение подобных диспропорций.

Ряд факторов, удорожающих железнодорожные перевозки, являются неустранимыми, вроде эффекта масштаба. Так крупные контейнеровозы могут взять на свой борт несколько сотен тысяч тонн груза, в то время как обычный ж/д состав перевозит около 5-6 тыс. тонн. Также при сухопутных перевозках есть дополнительные расходы на железнодорожный путь, его обслуживание и амортизацию. При морских перевозках отсутствуют расходы на обслуживание транспортных путей, кроме отдельных узких каналов и проливов, а также портов.

С точки зрения экономики, коридор заработает, если единый оператор коридора будет работать без убытков. Поскольку подобных коридоров пока в мире не существует (нет равенства тарифов), то единственным способом оценить его финансы результаты является математическое моделирование. Как показывали расчеты, при высоком трафике за счет эффекта масштаба влияние неэнергетических факторов можно сделать незначительными. Не более нескольких сотен долларов в пересчете на один контейнер. [11]. Или по-другому всего несколько процентов от общей величины тарифа, что становится несущественным при выборе маршрута для отправителя.

В работе [11] было показано, что важнейшим фактором для рентабельности является сам объем трафика. Вплоть до того, что кривая прибыли выглядит почти как линейная зависимость. Коридор становится рентабельным, начиная только со значительного трафика около 4 млн. контейнеров в год. Напомним, что сейчас трафик в этом направлении около 14 млн. Другими словами, коридор не может сам запуститься, если по нему не пойдут транзитные грузы направления Западный Китай - Европа. [12].

Но такое становится возможным только при запуске единой концепции коридора синхронно всеми странами участниками. Достаточно хотя бы на одном участке допустить отклонение от общих правил, как себестоимость перевозки на всем маршруте сразу станет выше конкурентной, что приведет к обвальному падению трафика. Что в свою очередь приведет к резкому росту удельной стоимости перевозки в пересчете на единичный контейнер.

Особенностью сухопутного коридора Европа-Западный Китай является тот факт, что само его существование невозможно без соответствующего политического решения. Одних только экономических предпосылок недостаточно. Что и объясняет отсутствие качественных результатов за последние десять лет с момента запуска инициативы «Пояс и путь» с 2013 г. Ключевым фактором является создание единого оператора коридора, особый статус которого будет признаваться всеми странами участниками. [13]. В пользу такого решения говорит необходимость оперативного управления в режиме реального времени, что обуславливается технологическими причинами.

Жесткая необходимость экономии, также приводит к однозначному выбору трассировки сухопутной ветки ШП. И соответственно к составу стран участниц коридора. Требуется использовать только кратчайший маршрут, и при этом не проходящий через горные территории. Кратчайший маршрут включает в состав стран участниц коридора Китай, иногда Казахстан, Россию, Белоруссию, Евросоюз. Состав определяется исключительно из экономических требований к коридору без

всяких политических соображений. И хотя на данный момент есть существенные разногласия между странами участниками, препятствующие заключению соглашения, но по-другому не получится обеспечить конкурентные тарифы.

Сложность трассирования путей в горной местности отсекают различные проекты через Алтай или Тянь-Шань. С древних времен для путешествий между Европой и Азией использовались Джунгарские ворота - равнинный участок шириной в несколько километров, который является фактически безальтернативным для коридора в современных условиях. Уже существующие варианты других маршрутов (через Монголию и далее Транссиб, южная ветка через Иран) являются наиболее протяженными. Это дополнительное увеличение постоянных расходов не менее 10-20%, что автоматически поставит крест на конкурентоспособности железнодорожных тарифов. В остальном возможны отклонения от кратчайшей линии на карте вплоть до нескольких сотен километров без значительного увеличения длины маршрута.

Предложения по политической и организационной поддержке

Создание бесшовного международного транспортного коридора через Россию, требует не только развития инфраструктуры, но и прочной политической и организационной основы. В данном разделе представлен ряд предложений, обеспечивающих функционирование коридора даже в условиях геополитической напряженности.

A. Концепция единого оператора (далее ЕО).

Единая управляющая организация необходима для сохранности, целостности и работоспособности коридора. Требуется упорядочить процессы принятия решений, внедрения единых технических и экономических стандартов и практик.

В функции и обязанности коридора должны входить координация трансграничных операций, обслуживания инфраструктуры, надзор за составлением расписания, управления движением, протоколами безопасности и интеграций технологий, минимизация расходов вдоль всего коридора, внедрение лучших практик, обмен опытом. Для управления требуется прозрачная и подотчетная административная структура со справедливым представительством стран-участниц.

B. Создание международной компании с общим долевым капиталом.

Единый оператор предлагается в виде наднационального юридического лица с механизмами распределения инвестиций и контроля издержек с целью выравнивания экономической среды между заинтересованными сторонами. А также внедрения единых лучших технологических и управленческих решений, обеспечивающих выравнивание удельных финансовых результатов. ЕО будет иметь доступ к международным рынкам и финансированию, мерам по защите инвестиций. В его зоне ответственности заключение стратегических партнерств с глобальными финансовыми институтами и региональными банками развития, осуществление кооперации министерств транспорта стран-участниц коридора, работа с частными инвесторами.

С. Транснациональные протоколы досмотра грузов.

Единые процедуры досмотра грузов необходимы для сокращения "узких мест" в таможенных процедурах. Они должны быть основаны на лучших международных практиках безопасности и таможенного оформления с использованием передовых технологий для бесшовных проверок и мониторинга в режиме реального времени. Досмотр грузов может быть осуществлен только объединенными инспекционными и управлением группами из представителей стран - участниц для укрепления доверия и повышения эффективности. Должна быть систематическая ротация представителей стран. Обязательно единое информирование всех стран участниц о принятых операционных решениях. Закрепление таможенных правил через двусторонние и многосторонние договоры и механизмы разрешения споров и обеспечения выполнения результатов инспекций.

Д. Межправительственные соглашения и выход из национальных рамок.

Предлагаемые межправительственные соглашения, правовые базы, регулирующие транзитные права, тарифы и разрешение споров, неизбежно будут отменять ряд национальных правил в части регулирования данного международного транспортного коридора. При этом требуется сохранять баланс между национальным суверенитетом и передачей определенных полномочий наднациональному органу по аналогии зон ответственности европейского Центробанка. Целью является обеспечение функционирования коридора в рамках последовательного правового режима, не подверженного односторонним изменениям национальной политики. Это будет достигаться созданием органа управления коридором с полномочиями по обеспечению соблюдения соглашений. Для разрешения внутренних конфликтов требуется создание международного трибунала или арбитражного института.

Предложения, изложенные в данном разделе, представляют собой дальновидный подход к международному сотрудничеству, опирающийся на исторические прецеденты и современные правовые, организационные стратегии. Благодаря созданию ЕО коридор сможет преодолеть ограничения, связанные с национальными границами и конфликтом интересов. Эти меры направлены на создание устойчивой и эффективной транспортной магистрали, отвечающей коллективным экономическим интересам всех стран-участниц. Успех этих предложений будет зависеть от политической воли стран-участниц к компромиссу и сотрудничеству. А также от создания структуры управления, которая будет восприниматься как справедливая и равноправная всеми заинтересованными сторонами.

Анализ существующих соглашений о международных перевозках

Создание наднациональной правовой базы для сухопутного коридора Шелкового пути через Россию требует анализа существующих международных транспортных соглашений как основы правовой архитектуры коридора, обеспечивая фундамент прецедентов для гармонизации правил трансграничных перевозок.

Существующие международные транспортные соглашения, такие как Конвенция МДП Международного

союза автомобильного транспорта (MCAT) и Конвенция о договоре международной дорожной перевозки грузов (КДПГ), сыграли важную роль в содействии перемещению товаров через национальные границы. Конвенция МДП, в частности, успешно сократила время ожидания на границе, позволив опломбированным грузовым отсекам пересекать границы без таможенного контроля до конечного пункта назначения. Конвенция CMR стандартизовала документацию и положения об ответственности, упростив правовую среду для перевозчиков и грузоотправителей. Однако эти соглашения сталкиваются с уникальными проблемами сухопутного коридора Шелкового пути. Например, отсутствие единой правовой базы по всем видам транспорта, действовавших в коридоре.

Коридор Шелкового пути задуман как мультимодальный транспортный маршрут, объединяющий железнодорожные, автомобильные и, возможно, внутренние водные пути. Страны-участницы должны иметь к нему равный доступ наподобие доступа к морю без ограничений и дополнительных обременений. Но существующие соглашения часто ориентированы на конкретные виды транспорта. Кроме того, соглашения могут не в полной мере учитывать технологические достижения. Цифровизация, включая использование электронных коносаментов и GPS-слежения, становится все более распространенной.

Еще один пробел связан с различиями в уровне инфраструктуры и операционных стандартов в странах, расположенных вдоль коридора. Хотя конвенции МДП и КДПГ закладывают основу, они не учитывают необходимость гармонизации инфраструктуры или согласования операционных стандартов, таких как ширина колеи или таможенные процедуры. Необходим индивидуальный подход, что может включать в себя разработку новой всеобъемлющей конвенции, специфичной для коридора Шелкового пути, которая обеспечит правовой зонтик для интеграции различных видов транспорта и технологических инноваций.

Такая конвенция должна быть достаточно гибкой, чтобы учитывать различные правовые системы и экономические интересы стран-участниц. Но при этом достаточно надежной, чтобы обеспечить единообразие в таких важных областях, как таможенные протоколы, стандарты инфраструктуры, синхронизация операционной деятельности и цифровая логистика. Заинтересованные стороны должны участвовать в совместном процессе гармонизации законодательства с целью создания правовой среды. Это позволит сухопутному коридору реализовать свой потенциал в качестве краеугольного камня евразийской торговли и экономической интеграции.

Роль международного права в содействии торговым коридорам

Международное право играет важнейшую роль в развитии торговых коридоров, поскольку оно обеспечивает правовую основу, необходимую для преодоления сложностей, связанных с трансграничными перевозками.

1. Принципы и практика.

Свобода торговли служит руководящим принципом для развития торговых коридоров. Принцип свободы транзита, закрепленный в статье V Генерального со-

глашения по тарифам и торговле (ГАТТ), особенно актуален. Согласно ему, товары, в том числе транзитные, не должны подвергаться ненужным задержкам или ограничениям, а сборы и правила должны быть разумными, единообразными и недискриминационными. Международное право предоставляет общий юридический язык и свод правил, который связывает страны-участницы. Такая правовая база помогает снизить риски, связанные с трансграничными сделками, сокращает операционные издержки, а также обеспечивает чувство предсказуемости и безопасности для международных торговцев и инвесторов.

2. Применение и соблюдение.

Выполнения международно-правовых обязательств можно добиться с помощью различных механизмов, включая ответственность государства, когда государства могут быть привлечены к ответственности за нарушение своих международных обязательств. Это многосторонняя задача. Кроме того, международные суды и трибуналы, такие как Международный суд и Постоянная палата третейского суда (ППТС), играют определенную роль в разрешении споров между государствами. Предстоит создать надежную правовую базу, которая будет включать в себя общие принципы международной торговли и учитывать специфику коридора.

При этом потребуется не только наличие механизмов принуждения, но и политической воли государств к соблюдению своих обязательств. К соблюдению норм можно мотивировать с помощью сочетания стимулов, таких как инициативы по наращиванию потенциала и техническая помощь. И антистимулов, таких как возможность введения торговых санкций или нанесения репутационного ущерба.

Международные организации, такие как Всемирная торговая организация (ВТО) и Комиссия ООН по праву международной торговли (ЮНСИТРАЛ) с их опытом и практикой могут внести свой вклад в обеспечение исполнения законов о международной торговле, предоставляя площадки для переговоров, разрешения споров и разработки новых правовых инструментов. Но в случае управления коридором необходимо создать собственную управляющую компанию, как было описано выше. И определить международный суд, например, наподобие суда ЕАЭС для разрешения споров. Также может быть создан специальный орган по разрешению споров, связанных с коридором.

Потенциальные правовые рамки для коридора

Создание правовой базы для сухопутного коридора требует дальновидного подхода, гармонизирующего различные правовые системы стран-участниц и одновременно решающего уникальные задачи этого амбициозного проекта. [14]. Цель данного параграфа - предложить инновационные правовые конструкции, которые могли бы по достоинству оценить специалисты в отрасли международного права и международных отношений.

1. Наднациональное юридическое лицо.

Создание наднационального юридического лица, специально предназначенного для управления коридором, представляет собой новаторский подход. Данное лицо способно выступать материнской компанией в рамках вертикально интегрированного холдинга, включающего в себя ЕО, а также совместного предприятия

по обеспечению технологических стандартов. Мандат совместного юрлица будет включать гармонизацию транспортного законодательства, стандартов развития инфраструктуры и таможенных процедур. Организация будет обладать статусом юридического лица в соответствии с международным правом, что позволит ей заключать соглашения, приобретать активы и, в случае необходимости, инициировать судебные разбирательства. Ее полномочия могли бы включать в себя способность издавать обязательные для исполнения правила, выступать посредником в спорах и обеспечивать соблюдение стандартов межправительственных соглашений и других документов, регулирующих международный транспортный коридор. Данная организация также будет иметь полномочия координировать работу различных национальных правовых систем, убирая юридические несоответствия. Структурой может управлять совет, состоящий из представителей каждой страны-участницы, а решения принимаются на основе консенсуса или взвешенной системы голосования, которая отражает различные уровни участия и инвестиций в коридор.

2. Многосторонние договоры и соглашения.

Основу правовой базы составит ряд многосторонних договоров и соглашений, разработанных с учетом специфических потребностей сухопутной ветви Шелкового пути. Договоры должны предусматривать возможность внесения поправок и обновлений по мере развития коридора, гарантирующих адаптацию правовой базы к возникающим проблемам вроде технологического прогресса в области транспорта и изменения в геополитическом ландшафте. Региональные экономические организации, такие как Евразийский экономический союз (ЕАЭС) и Шанхайская организация сотрудничества (ШОС) могут сыграть ключевую роль в содействии переговорам и реализации этих договоров. Их существующие структуры и отношения дадут основу для построения правовой базы.

3. Инновационные правовые инструменты.

Одним из инновационных предложений является создание Правового кодекса коридора Шелкового пути - всеобъемлющей кодификации всех правовых норм и стандартов, применимых к коридору. Этот кодекс будет служить окончательным юридическим справочником для всех видов деятельности, связанных с сухопутным маршрутом Китай - Европа. В него должны быть включены цифровые правовые платформы, которые в режиме реального времени предоставляли бы обновленную информацию о развитии законодательства.

Законодательная база должна признать и узаконить электронные юридические процессы, такие как электронные подписи и электронные процедуры разрешения споров. Такое признание повысит скорость / эффективность юридических операций и урегулирования споров в коридоре.

В заключение следует отметить, что потенциальные правовые рамки для сухопутного коридора представляют собой синтез юридических инноваций и практичности. Создав наднациональное юридическое лицо, разработав многосторонние договоры и внедрив новые правовые инструменты, коридор может достичь такого уровня правовой интеграции, который будет способствовать достижению его оперативных целей при соблюдении суверенитета стран-участниц. По-

добная структура не только будет способствовать бесперебойному функционированию коридора, но и послужит моделью для будущих международных торговых и транспортных проектов.

Механизмы разрешения споров

Эффективные механизмы разрешения споров являются краеугольным камнем в архитектуре любого международного транспортного коридора. Для сухопутного коридора, проходящего через различные правовые системы, разработка таких механизмов должна учитывать geopolитические тонкости региона.

1. Арбитраж и судебное разбирательство.

Создание специализированного арбитражного органа для коридора обеспечит институциональную платформу для разрешения споров. Этот орган будет работать по правилам, согласованным со всеми государствами-членами, используя лучшие практики существующих арбитражных институтов и одновременно вводя новые положения, учитывающие уникальные аспекты коридора. Юрисдикция этого арбитражного органа будет распространяться на все споры, возникающие в связи с функционированием коридора, включая договорные разногласия, вопросы ответственности и соблюдения нормативных требований. Арбитражный орган может использовать экспертные группы, состоящие из лиц, обладающих специальными знаниями в области транспорта, логистики, международной торговли и региональной geopolитики.

2. Альтернативное разрешение споров.

Помимо арбитража, полезно создание служб посредничества и примирения, которые предложат участникам коридора менее состязательные и потенциально более быстрые способы разрешения споров. Они могут быть особенно эффективны в спорах с участием множества заинтересованных сторон или с чувствительными политическими соображениями. Признавая ценность местных знаний и практики, в систему разрешения споров можно включить элементы традиционных методов (деловой обычай) разрешения споров в регионе. Также коридор мог бы принять платформу онлайн-регулирования споров. Особенно это полезно для менее сложных споров, позволяя быстро разрешать их и, тем самым, сводя к минимуму перебои в работе коридора.

3. Исполнение решений.

Чтобы обеспечить исполнение решений, вынесенных органами по разрешению споров среди участников маршрута, государства-члены должны будут заключить соглашения о признании и исполнении. Эти соглашения обязуют государства рассматривать решения как обязательные и обеспечивать их исполнение в соответствии со своими национальными правовыми процедурами.

В заключение следует отметить, что механизмы разрешения споров для сухопутного коридора Шелкового пути должны быть такими же инновационными как и сам коридор. Исполнение решений должно подкрепляться надежными международными соглашениями. Такая система разрешения споров может установить новые стандарты международного правового сотрудничества в сфере торговли и транспорта.

Выводы

1. Вдоль направления Китай – Европа возможно существование сухопутного транспортного коридора на условиях рентабельности и с тарифами, конкурентными аналогичным морским. По экономическим соображениям кратчайший коридор должен проходить по территориям Китая, России, Белоруссии, Евросоюза. Предлагаемый коридор может принять до половины существующего морского трафика в этом направлении.

2. Коридор не может состояться без политического решения стран-участниц. У коридора должен быть особый межгосударственный статус в каждой стране транзитере. Доступ стран-транзитеров к перевозкам вдоль коридора аналогичен доступу к морскому проливу.

3. Для своего функционирования коридор должен иметь единую компанию перевозчика. Акционерами единого перевозчика являются страны-транзитеры в пропорции длин их участков коридора с правом вето по основным вопросам.

4. Для разрешения внутренних споров коридор должен иметь собственный арбитраж, состоящий только из стран участниц. Страны-транзитеры должны иметь механизмы экономической, политической, военной и управленческой взаимопомощи с целью обеспечения наиболее эффективных режимов функционирования коридора.

5. Коридор потребует создание механизма контроля издержек и внедрения наилучших технологических и управленческих решений, выравнивающий удельные финансовые результаты между заинтересованными сторонами.

© Бобрик П.П., Подберезкина О.А., 2024

Список источников

1. Транспортные коридоры Шелкового пути: потенциал роста грузопотоков через ЕАЭС. — СПб.: ЦИИ ЕАБР, 2018. — 74 с.
2. Индексы контейнерных перевозок. [Электронный ресурс]. — URL: <https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/indeksy-konteinernykh-perevozok-chem-oni-polzny-dlia-investorov> (дата обращения: 01.03.2024).
3. Бобрик П.П. О конкурентоспособности сухопутной экономики. / Материалы XXXII ежегодной сессии экономико-географической секции МАРС. "Поляризация российского пространства: экономико, социально и культурно_географические аспекты" / Отв. редактор В.Н. Стрелецкий — М.: ИП Матушкина И.И., 2018. — 416 с. ISBN 978-5-94101-331-9, стр. 78 - 86.
4. The Silk Road Renaissance and New Potential of the Russian-Chinese Partnership / Podbereskin A., Podbereskina O. // China Quarterly of International Strategic Studies / Volume 01, Issue 02, July 2015.. p 305-304/
5. Плоды сопряжения / Ефременко Д., Подберёзкина О., Шаронова В. // Международные процессы. 2018. Т. 16. № 1 (52). С. 160-176.
6. Kolosov V.A., Portyakov V.Ya., Dong Suocheng, Chubarov I.G., Tarkhov S.A., Shuper V.A. The Chinese initiative "The Belt and Road": a geographical perspective // Geography. Environment. Sustainability. 2017. - Vol. 10. - № 1. – С. 5-20.

7. Дроздов Б.В. Направления разработки физической экономики (применительно к транспортному комплексу). // Электронное научное издание «Устойчивое инновационное развитие: проектирование и управление», том 10 № 2 (23), 2014, ст. 8 -94. URL: www.rupravlenie.ru/?p=2022&lang=en (дата обращения 17/01/2024)

8. Дроздов Б.В. Новый шелковый путь и транзитный потенциал России. // Научно-образовательный сайт Rema. URL: http://www.rema44.ru/seminar/papers/2015/drozdov_shp.doc (дата обращения 22/03/2017)

9. Транспорт и ИКТ. 2017. Реформа железных дорог: Сборник материалов по повышению эффективности сектора железных дорог. Вашингтон, округ Колумбия: Всемирный банк, лицензия Creative Commons Attribution CC by 3.0. / Transport and ICT Global Practice. Международный банк реконструкции и развития. / Всемирный банк 1818 H Street NW, Washington DC 20433.

10. Mackinder, H. J. (1904). The geographical pivot of history. Royal Geographical Society. // The Geographical Journal, Vol. 170, No. 4, December 2004, pp. 298–321

11. Бобрик П.П. Сухопутное решение для Великого шелкового пути. // Транспорт: наука, техника, управление - 2021. №9, стр. 4-9.

12. Guihaire, V., & Hao, J. K. (2008). Transit network design and scheduling: A global review. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 42(10), 1251-1273.

13. Бобрик П.П. Независимая железнодорожная транспортная компания // Транспорт: наука, техника, управление. - 2020. №9, стр. 24-28.

14. Российско-китайское сотрудничество в области транспорта и логистики в новых geopolитических условиях в 2022-2023 гг. /Подберезкина О.А., Сазонов С.Л. // Обозреватель. 2023. № 3 (398). С. 44-55.

Информация об авторах

Бобрик Петр Петрович – кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник.

Подберезкина Ольга Алексеевна – кандидат политических наук, приглашенный преподаватель МГИМО (У) МИД РФ.

Information about the author

Bobrik Petr. P. - PhD (Phys. and Math.), leading researcher.

Olga Podberezkina – PhD (Polit.), author and lector of the course of lectures on topic: ‘Politics of International Transport Corridors’ at MGIMO University.

Статья поступила в редакцию 03.03.2024, одобрена после рецензирования 25.03.2024, принята к публикации 16.04.2024.

The article was submitted 03.03.2024, approved after reviewing 25.03.2024., accepted for publication 16.04.2024.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

ЛОГИСТИКА

Научная статья

УДК 658.8

DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-3

СОДЕРЖАТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОНЯТИЯ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТИ ЦЕПОЧЕК ПОСТАВОК

Ларин Олег Николаевич

larin_on@mail.ru

(Российский университет транспорта, Москва, Россия)

(Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации,
Москва, Россия),

Капский Денис Васильевич

d.kapsky@gmail.com

(Академия управления при Президенте Республики Беларусь, Минск, Беларусь)

(Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь),

Капский Павел Денисович

d.kapsky@gmail.com

(Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь),

Моононхуу Цогт

tsogt.ubtz@gmail.com

(Российский университет транспорта, Москва, Россия)

Баасан Сарангэрэл

baasansarangerel@gmail.com

(Российский университет транспорта, Москва, Россия)

Аннотация: В статье представлены результаты обобщения современных подходов к характеристике понятия отказоустойчивости цепочек поставок, которые являются сложными системными образованиями с большим числом географически удаленных участников производственно-сбытовых процессов. Отказоустойчивость рассматривается как способность участников цепочек поставок реагировать на различные отказы в технологических процессах и адаптироваться к новым условиям в целях сохранения операционной эффективности. В статье уделяется внимание особенностям реагирования участников цепочек поставок на различные типы отказов с учётом затратных ограничений.

Ключевые слова: цепь поставок, отказоустойчивость, глобализация, сбои в поставках

Для цитирования: Ларин О.Н., Капский Д.В., Капский П.Д., Моононхуу Цогт, Баасан Сарангэрэл. Содержательная характеристика понятия отказоустойчивости цепочек поставок // Научный информационный сборник. Транспорт: наука, техника, управление. 2024. № 7 . С. 16-20. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-3.

LOGISTICS

Scientific article

CONTENT CHARACTERISTICS OF THE CONCEPT OF SUPPLY CHAIN RESILIENCE

Oleg N. Larin

larin_on@mail.ru

(Russian University of Transport, Moscow, Russia)

(Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, Russia)

Denis V. Kapsky

d.kapsky@gmail.com

(Academy of Management under the President of the Republic of Belarus, Minsk, Belarus)

(Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus)

Pavel D. Kapsky

d.kapsky@gmail.com

(Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus)

Moononhuu Tsogt
tsogt.ubtz@gmail.com
(Russian University of Transport, Moscow, Russia)

Baasan Sarangerel
baasansarangerel@gmail.com
(Russian University of Transport, Moscow, Russia)

Abstract: The article presents the results of a generalization of modern approaches to characterizing the concept of fault tolerance in supply chains, which are complex system formations with a large number of geographically distant participants in production and sales processes. Resilience is seen as the ability of supply chain participants to respond to various process failures and adapt to new conditions in order to maintain operational efficiency. The article pays attention to the peculiarities of the response of supply chain participants to various types of failures, taking into account cost constraints.

Keywords: supply chain, resiliency, globalization, supply disruptions

For citation: Larin O.N., Kapsky D.V., Kapsky P.D., Moononhuu Tsogt, Baasan Sarangerel Content characteristics of the concept of supply chain resilience // Scientific Information Collection. Transport: science, equipment, management. 2024. № 7. Р. 16-20. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-3.

Введение

В последнее время глобальные и национальные цепочки поставок сталкиваются с различного рода отказами в своей работе, которые приводят к нарушениям сроков доставки и производства различных товаров, финансовым потерям для бизнеса и к другим нежелательным последствиям. По данным [18], при средней продолжительности нарушений в работе ЦП в 1,5 месяца потери их участников могут достигать 30 процентов размера годовой валовой прибыли. Например, в 2020 году во время пандемии коронавируса многие предприятия вынуждены были приостанавливать свою работу, в то время как значительная часть их расходных обязательств сохранялась. В 2021 году контейнеровоз «Ever Given» на неделю перекрыл Суэцкий канал, что принесло многомиллиардные убытки для мировой торговли. В начале 2024 года из-за проблем с движением по Красному морю многие торговые суда стали ходить вокруг Африканского континента, а не как обычно через Суэцкий канал, что также привело к росту затрат и сроков на доставку грузов в глобальном масштабе.

Современные ЦП являются сложными системными образованиями с большим числом географически удаленных участников производственно-сбытовых процессов. По данным [5] во всем мире функционирует около 13 миллиардов трансграничных цепочек поставок, которые обеспечивают своевременную доставку сырья и распределение готовой продукции в интересах более 300 миллионов предприятий с различной национальной и отраслевой принадлежностью. Однако эффективность деятельности каждой ЦП в целом сильно зависит от различных отказов, которые могут произойти в любом из звеньев сложного системного образования. Поэтому ЦП должны быть «отказоустойчивыми», то есть способными сохранять операционную эффективность при нарушениях технологических процессов и в кратчайшие сроки восстанавливать работоспособность или адаптироваться к новым условиям.

Под отказами в ЦП понимаются нежелательные последствия от воздействия случайных факторов, которые нарушают нормальный ход технологических процессов в отдельных звеньях цепочек (производство, транспортировка, распределение), в результате чего их участни-

ки сталкиваются с дефицитом сырья, волатильностью цен на логистические услуги и несут значительные экономические потери [19, 21]. Основные типы событий, которые приводят к нарушениям в работе ЦП: ошибки персонала; действия третьих лиц (атаки хакеров, террористов и так далее); воздействие внешних факторов (природные катаклизмы и стихийные бедствия, техногенные, социально-политические, медико-биологические и прочие факторы); отказы технологического оборудования и информационных систем; нарушения в работе инфраструктурных объектов и так далее.

Многие исследователи (см., например, [3, 20]) рассматривают геополитические факторы в качестве одной из основных причин, которые нарушают работу многих ЦП. Примером таких факторов являются санкции и торговые войны. Как известно, торговая война между КНР и США спровоцировала многочисленные отказы в работе глобальных ЦП, за которыми последовала их трансформация. В исследовании [10] отмечается, что инициатором «торговой войны» были США, а в итоге от неё больше всего «пострадали» американские граждане. Подобная ситуация наблюдается в странах Евросоюза, которые «непрерывно» принимают многочисленные антироссийские санкции, вводят различные запреты на внешнеторговые связи с Россией. При этом российский бизнес перестроил свои ЦП и нарастил торговлю со странами Азии, а европейский бизнес понес ощутимые потери от разрыва торгово-экономических связей с Россией [1, 2].

Приведенные примеры характеризуют актуальность, теоретическую и практическую значимость научных исследований в области отказоустойчивого функционирования ЦП. При проведении таких исследований важно опираться на обобщенное представление о данном объекте, детерминация которого в последующем на основе новых результатов может уточняться, дополняться и корректироваться. Поэтому целью данной статьи является раскрытие в наиболее общем виде содержательной сущности понятия «отказоустойчивости цепочек поставок» (далее – ОЦП) (Supply Chains Resilience).

Характеристика понятия ОЦП

Вопросы отказоустойчивой работы ЦП являются важной частью современных научных исследований в логистике [4, 11-13]. По мнению авторов [8], базовое определение термина ОЦП было сформулировано в работе [9], согласно которому под данной научно-практической категорией понимается способность ЦП возвращаться в исходное состояние или переходить в новое, более желательное состояние, после нарушения работы в одном или нескольких звеньев цепочки.

В данном определении акцент делается на двух ключевых характеристиках понятия ОЦП – устойчивости и адаптивности. Стоит отметить, что такая definicja термина по своему содержанию значительно шире традиционного понятия отказоустойчивости применительно к работе сложных технических систем, в котором делается акцент только на устойчивости. Отказоустойчивая техническая система должна продолжать свою работу с заданными параметрами при отказе одной или нескольких составных частей, что достигается за счёт резервирования (дублирования) составных частей системы.

В свою очередь понятие ОЦП дополнительно содержит адаптационные механизмы, которые необходимы для изменения структуры и других параметров ЦП в связи с кардинальным изменением политических, экономических, инфраструктурных и других условий ведения бизнеса участниками цепочки. При этом механизм адаптации ЦП реализуется также за счёт средств резервирования – замена поставщиков, изменение маршрутов доставки, страхование потерь и так далее.

Действия по обеспечению ОЦП должны определяться и осуществляться с учётом трёх обстоятельств: типология отказов, механизмы реагирования и финансовые ограничения.

Во-первых, при обеспечении ОЦП необходимо учитывать различия в воздействии отдельных нежелательных событий на работу ЦП. Например, авторы [22] предложили классифицировать неблагоприятные воздействия, которые приводят к отказам в работе ЦП, по трём критериям: сила, продолжительность, частота и предсказуемость их проявления. На основе данных критериев выделены два вида неблагоприятных воздействий – катастрофы и сбои. Каждый из данных видов разделяется на два подвида:

- непредвиденные катастрофы;
- предсказуемые катастрофы;
- непредвиденные сбои;
- предсказуемые сбои.

Катастрофы (например, авария на АЭС Фукусиме) оказывают наибольшие по силе и продолжительности негативные воздействия на работу ЦП, наносят крупный ущерб национальным экономикам и работе многих участников ЦП, однако они случаются нечасто. Сбои, как правило, непродолжительны, происходят чаще, характеризуются меньшей, по сравнению с катастрофами, степенью негативных воздействий на работу ЦП.

Различия между «непредвиденными» и «предсказуемыми» событиями заключаются в характере их наступления: для «непредвиденных» событий присуща внезапность проявления; «предсказуемые» события зарождаются «постепенно». Наступление непредвиденных

событий невозможно заблаговременно установить с использованием имеющихся средств моделирования, прогнозирования и пр. При этом участники ЦП могут попытаться определить момент наступления предсказуемых катастроф и сбоев. Результативность этих действий будет зависеть от наличия статистических данных, технической оснащенности и компетентности специалистов.

Однако не все внешние предсказуемые воздействия могут быть предотвращены на самых ранних этапах их зарождения. Поэтому для практических целей, на наш взгляд, более удобно разделять неблагоприятные внешние факторы на две категории: отклонения и сбои [14]. «Отклонения» дестабилизируют работу отдельных звеньев цепочки поставок (не прекращая их работу) из-за несоответствия фактических значений показателей производственных процессов плановым значениям, что происходит по различным причинам (опоздание транспорта, нарушение графиков работы, производственный брак и пр.). В свою очередь «сбои» приводят к радикальным нарушениям в работе многих звеньев ЦП (прекращению или длительной приостановке поставок) из-за воздействия различного рода неблагоприятных внешних факторов (стихийные бедствия, техногенные катастрофы, geopolитические конфликты, санкции, пандемия и пр.). Соответственно меры, принимаемые для обеспечения отказоустойчивой работы ЦП, должны предусматривать различные варианты действий при отклонениях и сбоях.

Во-вторых, восстановление работоспособности ЦП происходит не автоматически, а требует принятия мер реагирования. Под мерами реагирования на отказы понимается комплекс управлеченческих решений участников ЦП по предупреждению, сопротивлению и поглощению воздействия неблагоприятных факторов, а также по восстановлению работы цепочек. При этом меры реагирования должны приниматься с учетом видовых различий отказов. При наступлении «непредвиденных» событий участники ЦП могут использовать только меры экстренного реагирования, которые будут реализованы по факту наступления катастрофы или сбоев. Для «предсказуемых» воздействий целесообразно предусмотреть превентивные меры реагирования, которые позволяют избежать или снизить тяжесть неблагоприятных последствий с учетом динамики развития событий.

Ряд исследователей (см. например, [15]) полагает, что ОЦП может быть обеспечена за счёт адаптационного механизма «жизнеспособности» ЦП. Под «жизнеспособностью» понимается саморегулируемая способность объекта поддерживать функционирование в изменяющейся среде за счет структурной и функциональной адаптации. Концепция жизнеспособности ЦП базируется на теории жизнеспособности сложных систем [6]. На наш взгляд, использование данной концепции применительно к работе ЦП не лишено оснований, так как цепочки являются сложными системными образованиями. Однако ЦП в своем эволюционном развитии имеют значительно больше ограничений, чем реальные природные системы, на примере которых разрабатывалась теория жизнеспособности. Адаптационные механизмы ЦП во многом являются детерминированными, так как объекты являются частью системы более высокого уровня – глобальных «цепочек» созда-

ния стоимости» (Value Chain, производственно-сбытовые цепочки). Поэтому полагаем, что использование механизма принятия управленческих решений для реагирования на сбои в большей мере отвечает функциональной природе ЦП, чем адаптационного механизма «жизнеспособности».

В-третьих, при реагировании на сбои следует учитывать, чтобы затраты на обеспечение ОЦП не превышали потенциальных потерь от нарушения их работы [7, 16, 17]. Например, если происходит снижение скорости доставки по традиционному маршруту, то это не значит, что в каждом случае для соблюдения срока доставки следует использовать альтернативные варианты доставки, которые являются более дорогими. Сущность отказоустойчивой работы ЦП допускает, чтобы участники цепочки продолжали осуществлять текущую операционную деятельность с потерями от воздействия неблагоприятных факторов, если затраты на реализацию возможных мер реагирования будут значительно выше таких потерь.

Выводы

На практике многие компании регулярно сталкиваются с отказами в работе их ЦП, что приводит к различным потерям (снижение продаж, отток клиентов, сокращение прибыли и так далее). Понятие ОЦП характеризуется процессами, которые обеспечивают устойчивое и адаптивное функционирование ЦП в условиях воздействия нежелательных факторов за счёт реализации превентивных мер и оперативного реагирования на них участниками цепочек с учетом различия данных факторов и финансовых ограничений. При выработке мер реагирования на отказы, в том числе, для создания резервов, необходимо использовать количественную оценку ОЦП. Поэтому разработка способа количественной оценки ОЦП представляется актуальной задачей, которая может стать предметом дальнейших исследований.

© Ларин О.Н., Капский Д.В., Капский П.Д., Моононхуу Цогт, Баасан Сарангэрэл, 2024.

Список источников

- Кононова К.М. Как санкции влияют на экономику страны? // Экономика и социум: современные модели развития. – 2023. – Том 13. – № 1. – С. 25-32. – doi: 10.18334/ecsoc.13.1.117701.
- Сикачев Н.К., Лещенко Ю.Г. Санкционная политика в отношении России на уровне международных организаций // Экономическая безопасность. – 2023. – Том 6. – № 2. – С. 775-792. – doi: 10.18334/ecsec.6.2.117828.
- Amiti, Mary, Stephen J. Redding, and David E. Weinstein. 2019. "The Impact of the 2018 Tariffs on Prices and Welfare." *Journal of Economic Perspectives*, 33 (4): 187-210. DOI: 10.1257/jep.33.4.187.
- Anbumozhi, V., Kimura, F., Thangavelu, S.M. (2020). Global Supply Chain Resilience: Vulnerability and Shifting Risk Management Strategies. In: Anbumozhi, V., Kimura, F., Thangavelu, S. (eds) Supply Chain Resilience. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-2870-5_1.

- Anton Pichler et al. Building an alliance to map global supply networks. *Science* 382, 270-272(2023). DOI:10.1126/science.adf7521.

- Aubin J. P., Bayen A. M., Saint-Pierre P. Viability theory: new directions. – Springer Science & Business Media, 2011.

- Brandon-Jones, E, Squire, B, Autry, CW & Petersen, KJ 2014, 'A Contingent Resource-Based Perspective of Supply Chain Resilience and Robustness', *Journal of Supply Chain Management*, vol. 50, no. 3, pp. 55-73. <https://doi.org/10.1111/jscm.12050>.

- Chowdhury, M.M.H. and Quaddus, M. (2016), "Supply chain readiness, response and recovery for resilience", *Supply Chain Management*, Vol. 21 No. 6, pp. 709-731. <https://doi.org/10.1108/SCM-12-2015-0463>.

- Christopher, M. and Peck, H. (2004), "Building the Resilient Supply Chain", *The International Journal of Logistics Management*, Vol. 15 No. 2, pp. 1-14. – <https://doi.org/10.1108/09574090410700275>

- Duan Liu, QiuHong Wang, Aidi Wang, Shujie Yao. Export profitability and firm R&D: on China's export diversification under trade war // *Structural Change and Economic Dynamics*. – 2023. – Vol. 67. – pp. 151-166. – <https://doi.org/10.1016/j.strueco.2023.07.012>.

- Garcia Herrero, A. 2023. Resilience of Global Supply Chain: Facts and Implications. ADBI Working Paper 1398. Tokyo: Asian Development Bank Institute. Available: <https://doi.org/10.56506/UKPK2510>.

- Golan, M.S., Jernegan, L.H. & Linkov, I. Trends and applications of resilience analytics in supply chain modeling: systematic literature review in the context of the COVID-19 pandemic. *Environ Syst Decis* 40, 222–243 (2020). <https://doi.org/10.1007/s10669-020-09777-w>.

- Katsaliaki, K., Galetsi, P. & Kumar, S. Supply chain disruptions and resilience: a major review and future research agenda. *Ann Oper Res* 319, 965–1002 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10479-020-03912-1>.

- Larin O., Tarasov D., Mirotin L., Rublev V., Kapski D.. Resilient Supply Chain Management Model. SHS Web Conf., 93 (2021) 03005. DOI: <https://doi.org/10.1051/shsconf/20219303005>.

- Liu, H., Han, Y. & Zhu, A. Modeling supply chain viability and adaptation against underload cascading failure during the COVID-19 pandemic. *Nonlinear Dyn* 110, 2931–2947 (2022). <https://doi.org/10.1007/s11071-022-07741-8>.

- Peter Mensah, Yuri Merkuryev. Developing a Resilient Supply Chain // Procedia - Social and Behavioral Sciences. – 2014. – Vol. 110. – pp. 309-319. – <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.875>.

- Ponomarov S. Y., Holcomb M. C. Understanding the concept of supply chain resilience // The international journal of logistics management. – 2009. – T. 20. – №. 1. – С. 124-143.

- Risk, resilience, and rebalancing in global value chains / Lund S. and others // McKinsey Global Institute. – August 2020. – 99 p. – <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/operations/our%20insights/risk%20resilience%20and%20rebalancing%20in%20global%20value%20chains-risk-resilience-and-rebalancing-in-global-value-chains-full-report-vh.pdf>.

19. Sá, M.M.d., Miguel, P.L.d.S., Brito, R.P.d. and Pereira, S.C.F. (2020), "Supply chain resilience: the whole is not the sum of the parts", International Journal of Operations & Production Management, Vol. 40 No. 1, pp. 92-115. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-09-2017-0510>.
20. Tu, X., Du, Y., Lu, Y. et al. US-China Trade War: Is Winter Coming for Global Trade?. J OF CHIN POLIT SCI 25, 199–240 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11366-020-09659-7>.
21. Vasco M Carvalho, Makoto Nirei, Yukiko U Saito, Alireza Tahbaz-Salehi, Supply Chain Disruptions: Evidence from the Great East Japan Earthquake, The Quarterly Journal of Economics, Volume 136, Issue 2, May 2021, Pages 1255–1321, <https://doi.org/10.1093/qje/qjaa044>.
22. What is supply chain? // McKinsey. – August 2022. – 6 p. – Текст : электронный. – URL: https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/featured%20insights/mckinsey%20explainers/what%20is%20supply%20chain/what_is_supply_chain.pdf.

Сведения об авторах

Ларин Олег Николаевич - д.т.н., профессор, профессор Российского университета транспорта, д. 9/9, ул. Образцова, Москва, Россия, 127994, профессор Финансового университета при Правительстве Российской Федерации, пр-кт Ленинградский, д. 49/2, Москва, 125167, Россия.

Капский Денис Васильевич - д.т.н., доцент, главный научный сотрудник научно-исследовательского центра дорожного движения НИПИ Белорусского национального технического университета, профессор кафедры «Управление информационными ресурсами» Академии управления при Президенте Республики Беларусь, пр-т Независимости, 66, Минск, 220013, Республика Беларусь.

Капский Павел Денисович - аспирант Белорусского национального технического университета, пр-т Независимости, 66, Минск, 220013, Республика Беларусь.

Моононхуу Цогт – аспирант, Российский университет транспорта, д. 9/9, ул. Образцова, Москва, Россия, 127994.

Баасан Сарангерэл – аспирант, Российский университет транспорта, д. 9/9, ул. Образцова, Москва, Россия, 127994.

Information about the authors

Larin O. N. – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Russian University of Transport, 9/9 Obrazcova str., Moscow, 127994, Russia, Professor of the Financial University under the Government of the Russian Federation, Leningradsky Ave., 49/2, Moscow, 125167, Russia, E-mail: larin_on@mail.ru.

Kapsky D. V. – Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher of the Road Traffic Research Center NIPU Belarusian National Technical University, Professor of the Department of Information Resources Management of the Academy of Management under the President of the Republic of Belarus Academy of Public Administration under the aegis of the President of the Republic of Belarus, Nezavisimosti av., 66, Minsk, 220013, Republic of Belarus, E-mail: d.kapsky@gmail.com

Kapsky P.D. – PhD student, Belarusian National Technical University, Nezavisimosti av., 66, Minsk, 220013, Republic of Belarus

Moononhuu Tsogt – PhD student, Russian University of Transport, 9/9 Obrazcova str., Moscow, 127994, Russia, E-mail: tsogt.ubtz@gmail.com

Baasan Sarangerel – PhD student, Russian University of Transport, 9/9 Obrazcova str., Moscow, 127994, Russia, E-mail: baasansarangerel@gmail.com

Статья поступила в редакцию 04.03.2024, одобрена после рецензирования 21.03.2024, принята к публикации 18.04.2024.

The article was submitted 04.03.2024, approved after reviewing 21.03.2024., accepted for publication 18.04.2024.

Вклад авторов: Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

Научная статья

УДК 656:078

DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-4

ИССЛЕДОВАНИЕ РИСКОВ И УПРАВЛЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТЬЮ НА ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОМ ТРАНСПОРТЕ

Поспелова Любовь Николаевна, Рыжова Лариса Алексеевна

(Всероссийский институт научной и технической информации Российской академии наук, Москва, Россия)
pospelovaln@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1481-4465>

Аннотация. Проводится анализ рисков с целью повышения безопасности на железнодорожном транспорте. Предложены некоторые способы оценки рисков при перевозке грузов железнодорожным транспортом.

Ключевые слова: железнодорожный транспорт, безопасность, риски, грузовые перевозки, способы оценки рисков

Для цитирования: Поспелова Л.Н., Рыжова Л.А. Исследование рисков и управление безопасностью на железнодорожном транспорте // Научный информационный сборник. Транспорт: наука, техника, управление. 2024. № 7. С. 21-24. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-4.

RAILWAY TRANSPORT

Scientific article

RISK RESEARCH AND SAFETY MANAGEMENT IN RAILWAY TRANSPORT

Pospelova L.N., Ryzhova L.A.

(All-Russian Institute for Scientific and Technical Information, VINITI of RAS Moscow, Russia)
pospelovaln@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1481-4465>

Abstract. A risk analysis is being carried out in order to improve safety in railway transport. Some methods of risk assessment in the transportation of goods by rail are proposed.

Keywords: railway transport, safety, risks, freight transportation, risk assessment methods

For citation: Pospelova L.N., Ryzhova L.A. Risk research and safety management in railway transport // Scientific Information Collection. Transport: science, equipment, management. 2024. № 7, P. 21-24. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-4.

Введение

Безопасность является предварительным условием и гарантией развития и эффективной эксплуатации железнодорожного транспорта. Основными причинами аварий на железнодорожном транспорте является отказ оборудования, неправильная эксплуатация технических средств и неэффективный менеджмент.

Исследования в сегменте безопасности железнодорожных перевозок транспортной системы необходимо начинать с оценки количества аварий, происходивших в рассматриваемой транспортной системе, используя статистику несчастных случаев и смертей, а также зрелости данной транспортной системы.

К рискам в области безопасности на железнодорожном транспорте относятся стихийные бедствия, экономические риски, риски в системах управления и техническом оснащении, а также риски, связанные с законодательными изменениями. Особое внимание необходимо уделить сравнению и оценке отдельных факторов риска с точки зрения их серьёзности и вероятности частоты возникновения.

Описание исследований

Рассматривая зарубежный опыт возникновения рисков аварий на железнодорожном транспорте, следует обратиться к транспортным системам стран, имеющих опыт обслуживания и эксплуатации высокоскоростного движения.

На железных дорогах Японии за последние 50 лет произошло снижение количества аварий. Наиболее частыми были аварии на железнодорожных переездах, несчастные случаи со смертельным исходом и аварии, вызванные экстремальными условиями окружающей среды. При росте высокоскоростных дорог Китая, количество железнодорожных аварий за последние годы снизилось [1].

Достаточно высоки риски возникновения аварий, связанных с ненадёжностью работы и отказами технических средств, особенно элементов железнодорожных путей и подвижного состава при перевозке грузов.

По данным Американских железных дорог (AAR) за последние 12 месяцев произошла одна крупнейшая авария со сходом 50 вагонов с опасными грузами. При-

чиной явился пожар из-за перегретой оси вагона в составе поезда [2].

Значительное количество аварий происходит из-за неисправностей подшипников колёсных пар подвижного состава. Диагностику неисправностей оборудования возможно непрерывно проводить с помощью искусственных нейронных сетей. Одной из эффективных свёрточных нейронных сетей является модель ShuffleNet, имеющая высокую производительность при обработке данных. Получение точной и быстрой информации о состоянии транспортных средств и железнодорожной инфраструктуры повысит надёжность эксплуатации транспортных сетей [3].

Небезопасные маневровые операции возможно оценить с помощью новой архитектуры глубокого обучения, которая генерирует информацию с видеорегистратора и данных инерциальной системы наклона (IMU). Такая архитектура обрабатывает выходные данные алгоритма обнаружения объектов в сочетании с необработанными видеокадрами и данными GPS/IMU. В основе архитектуры лежит новый модуль выбора пространственно-временного внимания (STAS), который извлекает характеристики, описывающие эволюцию каждого объекта на сцене с течением времени, и использует множественное точечное внимание для выбора релевантных объектов, т.е. опасных или тех, кто находится в опасности с целью классификации этих объектов и снижению рисков возникновения аварий [4].

На сход поезда с рельсов значительным образом оказывает влияние воздействия бокового ветра при движении подвижного состава наиболее неблагоприятных условиях - на мостах и тоннелях. Моделирование системы грузовой поезд - рельсовый путь - мост (FTTB) возможно произвести с помощью расчёта пространственных вибраций, учитывая боковой ветер в качестве "волны преследования" рамы тележки на основе теории анализа случайной энергии. Метод используется для расчёта всего процесса схода поезда с рельсов на мосту при различных скоростях ветра и транспортных средствах, а также для анализа влияния бокового ветра на процесс схода грузового поезда. Расчёты показывают, что при скорости транспортного средства 60-80 км/ч и скорости ветра 20,7 - 28,4 м/с величина подъёма колеса достигает 25 мм, что приводит к сходу поезда с рельсов, так как ветер значительно увеличиваются скорость и быстродействие транспортного средства, коэффициент схода с рельсов, скорость снижения нагрузки на колеса, поперечное относительное смещение между тележкой и рельсом, поперечное смещение середины пролётного строения и верхней части опоры. Рассчитанные пороговые значения раннего предупреждения об относительном смещении опоры и рельса при коэффициенте запаса прочности 1,25 в условиях различных скоростей транспортного средства и скорости ветра могут послужить теоретической основой и основными данными для разработки устройств раннего предупреждения о сходе поезда с рельсов на большегрузном железнодорожном мосту при боковом ветре [5].

Безопасность и надёжность работы крупных железнодорожных компонентов стрелочных переводов обеспечивается внедрением информационной системы управления полным жизненным циклом технических устройств. Система быстро группирует информацию о неисправном оборудовании и повторном использова-

нии запасных частей, в случае неспособности быстро обрабатывать её операторами станции.

Система оптимизирует весь процесс управления жизненным циклом крупных железнодорожных узлов стрелочных переводов и в режиме реального времени контролирует состояние обслуживания крупных железнодорожных узлов стрелочных переводов, используя комбинацию веб-интерфейса и Приложения портативного терминала. Для улучшения управления производственным процессом и контроля за ним обеспечивается своевременность сбора информации и обновления компонентов крупных железнодорожных стрелочных систем. Система была опробована и показала хорошие результаты испытаний, подтвердив свою практическую значимость [6].

Современная сетевая среда железнодорожной транспортной системы становится все более сложной, и безопасность сети является основой безопасности железных дорог. При проведении исследований по обеспечению безопасности на железнодорожном транспорте от сложных воздействий на сеть связи имеет большое практическое значение сетевая среда. В соответствии с характеристиками и требованиями безопасности железнодорожной сети необходимо рассмотреть вопросы, связанные с использованием данных о сетевой безопасности в качестве ядра. Четырехуровневая архитектура защиты железнодорожной сети в сочетании с технологиями аутентификации, ориентированными на проверку безопасности, и распределением вычислительных мощностей для вычисления и обработки данных способны реализовать защиту всего процесса железнодорожной сети от сбора данных до анализа безопасности [7].

В настоящее время качественный и количественный анализ безопасности железнодорожных систем обычно проводится с использованием анализа дерева неисправностей (FTA) и анализа дерева событий (ETA). FTA и ETA отображают причинно-следственные связи и последствия опасностей или несчастных случаев с помощью линейных последовательностей событий, которые затрудняют учёт нелинейных взаимосвязей, таких как обратная связь. В традиционных исследованиях (FTA) и (ETA) не рассматривается ремонт неисправных компонентов системы. Кроме этого, количественная оценка безопасности, проводимая с помощью анализов данных FTA и ETA требует, чтобы события с отказами были статистически независимыми. Учитывая эти проблемы, возможно использовать подход к проведению качественной и количественной оценки безопасности CTCS-3 с использованием стохастических цветных сетей Петри (CPN). Иерархическая модель CPN в CTCS-3 учитывает различные сценарии, движение поездов, отказы и ремонт компонентов системы. С помощью данного подхода возможно оценить время возникновения опасных ситуаций в условиях использования системы CTCS-3 [8].

Оценить риски при производстве железнодорожных грузовых операций и проанализировать проблемы, связанные с перевозкой грузов позволит система 5M1E (система 5M (материал, машина, человек, метод, изменение) и 1E (окружающая среда).

В соответствии с концепцией управления качеством 5M1E, направленной на устранение длительных временных затрат и ошибок при анализе текущих проблем

в области безопасности железнодорожных перевозок, система осуществляет систематизацию и анализ факторов, влияющих на безопасность железнодорожных перевозок. Для анализа корреляции между влияющими факторами, статусом движения и потенциальными рисками несчастных случаев используется алгоритм Apriori, который позволяет произвести анализа данных.

На основе данных о несчастных случаях, связанных с безопасностью перевозок грузов, и событиях, связанных с близостью к катастрофе, в Китайской железнодорожной компании в 2018 году были опубликованы правила ассоциации по аварийным ситуациям, возникающим в системе обеспечения безопасности железнодорожных грузовых перевозок и влияющих на них факторам, которые служат основой для точного управления рисками безопасности железнодорожных грузовых перевозок и контроля за ними. Существующий метод корреляционного анализа рисков, включающий скрипинг, поиск и статистику по отраслям может значительно снизить нагрузку на управленческий персонал, связанный с оценкой рисков и значительно повысить способность выявлять и предотвращать риски для безопасности железнодорожных перевозок [9].

В связи с непрерывным усложнением железнодорожных сетей усложняется планирование движения железнодорожных число оперативных подразделений увеличивается. Необходимо изучить методы точного прогнозирования продолжительности сбоев в работе железных дорог, чтобы повысить способность железнодорожных диспетчерских систем справляться с различными рисками и авариями. Полученные документальные данные из "Отчета о надзоре за безопасностью 1" в сочетании с методами обработки естественного языка, такими как сегментация слов Lieba и векторная модель слов Word2vec, необходимы для построения модели прогнозирования продолжительности сбоев на железной дороге на основе сверточной нейронной сети (CNN). Модель была протестирована на основе фактических данных, полученных из China Railway Shenyang Group Co., Ltd. Результаты экспериментов показывают, что модель прогнозирования может быстро и точно определять продолжительность и распределение вероятности неисправностей на железной дороге, а также предоставлять рекомендации для корректировки движения поездов [10].

Снижение рисков возникновения аварий возможно спрогнозировать, путем оценки возникновения отказов бортового оборудования локомотивов. Бортовое оборудование системы управления движением поезда представляет собой высокointегрированное электронное устройство. Для устранения трудностей в его обслуживании, предлагается внедрить систему прогнозирования и управления неисправностью (РНМ - система прогнозирования и управления жизненным циклом оборудования). Благодаря интеграции функциональных требований к оборудованию с требованиями к техническому обслуживанию, исследование и разработка системы РНМ координируется с учетом модернизации и обновления бортового оборудования управления поездами. Далее на основе усовершенствования функций кодирования информации и сбора данных о бортовом оборудовании, строится система оценки работоспособности бортового оборудования для управления движением

поездов. Затем разрабатывается план внедрения, который будет постоянно способствовать разработке соответствующего оборудования и созданию этих систем. При поддержке системы оценки работоспособности бортового оборудования управления движением поездов отделы технической поддержки могут работать эффективно и слаженно, обеспечивая замкнутый цикл управления устранением неисправностей, что способствует ускорению контролю за техническим обслуживанием бортового оборудования и перехода в режим технического обслуживания по состоянию [11].

Выходы

Рассматривая вопросы возникновения рисков аварийных ситуаций, прежде всего основной упор необходимо делать на предварительную оценку эксплуатируемого оборудования в режиме его жизненного цикла. Анализируя наиболее результативные методы и подходы к оценке безопасности на железнодорожном транспорте, необходимо учитывать максимальный набор возможных рисков.

© Поступлова Л.Н., Рыжова Л.А.

Список источников

1. Yuan Cao, Yuntong An, Shuai Su, Guo Xie, Yongkui Sun A statistical study of railway safety in China and Japan 1990-2020 // Accident Analysis and Prevention. 2022. 175. P. 106764.
2. AAR praises Class 1 efforts to improve freight safety / International Railway Journal. 2024. № 64. P. 10.
3. DENG Fei-yue, DING Hao, LU Hao-yang, HAO Ru-Jiang, LIU Yong-giang Fault diagnosis of high-speed train wheelset bearing based on a lightweight neural network // Chinese Journal of Engineering. 2021. 43. № 11. P.1482-1483.
4. Simoncini M., de Andrade D. C., Taccari L., Salti S., Kubin L., Schoen F., Sambo F. Unsafe maneuver classification from dashcam video and GPS/IMU sensors using spatio-temporal attention selector // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2022. 23. № 9. P. 15605-15615.
5. GONG Kai, LIU Linya, XIANG Jun, YU Guiying, LIU Quanmin, YANG Haiming Effect of crossing on freight train derailment process on heavy haul railway bridge // Journal China railway society. 2022. 44, № 8. P. 125-126.
6. REN Jingnan, CHEN Jinze, WANG Dongyan, WU Xia, JIANG Shuai Full Life-cycle management information system for large rail components of turnout // Railway Computer Application. 2024. 33, № 1. P. 52-56.
7. YANG Yijie Railway safety protection technology for complex network environment // Railway Computer Application. 2022. 31, № 11. P. 29-32.
8. Wu D., Lu D., Tang T. Qualitative and quantitative safety evaluation of train control systems (CTCS) with stochastic colored petri nets // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. 2022. 23. № 8. P. 10223-10238.
9. Ye Fei, LIU Qigang, SHI Lei, SUN Wengiao, YANG Yu, JIN Jing Research on Correlation Inference of safety risks and accidents in railway freight operations based on 5M1E // Journal of the China Railway Society. 2024. 46 №1.

10. ZHU Yuehao, MENG Lingyun, LIAO Zhengwen, WANG Xianshu, TIAN Haining Prediction method of railway faults duration based on convolutional neural network // Railway Computer Application. 2023. 32, № 12. P. 13-17.

11. HUANG Yuan, LIU Xue Implementation scheme of prognostics and health management for on-board equipment of train control system // Railway Computer Application. 2023. 32, № 12. P. 38-46.

Сведения об авторах

Поспелова Л.Н. – кандидат техн. наук, заведующий отделом научной информации по транспорту Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН).

Телефон 499-155-44-21.

Адрес: 125190 Москва, ул. Усиевича, 20.

Рыжкова Л.А. – кандидат техн. наук, старший научный сотрудник ОНИ по транспорту Всероссийского института научной и технической информации (ВИНИТИ РАН).

Телефон 499-155-44-21.

Адрес: 125190 Москва, ул. Усиевича, 20.

Information about the author

Pospelova L.N. – Ph.(Tech.), deputy chief in Department of Scientific Information for Transport in VINITI of RAS.

Phone 499-155-44-21.

Address: 125190 Moscow, Usievicha St. 20.

Ryzhova L.A. - Ph.(Tech.), senior scientist employee of the Research Institute for Transport of the All-Russian Institute of Scientific and Technical Information (VINITI RAS).

Phone 499-155-44-21.

Address: 125190 Moscow, Usievicha St. 20.

Статья поступила в редакцию 15.04.2024, одобрена после рецензирования 14.05.2024, принятая к публикации 21.05.2024.

The article was submitted 15.04.2024, approved after reviewing 14.05.2024, accepted for publication 21.05.2024.

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ТРАНСПОРТ

Научная статья

УДК 629.4

DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОЗДУХОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ №483 В ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЕ С ДВУХТРУБНЫМ ПИТАНИЕМ

Иванов Павел Юрьевич
savl.ivanov@mail.ru,

Дульский Евгений Юрьевич
E.Dulskiy@mail.ru,

Осипов Дмитрий Валерьевич
osipovDnor@mail.ru,

Трескин Сергей Викторович
sergei.tresckin@yandex.ru,

Кудьяров Иван Александрович
Mr.licrimovor@yandex.ru,
(Иркутский государственный университет путей сообщения)

Аннотация. Статья посвящена исследованию возможности модернизации пневматической однотрубной тормозной системы грузового поезда, путем обеспечения усиленного питания по дополнительной трубе. В основе функционирования новой тормозной системы лежит усиленное питание запасного резервуара повышенным давлением. Целью данного исследования является установление возможности применения штатного воздухораспределителя усл. №483 на основе оценки прочности пневматических манжет в воздухораспределителе. В качестве основного инструмента исследования деформации манжет был применен конечно-элементный анализ с использованием программного комплекса Autodesk Inventor.

Ключевые слова: воздухораспределитель, отпуск и зарядка, запасный резервуар, однотрубная тормозная система, двухтрубная тормозная система, компьютерное моделирование, конечно-элементный анализ

Для цитирования: Иванов П.Ю., Дульский Е.Ю., Осипов Д.В., Трескин С.В., Кудьяров И.А. Исследование возможности применения воздухораспределителя №483 в тормозной системе с двухтрубным питанием // Научный информационный сборник. Транспорт: наука, техника, управление. 2024. № 7. С. 25-30. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-5.

RAILWAY TRANSPORT

Scientific article

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITY OF USING AIR DISTRIBUTOR № 483 IN A TWO-PIPE BRAKE SYSTEM

Pavel Yu. Ivanov
savl.ivanov@mail.ru,

Evgeniy Yu. Dulsky
E.Dulskiy@mail.ru,

Dmitry V. Osipov
osipovDnor@mail.ru,

Sergei V. Treskin
sergei.tresckin@yandex.ru,

Ivan A. Kudyarov
Mr.licrimovor@yandex.ru,
(Irkutsk State Transport University)

Abstract. This article is devoted to the study of the possibility of upgrading the pneumatic single-tube braking system of a freight train to a two-tube powered braking system. The functioning of the new braking system is based on the enhanced supply of the reserve tank with increased pressure. Thus, the purpose of this study is to establish the possibility of using a standard air distributor usl. No. 483 based on the strength assessment of pneumatic cuffs in the air distributor. Finite element analysis using the Autodesk Inventor software package was used as the main tool for studying the deformation of cuffs.

Keywords: air distributor, release and charging, spare tank, single-pipe braking system, two-pipe braking system, computer modeling, finite element analysis

For citation: Ivanov P.Yu., Dulsky E.Yu., Osipov D.V., Treskin S.V., Kudyarov I.A. Investigation of the possibility of using the air distributor No. 483 in a two-tube brake system // Scientific information collection. Transport: science, equipment, management. 2024. No. 7. S. 25-30. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-5.

Введение

При помощи тормозных средств осуществляются остановки поезда, а также предотвращение аварий или крушений в следствии возникновения различных внештатных ситуаций. Хорошая эффективность тормозной системы поезда позволяет сократить длину тормозного пути, повысить безопасность его движения, увеличить скорость, что способствует сокращению времени перевозки грузов [1].

Повышение эффективности тормозов может осуществляться за счет повышения тормозного нажатия, либо за счет увеличения скорости срабатывания тормозов [2]. Ускорить процесс срабатывания тормозов можно путем увеличения скорости газодинамических процессов, в частности, усиленного питания запасного резервуара. В штатной тормозной системе грузового поезда питание запасного резервуара осуществляется через грузовой воздухораспределитель усл. №483, при этом зарядка резервуара происходит медленно. Проблема заключается в том, что из-за наличия калиброванных отверстий и дополнительных объемов на пути из тормозной магистрали в запасный резервуар воздушный поток замедляется (рис. 1), что приводит к существенному увеличению времени зарядки тормозов.

Увеличение диаметров проходных сечений воздухораспределителя, невозможно, так как возникнет значительная разница в скорости зарядки и отпуска тормозов головных и хвостовых вагонов, что приведет к возникновению больших продольно-динамических реакций в составе и самопроизвольному срабатыванию тормозов особенно на горно-перевальных участках пути [3-5].

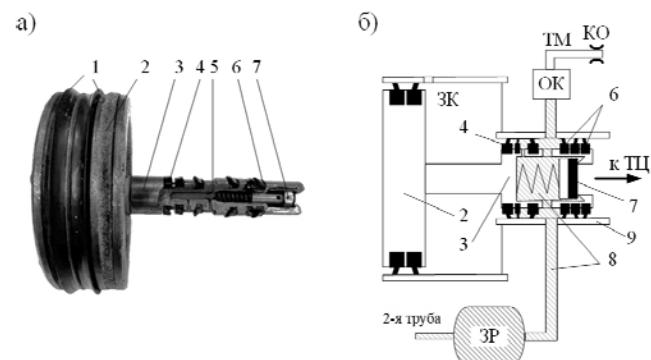
В качестве решения данного вопроса предлагается применение тормозной системы с двухтрубным питанием [6-8]. Питание запасного резервуара непосредственно от главных резервуаров через пневматический редуктор и дополнительный питательный трубопровод значительно более эффективный способ ускорить процесс зарядки и отпуска. Также данное решение не требует внесения изменений в конструкцию воздухораспределителя, что упрощает процесс модернизации тормозной системы поезда [7, 8].

Применение двухтрубной тормозной системы со штатными запасными резервуарами типа Р7-78 с объемом 78 литров и воздухораспределителем усл. №483, конструктивно реализуемо, однако остается вопрос пригодности манжет воздухораспределителя, так как нагрузка на них, создаваемая давлением, увеличивается. Это связано с тем, что функционирование двухтрубной тормозной системы предполагается с постоянным давлением запасного резервуара $7 \text{ кгс}/\text{см}^2$, в то время как при штатной системе постоянное давление не превышает $5,6 \text{ кгс}/\text{см}^2$. Более высокое давление вызовет повышенные нагрузки в самом запасном резервуаре и элементах воздухораспределителя. Невозможность

функционирования новой тормозной системы со штатными узлами приведет к нецелесообразности модернизации, в первую очередь с экономической точки зрения.

Согласно техническим требованиям, при поступлении в ремонт каждый запасный резервуар подвергается гидравлическим испытаниям. По инструкции время испытания резервуара давлением жидкости равное $10,5 \pm 0,5 \text{ кгс}/\text{см}^2$ должно составлять не менее 10 минут [9]. Таким образом повышение рабочего давления запасного резервуара до $7 \text{ кгс}/\text{см}^2$ не вызовет проблем при эксплуатации модернизированной тормозной системы.

Возможность применения воздухораспределителя №483 обусловлена способностью уплотняющих манжет штока главного поршня выдерживать увеличенное давление запасного резервуара (рис.1) во всех режимах функционирования прибора. Нарушение их герметичности в следствии разрыва или пластических деформаций по причине воздействия высокого давления приведет к утечкам скатого воздуха из резервуара в золотниковую камеру слева от главного поршня либо в тормозной цилиндр через отверстие канала дополнительной разрядки. Нарушение герметичности третьей от главного поршня манжеты (рис.1), когда воздухораспределители переходят в режим замедленного наполнения тормозных цилиндров через отверстие диаметром 1,7 мм в полом штоке, приведет к тому, что головные вагоны поезда начнут тормозить значительно раньше, чем вагоны в хвосте, что приведет к их «набеганию» на вагоны головной части поезда. Оценка применимости штатных уплотнительных манжет предлагается двумя способами: расчетным и экспериментальным.

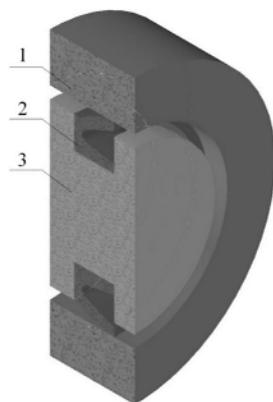


1 – манжеты главного поршня; 2 – главный поршень;
3 – полый шток; 4 – манжета между ЗК и ЗР; 5 – каналы для
заполнения полого штока; 6 – манжеты между ЗР и ТЦ;
7 – тормозной клапан; 8 – полость, заполненная давлением от
ЗР; 9 – втулка; ОК – обратный клапан; ЗР – запасный резервуар;
ТМ – тормозная магистраль; ТЦ – тормозной цилиндр;
КО – калиброванное отверстие

Рис. 1. Конструкция главной части воздухораспределителя усл. № 483: а) главный поршень; б) общая схема

Конечно-элементный анализ для исследования деформации манжет

Первый способ заключается в применение конечно-элементного анализа для исследования пластической деформации и прочности манжет на разрыв под действием повышенного давления в программной среде Autodesk inventor [10, -12]. Для проведения такого исследования была создана 3D-модель штока главного поршня, манжеты и втулки (рис.2) при этом достаточно смоделировать небольшой фрагмент штока и одну манжету так как увеличение размеров и количества элементов в сборке приведет к усложнению расчетов.



1 – втулка; 2 – резиновая уплотнительная манжета;
3 – шток главного поршня

Рис. 2. 3D - модель для расчета пневматической манжеты в разрезе

Далее в программе необходимо задать физико-механические свойства для материала, из которого изготовлена манжета. Для пневматических устройств подвижного состава применяются резины группы «1а» и тип резиновой смеси 7-7130 [13]. Свойства материала приведены на рис. 3.

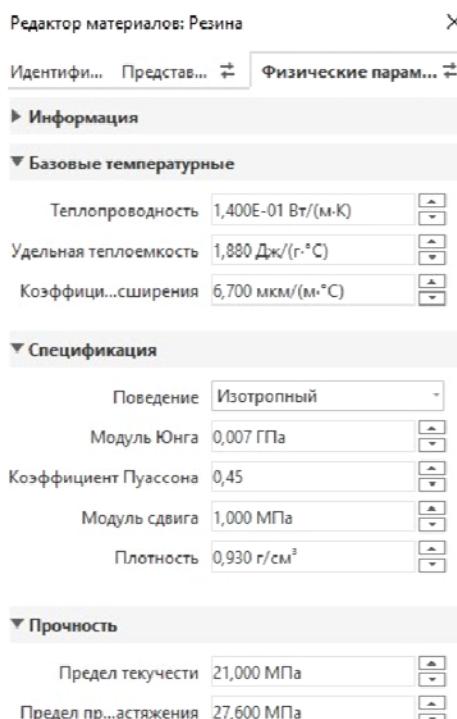


Рис. 3. Панель ввода свойства материала манжеты для расчетов в программе Autodesk Inventor

Следующим шагом были заданы жесткие связи между сопрягаемыми поверхностями с целью исключения перемещения деталей друг относительно друга. Это необходимо для того, чтобы перемещение расчетных элементов не повлияло на величину деформации уплотнительных манжет. Также при нагружении манжеты при помощи инструмента «Давление» деформация исследуемого объекта не ограничивается внутренней поверхностью втулки, вследствие чего происходит пересечение текстур двух объектов. По этой причине также необходимо устанавливать ограничение по верхней границе манжеты для ее свободного состояния. Нагрузки прикладываются для двух расчетных случаев, так как манжеты на штоке главного поршня устанавливаются в двух положениях (рис.4). В предложенной схеме нагрузка прикладывается с одной стороны, что является исключительно теоретическим случаем, так как в эксплуатации давление действует на манжету с двух сторон. Однако, с малой долей вероятности возможна ситуация, при которой максимальное давление будет прикладываться с одной стороны манжеты, а с другой ее стороны давление будет полностью отсутствовать. Такая ситуация наиболее критична для манжеты, по этой причине расчет был проведен для данных условий.

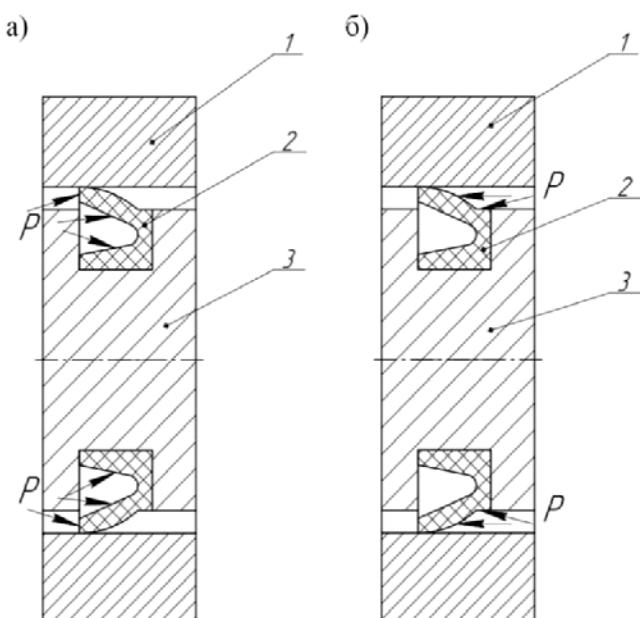


Рис. 4. Схема приложения нагрузок на пневматическую манжету: а) приложение нагрузки к внутренней стороне; б) приложение нагрузки к внешней стороне

Для оценки возможности применения двухтрубной тормозной системы с воздухораспределителем №483 необходимо сравнить величину деформаций и максимальных напряжений, возникающих в манжете при воздействии зарядного давления, равного $5,2 \text{ кгс}/\text{см}^2$ и повышенного давления от 6 до $8 \text{ кгс}/\text{см}^2$ с шагом моделирования в $1 \text{ кгс}/\text{см}^2$. Для первого расчетного случая, когда нагрузка прикладывается к внутренней стороне манжеты (рис. 4а), с увеличением давления наблюдается деформация манжеты, приводящая к увеличению площади контакта манжеты и стенок втулки, что способствует повышению герметичности соединения (рис. 5). Черной линией обозначается свободное состояние манжеты до воздействия на нее давления.

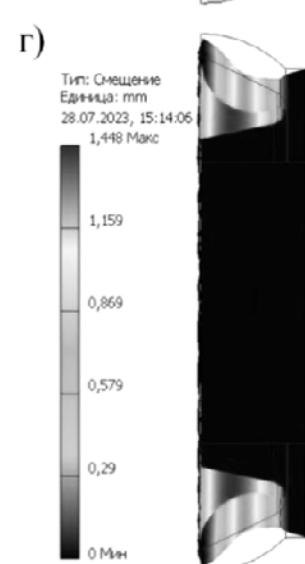
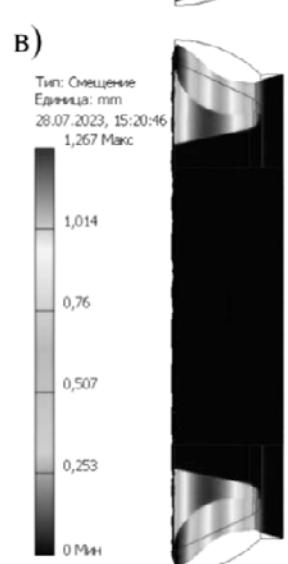
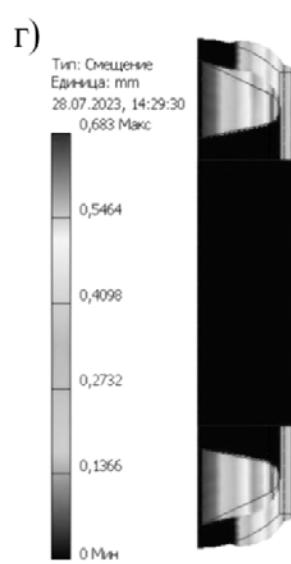
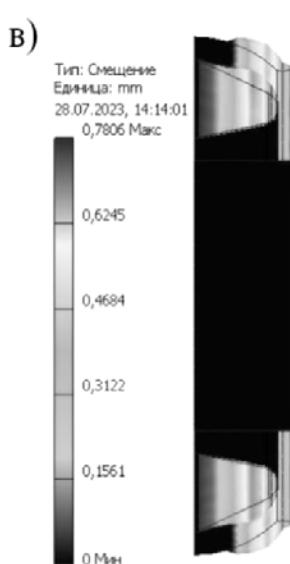
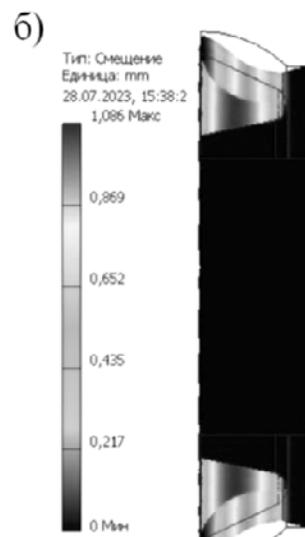
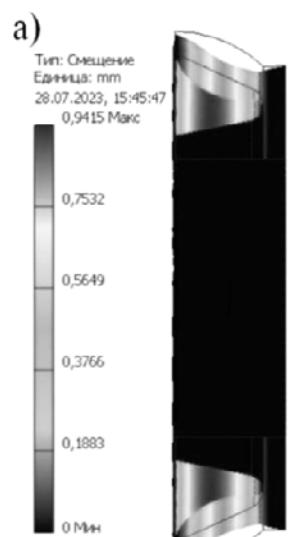
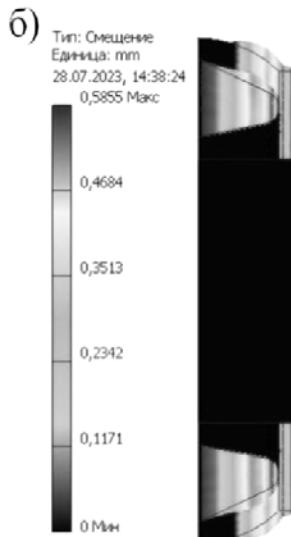
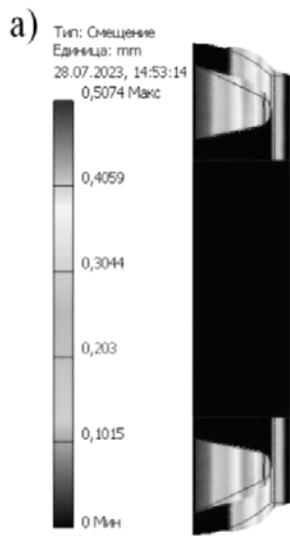


Рис. 5. Деформация манжеты под воздействием давления сжатого воздуха для первого расчетного случая:
а) давление 5,2 кгс/см²; б) давление 6 кгс/см²;

в) давление 7 кгс/см²; г) давление 8 кгс/см²

Для второго расчетного случая (рис. 4б) наблюдается сжатие манжеты, что приводит к возникновению зазора между стенкой втулки и манжетой (рис. 6). Максимальная величина смещения, по сравнению первым расчетным случаем, увеличивается на 85,5%. Следовательно, давление сжатого воздуха в запасном резервуаре будет удерживаться только первой и шестой от главного поршня манжетой.

Данные манжеты рекомендованы к работе с давлением сжатого воздуха до 10 кгс/см², однако условия их применения могут влиять на величину максимального давления. К таким условиям, в частности можно отнести величину перекрываемого зазора. Проведенные исследования показали, что применение рассматриваемых манжет возможно при постоянном давлении 7 кгс/см² и допустимо при давлении 8 кгс/см².

Рис. 6. Деформация манжеты под воздействием давления сжатого воздуха для второго расчетного случая:
а) давление 5,2 кгс/см²; б) давление 6 кгс/см²;

в) давление 7 кгс/см²; г) давление 8 кгс/см²

Экспериментальные исследования пневматических процессов

Второй способ – это сравнение процессов зарядки золотниковой и рабочей камер воздухораспределителя для однотрубной и двухтрубной тормозных систем на основе проведения экспериментальных лабораторных исследований.

По той причине, что конечно-элементное моделирование не учитывает ряда факторов, для подтверждения возможности применения воздухораспределителя № 483 при двухтрубном питании, были проведены стендовые экспериментальные исследования. Для этой цели на основе фиксации изменения давления при помощи датчиков, были получены графики зависимости давления сжатого воздуха в золотниковой (ЗК) и рабочей камерах (РК) воздухораспределителя от времени (рис. 7) [14, 15].

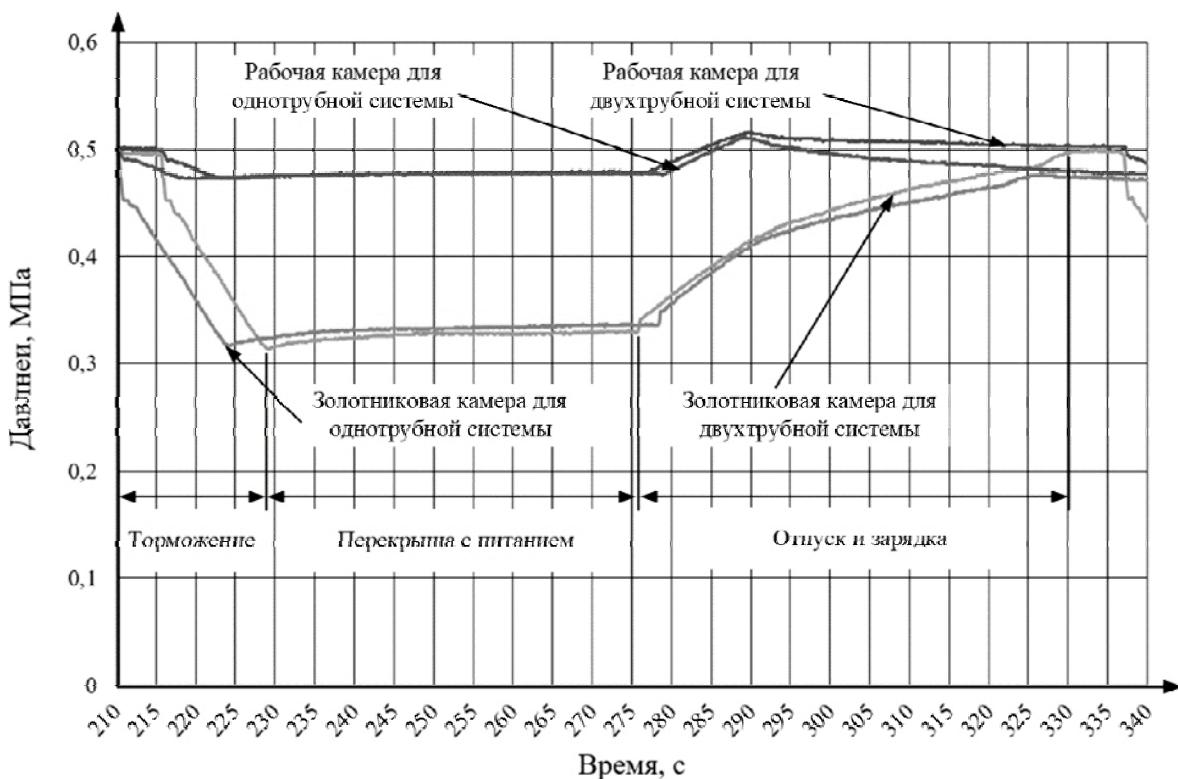


Рис. 7. Графики зависимости давления от времени в золотниковой и рабочих камерах воздухораспределителей для однотрубной и двухтрубной тормозной системы

Суть эксперимента состояла в анализе изменения давления в ЗК случае пропуска сжатого воздуха через исследуемые манжеты при повышении давления с 5 кгс/см² до 7 кгс/см². Так для графика однотрубной тормозной системы давление запасного резервуара составляло 5 кгс/см², а для двухтрубной тормозной системы 7 кгс/см².

По данным графика видно, что для процесса поддержания давления на уровне, заданном машинистом, давление в обеих камерах воздухораспределителя при двух способах питания запасного резервуара можно считать одинаковым. Изменения давления с течением времени не происходит, следовательно, незначительная разница в давлениях связана с небольшим различием в глубине разрядки тормозной магистрали. Для режима зарядки и отпуска процесс нарастания давления для двухтрубной системы идентичен процессу нарастания давления в однотрубной системе. Разница в падении давления в рабочих камерах объясняется различной величиной завышения давления при выдержке ручки крана машиниста в первом положении.

На основании проведенных исследований деформации манжет штока главного поршня при помощи математического моделирования методом конечных элементов и лабораторных стендовых испытаний воздухораспределителя №483 с дополнительным питанием запасного резервуара, критических состояний тормозной системы не выявлено.

Заключение

При увеличении давления сжатого воздуха в запасном резервуаре, в следствии увеличения сил, действующих на манжеты, наблюдается их увеличенная деформация, что приводит к более плотному контакту между поверхностью втулки и манжеты. В результате

исследования пневматических процессов, происходящих в камерах воздухораспределителя, также не было выявлено утечек в золотниковую камеру из запасного резервуара. Таким образом на основе полученных в результате исследования данных, можно сделать вывод о том, что грузовой воздухораспределитель усл. № 483 и запасный резервуар Р7-78 позволяют выполнить модернизацию однотрубной тормозной системы путем обеспечения двухтрубного питания.

© Иванов П.Ю., Дульский Е.Ю., Осипов Д.В., Трескин С.В., Кудьяров И.А., 2024.

Список источников

- Буйносов, А. П. Определение эффективности тормозов железнодорожного подвижного состава в пути следования / А. П. Буйносов, Е. В. Федоров // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2018. – № 8. – С. 7-11. – EDN MFVXUD.
- Хамнаева, А.А. Повышение эффективности пневматической тормозной системы грузового подвижного состава в режиме зарядки и отпуска: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Хамнаева Алена Александровна. – Санкт-Петербург, 2023. – 18 с.
- Иноземцев, В.Г. Тормоза железнодорожного подвижного состава: Вопросы и ответы. – 3-е изд., стереотипное – М.: Транспорт, 1987. – 207 с.
- Процесс самопроизвольного срабатывания пневматических тормозов грузового подвижного состава / П. Ю. Иванов, Н. Л. Михальчук, Е. И. Макарова, И. А. Ролле // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2020. – № 1(65). – С. 60-66. – DOI 10.26731/1813-9108.2020.1(65).60-66. – EDN BYOHMJ.

5. Определение причин самопроизвольных срабатываний тормозов поезда в границах Красноярской железной дороги / П.Ю. Иванов, Н.И. Мануилов, Е.Ю. Дульский, И.А. Худоногов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2018. – № 3(59). – С. 68-76. – DOI 10.26731/1813-9108.2018.3(59).68-76. – EDN YSFXTV.
6. Патент № 2740624 С1 Российская Федерация, МПК B60T 13/26. Двухтрубная тормозная система железнодорожного подвижного состава: № 2020121882: заявл. 26.06.2020: опубл. 18.01.2021 / П.Ю. Иванов, А.А. Хамнаева, А.М. Худоногов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Иркутский государственный университет путей сообщения (ФГБОУ ВО ИрГУПС). – EDN LUPQFR.
7. Иванов, П.Ю. Сравнительный анализ тормозных систем подвижного состава с однотрубным и двухтрубным питанием / П.Ю. Иванов, Е.Ю. Дульский, А.А. Хамнаева, А.А. Корсун, С.В. Трескин // Вестник РГУПС. – 2020. – № 3. – С. 35–42. DOI: 10.46973/0201-727X_2020_3_35.
8. Двухтрубная тормозная система на железнодорожном подвижном составе / Д. В. Осипов, П. Ю. Иванов, Е. Ю. Дульский [и др.] // Транспорт Российской Федерации. – 2022. – № 4-5(101-102). – С. 38-41. – EDN ZGBZCC.
9. Общее руководство по ремонту тормозного оборудования вагонов 732-ЦВ-ЦЛ. – 2010 г.
10. Применение методов конечных элементов при изготовлении изделий с помощью аддитивных технологий / Д.В. Осипов, П.Ю. Иванов, А.С. Ковшин, В.В. Пахомов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2022. – № 4(76). – С. 162-172. – DOI 10.26731/1813-9108.2022.4(76).162-172. – EDN SIGRFP.
11. Мануилов, Н. И. Моделирование работы резиновых уплотнений тормозной сети подвижного состава в условиях низких температур / Н.И. Мануилов, П.Ю. Иванов, Е.Ю. Дульский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2017. – № 3(55). – С. 112-119. – DOI 10.26731/1813-9108.2017.3(55).112-119.
12. Иванов, П. Ю. Математическое моделирование процесса нагрева изоляции обмотки статора асинхронной вспомогательной машины электровоза / П. Ю. Иванов, В. М. Агафонов, Е. Ю. Дульский // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2016. – № 1(49). – С. 183-189.
13. ГОСТ 6678-72. Манжеты резиновые уплотнительные для пневматических устройств. Технические условия. – Введ. 1974-01-01. – М.: Госстандарт Союза ССР: Изд-во стандартов, 1974. 19 с.: ил.
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020660869 Российская Федерация. Мониторинг газодинамических процессов воздушораспределителя грузового подвижного состава: № 2020660007: заявл. 04.09.2020: опубл. 15.09.2020 / А. С. Ковшин, А. А. Хамнаева, П. Ю. Иванов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО ИрГУПС). – EDN TTHLDP.
15. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020660868 Российская Федерация. Сбор и обработка данных с тензометрических датчиков пневматического оборудования: № 2020660008: заявл. 04.09.2020: опубл. 15.09.2020 / А.С. Ковшин, А.А. Хамнаева, П.Ю. Иванов [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет путей сообщения» (ФГБОУ ВО ИрГУПС). – EDN ZLRYVS.

Информация об авторах

Иванов Павел Юрьевич - к.т.н., доцент, доцент кафедры «Электроподвижной состав», Иркутский государственный университет путей сообщения, тел.:89500652177.

Дульский Евгений Юрьевич - к.т.н., доцент, доцент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», Иркутский государственный университет путей сообщения, тел.:89834034643.

Осипов Дмитрий Валерьевич - аспирант кафедры «Электроподвижной состав», Иркутский государственный университет путей сообщения, тел.:89233711986.

Трескин Сергей Викторович - аспирант кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», Иркутский государственный университет путей сообщения, тел.:89025325525.

Кудьяров Иван Александрович - студент кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство», Иркутский государственный университет путей сообщения, тел.:89016525210, e-mail: Mr.licrimovor@yandex.ru

Information about the authors

Pavel Yuryevich Ivanov - PhD (Tech), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Electric Rolling Stock, Irkutsk State University of Railway Engineering, tel.:89500652177.

Evgeny Yuryevich Dulsky - PhD (Tech), Associate Professor, Associate Professor of the Department "Wagons and Wagon industry", Irkutsk State University of Railway Engineering, tel.:89834034643.

Dmitry Valerievich Osipov - postgraduate student of the Department of Electric Rolling Stock, Irkutsk State University of Railway Engineering, tel.:89233711986.

Sergey Viktorovich Treskin - postgraduate student of the department "Wagons and wagon industry", Irkutsk State University of Railway Engineering, tel.:89025325525.

Ivan Alexandrovich Kudyarov - student of the department "Wagons and wagon economy", Irkutsk State University of Railway Engineering, tel.:89016525210.

Статья поступила в редакцию 28.02.2024, одобрена после рецензирования 19.03.2024, принята к публикации 25.04.2024.

The article was submitted 28.02.2024, approved after reviewing 19.03.2024., accepted for publication 25.04.2024.

Вклад авторов: Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Научная статья

УДК 629.113; 303.022

DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-6

СОВРЕМЕННЫЕ ЗАРУБЕЖНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗРАБОТКИ В СФЕРЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ. ЧАСТЬ 4: ЦЕЛИ И ПРОМЕЖУТОЧНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Гречиков Михаил Игоревич,
Грушников Виктор Александрович
mach04@viniti.ru

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

Аннотация. Не одно десятилетие продолжающееся движение в направлении повышения экологической безопасности автомобильного транспорта набирает обороты, сталкиваясь с ожидаемыми и неожиданными препятствиями. На конкретных примерах попробуем проследить тенденции этого процесса предварительно оценить достигнутые и потенциальные результаты.

Ключевые слова: автомобили, агрегаты, функциональность, экологическая безопасность, двигатели внутреннего сгорания, электромобильность

Для цитирования: Гречиков М.И., Грушников В.А. Современные зарубежные исследования и разработки в сфере автомобильного транспорта. Часть 4: цели и промежуточные результаты // Научный информационный сборник. Транспорт: наука, техника, управление. 2024. № 7. С. 31-36. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-6.

AUTOMOBILE TRANSPORT

Scientific article

MODERN FOREIGN RESEARCH AND DEVELOPMENT IN THE FIELD OF AUTOMOTIVE ENERGY PART 4: GOALS AND INTERMEDIATE RESULTS

Mikhail I. Grechikov,
Viktor A. Grushnikov
mach04@viniti.ru

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

Abstract. For decades now, the ongoing movement towards improving the environmental safety of road transport has been gaining momentum, encountering expected and unexpected obstacles. Using specific examples, we will try to trace the trends of this process to preliminary assess the achieved and potential results.

Keywords: cars, units, functionality, environmental safety, internal combustion engines, electromobility

For citation: Grechikov M.I., Grushnikov V.A. Modern foreign research and development in the field of road transport. Part 4: goals and intermediate results // Scientific Information Collection. Transport: science, equipment, management. 2024. № 7. P. 31-36. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-6.

Введение

Подстегиваемые постоянно ужесточающимися законодательными требованиями по охране окружающей среды автопроизводители во всем мире, дабы оставаться конкурентоспособными, вынуждены совершенствовать свою продукцию, улучшая экологические показатели своих автомобилей. Эта кропотливая работа осуществляется в широком спектре конструктивно-технологических мероприятий по реализации инноваций в сфере автомобильного привода. Вот только немногие из примеров в рамках наметившихся стойких тенденций.

Реалии, предпосылки, основания

В условиях реальной угрозы глобального потепления и загрязнения атмосферного воздуха токсичными отработавшими газами (ОГ) двигателей внутреннего сгорания (ДВС) особое значение приобретают меры снижения и точного контроля их выбросов. Вопрос о том, какой тип привода оказывает и будет оказывать наименьшее негативное влияние на окружающую среду, определяющее климат сегодня и в будущем, является повсеместным и рассматривается в различных исследований. В связи с этим учет выбросов CO₂ – главного или основного из парниковых газов при различных концеп-

циях привода в репрезентативных сценариях управления как личными, так и коммерческими автомобилями приобретает первостепенное значение.

В ряду многих исследований этого экологического аспекта транспортного процесса несомненный интерес представляет собой [1] отрывок из диссертации сотрудника Института ДВС и автомобильных приводов Технического университета немецкого Дармштадта Николаса Хаммеля «Системный анализ и оценка баланса CO₂ от скважины к колесу в различных комбинациях приводных и энергетических систем в коммерческих транспортных средствах». Наряду с прочим, в ней оценивается эффективность адресного применения инновационного инструмента расчета потребления энергии автомобильным приводом VECTO с онлайн-анализом выбросов углекислого газа с на всех этапах получения и трансформации топливной энергии.

Эта комплексная оценка функционально и технологично облачена в форму объективной методики сравнительного анализа баланса потребления топливно-энергетических ресурсов и выбросов вредных веществ на протяжении всего жизненного цикла как энергетического комплекса, так и автомобильных колесных транспортных средств, вообще, и их силовых агрегатов, в частности. И все эти аспекты термодинамических процессов представлены подробными описаниями функциями потребления энергии силовыми агрегатами коммерческого автомобиля в кВт·ч и удельных выбросов CO₂ - в г/кВт·ч при определенном удельном потреблении тепловой энергии топлива.

В рамках анализа восприятия, обработки и использования истинных репрезентативных данных в реальных автомобилях возможностями VECTO рассмотрены и проанализированы реализации трех спрогнозированных на имитационных математических моделях сценария потребления топливно-энергетических ресурсов и выбросов вредных веществ и парниковых газов. Первый связан с эмпирической зависимостью скорости движения и координации местоположения автомобиля от макро- и микронеровностей дорожного покрытия маршрута перемещения, второй – от связанных динамических изменений пространственных координат перемещений, а третий – от динамики запрограммированных изменений этих координат, задаваемых параметрами моделирования в процессе стендовых испытаний и оценочных реализаций. По результатам верификационных виртуальных компьютерных экспериментов и стендовых испытаний получены предложения по снижению выбросов в атмосферу до 82% CO₂, удовлетворяющих перспективным требованиям экологических нормативов и регламентов конца 2037 г.

Инженеры в автомобильной промышленности, особенно в области разработки силовых агрегатов, сталкиваются со все более серьезными проблемами, поскольку сложность их продуктов и количество вариантов их практической реализации увеличиваются, а время разработки сокращается. Для устранения этого конфликта рекомендуется поддерживать разработчиков в выполнении их задач с помощью автоматизированных механизмов, использующих проверки правдоподобия и не-противоречивости. Свидетельством этому являются результаты исследований и разработок, проводимых несколькими группами консалтинговой компании AVL List в австрийском Граце [2]. Они основаны на системном

моделировании реализуемых рабочих процессов, в том числе термодинамических процессов сгорания топливовоздушной смеси в цилиндрах ДВС (рис. 1), с применением целостного подхода.

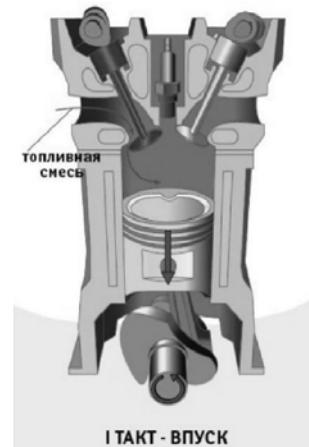


Рис. 1. Принципиальная конструктивная схема реализации рабочего термодинамического процесса в цилиндре ДВС

В такой системной постановке имитируются в интенсивном варианте воспроизведения функционирования активных систем привода в соответствие с требованиями международного стандарта ISO 26262 по функциональной безопасности дорожных транспортных средств. Применительно к электрифицированным автомобильным колесным транспортным средствам усовершенствованная комбинированная методика изысканий, исследований, проектирования, прототипирования, испытаний и доводки с устранением выявленных недостатков, реализуемая AVL, позволяет выявить и скорректировать до 25% огехов функциональности и безопасности систем электропривода по результатам проектирования и до 35% - по результатам испытаний.

Концепция Euro-7/VII взаимодействия с OBD и OBM.

А системно-нормативным основанием для регламентации и реальной адекватной оценки экологических характеристик приводов автомобильных колесных транспортных средств, несомненно, являются национальные, региональные и международные стандарты, среди которых выделяется вступающая в силу 01.07.2025 г. экологическая Директива Евросоюза Euro-VII, после которой предстоит постепенный переход на приводы автомобилей без ДВС. В ней ограничения по выбросам вредных веществ с ОГ автомобильными ДВС в соответствии с грядущими требованиями норм Euro-7 для легковых автомобилей и Euro-VII для коммерческих автомобилей тесно увязываются с бортовая система мониторингового управления ОВМ должна обеспечивать соблюдение сертифицированного уровня выбросов на протяжении всего срока службы автомобиля с помощью оптимально взаимодействующей с ней системой бортовой диагностики OBD (рис. 2). Австрийская исследовательская компания AVL в рамках углубленного тематического исследования проанализировала [3], в какой степени новая система влияет на работу других систем управления в приводе, и изучила целевые стратегии управления ДВС возможностями имитационного математического моделирования.



Рис. 2. Система бортовой диагностики

Ожидается, что симбиоз ОВМ и ОВД позволит не только выявлять концентрацию, но и идентифицировать состав отравляющих веществ в ОГ по ужесточенным Предписаниям Европейской Комиссии после перехода от экологической нормы Евро-6 на следующий уровень. Соответствующее рекомендациям Экспериментальной группы исследований анализа выбросов автомобильными ДВС Еврокомиссии разработанное AVL программное обеспечение инструментальной реализации комплекса ОВМ и ОВД дает возможность оценивать влияние особенностей конструктивного исполнения и стратегии управления ДВС автомобильного привода гегкового и грузового подвижного состава полной массой до 5 т.

Такое моделирование предоставляет преимущества оценки состава вредных веществ в ОГ не только непосредственно, но и через определенный промежуток времени пранализированного с учетом процессов старения проб. Таким образом расширяется диапазон временного периода оценки и появляется инструмент калибровки аналитического инструментария в реальных условиях эксплуатации автомобилей и в имитациях в разных испытательных циклах, в том числе - во Всемирной гармонизированной процедуре WLTP.

Углубленное экспериментальное исследование результатов старения проб ОГ с содержанием оксидов азота и метана продемонстрировало возможность онлайн-оценки и прогнозирования их концентрации и смешивания с атмосферным воздухом. Анализ результатов этих экспериментов позволил создать прикладные платформы Cruise M и Model Connect комплексного прикладного программно-вычислительного пакета оценки экологической безопасности автомобилей с нормой выбросов вредных веществ как уходящего уровня Euro-6d, так и грядущего Euro-7/VII. Его использование на 48-вольтовом микрогибридном приводе позволило оптимизировать объем каталитического нейтрализатора системы выпуска ОГ.

Средства достижения цели

Целями многочисленных исследований и разработок многих творческих и производственных коллективов являются создания и реализации устойчивых систем привода для мобильности будущего. В рамках углубленного изучения проблемы защиты окружающей среды и безопасности автомобильных транспортных средств европейская исследовательско-консалтинговая компания FVV совместно с немецким подразделением корпорации Ford и Институтом автомобильной техники Университета немецкого Штутгарта, в частности, провела предконкурсные совместные исследования по раз-

работке и совершенствованию технологически открытого подхода к формированию устойчивых систем привода и источников энергии для них [4].

О потенциале устойчивого развития различных концепций привода на научно обоснованной основе FVV опубликовала в 2021 г. результаты своего исследования на тему «Трансформация мобильности в климатически нейтральную и постискономическую эпоху», в котором представлены семь различных технологий привода транспортных средств для Европы со всесторонним анализом всех потребностей и затрат на инфраструктуру, и выбросов парниковых газов от производства до конца использования. В недавно завершенном исследовании использования разных видов топлива FVV рассмотрела оптимальный переход европейского автотранспортного сектора к климатической нейтральности к 2050 г. с максимально реалистичной оценкой потенциала новых автомобильных технологий и необходимых мощностей по производству электроэнергии, инфраструктурной цепочки создания стоимости до конечного потребителя а также количественной доступностью сырья.

Рассматриваемыми путями достижения поставленной цели выбраны гибридные приводы, электромобили с аккумуляторной батареей и электромобили на топливных элементах. Одной из целей исследования стало изучение потенциала эффективности ДВС с искровым зажиганием в оптимизированной гибридной трансмиссии, в частности с альтернативными видами топлива и водорода, главным образом и в первую очередь, для повышения эффективности сгорания 50% и более при минимизации выбросов CO₂. Цель достигается, в том числе, имитационным моделированием в чрезвычайно экономичном режиме горения топливовоздушной смеси с калиброванным коэффициентом избытка воздуха $\lambda \geq 2$. Оно проведено с участием четырех Научных центров: Института двигателей внутреннего сгорания Технического университета Дармштадта, Института автомобильных технологий Штутгартского университета, Института двигателей внутреннего сгорания Технического университета Брауншвейга и Кафедры термодинамики мобильных систем преобразования энергии Технического университета Ахена (все – Германия). Это система с гибридом в составе электродвигателя между коробкой передач и ДВС, высоковольтной батареи и ДВС с двухступенчатым наддувом. Процессы, происходящие при сгорании в цилиндрах бензиновым ДВС крайне бедной топливовоздушной смеси включают в себя множество очень сложных термодинамических процессов.

Поскольку в настоящее время не существует полностью проверенных моделей сжигания водорода или бензина или смесей метанола и водорода, соответствующий подход разработан и в существующий инструмент моделирования интегрированы инновационные разработки FVV. Испытания одноцилиндровых ДВС на специальном стенде завершили исследовательский проект. Анализ комбинации от впрыска водорода во впускной коллектор и различных видов жидкого топлива с прямым впрыском на одноцилиндровом ДВС продемонстрировал высокую функциональность добавления водорода и слабодетонируемого жидкого топлива на процесс сгорания сильно обедненной топливовоздушной смеси при увеличенной степени сжатия, в том числе и главным образом, при добавления водорода в обычный бензин.

Водород также используется в качестве источника энергии в топливных элементах, являющихся многообещающим вариантом для будущих легковых автомобилей, коммерческого транспорта и внедорожной техники. Одной из текущих проблем технологии топливных элементов является запуск при низкой температуре окружающей среды. Водяной пар, образующийся во время реакции в батарее топливных элементов, может конденсироваться в их ячейках и вызывать зависание, снижающее производительность.

В рамках научно-исследовательского проекта «Моделирование холодного запуска PEM-FC» в Центре технологий топливных элементов в Дуйсбурге разработана имитационная модель холодного запуска топливного элемента. Для этой цели был использован существующий модельный комплект и встроенная 1-D/2-D модель, расширенная для имитационных исследований по холодному запуску. Окончательное моделирование холодного запуска прояснило ситуацию с окончательным выводом о том, что новый инструмент разработки подходит для холодного запуска самых разных систем топливных элементов.

Подача вторичного воздуха является одним из наиболее перспективных технических решений для сокращения выбросов с ОГ при холодном запуске ДВС и соответствия будущим жестким нормам выбросов в атмосферный воздух токсичных и парниковых газов. В настоящее время используются маломощные системы, позволяющие только нагревать каталитический нейтрализатор при низкой нагрузке ДВС. Однако, для динамических граничных условий требуется системы наддува с электроприводом, позволяющие формировать топливовоздушные смеси в отсутствие достаточной для привода компрессора кинетической энергии ОГ для вращения турбины на низких и пусковых оборотах коленчатого вала ДВС, когда каталитический нейтрализатор еще не разогрет для эффективной активации и функционирования, осуществляемого в температурном диапазоне 300...350 °C.

В рамках углубленного исследования всех аспектов наддува цилиндров ДВС на всех нагрузочных режимах его эксплуатации сотрудниками немецкого, чешского и французского подразделений европейской транснациональной компании Garrett Motion проведено [5] детальное изучение пригодности своего нового электроприводного компрессора наддува для впуска дополнительного вторичного воздуха для повышения степени сгорания топливовоздушной смеси, устранившего традиционную проблему холодного пуска с генерированием до 80% выбросов, регистрируемых в ездовом цикле. При наличии достаточного количества остаточного кислорода в системе выпуска ОГ и их достаточно высокой температуре происходит вторичная реакция, вследствие которой токсичные углеводороды и оксид углерода превращаются в нейтральные воду и углекислый газ. Для обеспечения достаточного количества кислорода для реакции в фазе холодного пуска, когда топливовоздушная смесь очень богата, в поток ОГ подается дополнительный воздух. А подаваться при низких оборотах ДВС он может только агрегатом электрокомпрессорного наддува. У Garrett Motion такой агрегат мощностью от 5 до 20 кВт для ДВС в автомобилях и напряжением 48 и 400 В бортовой сети обеспечивает высокий КПД и стехиометричность процесса сгорания топ-

ливовоздушной смеси при уже достигнутом коэффициенте избытка воздуха в $\lambda = 1$ с прицелом на устойчивую эксплуатацию ДВС при $\lambda = 0,8$ с уменьшенным по сравнению с турбонаддувом на 25% потреблением энергии на подачу вторичного потока воздуха для полного сгорания обедненной топливовоздушной смеси и с минимумом вредных веществ в ОГ, необходимой для достижения требований вступающих вскоре в силу требований экологической нормы Евро-7..

А на Факультетах электроники и электротехники Университетского и Имперского колледжей Лондона в рамках оптимизации термодинамических процессов разработана [6] система управления энергопотреблением серийных гибридных электромобилей, оснащенных системой запуска и остановки ДВС - системой «старт-стоп» (рис. 3). Целью такого управления является оптимальное распределение энергии между агрегатами привода и трансмиссии и минимизация потребления углеводородного топлива. В отличие от существующих работ, так называемый штраф за расход топлива используется для более реалистичной характеристики перезапусков ДВС, что позволяет сделать более реалистичными алгоритмы управления.



Рис. 3. Автоматическая система «старт-стоп»

Для их адаптивной реализации получены два важных аналитических результата: оптимальные решения фундаментальных и часто используемых схем серийного гибридного привода и доказательство оптимальности работы поддержания заряда в них. На их базе построена новая эвристическая стратегия управления порогом мощности гистерезиса, основанная на объединении простых и эффективных правил управления, извлеченных из набора полученных аналитических оптимальных решений.

Параметры решения стратегии управления немногочисленны и свободно настраиваются. Общая эффективность управления может быть полностью оптимизирована для различных параметров гибридного привода и езовых циклов с помощью процесса систематической настройки, адаптированной к реальным условиям эксплуатации. Результаты экспериментальных апробаций по критерию производительности в сравнении с затратной в вычислительном плане методологией динамического программирования и упрощенной традиционной эвристической стратегией показали эффективность и надежность новой стратегии с высоким потенциалом использования в качестве эталонной стратегии для высокоточных моделей гибридного привода.

Примечательны результаты математического моделирования и проектирования компрессора ионной жидкости для станции заправки водородом топливных баков-резервуаров автомобилей с ДВС на водороде. Компрессор на ионной жидкости считается наиболее перспективной технологией сжатия для водородной заправочной станции из-за комбинированного применения ионной жидкости и гидравлической системы привода автомобильного колесного транспортного средства, в первую очередь и главным образом. Однако конструкторские, математические и экспериментальные исследования ионного компрессора до сих пор отсутствовали. По результатам этого тематического исследования сотрудниками Энергетического колледжа Чжэнчжоуского университета легкой промышленности и энергетической компании PERIC Hydrogen Technologies Китая предложена новая конструкция и методология проектирования компрессора ионной жидкости, заполняющая этот пробел [7].

Для моделирования термодинамического процесса было проведено математическое моделирование с учетом динамики клапана, что подтверждено экспериментальными данными. Результаты экспериментов показали, что замедленное закрытие выпускного клапана происходит из-за высокой или низкой жесткости клапана. Увеличение жесткости уменьшило проблему отскока всасывающего клапана. Увеличение отношения хода к диаметру может решить проблему отскока выпускного клапана. Низкий или высокий коэффициент траектории вызовет интенсивный отскок во время процедуры закрытия выпускного клапана. Расчетные результаты основных параметров компрессора на основе моделирования показали, что жесткость всасывающего клапана 100 Н/м, жесткость нагнетательного клапана 500 Н/м, отношение хода к диаметру 1,0 и коэффициент траектории 0,125 обеспечивают нормальную эксплуатации при заданном проектном состоянии.

Поскольку электрификация трансмиссий автомобильных колесных транспортных средств является ключевой технологией для достижения будущих целей по выбросам вредных веществ с ОГ, а в дополнение к оптимизации проверенных микрогибридных технологий на 12 В и высоковольтных подключаемых гибридных концепций, в частности, мягкая гибридизация на 48 В обладает высоким потенциалом для повышения эффективности и экологичности эксплуатации ДВС в качестве базового агрегата комбинированной энергетической установки. Мягкая гибридизация в низковольтном диапазоне требует лишь умеренных технологических, а также финансовых дополнительных усилий, поскольку не требует комплексной модернизации трансмиссии по сравнению с высоковольтной электрификацией. В связи с этим подразделение в немецком Унтергруппенбаухе транснациональной компании Magna Powertrain сосредоточило свое внимание на разработке усовершенствованных 48-вольтовых трансмиссий с масштабируемой функциональностью, вплоть до максимально увеличенного запаса автономного хода на чистой электротяге [8].

Такими улучшенными экономическими и экологическими свойствами обладают компактные (ширина 364 и 369 мм с расстоянием между валами 188/197 мм и 197 мм) семиступенчатые гибридные агрегаты привода 7HDT300 и 7HDT400 с серийной мощностью 15 кВт (в экспериментах отрабатывается 25-кВт версия) и кру-

тящим моментом 300 Нм и 400 Нм. В эту трансмиссию встроен электродвигатель масляного охлаждения с инвертером регулятора режимов эксплуатации и передаточными числами первой передачи трансмиссии 18,63-16,44 и 16,99-14,96, соответственно, на базе двойного сцепления агрегатов архитектуры P2,5 австрийской компании Magna Powertrain. Усовершенствованная приводная архитектуры P2,5 позволяет гибко передавать крутящий момент электродвигателя и ДВС ведущим колесам селективно или одновременно почти синхронно с неравным, вплоть до 2,5-кратной разницы пассивным или активным разделением по колесам одного моста.

Потенциальные результаты и возможные последствия

Эти аспекты можно и нужно рассматривать как существующие и решаемые проблемы электрического вызова, возникшего как безальтернативный, но недостаточно адекватно и полно спрогнозированный по многим, зачастую просто не анализируемым, аспектам. Для заполнения этого пробела в исследовании сотрудников Университета Хасселта Бельгии и Тель-Авивского академического инженерного колледжа Израиля представлен вариант обслуживания клиентов по пассажирским перевозкам и доставкам грузовых отправок роботизированными мобильными транспортными средствами с гибкими схемами и графиками остановки с оперативной и адаптивной перенастройкой ранее запрограммированных фиксированных маршрутов и расписаний движения [9].

В частности, в задаче доставки по фиксированной линии (eDARP-FC) парк мощных электрических шаттлов работает по заданной цепи, состоящей из станции подзарядки и последовательности станций, на которых можно забирать и высаживать пассажиров и загружать и разгружать скомплектованные отправки. Автономные электромобили могут совершать несколько кругов, между которыми им может потребоваться подзарядка. Цель решения этой задачи стало определение последовательности и оптимальных графиков остановок транспортных средств, включая планы подзарядки, чтобы минимизировать взвешенную сумму общего превышения времени сообщения пассажирами, доставки грузов и общего количества кругов. eDARP-FC сформулирован как нестандартное смешанное целочисленное линейное программирование на основе циклов и считается NP-сложным.

Эффективные алгоритмы с полиномиальным временем разработаны для двух специальных подзадач планирования. Эти алгоритмы и несколько эвристик применены как подпрограммы в метаэвристике поиска больших окрестностей. Результаты экспериментов на экземплярах реальной транспортной системы показали, что гибкое обслуживание приводит к сокращению избыточного времени на 32...75 % при тех же эксплуатационных затратах и потреблении электрического тока в локальной и региональной сети энергетической инфраструктуры.

Вклад в заполнение пробела по адекватной прогнозной аналитической оценке долгосрочных перспектив электрической мобильности внес аналитический обзор состояния и перспектив автомобильной промышленности Германии по результатам исследований, проведенных ведущими консалтинговыми агентствами, влияния электромобильности на динамику рабочих мест в стране. Их данные свидетельствуют о прямой зависимости снижения этого показателя при расширении масштабов

этих серийных производств из-за уменьшения трудоемкости операций на всех стадиях технологической цепочки и их лучшей автоматизируемости с применением робототехнических комплексов. Так, если в 2021 г. число непосредственно занятых в автомобилестроении Германии составило 786 тыс. человек, а в смежных отраслях и на предприятиях-поставщиках автокомпонентов еще 1,3 млн человек, что равнялось 5% всех рабочих мест страны, то к 2030 г., по оценке Института экономических исследований, проведшего прогнозирование состояния дел в Объединении автопроизводителей Германии, из-за действующей тенденции более 200000 рабочих мест окажутся ненужными, а переквалифицироваться смогут только 140 тыс. работников [10].

Это означает, что без работы окажутся 60 тыс. человек. В поддержку этого заключения также приводятся результаты исследования занятости на немецких и азиатских производственных площадках по сборке и изготовлению компонентов легковых автомобилей VW Golf 8 и VW ID3 автоконцерна Volkswagen и нескольких моделей легковых автомобилей с традиционным и электрическим приводом пассажирского подразделения Mercedes-Benz автоконцерна Daimler, проведенного специалистами Немецкого аэрокосмического центра (DLR) и Института управления коммунальными предприятиями (UMI). Они свидетельствуют о снижении количества изготавливаемых для VW ID3 по сравнению с VW Golf 8 деталей на 155 ед. только из-за замены ДВС электродвигателями. К тому же 60% комплектующих ДВС производятся в Германии и только 13% поступают из Азии.

По-другому дело обстоит с компонентами электропривода: из всего 55 его компонентов только 27% выпускается в Германии и 33% - в Азии. Кроме того на лицо и изменение доли рынков-производителей колесных транспортных средств: если в 2020 г. в Германии было произведено 26% легковых автомобилей немецких производителей, то в 2022 г. - только 4% из-за перевода заводов в Азию. Из-за чего доля производства автомобильного подвижного состава Китая составила в 2022 г. 33%, а электромобилей - более половины. Доля Европы на рынке автопроизводителей упала до 16%. При этом львиная доля литий-ионных аккумуляторов производится в Китае при явном отставании США, Японии и Евросоюза, и Германии, в частности.

Заключение

Проведенный анализ реализаций давно наметившихся и появляющихся новых тенденций электромобилизации свидетельствует о стремлении автопроизводителей не оказаться неконкурентоспособными из-за невозможности выполнить существующие и грядущие требования по защите окружающей среды. Для этого ими самими и специализированными консалтинговыми компаниями проводятся дополнительные исследования в основных и примыкающих, в том числе социальной, сферах деятельности, показывающие потенциальные вызовы.

© Гречиков М.И., Грушников В.А., 2024.

Список источников/ References

1. Hummel N., Beidl C. CO₂-Bilanzierung verschiedener Antriebskonzepte in repräsentativen Nutzfahrzeug-Fahrzonen// MTZ: Motortechnische Zeitschrift, 2023, Vol. 84, № 9. - S. 52-53, 56.
2. Ringdorfer M., Griessnig G. Ganzheitlicher Ansatz modellbasierter Arbeitsabläufe und semiformaler Notationen für die Systementwicklung// MTZ: Motortechnische Zeitschrift, 2022, Vol. 83, № 10. - S. 48-49, 51.
3. Gunja R., Wancura H., Raser B., Weißbäck Euro-7/VII-Konzepte in der Interaktion mit OBD und OBM// MTZ: Motortechnische Zeitschrift.- 2022, Vol. 83, № 11.- S. 44-45, 51.
4. Goericke D., Kaimer S., Kulzet A. C. Nachhaltige Antriebssysteme – Forschung fü r die Mobilität der Zukunft// MTZ : Motortechn. Z.- 2023.- 64, № 6.- S. 52-56.
5. Yadla S.K., Terber D., Keuler J., Davies P. Elektrifizierte Aufladung fü r erweiterten Sekundärluftbetrieb// MTZ: Motortechnische Zeitschrift, 2023, Vol. 84, № 5.- S. 70-71, 73.
6. Chen B., Pan X., Evangelou S. A. / Optimal Energy Management of Series Hybrid Electric Vehicles With Engine Start-Stop System// IEEE Transactions on Control Systems Technology. - 2023, Vol. 31, № 2.- P. 660-675.
7. Guo Yi, Wang Tao, Liu Xiaoyu, Zhang Mingjun, Peng Xueyuan / Mathematical modelling and design of the ionic liquid compressor for the hydrogen refuelling station. // International Journal of Energy Research.- 2022, Vol. 46.- № 13.- P. 19123-19137.
8. Gindele J., Herdle L., Pawlenka A. Plattformkompatible 48-V-Hybridgetriebe mit skalierbarer Funktionalität. // MTZ: Motortechnische Zeitschrift.- 2023, Vol. 84, № 6.- S. 38-39, 41.
9. Molenbruch Y., Brackers K., Eisenhandler O., Kaspi M// Transportation Science.- 2023, Vol. 57, № 3.- P. 594-612.
10. Jobkiller Elektromobilität? // MTZ: Motortechnische Zeitschrift.- 2023, Vol. 84, № 5.- S. 9-11.

Информация об авторе

Гречиков Михаил Игоревич - кандидат технических наук, заведующий отделением научной информацией по проблемам машиностроения и транспорта ВНИТИ РАН.

Грушников Виктор Александрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела научной информации по машиностроению Отделения научной информацией по проблемам машиностроения и транспорта ВНИТИ РАН.

Information about the author

Mikhail I. Grechikov - Ph. D. (Tech.), Head of the Department of Scientific Information on Mechanical Engineering and Transport of the VINITI RAS.

Victor A. Grushnikov – Ph. D. (Tech.), Senior Researcher Department of Scientific Information on Mechanical Engineering Department of Scientific information on problems of mechanical engineering and TransportVINITI RAS.

Статья поступила в редакцию 19.02.2024, одобрена после рецензирования 20.03.2024, принята к публикации 10.04.2024.

The article was submitted 19.02.2024, approved after reviewing 20.03.2024, accepted for publication 10.04.2024.

Вклад авторов: Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Научная статья

УДК 621.436

DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-7

МОНИТОРИНГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА КАК РЕЗЕРВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОМОБИЛЕЙ

Калимуллин Руслан Флюрович
rkalimullin@mail.ru

Кулаков Александр Тихонович
alttrak09@mail.ru

(Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета)

Тетерин Максим Федорович

Maksim.Teterin@kamaz.ru

(Научно-технический центр ПАО «КАМАЗ»)

Аннотация. В статье показана актуальность проблемы использования некачественного и суррогатного дизельного топлива (например, судового маловязкого топлива, светлого печного топлива) в эксплуатации автомобилей. Рассмотрено влияние показателей качества дизельного топлива на работу и износ дизельного двигателя. Даны трактовка основным понятиям и видам мониторинга качества дизельного топлива, разработаны его основные положения – структура, цели и задачи, алгоритм. Представлены некоторые результаты мониторинга за 2023 год.

Ключевые слова: дизельное топливо, содержание серы, пробы топлива, мониторинг, показатели качества

Для цитирования: Калимуллин Р. Ф., Кулаков А. Т., Тетерин М. Ф. Мониторинг показателей качества дизельного топлива как резерв повышения эффективности эксплуатации автомобилей // Научный информационный сборник. Транспорт: наука, техника, управление. 2024. № 7 . С. 37-43. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-7.

AUTOMOBILE TRANSPORT

Scientific article

MONITORING DIESEL FUEL QUALITY INDICATORS AS A RESERVE FOR INCREASING VEHICLE OPERATION EFFICIENCY

Ruslan F. Kalimullin
rkalimullin@mail.ru,

Alexander T.Kulakov
alttrak09@mail.ru,

(Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga Region) Federal University)

Maxim F.Teterin

Maksim.Teterin@kamaz.ru

(Scientific and Technical Center of KAMAZ PJSC)

Abstract. The article shows the relevance of the problem of using surrogate diesel fuel (for example, low-viscosity marine fuel, light heating oil) in the operation of cars. The influence of diesel fuel quality indicators on the operation and wear of a diesel engine is considered. An interpretation is given to the basic concepts and types of diesel fuel quality monitoring, its main provisions are developed - structure, goals and objectives, algorithm. Some monitoring results for 2023 are presented.

Keywords: Diesel fuel, sulfur content, fuel samples, monitoring, quality indicators

For citation: Kalimullin R. F., Kulakov A. T., Teterin M. F. Monitoring of diesel fuel quality indicators as a reserve for improving the efficiency of car operation // Scientific Information Collection. Transport: science, equipment, management. 2024. № 7. P. 37-43. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-7.

Введение

В современных условиях одним из критериев конкурентоспособности автотранспортного предприятия (АТП) является высокое качество предоставляемых потребителю транспортных услуг. Одним из показателей качества услуг является своевременность выполнения перевозок. Этот показатель существенно зависит от коэффициента технической готовности подвижного состава (ПС), который, в свою очередь, обуславливается качеством его эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Применение горючесмазочных материалов (ГСМ) и спецжидкостей в соответствие с эксплуатационной нормативной документацией (НД) производителя автомобилей – залог длительной, экономичной и бездефектной их службы.

Именно поэтому многие АТП стремятся максимально снизить вероятность заправки некачественным дизельным топливом (ДТ) за счет, например:

- создания запасов топлива на своей территории, используя стационарные или мобильные автозаправочные станции (АЗС);
- закупая приборы экспресс-анализа топлива либо передвижные мини-лаборатории, либо заключая договора на оценку ГСМ в независимых лабораториях;
- устанавливая на автомобили топливные баки увеличенного (до 1000 и более литров) объема с системами контроля расхода топлива.

Это позволяет избежать случайной или преднамеренной заправки суррогатным топливом.

Для оценки соответствия показателей дизельного топлива НД введем понятие «качество дизельного топлива» – соответствие физико-химических показателей (цетановое число, фракционный состав, плотность, содержание серы, зольность, вязкость) требованиям НД (технического регламента ТР ТС 013/2011 и ГОСТ 32511–2013).

Дизельное топливо по ГОСТ 32511–2013 имеет требуемый комплекс эксплуатационных характеристик, обеспечивающих получение необходимых показателей двигателя и автомобиля в целом в части надежности, экономичности, экологичности, тягово-динамических характеристик и т.д. В настоящее время допускается реализация дизельного топлива Евро по ГОСТ 32511–2013, экологического класса 5 с содержанием серы до 10 ppm.

В структуре грузового парка РФ доля автомобилей с дизельными двигателями уровня Евро-4 и Евро-5 составляет около 20 %, средний возраст превышает 20 лет (на 1 января 2023 года, по данным аналитического агентства АВТОСТАТ <https://www.autostat.ru/pages/radar/>).

Очевидно, что оставшиеся 80 % приходится на автомобили с двигателями уровня Евро-3 и ниже, вплоть до его изначального отсутствия, со средним возрастом значительно больше 20 лет, для которых современные жесткие требования к качеству дизельного топлива являются избыточными. С учетом того тезиса, что чем качественнее топливо, тем оно дороже, возникает соблазн в его замещении более дешевым некачественным топливом, или суррогатами. Исследователи проблемы суррогатных топлив в России отмечают, что они составляют до 25% от общего объема потребляемого ДТ [9].

Суррогатным ДТ считаются нефтепродукты, не соответствующие требованиям НД для использования в автомобильном дизеле (например, судовое маловязкое топливо, светлое печное топливо). Естественно, что такие нефтепродукты не обеспечивают смазывающие способности, низкотемпературные характеристики, показатели горения и другие эксплуатационные свойства автомобильного ДТ.

В результате анализа литературных источников [1, 2, 3, 4, 5] была сформирована схема (рис. 1) влияния отклонения основных показателей качества ДТ от значений по ГОСТ 32511–2013 на работу дизеля.

Из схемы следует, что отклонения (независимо от их снижения или увеличения) показателей ДТ имеют существенное влияние не только на работу дизеля, но и на показатели изнашивания многочисленных пар трения.

Применение суррогатного ДТ ведет к износу элементов топливной аппаратуры и значительному ухудшению мощностных, экономических и экологических показателей двигателя. Так же при этом происходит ускоренное старение моторного масла. Все это вместе ведет к снижению ресурса топливной аппаратуры и двигателя в целом, его преждевременному капитальному ремонту, и вынужденному незапланированному простою автомобиля.

Таким образом, исключение из эксплуатации автомобилей ДТ, не соответствующего требованиям НД, является одной из актуальных задач на пути к высокому качеству услуг АТП. С этой целью предлагается в АТП проводить мониторинг показателей качества ДТ, применяемого для заправки автомобилей. С использованием известной терминологии в теории мониторинга [6, 7], дана трактовка основным понятиям и видам, разработаны положения мониторинга показателей качества ДТ – структура, цели и задачи, алгоритм, и представлены некоторые результаты за 2023 год.



Рис. 1. Влияние показателей качества ДТ на работу и износ дизеля

Мониторинг показателей качества дизельного топлива: основные понятия, структура, цели, задачи, алгоритм

Мониторинг – система постоянного наблюдения за явлениями и процессами [6]. В рамках системы наблюдения происходит оценка, контроль объекта, управление состоянием объекта в зависимости от воздействия определённых факторов [7].

Мониторинг показателей качества ДТ – комплексная система наблюдений, оценки и прогноза изменений физико–химических показателей ДТ, реализуемого на АЗС, либо находящегося в баках автомобиля. Этим термином будем называть регулярные, выполняемые по единой программе, действия по отбору проб ДТ, их физико–химическому анализу, статистической обработке полученных данных, позволяющие оценить изменения их характеристик и происходящие процессы по изменению структуры рынка ДТ, с целью повышения эксплуатационной надежности автомобилей, информирования клиентов АЗС, прогноза рынка суррогатного ДТ, формирования рекомендаций и мер по снижению доли суррогатного ДТ и т.д.

Объект мониторинга показателей качества ДТ – комплекс физико–химических показателей ДТ, определяющих его соответствие требованиям НД.

Субъектами мониторинга показателей качества ДТ – физические и юридические лица, заинтересованные в получении объективной информации об его качестве – АЗС, АТП, автоцентры, разработчики и производители автомобилей, их двигателей и компонентов, исследовательские лаборатории, администрации регионов, другие потребители.

Структура мониторинга показателей качества ДТ представляется в следующем виде:

- наблюдение за показателями качества ДТ;
- оценка фактического состояния показателей качества ДТ;
- прогнозирование состояния показателей качества ДТ.

К целям мониторинга отнесем следующее:

- 1) оценка наблюдаемых изменений показателей качества ДТ;
- 2) выявление эффекта от мероприятий по исключению реализации суррогатного ДТ;
- 3) прогнозирование предполагаемых изменений показателей качества ДТ;
- 4) принятие решений для предотвращения отрицательных последствий реализации суррогатного ДТ;
- 5) исключение потенциальных дефектов, связанных с несоответствием физико–химических показателей ДТ требованиям нормативной документации, и снижение убытков.

Задачи мониторинга показателей качества ДТ определим, как:

- 1) проведение отбора проб ДТ в ходе заправок на АЗС автомобилей, их технического обслуживания и т.п., наблюдение за состоянием и изменением показателей качества ДТ, применяемого в эксплуатации автомобильного парка АТП;
- 2) проведение физико–химического анализа проб ДТ в независимой аккредитованной лаборатории;
- 3) статистическая обработка результатов, их визуализация и анализ;

4) определение источника суррогатных ДТ;

5) прогноз состояния рынка ДТ (в части распространения суррогатного ДТ), разработка аналитического справочного и отчетного материала, публикация результатов, информирование потребителей, и т.д.

В зависимости от размера охвата наблюдениями будем различать следующие типы мониторинга показателей качества ДТ:

- 1) локальный (на территории отдельного города, района);
- 2) региональный (на территории отдельных республик, краев, областей);
- 3) глобальный (на всей территории страны);
- 4) направленный или векторный (на отдельной федеральной трассе или направлении движения транспорта – южном, восточном, и т.д.);
- 5) рейсовый (на маршрутах рейсов автомобилей и планируемых территорий, где требуется заправка).

Введем понятие «Коэффициент охвата АЗС» – отношение количества АЗС, на которых проведен отбор проб ДТ, к общему количеству АЗС на рассматриваемой территории.

Результатами мониторинга показателей качества ДТ будут являться:

- 1) перечень АЗС, предлагающих качественное ДТ;
- 2) перечень АЗС, предлагающих некачественное (суррогатное) ДТ;
- 3) реальная картина обеспечения рынка ГСМ качественным ДТ;

4) принятие решения о заправке на АЗС (или отказе от заправки) или о возможной причине дефекта автомобиля (в случае рассмотрения дефекта, отнесеного к качеству ДТ).

Разработан алгоритм мониторинга показателей качества ДТ. Цель алгоритма – стандартизация последовательности действий и повышение эффективности мониторинга. Рассмотрим схему алгоритма, показанную на рис. 1.

1 этап «*Определение региона и АЗС для отбора проб ДТ*» – зависит от принятого типа мониторинга и заданной величины «коэффициента охвата АЗС». Обычно пробы отбираются на 3–х или 4–х конкурирующих АЗС.

2 этап «*Отбор проб ДТ*» – проводится на АЗС с топливораздаточной колонки, либо с баков автомобиля в сервисном центре при прохождении технического обслуживания (ТО) или в рамках контроля культуры эксплуатации. Проба ДТ обязательно должна содержать бирку или этикетку с информацией, позволяющей ее идентифицировать: дата и место отбора пробы, наименование АЗС и ее расположение, государственный номер автомобиля, фамилия и инициалы лица, отдавшего пробу и т.д.

3 этап «*Передача пробы ДТ в независимую лабораторию*» – необходим, чтобы в будущем иметь возможность, при необходимости, использовать результаты анализа пробы в суде. Независимая лаборатория должна иметь соответствующую аккредитацию и аттестованное оборудование.

4 этап «*Проведение физико–химического анализа пробы ДТ*» – проводится по методикам для показателей в соответствии ГОСТ 32511–2013.

5 этап «*Оформление протокола анализа ДТ*» – в протокол включают всю необходимую информацию:

идентифицирующие данные по пробе, результаты физико–химического анализа, номера стандартных методик анализа, значения проверяемых показателей по ГОСТ 32511–2013, заключение о соответствии пробы ДТ требованиям НД.

6 этап «Получение электронного протокола, вывод протокола на бумажный носитель при необходимости» – получение протокола в электронном виде в формате WORD, PDF, TIFF и т.д., его печать на бумажном носителе (при необходимости) для отправки заказчику.

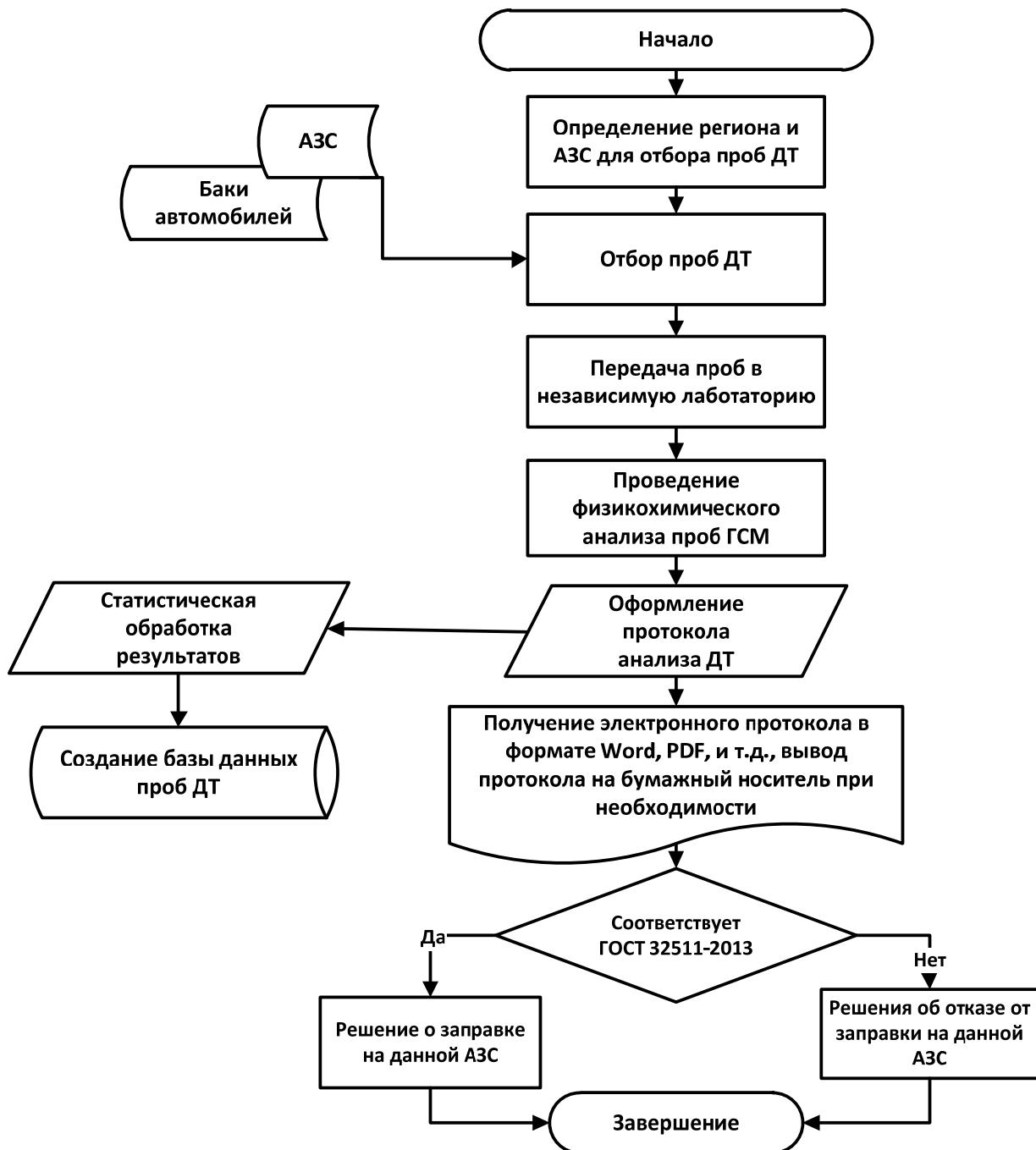


Рис. 2. Схема алгоритма мониторинга показателей качества ДТ

7 этап «Принятие решения» – на основании протокола и его анализа принятие конкретного решения в зависимости от поставленной задачи, например, о заправке на конкретной АЗС, либо об отказе от заправки.

Результаты мониторинга показателей качества дизельного топлива в 2023 году

Описанный алгоритм был использован для проведения мониторинга показателей качества ДТ в 2023 году. Отбор проб ДТ (104 шт) проводился на АЗС, а также из баков автомобилей КАМАЗ при их техническом об-

служивании. Анализ проб проводился в Центральной лаборатории топлив и масел (ЦЛТиМ) НТЦ ПАО «КАМАЗ».

Основные отклонения выявлены по следующим показателям качества ДТ:

- содержание серы – до 19,6 %;
- температура вспышки – до 6,2 %;
- содержание воды – до 5,2 %;
- цетановое число и цетановый индекс – до 3,1 %.

По показателю «содержание серы» имеется наибольшая доля отклонений. Учитывая, что в большинст-

всех случаев ДТ с высоким содержанием серы и по другим показателям не соответствует требованиям НД, то оно является суррогатным. Поэтому, за обобщенный оценочный показатель качества ДТ принят именно этот показатель.

Установлено, что:

- требованиям ГОСТ Р 52368–2005 и ГОСТ 32511–2013 (содержание серы не более 350 ppm) соответствуют 94,2 % проб;
- требованиям ГОСТ 305–2013 (содержание серы более 350 ppm) соответствуют 5,8 % проб;
- топливо с содержанием серы от 350 до 500 ppm (экологического класса 2) и более 2000 ppm (не соответствующего НД) – не выявлено;
- экологическому классу 3 соответствует 2,9 % проб;
- экологическому классу 4 соответствует 11,7 % проб;
- экологическому классу 5 соответствует 79,6 % проб.

Топливо, не соответствующее экологическому классу 5, поступало с АЗС городов Набережные Челны, Ульяновск, Иркутск и Владивосток. Доля проб такого топлива составила 20,4 %, что сопоставимо с результатами ранее проведенных исследований [8].

В сравнении с результатами аналогичного мониторинга [9] можно отметить существенный рост ДТ экологического класса 5 – за последние 10 лет его доля увеличилась с 40 % до 80%.

Выводы и рекомендации

С применением теории мониторинга был сформирован понятийный аппарат и разработан алгоритм мониторинга показателей качества ДТ.

В результате проведенного мониторинга ДТ в 2023 году установлено, что:

- наибольшие отклонения отмечены по показателю «Содержание серы» – до 19,6% проб;
- доля ДТ, соответствующего экологическому классу 5, составляет около 80 %.

Мониторинг показателей качества ДТ, как инструмент, достаточно эффективен для эксплуатирующих организаций, прежде всего, крупных и средних АТП, и позволяет выявить и исключить применение суррогатного топлива из эксплуатации автомобиля. Это минимизирует риски простоев в связи с ремонтом по причине выхода из строя топливной аппаратуры и других систем и механизмов двигателей, отопителей, подогревателей.

Поскольку сегмент переработки и реализации нефтепродуктов включает в себя множество компонентов (нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ), нефтебазы, средства доставки нефтепродуктов, АЗС), то мониторинг показателей качества ДТ должен базироваться на следующих независимых элементах:

- мониторинг НПЗ и мини-НПЗ (мониторинг производителей);
- мониторинг нефтебаз и средств доставки нефтепродуктов (мониторинг условий хранения и транспортировки);
- мониторинг АЗС (мониторинг реализации).

Перенос мониторинга показателей качества ДТ на федеральный уровень представляется наиболее эффективным инструментом в борьбе с суррогатами ДТ. Необходимо отметить, что в Евросоюзе тоже имеется проблема некачественного топлива [10], а мониторинг показателей качества топлива проводится ежегодно на регулярной основе с оформлением подробного отчета по странам, входящим в Евросоюз. В качестве примера можно указать отчет за 2018 года [10], все отчеты находятся в открытом доступе.

Кроме этого, интегрирование оборудования для экспресс-анализа ДТ в систему бортовой диагностики автомобиля позволит оперативно реагировать на заправку суррогатным топливом, информируя об этом водителя, принудительно снижать мощность двигателя, уменьшать срок замены масла и т.д., а, при наличии GSM-системы мониторинга, и сервисную службу АТП.

© Калимуллин Р. Ф., Кулаков А. Т., Тетерин М. Ф., 2024.

Список источников

1. Кукушкин А.А. Сравнительная оценка эксплуатационных свойств дизельных топлив с различным содержанием серы / А.А. Кукушкин, В.С. Азев, Г.В. Щербаненко // Материалы семинара «Химмотология». – М.: Московский дом научно–технической пропаганды имени Ф.Э. Дзержинского, 1979. – С. 16–19.
2. Тимохова О.М. Влияние сернистых соединений топлива на коррозионный износ деталей машин / О.М. Тимохова, Р.С. Тимохов // Воронежский научно–технический вестник. – 2014. – № 3. – С. 122–126.
3. Корнеев С.В. Влияние качества дизельного топлива на работу двигателя / С.В. Корнеев, С.В. Пашукевич, Д.С. Рыбальский, В.Д. Бакулина, Р.В. Буравкин, Н.Ю. Мачехин, И.И. Ширлин // Омский научный вестник. – 2017. № 2. – С. 13–16.
4. Руднев С.Г. Цетановое число дизельного топлива и его влияние на качество горения / С.Г. Руднев // Новая наука, традиции, инновации. – Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет им. А. Трубилина, 2017. – Том 2, № 4. – С. 220–222.
5. Влияние показателей качества дизельного топлива на работу автомобильного двигателя / С. В. Касьянов, М. Ф. Тетерин, О. В. Миронова, Т. Г. Салахутдинова // Автотранспортный комплекс 3.0. Актуальные проблемы и перспективы развития : Материалы международной научно-практической конференции, Грозный, 28–30 апреля 2023 года. – Грозный: Грозненский государственный нефтяной технический университет имени академика М.Д. Миллионщика, 2023. – С. 53–59. – DOI 10.26200/GSTOU.2023.68.55.007. – EDN YIPVQX.
6. Гражданская защита. Энциклопедия Т. II / Под общ. ред. С. К. Шойгу; МЧС России. — М.: ЗАО ФИД «Деловой экспресс», 2007. — 548 с.
7. Корнеева Т.В. Толковый словарь по метрологии, измерительной технике и управлению качеством: Основные термины: Ок. 7000 терминов / Т.В. Корнеева; Под ред. Ю.С. Вениаминова, М.Ф. Юдина. – М: Рус. яз., 1990. – 462 с.

8. Исследовательская группа «Петромаркет». URL: http://www.petromarket.ru/?f=public_11 (дата обращения: 16.01.2024).

9. Тетерин, М. Ф. Некоторые результаты физико-химического анализа дизельного топлива в ходе эксплуатационных испытаний автомобилей КАМАЗ с 2011 по 2022 год / М. Ф. Тетерин, С. В. Касьянов // Транспорт. Экономика. Социальная сфера (Актуальные проблемы и их решения): Сборник статей X Международной научно-практической конференции, Пенза, 14–15 апреля 2023 года / Под редакцией В.В. Салмина. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. – С. 146–151.

10. Мониторинг качества топлива в ЕС в 2018 году / - URL / https://www.eionet.europa.eu/etc/etcs-cme/products/etc-cme-reports/etc-cme-report-9-2019-fuel-quality-monitoring-in-the-eu-in-2018/@/download/file/Art8_FQD_Report_final%2020201009.pdf (дата обращения 25.01.2024).

Информация об авторах

Калимуллин Руслан Флюрович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации автомобильного транспорта; Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета.

423812, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, просп. Сююмбике, д. 10А.
+7–912–847–16–44.

Кулаков Александр Тихонович – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры эксплуатации автомобильного транспорта; Набережночелнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета.

423812, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, просп. Сююмбике, д. 10А.

Тетерин Максим Федорович – главный специалист по химмотологии; Научно–технический центр ПАО «КАМАЗ».

423807, Республика Татарстан, г. Набережные Челны, просп. Автозаводский, д. 2.

Information about the authors

Ruslan F. Kalimullin - Doctor (Tech.), Professor, Head of the Department of Motor Transport Operation, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga Region) Federal University.

423812, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny, ave. Syuyumbike, 10a.
+7–912–847–16–44.

Alexander T. Kulakov - Doctor (Tech.), Professor, Professor of the Department of Motor Transport Operation, Naberezhnye Chelny Institute of Kazan (Volga Region) Federal University.

423812, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny, ave. Syuyumbike, 10a.
+7–912–847–16–44.

Maxim F. Teterin - Chief Specialist in Chemmatology, Scientific and Technical Center of KAMAZ PJSC.

423807, Republic of Tatarstan, Naberezhnye Chelny, ave. Avtozavodsky, 2.

Статья поступила в редакцию 27.02.2024, одобрена после рецензирования 21.03.2024, принятая к публикации 15.04.2024.

The article was submitted 27.02.2024, approved after reviewing 21.03.2024., accepted for publication 15.04.2024.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Научная статья

УДК 656.073.5

DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-8

ПОДСИСТЕМА КОНТРОЛЯ СКОРОСТИ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ И СТИЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫМ СРЕДСТВОМ НА ПРЕДПРИЯТИИ

Володькин Павел Павлович

004167@pnu.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2731-2069>

Лазарев Владимир Александрович

000136@pnu.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3768-7793>

Волобуев Кирилл Евгеньевич

volobue_vk@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-5226-1810>

(Тихоокеанский государственный университет. Хабаровск, Россия)

Аннотация. В статье рассматриваются методы достижения более высокого уровня безопасности движения, внедренные на предприятии. Задача требует многопланового подхода с использованием опыта квалифицированного персонала и определенных особенностей при организации технологического процесса на опасном производственном объекте. Максимально высокий уровень безопасности движения – это деятельность, направленная на сохранение жизни и здоровья всех, кто вовлечен в процесс дорожного движения.

Ключевые слова: мониторинг транспортных средств, визуализация транспортных потоков, моделирование, обеспечение безопасности дорожного движения, видеонаблюдение, контроль трафика, дорожная инфраструктура, анализ данных, снижение вероятности дорожно-транспортных происшествий

Для цитирования: Володькин П.П., Лазарев В.А., Волобуев К.Е. Подсистема контроля скорости передвижения и стиля управления транспортным средством на предприятии // Научный информационный сборник. Транспорт: наука, техника, управление. 2024. № 7. С. 44-47. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-8.

AUTOMOBILE TRANSPORT

Scientific article

SUBSYSTEM FOR MONITORING SPEED AND VEHICLE DRIVING STYLE AT THE ENTERPRISE

Pavel P. Volodkin

004167@pnu.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2731-2069>

Vladimir A. Lazarev

000136@pnu.edu.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3768-7793>

Kirill E. Volobuev

volobue_vk@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-5226-1810>

(Pacific National University. Khabarovsk, Russia)

Abstract. The article discusses the methods of achieving a higher level of traffic safety implemented at the enterprise. The task requires a multifaceted approach using the experience of qualified personnel and certain features when organizing the technological process at a hazardous production facility. The highest level of traffic safety is an activity aimed at preserving the life and health of everyone involved in the traffic process.

Keywords: vehicle monitoring, visualization of traffic flows, modeling, traffic safety, video surveillance, traffic control, road infrastructure, data analysis, reduction in traffic accidents

For citation: Volodkin P.P., Lazarev V.A., Volobuev K.E. Subsystem for monitoring speed and vehicle driving style at the enterprise // Scientific Information Collection. Transport: science, equipment, management. 2024. № 7. Р. 44-47. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-8.

Введение

Для любого транспортного предприятия обеспечение безопасности дорожного движения на максимально высоком уровне является повседневной и значимой проблемой, так как эта деятельность направлена на сохранение жизни и здоровья не только своих сотрудников, но всех, кто вовлечен в совокупность общественных

отношений, коей является дорожное движение.

Водитель самый ненадежный элемент системы ВАДС (водитель-автомобиль-дорога-окружающая среда), поэтому повышение компетентности и самодисциплины водительского состава особенно важно. В связи с этим возникает потребность в использовании подсистемы контроля передвижения и стиля управления

транспортными средствами (далее ТС) организации, которая позволит осуществлять мониторинг перемещения ТС, а также управлять поведением водителя [1].

Основная цель, которая ставилась при создании подсистемы, – предупреждение и снижение количества ДТП за счет:

- мониторинга действий водителя в процессе управления ТС;
- предупреждения водителя в режиме реального времени о некорректном управлении ТС;
- формирования у водителей стиля вождения ТС, обеспечивающего максимальную безопасность дорожного движения.

В опытной эксплуатации принимали участие ТС, выполняющие перевозку пассажиров:

- легковые (в том числе грузопассажирские и повышенной проходимости);
- микроавтобусы, автобусы (в том числе вахтовые).

В состав бортового оборудования подсистемы входит [2]:

- абонентский терминал СКАУТ-700 DVR (далее абонентский терминал) с возможностью фиксации ускорений по трем осям, формирования снимка при превышении заданных параметров ускорения и скорости, загрузки геозон (рис. 1);
- видеокамера, установленная на ветровом стекле;
- датчик ремня безопасности водителя.

Абонентский терминал, устанавливаемый на ТС, позволяет [3]:

- оценивать стиль вождения, фиксировать нарушение скоростных режимов движения, на основе загруженных геозон, контролировать состояние ремня безопасности водителя, фиксировать удары и опрокидывания ТС, информировать водителя о зафиксированных нарушениях звуковым сигналом;
- вести фото-/видео-фиксацию дорожной обстановки по курсу движения, передавать фотоматериал по запросу диспетчера.



Рис. 1. Абонентский терминал СКАУТ-700 DVR

Абонентский терминал при монтаже следует располагать как можно ближе к центральной оси автомобиля. Такое расположение обеспечивает минимальную погрешность измерений боковых ускорений. При этом следует предусмотреть доступ к терминалу для съема карты памяти.

Размещение видеокамеры должно обеспечивать видимость дорожной обстановки перед ТС (на лобовом стекле или на панели приборов рис. 2).



Рис. 2. Размещение камеры видео-фиксации в кабине УАЗ-23632

Порядок проведения ходовых испытаний [4].

1. Целью проведения ходовых испытаний является проверка качества монтажа бортового оборудования.

2. В состав комиссии, участвующей в проведении ходовых испытаний, должны быть включены: специалист по сопровождению бортового оборудования транспортной службы или инженер по бортовому оборудованию; сотрудник службы БДД; представитель подрядной организации в рамках заключенных договоров на выполнение работ по поддержке бортового оборудования автоматизированной системы мониторинга автотранспорта на базе ГЛОНАСС.

3. При проведении ходовых испытаний в режиме онлайн выполняются измерения предельных значений ускорений (замедлений) при маневрах, характеризующих небезопасный стиль вождения, путем подключения к абонентскому терминалу оборудования производителя с установленным специализированным программным обеспечением и пошаговым изменением пороговых значений до предельных.

4. Настройка пороговых значений ускорений и определение значений настроек абонентского терминала и датчиков стиля вождения для конкретных марок и типов ТС, рекомендованные производителем оборудования СКАУТ, производится назначеннной комиссией с привлечением специализированной подрядной организации по технической поддержке бортового оборудования ГЛОНАСС при оснащении ТС (табл. 1).

Таблица 1

Значения настроек ускорения

Тип ТС	Торможение, (mg)	Ускорение, (mg)	Поворот, (mg)
Легковые	300	200	350
Автобусы	250	180	250
Грузовые	270	180	250

Настройки абонентского терминала могут быть пересмотрены в процессе опытной эксплуатации в целях повышения эффективности обучения водителей безопасному вождению ТС.

В процессе движения ТС подсистема БДД при регистрации нарушений начисляет штрафные баллы за вождение, итоговый рейтинг стиля вождения рассчитывается по каждому сданному путевому листу. При расчете штрафных баллов учитывается скорость движения ТС в момент нарушения (табл. 2).

Таблица 2

Критерии начисления штрафных баллов

Наименование вида нарушения	Диапазон значений	Диапазон скоростей, при котором фиксируется нарушение	Штраф
Превышение скорости	10 км\ч - 20 км\ч	-	1
	20 км\ч - 40 км\ч	-	40
	40 км\ч - 60 км\ч	-	60
Резкое торможение	0 g - 0,30 g	до 60 км\ч	0
		более 60 км\ч	1
Резкий поворот	0,30 g - более	до 60 км\ч	20
		более 60 км\ч	40
	0 g - 0,35 g	более 60 км\ч	20
		до 60 км\ч	1
Ремень безопасности	0,35 g - более	более 60 км\ч	40
		до 20 км\ч	0
		более 20 км\ч	50

Начисление штрафных баллов производится в следующем порядке [5]:

1. Нарушение скоростных режимов фиксируется по установленным геозонам. В терминал загружается информация о геозонах, в которых установлен свой скоростной лимит: о границах населенных пунктов; о ограничениях скорости в соответствии с установленными дорожными знаками. Пространство вне пределов геозон имеет ограничение скорости 90 км/ч (считается нахождение ТС вне населенного пункта). При превышении установленной скорости подается звуковой сигнал и начинается 5-ти секундный отчет времени для возможности снижения скорости до разрешенной. При нарушении скоростного режима длительностью менее пяти секунд фотография на сервер не передается и нарушение не учитывается при расчете штрафов.

1.1. При превышении «допустимого порога скорости» более пяти секунд (от 10 км/ч до 20 км/ч от разрешенной) водитель оповещается звуковым сигналом о нарушении скоростного режима и приближении к критическому порогу скорости с частотой один раз в пять секунд. В таком случае водителю начисляется штраф – 1 балл (В КоАП РФ – штраф отсутствует);

1.2. При превышении «критического порога скорости» (более 20 км/ч от разрешенной) водитель оповещается звуковым сигналом о превышении критического порога скорости с частотой один раз в секунду и начисляются штрафные баллы (см. табл. 2).

2. При применении экстренного торможения и ускорения водитель оповещается тремя короткими звуковыми сигналами. Штрафы начисляются согласно таблице критериев.

3. При факте резких маневров водитель оповещается пятью короткими звуковыми сигналами. Штрафы начисляются согласно таблице критериев.

4. При движении с не пристегнутым ремнем безопасности со скоростью до 20 км/ч штраф отсутствует, но водитель оповещается звуковым сигналом с частотой один раз в секунду. Если скорость более 20 км/ч, начисляется штраф 50 баллов.

Метод начисления баллов на примере водителя Голубева А.В., управлявшего автомобилем Тойота Королла:

– 33 раз превышена скорость на величину от 10 до 20 км/ч (штраф 1 балл · 33 = 33 балла) и 13 раз превышена скорость на величину от 20 до 40 км/ч (штраф

40 баллов · 13 = 520 баллов). Начислен максимальный штраф в 100 баллов. Итоговая оценка качества вождения по данному показателю – 0 баллов;

– одно резкое торможение с замедлением более 300 mg на скорости более 60 км/ч (штраф 40 баллов) и 17 раз резкое торможение с замедлением менее 300 mg на скорости более 60 км/ч (штраф 17 баллов). Итоговая оценка качества вождения по данному показателю – 100-57 = 43 балла;

– за качество входления в поворот начислен штраф 10 баллов за десять резких поворотов с ускорением более 350 mg на скорости менее 60 км/ч. Итоговая оценка качества вождения по данному показателю – 90 баллов;

– за однократное движение с не пристегнутым ремнем безопасности на скорости более 20 км/ч начислен штраф 50 баллов. Итоговая оценка по данному показателю – 10-50 = 50 баллов.

Итоговая оценка рассчитана из равного влияния (25 %) каждого из 4-х нарушений:

$$0 \cdot 0,25 + 43 \cdot 0,25 + 90 \cdot 0,25 + 50 \cdot 0,25 = \\ = 0 + 10,75 + 22,5 + 12,5 = 45,75.$$

Итоговая оценка неудовлетворительная, т.к. на предприятии принято:

- до 70 баллов – неудовлетворительно;
- от 70 до 90 баллов – удовлетворительно.
- от 90 до 100 баллов – хорошо.

Весовое влияние каждого вида нарушения и шкала оценки на предприятии могут быть иными по решению комиссии [6-7].

Расчет рейтинга подразделения, филиала производится следующим образом. По каждому водителю подразделения рейтинг считается отдельно. Оценка водителя за каждый рабочий день (сутки) по каждому виду нарушения равняется 100 баллов минус сумма полученных за день штрафов.

Оценка качества вождения для водителя за месяц по отдельному виду нарушения – среднее арифметическое оценок за все «рабочие» сутки.

Затем рейтинги всех водителей переводятся во взвешенный вклад для общей оценки в зависимости от пробега автомобиля. Общая оценка подразделения суммируется вкладом всех водителей. Таким образом: чем больше оценка, тем выше рейтинг водителя и подразделения (табл. 3).

Таблица 3

Рейтинг подразделений и водителей по оценке безопасности вождения за месяц

Водитель	Штрафных баллов	Оценка качества вождения	Пробег, км	Взвешенный вклад в общую оценку
1. Иванов С.А.	0	100	2 683	8,04
2. Петров А.В.	112	0	8 752	0,00
3. Дементьев В.В.	70	30	4 150	3,73
4. Денищик Я.В.	0	100	4 538	13,60
5. Исмаилов В.В.	39	61	1 396	2,55
6. Ковалев Н.А.	0	100	1 700	5,09
7. Коваленко Н.П.	0	100	6 982	20,92
8. Кондратьев С.В.	83	17	3 170	1,61
ИТОГО: ЦТТ и СТ АУП	304	63,5	33 371	55,55

Пример расчета:

1. Иванов С.А. $100 \cdot (2\ 683/33\ 371) = 8,04$;
2. Петров А.В. $0 \cdot (8\ 752/33\ 371) = 0,00$.

Еще одним преимуществом системы, является возможность фиксировать ДТП и формировать графики ускорений (замедлений) ТС по трем осям. Данный функционал будет полезен при разборе ДТП, когда другие источники информации не позволяют качественно восстановить последовательность и механизм происшествия [8–10].

Фиксация факта ДТП осуществляется согласно методике Российского союза автостраховщиков:

- при превышении ускорений в продольном или поперечном направлении на величину 1 g продолжительностью более 25 милисекунд;
- при превышении ускорений в вертикальном направлении на величину более 2 g продолжительностью более 25 милисекунд.

Заключение

Рассмотрены методы повышения уровня безопасности движения. Задача требует многопланового подхода с использованием опыта квалифицированного персонала и определенных особенностей при организации технологического процесса на опасном производственном объекте. Максимально высокий уровень безопасности движения – это деятельность, направленная на сохранение жизни и здоровья всех, кто вовлечен в процесс дорожного движения.

© Володькин П.П., Лазарев В.А., Волобуев К.Е., 2024

Список источников

1. Киселев И. М., Невская М. А. Анализ проблем реализации инфраструктурных проектов в нефтегазовом секторе России // Россия в глобальном мире. 2016. № 9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-problem-realizatsii-infrastrukturnyh-proektov-v-neftegazovom-sektore-rossii> (дата обращения: 11.04.2023).
2. Данилов И. Д. Программные продукты для имитационного моделирования в логистике // Скиф. 2017. № 16. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/programmnye-produkty-dlya-imitatsionnogo-modelirovaniya-v-logistike> (дата обращения: 23.04.2023).
3. Ковалев Г. Г. Разработка типовой системы управления автотранспортным предприятием горно-обогатительного комбината на основе ИПИ-технологий : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.13.10. Воронеж, 2005. URL:<https://www.dissertcat.com/content/razrabotka-tipovoi-sistemy-upravleniya-avtotransportnym-predpriyatiem-gorno-obogatitelnogo-kombinata> (дата обращения: 13.04.2023).
4. Зырянов В. В., Хайхян Е. М. Транспортное обеспечение логистических систем // Вестник евразийской науки. 2012. № 4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/transportnoe-obespechenie-logisticheskikh-sistem> (дата обращения: 13.04.2023).
5. Землянский А. А., Меренкова А. И. Системное управление транспортной безопасностью // Автотранспорт: эксплуатация, обслуживание, ремонт. 2011. № 7. С. 33–37.

6. Пугачев И. Н. Совершенствование методов оценки качества и безопасности дорожного движения: монография / И. Н. Пугачев, Н. Г. Шешера, А. В. Каменчуков. Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2018. 160 с.

7. Уголков С. В. Безопасность транспортного процесса : учеб. пособие / С. В. Уголков, Ю. Г. Лазарев, Е. Б. Синицына. СПб. : Изд-во Санкт-Петербургского гос. экономич. ун-та, 2018. 99 с.

8. Показатели состояния безопасности дорожного движения: сайт. – URL: <http://stat.gibdd.ru/> (дата обращения 20.09.2021).

9. Торопцев И. П. Основы организации транспортных процессов : учеб. пособие : в 2 ч. / И. П. Торопцев. Пенза : Изд-во ПГУ, 2012. Ч. 1: Общие сведения о транспорте. 216 с.

10. Развитие инноваций в сфере транспорта: сайт. – URL: <https://www.nvidia.com/rus-industries/transportation> (дата обращения 19.09.2023).

Информация об авторах

Володькин Павел Павлович - доктор технических наук, профессор кафедры эксплуатации автомобильного транспорта ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», 680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская 136.

Лазарев Владимир Александрович - кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», 680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская 136.

Волобуев Кирилл Евгеньевич - аспирант кафедры эксплуатации автомобильного транспорта ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», 680035, г. Хабаровск, ул. Тихоокеанская 136.

Information about the author

Pavel P. Volodkin - Doctor (Tech.), Professor, Department of Road Transport Operation, FSBEI HE " Pacific National University," 680035, Khabarovsk, st. Pacific 136.

Vladimir A. Lazarev - Ph.D. (Tech.), Associate Professor of the Department of Operation of Road Transport, FSBEI HE " Pacific National University," 680035, Khabarovsk, st. Pacific 136.

Kirill E. Volobuev - graduate student of the Department of Operation of Automobile Transport, FSBEI HE " Pacific National University," 680035, Khabarovsk, st. Pacific 136.

Статья поступила в редакцию 04.03.2024, одобрена после рецензирования 10.04.2024, принята к публикации 30.04.2024.

The article was submitted 04.03.2024, approved after reviewing 10.04.2024, accepted for publication 30.04.2024.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ

Обзорная статья

УДК: 656

DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-9

ПУТИ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ГРУЗОВЫХ АВИАПЕРЕВОЗОК В ПЕРИОД МЕЖДУНАРОДНЫХ САНКЦИЙ

Курбатова Анна Владимировна

av_kurbatova@guu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0176-4817>

(Государственный университет управления. Москва, Россия)

Зайченко Екатерина Александровна

zajchenko.ekaterina@mail.ru

(Сберлогистика)

Аннотация. В статье дается оценка современного состояния грузовых авиаперевозок в России, которое сложилось в результате введения международных санкций, рассмотрены тенденции развития грузовых авиаперевозок, выявлены основные проблемы и сформулированы возможные пути их решения, дана оценка их эффективности и возможных рисков.

Ключевые слова: воздушный транспорт, грузовые авиаперевозки, международные санкции, субсидирование, перенаправление грузовых потоков, код-шеринг, параллельный импорт

Для цитирования: Курбатова А.В., Зайченко Е.А. Пути решения проблем грузовых авиаперевозок в период международных санкций // Научный информационный сборник. Транспорт: наука, техника, управление. 2024. № 7. С. 48-52. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-9.

AIR TRANSPORT

Review article

WAYS TO SOLVE THE PROBLEMS OF AIR CARGO TRANSPORTATION DURING THE PERIOD OF INTERNATIONAL SANCTIONS

Anna V. Kurbatova

av_kurbatova@guu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0176-4817>

(State University of Management. Moscow, Russia),

Ekaterina A. Zaichenko

zajchenko.ekaterina@mail.ru

(Sberlogistika)

Abstract. The article provides an assessment of the current state of air cargo transportation in Russia, which has developed as a result of the introduction of international sanctions, examines the trends in the development of air cargo transportation, identifies the main problems and formulates possible solutions, assesses their effectiveness and possible risks.

Keywords: air transport, air cargo transportation, international sanctions, subsidies, redirection of cargo flows, code sharing, parallel import

For citation: Kurbatova A.V., Zaichenko E.A. Ways to solve the problems of air cargo transportation during the period of international sanctions // Scientific information collection. Transport: science, equipment, management. 2024. № 7. P. 48-52. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-9.

Введение

Воздушный транспорт занимает в транспортной системе России значительно большую долю в пассажирских перевозках, нежели в грузовых. Однако и в грузоперевозках он играет свою важную роль. Традиционно с использованием воздушного транспорта перевозят в основном скоропортящиеся, особо ценные грузы, электронику, запасные части к сложному промышленному оборудованию, медикаменты, почту и т.д. Использование воздушного транспорта для перевозки грузов явля-

ется очень выигрышным по времени доставки за счет большой скорости движения воздушных судов, обеспечения высокой сохранности грузов, но при этом стоимость транспортировки высока [1,2].

Начавшаяся в 2020 г. пандемия коронавирусной инфекции привела к тому, что грузовые авиаперевозки пошли на спад, но уже в январе-феврале 2022 г. вернулись на допандемийный уровень. Однако международные санкции, которые были введены против российской авиаотрасли как ответные меры на проведение специальной военной операции на Украине, затормози-

ли восстановление объемов грузоперевозок в России. Уже в марте 2022 г. грузопоток российских авиаперевозчиков снизился в 3,6 раза.

Около 77% грузопотока российских авиаперевозчиков приходилось на международные перевозки. По причине закрытия международных рынков, а также высоких рисков арестов за рубежом самолетов, крупнейшие грузовые авиакомпании AirBridgeCargo, SkyGates, «Атран» до сих пор в полной мере не возобновили полеты. Самолеты американского производства авиакомпаний AirBridgeCargo и «Авиастар-ТУ» попали под ограничения Минторга США. Компания SkyGates была вынуждена расторгнуть договор лизинга на два грузовых самолета Boeing 747, после чего приостановила сертификат эксплуатанта. Но и наличие в парке отечественных грузовых самолетов не давало гарантии, что борт не будет задержан заграницей.

Санкционному давлению подверглись не только технические средства, компаний, но и физические лица. Так, например, основатель группы компаний «Волга-Днепр» (в нее помимо одноименного перевозчика входят AirBridgeCargo и «Атран») Алексей Исаевин был вынужден после попадания в санкционный список Великобритании передать управление компанией менеджменту.

Итак, все постепенно свелось к тому, что авиационные грузы преимущественно перешли на пассажирские рейсы, но и там оставались сложности. Чаще всего на эти рейсы авиакомпании могли поставить ближнемагистральные самолеты Superjet 100, грузовой отсек которых вмещает существенно меньший объем, чем борт, летавший ранее. Ограничение возможности использования широкофюзеляжных лайнеров на дальних направлениях – основная сложность, это связано с ограничениями недружественных стран и отсутствием отечественных самолетов такого класса.

Ниже рассмотрены основные пути решения современных проблем отечественной авиационной отрасли в сфере грузовых перевозок.

Основная часть

Субсидирование воздушных перевозок

Как отмечают специалисты, уход некоторых игроков с российского авиа рынка в условиях санкций был прогнозируем. Особенno сложно пришлось компаниям с двойной регистрацией воздушных судов, так как они оказались отрезанными от зарубежного рынка. Сложности сохраняются и у тех авиаперевозчиков, поставку запчастей для которых и техническое обслуживание осуществляют зарубежные партнеры.

Крупные игроки на российском рынке пассажирских авиаперевозок могут чувствовать себя более спокойно. Уверенность им позволяют сохранять оперативно введенныe правительстvом меры поддержки. Для сохранения авиационной отрасли из госбюджета было выделено более 170 млрд рублей. Полученные компаниями субсидии помогли им в условиях снижения количества воздушных перевозок сохранить свой воздушный флот и рабочие места, увеличить географию полетов по внутренним направлениям и обеспечить бесперебойную деятельность.

На начало 2023 года в реестре гражданской авиации России насчитывается около 230 аэропортов и более

2400 посадочных площадок. В текущем году планируется продолжить программу модернизации инфраструктуры отечественных аэродромов. Это позволит увеличить пассажиропоток как по внутренним, так и по международным направлениям.

Правительство РФ в 2023 году продолжило оказывать поддержку российским авиаперевозчикам. Соответствующее постановление подписал Председатель Правительства Михаил Мишустин.

Речь идет о субсидиях, которые авиакомпании получают в зависимости от пассажирооборота. Программа компенсации расходов перевозчиков была запущена в апреле 2022 года. В условиях непростой ситуации, связанной с ограничениями недружественных стран, она позволила сохранить пассажирские перевозки на внутренних маршрутах.

Субсидирование перевозчиков – часть комплекса мер поддержки экономики в условиях внешних санкций [3]. В условиях нестабильности экономики и затрудненного положения в отрасли из-за санкций, субсидирование авиационных перевозок является очень хорошей поддержкой перевозчиков со стороны государства. В 2022 году выручка от грузовых авиаперевозок составила около 71,9 млрд рублей, при этом в 2023 году государство выделило на поддержку перевозчиков 25,3 млрд рублей [4].

Несмотря на то, что 2022 год считается в авиаотрасли неудачным, все равно выплаченные авиаперевозчиками налоги компенсировали около половины вложенных в программу государственного финансирования средств. В 2023 году ситуация относительно стабилизировалась, отрасль постепенно наращивает темпы, а это значит, что прибыль перевозчиков будет расти. Субсидирование позволило смягчить удар санкций, как и на отрасль, так и на экономику.

Перенаправление грузовых потоков

Так как санкции оборвали прямое авиасообщение со странами Европы и США, грузопоток сократился более чем на 80%. Отечественная авиационная отрасль значительно пострадала, но возможность восстановления и увеличения поставок все же есть – это изменение маршрутов доставки и развитие восточного направления. Концепция развития аэродромной сети России предполагает, что большие силы и финансы направлены на модернизацию аэропортов Дальнего Востока, что позволит им обрабатывать большие объемы грузов, и они смогут служить полноценными транзитными хабами. Грузопоток со странами Азии уже стремительно вырос в 2023 году по сравнению с прошлым, и составил 25 трлн рублей, что составляет более 2/3 от общего товарооборота страны.

Россия уже начала активно налаживать и укреплять торговые связи с ОАЭ, Китаем, Турцией, Индией и со странами Африки. Данные регионы очень перспективны не только в сфере торговых отношений, но и в плане создания альтернативных цепочек поставок запчастей для воздушных судов и наличию вариантов технического обслуживания самолетов [5].

Что касается взаимоотношений с Китаем, то ситуация осложняется тем, что основной парк грузовых судов принадлежит AirBridgeCargo, эти самолеты имеют двойную регистрацию, следовательно, за рубеж летать не могут. Грузовые воздушные суда китайских авиа-

компаний задействованы в грузовых перевозках по всему миру, и авиакомпании Китая не смогут направить на дальневосточное направление много воздушных судов. Возможность же отправлять груз на пассажирских рейсах мала, так как очень часто китайские авиаперевозчики забирают на такие рейсы стратегические грузы. Высокие шансы попасть на пассажирский борт имеют только небольшие экспресс отправления.

Но есть решение на тот период, что необходим отечественным конструкторским бюро для запуска в серийное производство моделей ИЛ -96-400М, ТУ-214, Sukhoi Superjet 100. Отечественные перевозчики могут при помощи поддержки государства взять в лизинг или в собственность китайский аналог отечественного самолета АН-12 – Shaanxi Y-8. Это многоцелевой транспортный самолет, который производит Shaanxi Aircraft Corporation. Максимальная взлетная масса у этой модели составляет 61 т. В таблице 1 представлены технические характеристики данной модели.

Таблица 1

Технические характеристики Shaanxi Y-8 [6]

Максимальная скорость	660 км/ч
Крейсерская скорость	550 км/ч
Практическая дальность	5 615 км
Размах крыла	38,00 м
Длина	34,02 м

Несомненным плюсом данной модели является отсутствие американских компонентов, что нивелирует действие санкций и запретов на поставку в нашу страну запчастей из этого региона. Но стоит отметить, чтобы полностью удовлетворить имеющийся спрос, необходимо заказать минимум 100 воздушных судов, а это требует больших материальных вложений.

Отрасль пытается постепенно восстанавливаться и адаптироваться под санкции, на дальневосточном направлении наблюдается стабильный рост грузопотока. Как уже отмечалось, укрепляются имеющиеся торговые связи с азиатскими странами, странами Ближнего Востока и Африки, а также налаживаются новые контакты. За первую половину 2023 год грузооборот в этих направлениях вырос примерно на 8,3%, учитывая тенденцию, в 2024 году данное увеличение составит минимум в 2 раза.

Использование код-шерингового соглашения

Соглашение об использовании совместных кодов, или код-шеринг – термин, который используется в авиации, и подразумевает под собой соглашение между двумя или более авиакомпаниями для выполнения одного и того же рейса. Данное соглашение позволяет авиаперевозчику расширять маршрутную сеть благодаря виртуальным сегментам, на которых он не летает, но перевозить грузы, пассажиров и почту может.

Пожалуй, самый яркий пример соглашения код-шеринг можно наблюдать между участниками альянса Sky Team. Однако учитывая тот факт, что из-за санкционного давления наши авиакомпании были вынуждены из него выйти, сотрудничество с компаниями-участницами альянса сегодня невозможно.

Но это не значит, что подобную схему наши перевозчики не могут использовать с азиатскими, турецкими

и арабскими авиакомпаниями. Также не стоит забывать, что с авиакомпанией Air Serbia (Сербский национальный перевозчик) контакты сохранены.

Использование данного соглашения позволит обезопасить собственный парк воздушных судов, поскольку из-за санкций все самолеты, находящиеся у отечественных перевозчиков в иностранном лизинге, подлежат аресту за границей. Например, если мы организовываем перевозку груза через отечественную компанию Аэрофлот, но рейс будет выполнять авиакомпания Air Arabia, то сам лайнер и груз на нем, учитывая существующие нюансы в оформлении грузов, не будут арестованы за границей. Данное решение позволит также перевозить авиационные импортные запчасти.

Таким образом, даже при самом плачевном сценарии с импортными воздушными судами, код-шеринговое соглашение будет являться краткосрочным выходом из ситуации. Российские компании смогут продолжить выполнять полеты, но уже на лайнерах иностранных авиакомпаний.

Однако у этого решения есть и подводные камни, самый большой из которых – репутационные риски. Существует вероятность, что иностранная авиакомпания, заключившая данное соглашение с российским авиаперевозчиком, рискует получить штрафные санкции со стороны стран ЕС и США.

Наверное, один из весомых плюсов в применении данных мер – это снижение технической нагрузки на отечественные авиакомпании. При данном соглашении планируется использовать для перевозки воздушные суда иностранной авиакомпании, следовательно, финансовая нагрузка на техническое поддержание воздушного судна ложится на иностранного перевозчика. Воздушные суда отечественных перевозчиков смогут эффективнее обслуживать внутренние регионы страны, в которых наблюдается острая нехватка лайнеров для перевозки грузов и почты. Таким образом активнее будет развиваться внутренний рынок и происходит сглаживание эффекта от «старения» имеющихся иностранный воздушных судов.

Использование параллельного импорта

Параллельный импорт – ввоз в страну товаров зарубежного производства без разрешения правообладателя. Импорт получил такое название из-за того, что официальные продажи через дистрибутеров и продажи самостоятельных импортеров идут совместно [7].

После введения параллельного импорта у нас в стране появилась законная возможность ввозить большой спектр необходимых товаров, среди них и авиационные запчасти. Хочется отметить, что оригинальные запчасти для иностранных лайнеров перестали доставлять с марта 2022 года. Весь этот переходный период авиакомпании в ручном режиме разбирают уже имеющиеся самолеты и пускают в оборот их детали, таким образом создаются так называемые «доноры».

Следует особое внимание обратить на тот факт, что запчасти, которые доставляются по параллельному импорту, являются неоригинальными. Но это не значит, что они считаются менее качественными. Все неоригинальные запчасти производятся на лицензированных заводах, лицензию выдают корпорации Boeing и Airbus. Все эти запчасти сертифицируются, поэтому их качество гарантируется [8].

Если с доставкой неоригинальных запчастей все понятно, то с доставкой оригинальных комплектующих по параллельному импорту есть нюансы. Чтобы «не ставить под удар» иностранного поставщика, была создана новая схема приобретения и доставки запчастей: создается иностранная фирма, которая и покупает у поставщика комплектующие, а позднее доставляет их на своих рейсах или же на рейсах отечественного перевозчика в Россию.

Параллельный импорт помогает стабилизировать экономику в период действия санкций. За минувшие два года при помощи параллельного импорта уже было доставлено в страну груза на сумму свыше 70 млрд долларов. Экономический эффект от введения данной меры положительный, что помогло сохранить потребительский спрос и доставить в страну не имеющие отечественных аналогов товары [9].

Параллельный импорт может дать ту самую временную отсрочку, которая так необходима нашему отечественному самолетостроению для компенсации потерь и износа иностранных воздушных судов.

Производство отечественных самолетов

Выход на серийное производство отечественных самолетов позволит нашей стране значительно сократить зависимость от иностранных комплектующих. Для осуществление данной программы выделен 1 трлн рублей на строительство 609 воздушных судов. Один самолет, к примеру, ИЛ-96 (отечественный аналог Boeing 777 или Boeing 767), приносит прибыль компании около 328,5 млн рублей в год, один разворотный рейс приносит около 3,4 млн рублей. В неделю таких рейсов, как правило, 2-3, и чтобы самолет полностью себя окупил необходимо около 5 лет (при коммерческой загрузке не менее 65%).

Отечественные модели выгоднее еще и с точки зрения проведения технического обслуживания, значительно сокращаются логистические издержки на проведение С-Chek (на иностранных лайнерах во время проведения данного технического обслуживания некоторые детали отправляются на завод производителя). Поэтому экономически выгоднее возродить отечественное серийное производство самолетов. По оценкам специалистов на это необходимо минимум 10 лет.

Также развитие отечественного самолетостроения позволит создать дополнительные рабочие места, а это способствует повышению уровня жизни населения.

Характеристика возможных рисков

Субсидирование перевозок. Существует риск сокращения или прекращения субсидирования авиаперевозок со стороны государства. Риск считается маловероятным, так как ситуация в авиационной отрасли напряженная. У авиаперевозчиков нет достаточного количества необходимых денежных средств. В 2023 году на субсидирование авиаперевозок государство выделило существенную сумму - 25,3 млрд рублей. Основной упор сделан на Дальневосточное направление. Согласно современной Концепции развития аэрородромной сети большая часть представленных к модернизации аэропортов находится на Дальнем Востоке. С 2021 – 2024 году на их развитие выделено 19,5 млрд рублей. С 2025 года цифра увеличивается в 2 раза.

Перенаправление грузовых потоков. Существует риск дополнительного введения санкций против нашей страны странами Азии. На данном этапе развития политических и экономических взаимоотношений этот риск считается относительно невысоким. Активно налаживаются торговые цепочки, выстраиваются новые маршруты, заключаются экономические договоры. Риск предусматривает также прекращение или сокращение финансирования государством дальневосточного направления.

Код-шеринговое соглашение. Подразумеваются репутационные риски для зарубежных авиакомпаний, заключающих код-шеринговые соглашения с отечественными авиакомпаниями. Некоторые авиаперевозчики азиатского и ближневосточного направления могут опасаться попасть под санкционное давление США и европейских стран. Данный риск имеет среднюю вероятность возникновения,

Параллельный импорт. Риск связан с корректировкой списка товаров, подлежащих параллельному импорту. Корректировка может быть связана как с возвратом или замещением товара отечественным, так и жестким запретом производителя (отслеживание серийных номеров запчастей, строгий отчет покупателя перед производителем за то, как и куда был отправлен товар). Хочется еще раз отметить, что параллельный импорт направлен на стабилизацию ситуации в экономике после введенных санкций. В дальнейшем, скорее всего, будет использоваться в случаях крайней необходимости.

Производство отечественных самолетов. Риск связан со скоростью производства и модификации отечественных моделей самолетов. На плечи конструкторских бюро и заводов ложится огромный объем работ по серийному производству самолетов, двигателей, комплектующих. В таком режиме в последний раз отрасль работала в период СССР. Велика вероятность, что сроки, выдвинутые официальными представителями, будут сдвинуты на 3-5 лет.

Проведя анализ рисков, можно сделать вывод, что использование код-шерингового соглашения, использование параллельного импорта и производство отечественных самолетов, имеют большие вероятности риска, нежели субсидирование перевозок и перенаправление грузовых потоков. В случае код-шеринга и параллельного импорта это связано с участием иностранных компаний, отношения с которыми зависят от внешнеполитической ситуации, а производство отечественных самолетов связано с резким увеличением нагрузки на авиастроительную отрасль [10].

Заключение

Пандемия и введенные против России санкции нанесли свой отпечаток на работу авиаотрасли. Происходит усложнение процедуры отправки грузов из западных стран, усиливается контроль документации, что влияет на сроки доставки. Некоторые товары вносятся в список запрещенных к ввозу и вывозу. Меняется география доставки грузов: в Европу и США грузопоток стал минимальным, но в то же время он значительно вырос в направлении Китая, ОАЭ, Индии и стран СНГ. Авиаперевозчики активно прорабатывают новые маршруты и ищут партнеров в приори-

тетных направлениях, что позволяет российским компаниям завоевывать новые рынки.

Отечественные конструкторские бюро работают над выпуском в серийное производство российских самолетов, что является стратегически правильным решением. При этом стоит отметить, что, по опыту выпуска самолета МС-21, им необходимо дать определенный запас времени. Этот запас может быть обеспечен за использования изложенных выше мер.

© Курбатова А.В., Зайченко Е.А., 2024.

Список источников

1. Актуализация транспортной стратегии России как необходимое условие обеспечения экономического прорыва и национальной безопасности страны на этапах геополитического противостояния: Коллективная монография: в 2-х частях / З. Б. Амирова, Л. Б. Аристова, Ю. М. Баженов [и др.]. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2023. – 482 с.
2. Научная мысль в развитии транспорта России: историческая ретроспектива, проблемные вопросы и стратегические ориентиры: Коллективная монография / В. С. Горин, В. А. Персианов, А. А. Степанов [и др.]; Коллектив авторов. – Москва : Общество с ограниченной ответственностью «ТРАНСЛИТ», 2019. – 496 с.
3. Авиационная отрасль России в период санкций: состояние на начало 2023 года: официальный сайт. — URL: <https://eagleflight.ru/aviacionnaya-otrasl-rossii-v-period-sankcij-sostoyanie-na-nachalo-2023-goda> (дата обращения 12.02.24)
4. Рынок грузовых авиаперевозок России упал до рекордного за 5 лет минимума: официальный сайт. — URL: <https://www.slavtrans.com/news/logistics/7013/?ysclid=ls7h3vak06678582283> (дата обращения 12.02.24)
5. Транзит грузов через третьи страны провоцирует рост цен на грузовые авиаперевозки: официальный сайт. — URL: <https://novelco.ru/press-tsentr/tranzit-gruzov-cherez-treti-strany-provotsiruet-rost-tsentr-na-gruzovye-aviaperevozki/?ysclid=lrum6x7atr9831823> (дата обращения 14.02.24)
6. Shaanxi Y-8: официальный сайт. — URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Shaanxi_Y-8 (дата обращения 14.02.24)
7. Параллельный импорт: официальный сайт. — URL: https://www.sberbank.ru/ru/s_m_business/pro_business/parallelnyi-import (дата обращения 14.02.24)
8. Минтранс нашел способ спасти российскую авиацию от санкций: официальный сайт. — URL: <https://ren.tv/longread/1039408-mintrans-nashelizashchnyi-sposob-spasti-samolety-ot-sanktsii> (дата обращения 14.02.24)
9. Белоусов оценил объем параллельного импорта за два года в \$70 млрд: официальный сайт. — URL: <https://www.vedomosti.ru/economics/articles/2023/12/21/1012361-obem-parallelnogo-importa> (дата обращения 15.02.24)
10. Зайченко, Е. А. Грузовые авиаперевозки в современных реалиях: особенности бронирования и возможности импортозамещения / Е. А. Зайченко // Транспорт и логистика: актуальные вопросы, проектные решения и инновационные достижения: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 21 октября 2022 года. – Красноярск: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2023. – С. 223-229.

Информация об авторах

Курбатова Анна Владимировна – доктор экон. наук, профессор, профессор кафедры «Управление транспортными комплексами» Государственного университета управления.

Зайченко Екатерина Александровна – ведущий специалист отдела авиационной деятельности, Сберлогистика.

Information about the authors

Anna V. Kurbatova - Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department "Management of Transport Complexes" of the State University of Management.

Ekaterina A. Zaichenko - Leading Specialist of the Aviation Activities Department, Sberlogistika.

Статья поступила в редакцию 24.03.2024, одобрена после рецензирования 25.04.2024, принята к публикации 10.05.2024.

The article was submitted 24.03.2024, approved after reviewing 25.04.2024., accepted for publication 10.05.2024.

Вклад авторов: Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ

Научная статья

УДК 629.7.083

DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-10

ПОИСК ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ БЮДЖЕТА И СРОКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА В ОРГАНИЗАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Файнбург Григорий Давидович

Fain2000@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8004-1969>,

Файнбург Инна Александровна

Innafayn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0565-7429>,

Асибаков Ренат Исмагилович

Asibakov@gmail.com,

(Московский государственный технический университет гражданской авиации, Россия)

Аннотация. На примере двух проектов организации по техническому обслуживанию авиационной техники рассмотрен процесс поиска оптимальных значений бюджета и сроков реализации проекта. Данные проекты имеют целью повышение показателей эффективности процессов технической эксплуатации воздушных судов, стоимостная оценка которых определяет целесообразность сокращения срока выполнения проекта в зависимости от увеличения стоимости проекта. Зависимость этих показателей получена в результате моделирования нескольких сценариев проектов, влияющих на их календарный и ресурсный графики. Оптимальные значения срока выполнения и бюджета проекта находятся в точке пересечения зависимости изменения бюджета проекта по времени и стоимостной оценки эффекта от его реализации. Показано, что для проектов, в которых затраты на снижение времени исполнения проекта значительно превышают эффект от реализации, постановка задачи по определению оптимального бюджета и срока проекта не является актуальной.

Ключевые слова: процесс технической эксплуатации воздушных судов, проекты в организациях по техническому обслуживанию, треугольник ограничений проекта, бюджет и сроки проекта

Для цитирования: Файнбург Г.Д., Файнбург И.А., Асибаков Р.И. Поиск оптимальных параметров бюджета и срока выполнения проекта в организации по техническому обслуживанию авиационной техники // Научный информационный сборник. Транспорт: наука, техника, управление. 2024. № 7. С. 53-58. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-10.

AIR TRANSPORT

Scientific article

FINDING OPTIMAL BUDGET AND PROJECT DELIVERY TIME PARAMETERS IN AN AIRCRAFT MAINTENANCE ORGANISATION

Grigoriy D. Fainburg

Fain2000@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8004-1969>,

Inna A. Fainburg

Innafayn@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0565-7429>,

Renat I. Asibakov

Asibakov@gmail.com

(Moscow State Technical University of Civil Aviation)

Abstract. On the example of two projects of an aircraft maintenance organisation, the process of searching for optimal values of budget and project implementation time is considered. These projects are aimed at improving the efficiency indicators of aircraft maintenance processes, the cost estimation of which determines the expediency of reducing the project implementation period depending on the increase in the project cost. The dependence of these indicators is obtained as a result of modelling several project scenarios affecting their calendar and resource schedules. The optimum values of the execution period and the project budget are at the point of intersection of the dependence of the project budget change over time and the cost estimation of the effect from its realisation. It is shown that for projects in which the cost of reducing the project execution time significantly exceeds the effect of implementation, setting the task of determining the optimal budget and project term is not relevant.

Keywords: aircraft maintenance process, projects in maintenance organisations, project constraint triangle, project budget and timeline

For citation: Fainburg G.D., Fainburg I.A., Asibakov R.I. Finding optimal budget and project delivery time parameters in an aircraft maintenance organization // Scientific Information Collection. Transport: science, equipment, management. 2024. № 7. P. 53-58. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-10.

Введение

Миссия государства в сфере обеспечения функционирования и развития транспортной системы, согласно Транспортной стратегии РФ, заключается в создании условий для повышения качества жизни и здоровья граждан, экономического роста и повышения конкурентоспособности национальной экономики, укрепления безопасности и обороноспособности страны, реализации ее транспортного потенциала через опережающее развитие транспортной инфраструктуры и расширение доступа к безопасным и качественным транспортным услугам с минимальным воздействием на окружающую среду и климат, использование географических особенностей Российской Федерации в качестве ее конкурентного преимущества [4].

При реализации Транспортной стратегии была сформулирована стратегическая цель развития транспортной системы - удовлетворение потребностей инновационного социально ориентированного развития экономики и общества в качественных транспортных услугах, конкурентоспособных по сравнению с лучшими мировыми аналогами. Для достижения этой цели были инициированы и реализованы ключевые проекты по развитию транспортного комплекса, которые в области авиационного транспорта были связаны со строительством и модернизацией аэропортов, обновлением парка воздушных судов в рамках государственной поддержки, развитием системы субсидирования региональных перевозок и др.

Распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 июня 2022 г. N 1693-р утверждена Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года, одной из главных целей которой является обеспечение технологического суверенитета в отечественной авиатранспортной отрасли [5]. Для достижения целей программы необходима эффективная реализация проектов по разработке и производству отечественной авиационной техники, в том числе, беспилотных летательных аппаратов, с учетом реализации в возможно короткий срок программ импортозамещения, организации полного цикла технического обслуживания и ремонта воздушных судов силами отечественных предприятий, подготовке профессионального кадрового авиационного персонала предприятий отрасли, обладающего необходимыми компетенциями. В этой связи актуальной задачей является отбор приоритетных проектов авиапредприятия и определение их оптимальных характеристик для успешной реализации.

Постановка задачи и результаты

Одной из наиболее важных задач в управлении проектом является понимание возможности достижения успеха. Критерии успеха проекта принято формулировать, опираясь на ограничения проекта [1].

Существует несколько типов ограничений и, поскольку ограничения часто являются взаимозависимыми, руководитель проекта должен соблюдать баланс между различными ограничениями. Результаты проекта должны соответствовать предъявляемым требованиям, и должны быть увязаны с установленными ограничениями, касающимися содержания проекта, качества, графика и затрат. Ограничения взаимосвязаны так, что

изменения одного из них могут повлечь за собой изменения других. Таким образом, ограничения могут влиять на решения, принимаемые в рамках процессов проектного менеджмента [3].

Ограничения могут быть установлены на различные параметры проекта, такие как:

- длительность или целевая дата окончания проекта;
- доступность бюджета проекта;
- доступность таких ресурсов проекта, как человеческие ресурсы, площади, оборудование, материалы, инструменты и другие ресурсы, необходимые для выполнения проекта в соответствии с существующими требованиями;
- факторы, связанные с обеспечением безопасности труда;
- допустимый уровень риска проекта;
- потенциальные социальные и экологические последствия проекта;
- законы, законодательные акты и другие регламентирующие документы.

Ключевыми ограничениями проекта являются время, стоимость и объем работ, которые часто отображают в виде треугольника ограничений проекта (рис. 1). Сторона треугольника, отражающая объем работ, также может называться «Содержание», «Требования», «Область охвата».



Рис. 1. Треугольник ограничений проекта

Четвертым элементом проектного треугольника является качество, которое помещается в центре, и любое изменение сторон оказывает на него влияние. Например, если удастся сократить сроки выполнения работ, может оказаться возможным вернуть в продукт те характеристики, которыми ранее были вынуждены пожертвовать, или выделить больше времени на существующие задачи. В результате может быть получен более совершенный продукт. Важно помнить, что универсального стандарта качества проекта не существует. Для одних компаний важнейшей мерой качества является соблюдение рамок бюджета, для других важнее вовремя вывести продукт на рынок.

В большинстве проектов по меньшей мере одна сторона треугольника является фиксированной. Это может быть бюджет или строгое соблюдение сроков, а часто требуется и то, и другое [7].

Связь между бюджетом проекта, сроками и эффективностью результатов проекта является ключевым аспектом успешного управления проектом. Взаимосвязь между этими тремя аспектами можно описать следующим образом:

- Бюджет проекта определяет доступные ресурсы для его выполнения. Эффективное управление бюджетом позволяет оптимально использовать эти ресурсы, минимизировать затраты и обеспечить финансовую устойчивость проекта. Недостаток бюджета может привести к нехватке ресурсов для выполнения работ, а избыток бюджета может сигнализировать о неэффективном использовании ресурсов.

- Сроки выполнения проекта определяют, когда проект должен быть завершен. Соблюдение сроков играет важную роль в успехе проекта, поскольку задержки могут привести к перерасходу бюджета, ухудшению качества или потере конкурентоспособности продукта или услуги.

- Эффективность результатов проекта связана с достижением поставленных целей и ожиданий заказчика. Успешное завершение проекта в срок и в рамках бюджета, при этом обеспечивая высокое качество результата, свидетельствует об эффективности выполнения проекта.

Таким образом, бюджет проекта, сроки выполнения и эффективность результатов взаимосвязаны и влияют друг на друга. Эффективное управление этими тремя аспектами позволяет достичь успеха проекта, обеспечивая баланс между ресурсами, временем и качеством продукта проекта. Поиску оптимальных значений сроков выполнения проекта и затрат в различных отраслях посвящен ряд работ [8,9].

Стратегические цели организации определяют формирование портфеля его проектов, который состоит из отдельных проектов и программ [2]. Для организации по техническому обслуживанию (ТО) авиационной техники (АТ) ключевой программой является постоянное совершенствование операционных процессов, основными из которых являются процессы технической эксплуатации (ТЭ) воздушных судов (ВС). Данная программа включает в себя проекты, результатом которых является рост показателей эффективности процессов и сами процессы, которые совершенствуются в результате реализации проектов. При этом, достижение этих результатов можно отследить через некоторое время после завершения конкретного проекта. Таким образом, деятельность авиапредприятия представляет собой единую систему, объединяющую процессы и проекты ТЭ ВС [11].

Задача отбора приоритетных проектов требует детальной проработки конкретного проекта с использованием инструментов проектного менеджмента, с разработкой его содержания, расписания и оценки требуемых ресурсов, последующего анализа затрат и ожидаемого эффекта за счет улучшения конкретных показателей эффективности процессов ТЭ ВС [10].

В процессе отбора приоритетных проектов целесообразно рассмотреть возможности снижения срока выполнения проекта, оценив зависимость времени выполнения от бюджета проекта. Сдвиг даты окончания проекта к началу позволяет начать раньше получать выгоды от его реализации за счет повышения эффективности операционных процессов организации по ТО АТ.

Согласно треугольнику ограничений проекта, срок выполнения проекта можно уменьшить, что потребует увеличения его бюджета. Оптимальные значения срока выполнения и бюджета проекта находятся в точке пересечения зависимости изменения бюджета проекта по времени и стоимостной оценки эффекта от его реализации.

Рассмотрим показатели, связанные со скоростью изменения бюджета.

Пусть базовый бюджет проекта равен C_0 . Бюджеты последующих сценариев обозначим $C_1, C_2, C_3 \dots C_i$. Тогда изменение бюджета равно:

$$\Delta C_i = C_i - C_0 \quad (1)$$

Пусть длительность в соответствии с базовым планом равна T_0 . Все последующие длительности обозначим $T_1, T_2, T_3 \dots T_i$. Тогда изменение длительности проекта:

$$\Delta T_i = T_i - T_0 \quad (2)$$

Скорость изменения бюджета:

$$V_{Ci} = \frac{\Delta C_i}{\Delta T_i} \quad (3)$$

Скорость изменения эффективности результата проекта V_E примем постоянной, т.о. эффект от реализации проекта после его завершения E линейно распределен по времени:

$$V_E = \frac{E}{\Delta T_i} \quad (4)$$

Рассмотрим решение данной задачи на примере двух проектов, выбранных в качестве приоритетных для инициирования в организации по ТО АТ:

- Автоматизация процессов склада инструментов;
- Внедрение покрасочной камеры.

Для каждого проекта нужно составить базовое расписание и его различные сценарии при изменении бюджета, позволяющего привлечь для выполнения работ проекта больше ресурсов (рис. 2).

Календарное и ресурсное планирование выполнялось с использованием в качестве инструмента программы Microsoft Project [6].

Сокращение длительности проекта на одинаковое количество дней может приводить к разным значениям изменения бюджета, так как сокращение возможно за счет различных работ. Так, например, уменьшение длительности работ, связанных с разработкой программного обеспечения, является более затратным, чем подготовительных работ из-за разной стоимости задействованных ресурсов.

Результатом реализации проекта является снижение трудоемкости, как в процессе выдачи инструмента за счет уменьшения численности персонала склада, так и в процессах ТО за счет сокращения времени на получение/сдачу инструмента. Стоимостная оценка эффекта выполненного проекта, с учетом стоимости часа и объемов связанных работ, составляет 77,44 тыс. руб./день (таблица 1).

Реж зад	Название задачи	Длительнос	Начало	Окончание	Предшес
✗	Совершенствование процессов выдачи/возврата инструмента	30 дней?	Пн 03.10.22	Пт 11.11.22	
✗	Анализ возможностей организации процесса выдачи/возврата инструмента/оборудования со склада	5 дней	Пн 03.10.22	Пт 07.10.22	
✗	Анализ возможностей системы AMOS для реализации процес	1 день	Пн 03.10.22	Пн 03.10.22	
✗	Анализ наличия человеческих ресурсов ОУСЗ	1 день	Вт 04.10.22	Вт 04.10.22	3
✗	Анализ потребности в компьютерной технике кладов ОУСЗ	1 день	Ср 05.10.22	Ср 05.10.22	4
✗	Анализ степени изменений существующих процессов выдачи/возврата инструмента	1 день	Чт 06.10.22	Чт 06.10.22	5
✗	Анализ логистики АТИ при использовании различных складов ОУСЗ в процессе выдачи/возврата инструмента	1 день	Чт 06.10.22	Пт 07.10.22	6
✗	Организация процесса выдачи/возврата инструмента/оборудования со склада ОУСЗ в системе	15 дней?	Пн 10.10.22	Пт 28.10.22	
✗	Тестирование процесса выдачи/возврата инструмента/оборудования со склада ОУСЗ в системе AMOS	5 дней	Пн 10.10.22	Пт 14.10.22	7
✗	Доработка системы AMOS	5 дней	Пн 17.10.22	Пт 21.10.22	9
✗	Описание процесса выдачи/возврата инструмента/оборудования со склада ОУСЗ в системе AMOS	3 дней	Ср 19.10.22	Пт 21.10.22	9
✗	Обучение участников процесса обновленному процессу выдачи/возврата инструмента в системе AMOS	5 дней	Пт 21.10.22	Пт 28.10.22	10;11
✗	Организация процесса выдачи/возврата инструмента/оборудования с использованием разных складов ОУСЗ	15 дней?	Пн 10.10.22	Пт 28.10.22	
✗	Тестирование процесса выдачи/возврата инструмента/оборудования с использованием разных складов	5 дней	Пн 10.10.22	Пт 14.10.22	7
✗	Доработка системы AMOS	5 дней	Пн 17.10.22	Пт 21.10.22	14
✗	Описание процесса выдачи/возврата инструмента/оборудования с использованием нескольких	3 дней	Ср 19.10.22	Пт 21.10.22	14
✗	Обучение участников процесса обновленному процессу выдачи/возврата инструмента в системе AMOS	5 дней	Пт 21.10.22	Пт 28.10.22	15;16
✗	Ввод в эксплуатацию	10 дней	Пн 31.10.22	Пт 11.11.22	
✗	Ввод процесса в эксплуатацию	5 дней	Пн 31.10.22	Пт 04.11.22	12;17
✗	Мониторинг	5 дней	Пн 07.11.22	Пт 11.11.22	19

Рис. 2. Базовое расписание проекта «Автоматизация процессов склада инструментов»

Таблица 1

Бюджет проекта «Автоматизация процессов склада инструментов» и эффект от его реализации для различных сроков выполнения проекта

Срок проекта, дней	Сокращение срока, дней	Бюджет проекта, тыс. руб.	Изменение бюджета, тыс. руб.	Эффект от сокращения срока, тыс. руб.
180	0	5000	0	0
180	0	5005,33	5,33	0
155	25	5205,55	205,55	1936,12
155	25	5305,13	305,13	1936,12
155	25	5921,19	921,19	1936,12
155	25	5979,38	979,38	1936,12
135	45	6130,02	1130,02	3485,01
135	45	6190,26	1190,26	3485,01
125	55	9149,05	4149,05	4259,46
125	55	9249,36	4249,36	4259,46
105	75	9368,12	4368,12	5808,35
105	75	9459,91	4459,91	5808,35
105	75	12000	7000	5808,35
102	78	15000	10000	6040,69
100	80	20000	15000	6195,58
100	80	30000	25000	6195,58

На рис. 3 проиллюстрировано определение оптимального значения срока и бюджета проекта «Автоматизация процессов склада инструментов». Базовый план проекта имеет характеристики: длительность – 180 дней, бюджет 5 млн. руб. Максимально возможное сокращение длительности проекта до 100 дней потребует увеличения бюджета до 20 млн. руб., при этом, скорость изменения бюджета резко возрастает при сокращении срока более чем на 75 дней.

Как видно из рисунка, аппроксимированная зависимость скорости изменения бюджета по времени принимает значение эффекта от реализации проекта в точке, соответствующей сокращению базовой длительности проекта на 73 дня. Таким образом, оптимальная длительность проекта составляет 107 дней при бюджете 9,8 млн. руб.

Базовый план проекта «Внедрение покрасочной камеры» имеет параметры: бюджет 5,15 млн. руб., длительность 36 дней. Проект направлен на снижение себестоимости работ по окраске деталей ВС за счет сокращения логистических операций, стоимостная оценка показателя эффективности составляет 25 тыс. руб./день (окупаемость около полугода). В то же время, проект реализуется за короткий срок, минимальная длительность проекта составляет 21 день, соответственно, максимально возможное сокращение срока – 15 дней.

Результаты аналогичного моделирования сценариев бюджета и длительности проекта «Внедрение покрасочной камеры» показаны на рис. 4.

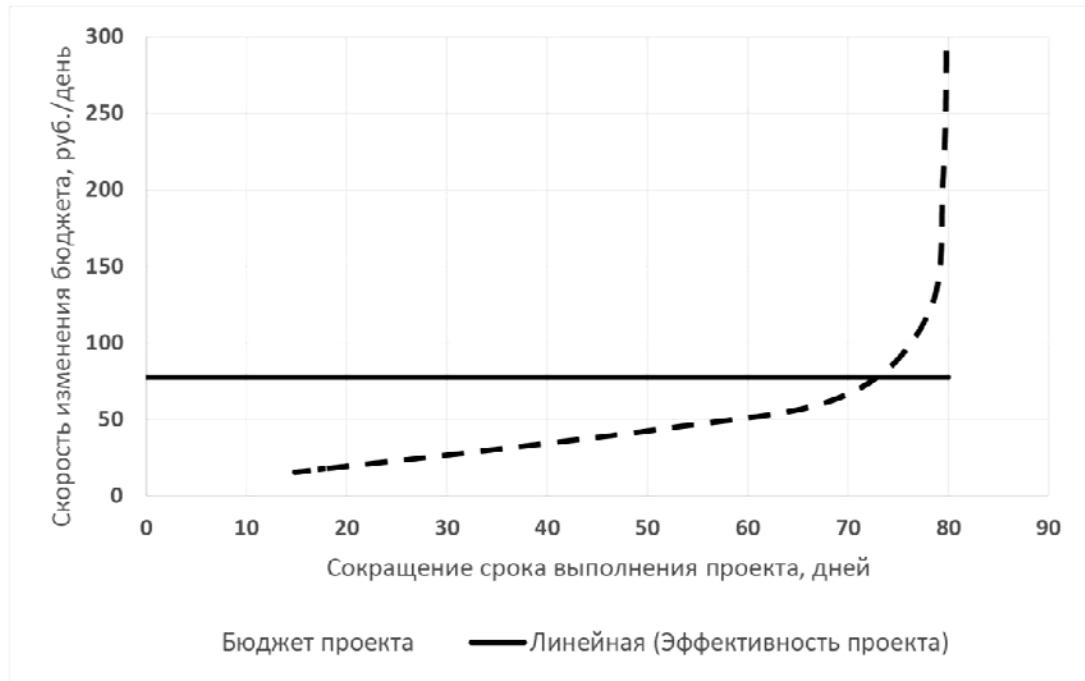


Рис. 3. Зависимость скорости изменения бюджета проекта «Автоматизация процессов склада инструментов» от сокращения срока выполнения проекта

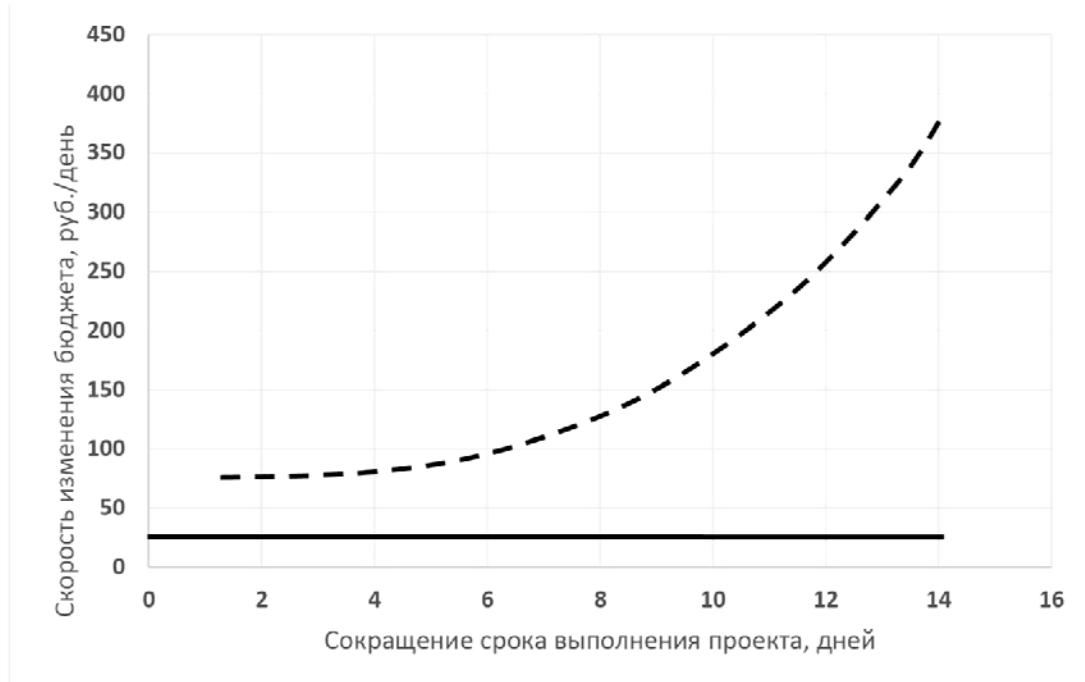


Рис. 4. Зависимость скорости изменения бюджета проекта «Внедрение покрасочной камеры» от сокращения срока выполнения проекта

Для данного проекта кривая скорости изменения бюджета проекта находится значительно выше уровня его экономической эффективности.

Таким образом, для ряда проектов постановка задачи по определению оптимального бюджета и срока проекта не является актуальной. Это относится к проектам, в которых затраты на снижение времени исполнения проекта значительно превышают ожидаемый эффект от реализации (краткосрочные проекты с относительно длительным сроком окупаемости).

Заключение

При инициировании проектов организаций после их отбора целесообразно рассмотреть возможность изменения базовых сценариев с определением оптимальных значений бюджета и сроков выполнения проекта. Такая постановка задачи оправдана для проектов, эффект от реализации которых оказывается больше, чем скорость увеличения бюджета при сокращении длительности проекта. В настоящей работе в качестве подобного проекта в организации по ТО АТ рассмотрен проект «Автоматизация процессов склада инструментов».

Данный подход может быть применен при решении аналогичных задач для проектов, направленных на совершенствование бизнес-процессов организаций различных видов деятельности.

© Файнбург Г.Д., Файнбург И.А., Асибаков Р.И., 2024.

Список источников

1. ГОСТ Р ИСО 21500-2014 «Руководство по проектному менеджменту» - М.: Стандартинформ, 2015.
2. ГОСТ Р ИСО 21504-2016 «Управление проектами, программами и портфелем проектов. Руководство по управлению портфелем проектов» – М.: Стандартинформ, 2016.
3. Руководство к своду знаний по управлению проектом (Руководство PMBOK). 6-е издание. Project Management Institute, Inc., 2017.
4. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года. Распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 г. № 3363-р.
5. Комплексная программа развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года. Распоряжение Правительства РФ от 25 июня 2022 г. № 1693-р.
6. Microsoft Project 2016. Managing Projects. – М: Учебный центр при МГТУ им. Н.Э. Баумана «Специалист.ru», 2019.
7. Основы управления проектами: методические материалы. – М: Центр Дистанционного Обучения «Проектная ПРАКТИКА», 2019.
8. Kamble, U., Vanakudari, S.U. Implementing time and cost optimization in commercial building using project management techniques in Microsoft Project / International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 5(6), 2018. – P. 465-470.
9. Mantovani, M.R., Beatrix, M. Cost and Time Comparison Analysis Using Microsoft Project / Civilla: Journal of Civil Engineering of Lamongan Islamic University, 8(2), 2023. – P.171–180.
10. Асибаков Р.И., Ицкович А.А., Файнбург Г.Д. О приоритизации портфеля проектов организации по техническому обслуживанию воздушных судов // В сборнике: Наука и образование в наши дни: фундаментальные и прикладные исследования. Материалы XLIII Всероссийской научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2021. - С. 499-503.
11. Ицкович А.А., Файнбург Г.Д., Файнбург И.А., Чернов А.О. Система процессов и проектов поддержания летной годности воздушных судов // Научный вестник МГТУ ГА. 2018. № 21 (1). – С.164-173.

References

1. GOST R ISO 21500-2014 "Guidelines for Project Management" - Moscow: Standardinform, 2015.
2. GOST R ISO 21504-2016 "Project, programme and project portfolio management. Guidelines for project portfolio management" - Moscow: Standardinform, 2016.
3. Guide to the project management body of knowledge (PMBOK Guide). 6th edition. Project Management Institute, Inc., 2017.
4. Transport Strategy of the Russian Federation up to 2030 with a forecast for the period up to 2035. Order of the Government of the Russian Federation No. 3363-r dated 27 November 2021.

5. Comprehensive Programme for the Development of the Air Transport Industry of the Russian Federation until 2030. Order of the Government of the Russian Federation No. 1693-r dated 25 June 2022.

6. Microsoft Project 2016. Managing Projects. - M: Training Centre at Bauman Moscow State Technical University "Specialist.ru", 2019.

7. Fundamentals of project management: methodological materials. - M: Distance Learning Centre "Project PRACTICE", 2019.

8. Kamble, U.. Vanakudari, S.U. Implementing time and cost optimization in commercial building using project management techniques in Microsoft Project / International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT). 5(6). 2018. – P. 465-470.

9. Mantovani, M.R.. Beatrix, M. Cost and Time Comparison Analysis Using Microsoft Project / Civilla: Journal of Civil Engineering of Lamongan Islamic University. 8(2). 2023. – P.171–180.

10. Асибаков Р.И., Itsikovich A.A., Fainburg G.D. On the prioritisation of the project portfolio of the aircraft maintenance organisation // In the collection: Science and education in our days: fundamental and applied research. Materials of XLIII All-Russian Scientific and Practical Conference. Rostov-on-Don, 2021. - С. 499-503.

11. Itsikovich A.A., Fainburg G.D., Fainburg I.A., Chernov A.O. System of processes and projects of aircraft airworthiness maintenance // Scientific Bulletin of MSTU GA. 2018. № 21 (1). - С.164-173.

Информация об авторах

Файнбург Григорий Давидович - к.т.н, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиационных двигателей.

Файнбург Инна Александровна - к.т.н, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиационных двигателей.

Асибаков Ренат Исмагилович - аспирант Московского государственного технического университета гражданской авиации.

Information about the author

Fainburg Grigoriy Davidovich - PhD (Tech), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Operation of Aircraft and Aviation Engines.

Fainburg Inna Alexandrovna - PhD (Tech), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Operation of Aircraft and Aircraft Engines.

Asibakov Renat Ismagilovich - postgraduate student of Moscow State Technical University of Civil Aviation.

Статья поступила в редакцию 26.03.2024, одобрена после рецензирования 24.04.2024, принята к публикации 13.05.2024.

The article was submitted 26.03.2024, approved after reviewing 24.04.2024., accepted for publication 13.05.2024.

Вклад авторов: Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Authors' contribution: All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.

ГОРОДСКОЙ ТРАНСПОРТ

Научная статья

УДК 656.13

DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-11

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА МАРШРУТНЫЙ РАСХОД ТОПЛИВА ГОРОДСКИХ АВТОБУСОВ

Виктор Александрович Максимов

vamaximov57@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9296-1743>,

Дык Khanh Зыонг Чан

trankhanhduongmta@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-3953-8964>,

Van Tu Нгуен

nguyenvantuqthd@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2060-8913>

(Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ), Москва, Россия)

Аннотация. На расход топлива автомобилей влияет множество факторов разного рода: конструкционные, технологические, эксплуатационные, природно-климатические, и организационные факторы. Данное утверждение в полной мере можно отнести и к городским автобусам. В публикации проводятся результаты количественной оценки факторов, влияющих на маршрутный расход топлива городских автобусов в эксплуатации. Она была сделана на основе априорного ранжирования влияющих факторов квалифицированными экспертами.

По результатам анализа ранее проведенных исследований, была разработана анкета, включающая перечень факторов, влияющих на расход топлива городских низкопольных автобусов на маршруте. Факторы разделили на группы по 3 уровням значимости, от общего к частному. Анкета была разослана группе экспертов, компетентных в исследуемой области для оценки и ранжирования влияющих на расход топлива факторов. Отзывы экспертов собирались, обрабатывались и анализировались. В процессе обработки заполненных анкет проводилась оценка компетентности экспертов и проверялась согласованность их мнений с помощью коэффициентов конкордации и критерия Пирсона.

В результате выполненного исследования были определены количественные оценки, показывающие степень влияния ряда факторов на маршрутный расход топлива городских низкопольных автобусов. В итоге был сформирован перечень наиболее значимых факторов. Он необходим для дальнейшего математического моделирования маршрутного расхода топлива в условиях информатизации производственной работы отдельных модификаций городских низкопольных автобусов.

Ключевые слова: расход топлива, нормы расхода топлива, городской низкопольный автобус, эксплуатационные факторы, природно-климатические факторы, априорное ранжирование, коэффициент конкордации

Для цитирования: Максимов В.А., Чан Д.К.З., Нгуен В.Т. Количественная оценка факторов, влияющих на маршрутный расход топлива городских автобусов // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. 2024. № 7. С. 59-66. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-11.

URBAN TRANSPORT

Scientific article

QUANTITATIVE ASSESSMENT OF FACTORS AFFECTING THE ROUTE FUEL CONSUMPTION OF CITY BUSES

Viktor A. Maksimov

vamaximov57@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9296-1743>,

Duc Khanh Duong Tran

trankhanhduongmta@gmail.com, <https://orcid.org/0009-0004-3953-8964>,

Van Tu Nguyen

nguyenvantuqthd@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2060-8913>

(Moscow automobile and road construction state technical university (MADI), Moscow, Russia)

Abstract. Fuel consumption of automobiles is influenced by many factors of various groups: structural, technological, operational, climatic, and organizational factors. This statement can be fully attributed to city buses. The article presents the results of a quantitative analysis of the factors affecting the route fuel consumption of urban buses. Research was based on priori ranking of factors determining the amount of route fuel consumption of urban low-floor buses in operation.

Based on the results of analysis of previous studies, a questionnaire has been developed that includes a list of factors that determine the route fuel consumption of low-floor city buses. These factors were divided into groups of 3 levels of significant, from general to private. The questionnaire was sent to a group of competent experts in studying field to assess and rank the factors affecting fuel consumption. Expert feedback was then collected, processed and analyzed. During the processing of filled questionnaires, the competence of experts was assessed and the consistency of their opinions was tested using Concordia coefficients and the Pearson criterion.

Quantitative estimates were determined showing the degree of influence of a number of factors on the route fuel consumption of urban low-floor buses. As a result, a list of the most significant factors was formed. It is necessary for further mathematical modeling of route fuel consumption in the conditions of informatization of production work of individual modifications of low-floor city buses.

Keywords: fuel consumption, fuel consumption norms, low-floor city bus, operational factors, weather factors, a priori ranking, Concordia coefficient

For citation: Maksimov V.A., Tran D.K.D., Nguyen V.T. Quantitative assessment of factors affecting the route fuel consumption of city buses // Transport: science, equipment, management. Scientific Information Collection. 2024. №. 7. P. 59-66. DOI: 10.36535/0236-1914-2024-07-11.

Введение

Автомобильный транспорт – весьма энергоемкая отрасль экономики. Для предприятий, осуществляющих городские автобусные перевозки затраты на топливо, составляют свыше 15% от общих эксплуатационных расходов, что является значимой величиной. Для минимизации этих затрат необходимо исследовать процесс топливоиспользования на транспортном предприятии и выявить факторы, влияющие на расход топлива городских автобусов в условиях эксплуатации, и учитывать их влияние при нормировании расхода топлива.

Анализ состояния вопроса показал, что на расход топлива городских автобусов на маршруте влияют 5 основных совокупностей факторов [1, 2, 3, 7, 8 и др.]: группа конструкционных факторов, группа природно-климатических факторов, группа технологических факторов, группа эксплуатационных факторов и группа организационных факторов. В указанных группах факторов, существуют подгруппы факторов, характеризующих те или иные производственные условия и условия эксплуатации городских автобусов. Для количественной оценки названных факторов была проведена их экспертная оценка с использованием аппарата априорного ранжирования. В качестве экспертов выступали научные и практические работники, специализирующиеся на вопросах топливной экономичности городских автобусов.

Методический подход к априорному ранжированию при эксплуатации автомобильного транспорта

Априорное ранжирование – это метод исследования, основанный на экспертной оценке влияющих факторов группой квалифицированных специалистов [4, 5]. Он позволяет определять - какие факторы являются наиболее значимыми, и как они влияют на объект исследования.

Априорное ранжирование также позволяет исключить менее значимые факторы, которые могут привести к искажению результатов, а также сосредоточиться на факторах, которые имеют наибольшее значение для исследования. Это помогает увеличить точность и достоверность полученных результатов.

В данной работе количественная оценка влияния тех или иных факторов на маршрутный расход топлива городским низкопольным автобусом осуществлялась следующим образом [4, 5]:

В начале на основе исследований отечественных и иностранных ученых, таких как Гарбер А.З., Конин И.В., Захаров Н., Эль-Сайед Халиль Хусейна, Исмаилова Р.И., Суматохин Д.Г., Аринина И.Н., Говорущенко Н.Я. и др. [1, 2, 3, 7, 8] в сочетании с анализом текущего состояния проблемы, были синтезированы перечни факторов, включая 13 групп и подгрупп факторов, влияющих на расход топлива городских низкопольных автобусов.

Затем была разработана специальная анкета, включающая положения для сбора информации по квалификационным данным экспертов, перечню значимых факторов и их рангам, проставляемых экспертами. В анкете у экспертов попросили сделать индивидуальную количественную оценку рассматриваемых факторов, которые влияют на расход топлива городских низкопольных автобусов. В процессе ранжирования эксперты должны были расположить факторы в порядке убывания в зависимости от степени их влияния на маршрутный расход топлива. При этом наиболее значимому по мнению экспертов фактору должен был присвоен первый ранг (поставлялась цифра 1). А менее значимому фактору проставлялся второй ранг, т.е. цифра 2 и т.д. Если по мнению эксперта факторы являются равнозначными по влиянию на расход топлива, то им присваивались одинаковые ранги.

После формирования анкетных данных (анкет), они были переданы/разосланы экспертам, которые являются специалистами в рассматриваемых вопросах, но лично не заинтересованы в результатах проводимого исследования.

Необходимое число экспертов было определено с учётом заданных значений показателя достоверности (t_a) и допустимой ошибки (ε_1) по следующей формуле [4, 5]:

$$N = \frac{t_a^2}{\varepsilon_1}. \quad (1)$$

В свою очередь, предельно допустимая ошибка определяется отношением абсолютной погрешности (ε) к стандартному отклонению (σ) по формуле [4, 5]:

$$\varepsilon_1 = \frac{\varepsilon}{\sigma}. \quad (2)$$

Приняв $\varepsilon = 0,5$ и $\alpha = 0,85$, можно рассчитать минимально необходимое число экспертов равное 7. При

проводении исследования анкеты были разосланы и получены от 15 экспертов.

При обработке полученных анкет вначале проводилась оценка компетентности каждого эксперта. Она выполнялась по критерию, приведенному в [4, 5]. Компетентность j -го эксперта (φ_j) была определена с учётом числовых значений 6 заданных признаков ($X_{ij}, i = 1 \dots 6$) и их значимость (g_{ij}) по формуле [4, 5]:

$$\varphi_j = \sum_{i=1}^6 X_{ij} \cdot g_{ij}. \quad (3)$$

Значимость признаков представлена на рисунке 1. Эксперту, имеющему наименьшее значение φ_{min} , присваивается 1-й ранг, а ранги остальных экспертов (β_j – ранг j -го эксперта) определены отношением полученного значения компетентности данного эксперта (φ_j) к минимальному значению (φ_{min}) по формуле:

$$\beta_j = \frac{\varphi_j}{\varphi_{min}}. \quad (4)$$



Рис. 1. Значимость признаков при проведении исследований в области эксплуатации автомобильного транспорта

По итогам оценки компетентности было отобрано 11 экспертов, которые оказались наиболее квалифицированными по указанным выше критериям.

Дальнейшая обработка результатов экспертного опроса проводилась по методике, изложенной в [4, 5]. Весовые коэффициенты i -го влияющего фактора (ω_i) рассчитывались по итогам ранжирования с учётом общего числа исследуемых факторов в группе (k) и отдаваемого при ранжировании экспертами места фактора (ξ_i) по формуле [4, 5]:

$$\omega_i = \frac{2 \cdot (k - \xi_i + 1)}{k \cdot (k + 1)}. \quad (5)$$

Программное обеспечение экспертизы

Для реализации данной методики авторами было разработано и запатентовано специализированное программное обеспечение (ПО) «Программа обработки и анализа результатов экспертной оценки» [6]. Данное ПО предназначено для автоматизации процесса обработки и анализа анкет при проведении экспертизы, в том числе экспертной оценки влияния различных факторов и групп факторов на расход топлива. Для этого анкеты необходимо подготовить в электронном виде. Далее ПО в автоматическом режиме обрабатывает все полученные анкеты и выдает результаты расчётов.

Основные решаемые задачи ПО заключаются в следующем:

- автоматизированная обработка результатов экспертной оценки электронных анкет;
- расчёт коэффициентов веса и коэффициента конкордации i -ой группы факторов ($W_i, i = 1 \dots 13$), а также их значимости по критерию Пирсона (Хи-квадрата – χ^2) при анализе факторов, выдача выходных документов.

На рис. 2 представлена фрагмент выходного отчёта в виде файла экселя после выполнения работы ПО.

Группа факторов	Сумма рангов	Среднее рангов	Дисперсия рангов	Коэффициент конкордации	Хи-квадрат	Хи-квадрат критич	Уровень значимости	
факторы первого уровня	165	33	726		0.6	26.4	9.487729037	2.62785E-05
Фактор	Ранг	Вес						Значимость
Конструкционные	1	0.333333333						
Технологические	4	0.133333333						
Эксплуатационные	2	0.266666667						
Организационные	5	0.066666667						
Природно-климатические	3	0.2						
Группа факторов	Сумма рангов	Среднее рангов	Дисперсия рангов	Коэффициент конкордации	Хи-квадрат	Хи-квадрат критич	Уровень значимости	
Конструкционные	231	38.5	429.5	0.20283353	11.1558442	11.07049769	0.048376124	Значимость
Фактор	Ранг	Вес						
Эффективность конструкции :	1	0.285714286						
Качество проектирования узл	2	0.238095238						
Качество изготовления детал	3	0.19047619						
Качество применяемых мате	5	0.095238095						
Качество сборки узлов и агре	4	0.142857143						
Качество сборки автобуса в ц	6	0.047619048						
Группа факторов	Сумма рангов	Среднее рангов	Дисперсия рангов	Коэффициент конкордации	Хи-квадрат	Хи-квадрат критич	Уровень значимости	
Технологические	110	27.5	227	0.375206612	12.3818182	7.814727903	0.00618336	Значимость
Фактор	Ранг	Вес						
Состояние ПТБ автобусного п	4	0.1						
Система и организация ТО и р	2	0.3						
Персонал автобусного предп	3	0.2						
Состояние системы управлени	1	0.4						
Группа факторов	Сумма рангов	Среднее рангов	Дисперсия рангов	Коэффициент конкордации	Хи-квадрат	Хи-квадрат критич	Уровень значимости	
Эксплуатационные	66	22	38	0.157024793	3.45454545	5.991464547	0.177768573	Незначимость
Фактор	Ранг	Вес						
Дорожные условия	3	0.166666667						
Транспортные условия	2	0.333333333						
Условия движения	1	0.5						

Рис. 2. Фрагмент выходного отчёта при работе ПО

По результатам расчёта выделяются незначимые группы факторов (столбец «Уровень значимости», рис. 2), уровень значимости ($p\text{-value}$) коэффициента конкордации которых более 0,05, или фактическое значение критерия Пирсона меньше критического значения: $\chi^2_i < \chi^2_{kp}$. При этом значение коэффициента конкордации (W_i) варьируется от 0 до 1, где 1 означает полное совпадение мнений экспертов, а 0 – полное разногласие мнений экспертов.

Результаты экспертизы

Результаты экспертизы представлены на рис. 3-15. В результате обработки 11 выбранных анкет было установлено, что влияющие на расход топлива городских низкопольных автобусов факторы первого уровня распределились с большой степенью согласованности мнений экспертов ($W_1 = 0,6$; $\chi^2_1 = 26,4$; $\chi^2_{kp} = 9,48$; $p\text{-value} \approx 0$) следующим образом: конструкционные факторы (33%), далее идут эксплуатационные (27%), природно-климатические (20%), технологические (13%) и организационные (7%) (рис. 3).

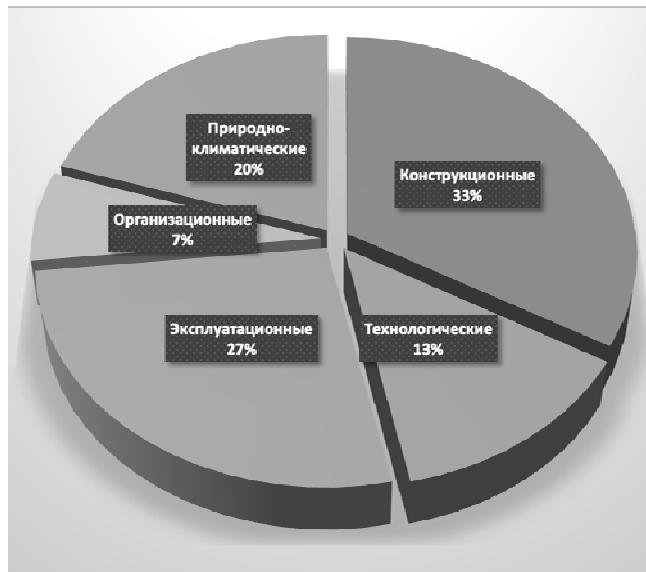


Рис. 3. Результаты ранжирования факторов первого уровня

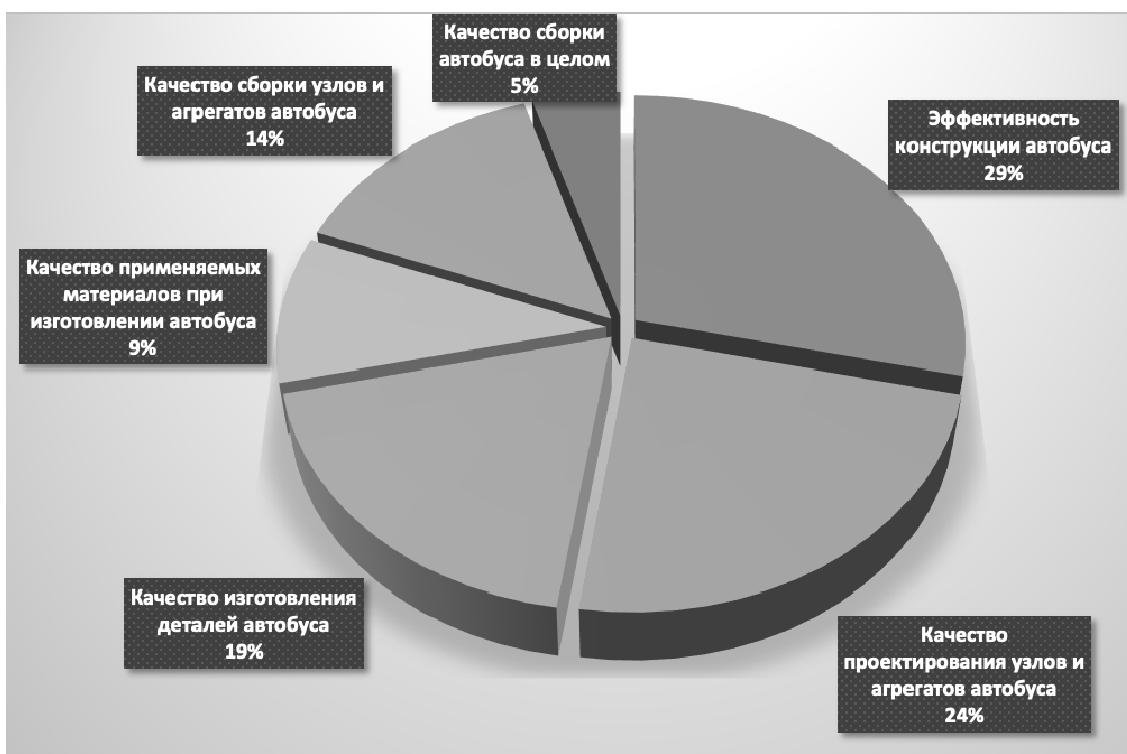


Рис. 4. Результаты ранжирования конструкционных факторов

По конструкционным факторам (рис. 4) эксперты особо выделили факторы «Эффективность конструкции автобуса» (27%), «Качество проектирования узлов и агрегатов автобуса» (23%) и «Качество изготовления деталей автобуса» (23%). При этом имеется относительно значимое значение коэффициента конкордации: $W_2 = 0,2$; $\chi^2_2 = 11,2$; $\chi^2_{kp} = 11,1$; $p\text{-value} = 0,048 < 0,05$.

По технологическим факторам результаты экспертизы представлены на рис. 5. При этом имеется значимое значение коэффициента конкордации:

$$W_3 = 0,38; \chi^2_3 = 12,4; \chi^2_{kp} = 7,8; p\text{-value} = 0,006 < 0,05.$$

По группе эксплуатационных факторов (рис. 6) в результате расчёта значимости коэффициента конкордации по критерию Пирсона (Хи-квадрата) показали, что факторы этой группы имеют слабое согласование по результатам ранжирования экспертами:

$$W_4 = 0,15; \chi^2_4 = 3,45; \chi^2_{kp} = 5,99; p\text{-value} = 0,178 > 0,05.$$

Это можно объяснить небольшим количеством факторов в группе (3 фактора) и особым мнением экспертов. С учетом данного обстоятельства по группе эксплуатационных факторов необходимо проводить дополнительное исследование с использованием аппарата математической статистики.



Рис. 5. Результаты ранжирования технологических факторов

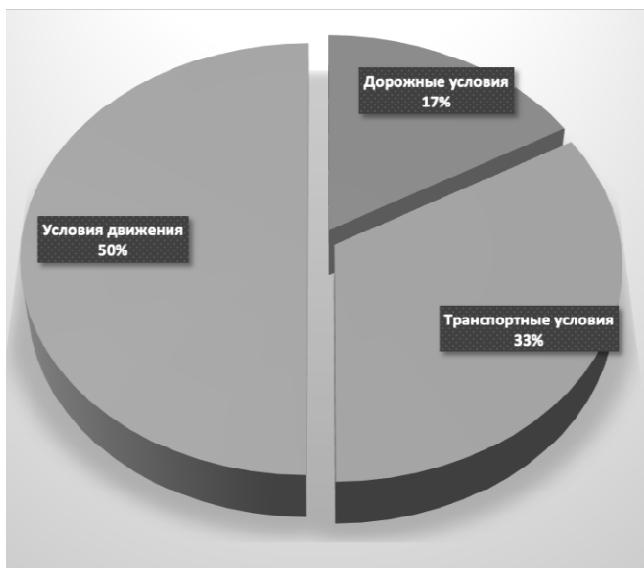


Рис. 6. Результаты ранжирования эксплуатационных факторов

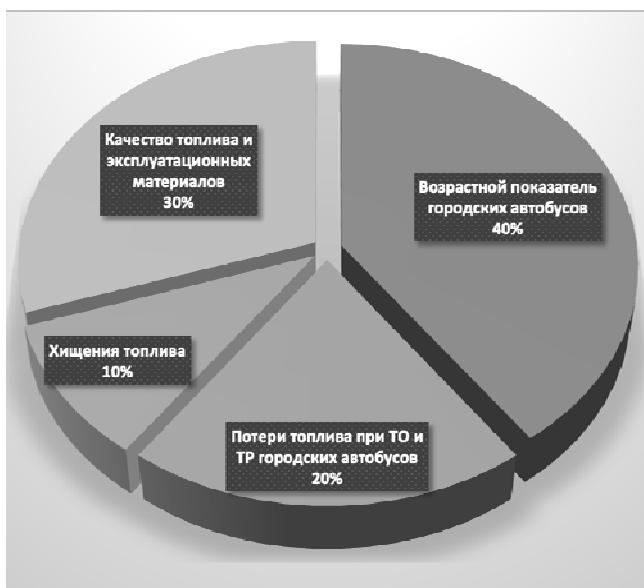


Рис. 7. Результаты ранжирования организационных факторов

Среди природно-климатических факторов (рис. 8) по значимости можно выделить фактор «температуру окружающего воздуха» (33%); «высоту снежного покрова» (27%) и «количество снеговых осадков» (20%). При этом имеется очень высокая степень согласованности мнений у экспертов:

$$W_6 = 0,61; \chi^2_6 = 26,7; \chi^2_{kp} = 9,5; p\text{-value} \approx 0.$$

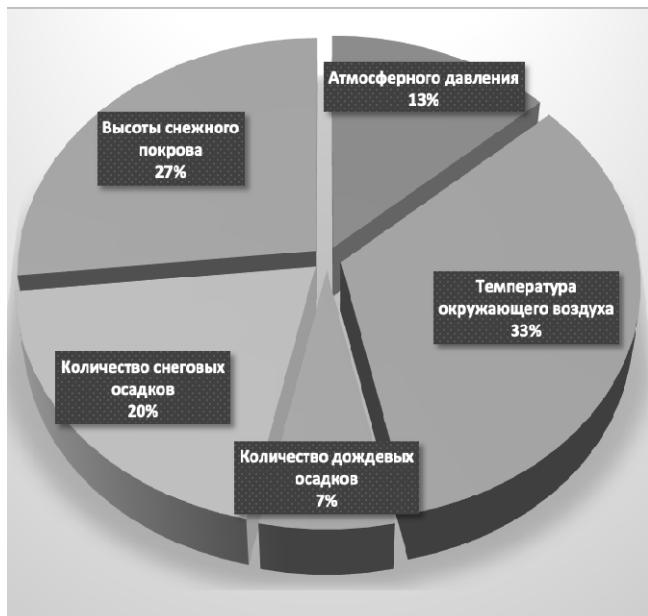


Рис. 8. Результаты ранжирования природно-климатических факторов

Среди организационных факторов эксперты выделили как наиболее значимыми фактор «возрастной показатель городских автобусов» (40%). Перечень факторов и весовые коэффициенты представлены на рис. 7. При этом имеется значимое значение коэффициента конкордации:

$$W_5 = 0,30; \chi^2_5 = 9,8; \chi^2_{kp} = 7,8; p\text{-value} = 0,02 < 0,05.$$

По фактором третьего уровня были получены следующие результаты ранжирования (рис. 9-15).

Среди технологического фактора «Состояния производственно-технической базы (ПТБ) автобусного предприятия» по значимости можно выделить фактор «Управление качеством ТО и ТР» (50%). Подробные результаты представлены на рис. 9, при этом имеется значимое значение коэффициента конкордации:

$$W_7 = 0,40; \chi^2_7 = 8,9; \chi^2_{kp} = 6,0; p\text{-value} = 0,012 < 0,05.$$

Среди технологического фактора «Системы и организации ТО и ремонта в автобусном предприятии» по значимости можно выделить факторы «Применение обоснованных нормативов по ТО и ТР» (40%) и «Выполнение рекомендаций и нормативов по ТО и ТР» (30%) с высокой степенью согласованности мнений между экспертами:

$$W_8 = 0,56; \chi^2_7 = 18,6; \chi^2_{kp} = 7,8; p\text{-value} \approx 0.$$

Подробные результаты ранжирования представлены на рис. 10.

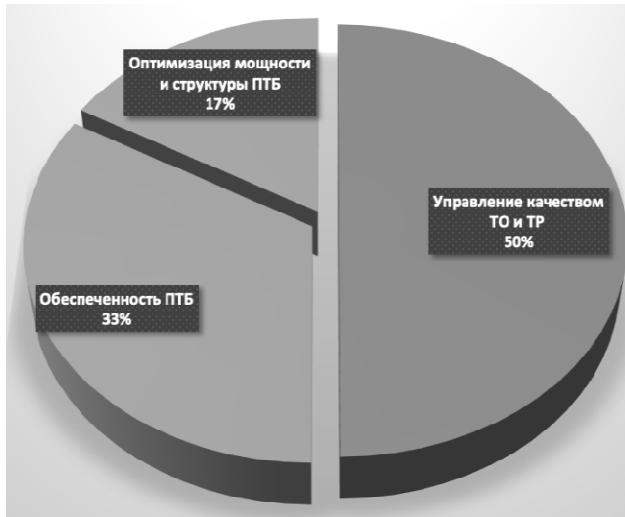


Рис. 9. Результаты ранжирования технологического фактора «Состояния ПТБ автобусного предприятия»



Рис. 10. Результаты ранжирования технологического фактора «Системы и организации ТО и ремонта в автобусном предприятии»

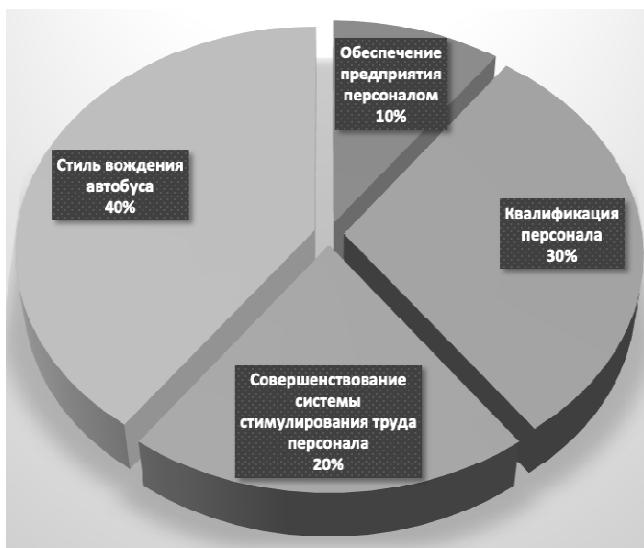


Рис. 11. Результаты ранжирования технологического фактора «Персонал автобусного предприятия»

Среди технологического фактора «Персонал автобусного предприятия» по значимости можно выделить факторы «Стиль вождения автобуса» (40%) и «Квалификация персонала» (30%).

фикация персонала» (30%). На рис. 11 представлены перечень и весовые коэффициенты данной группы факторов. При этом имеется значимое значение коэффициента конкордации:

$$W_9 = 0,296; \chi^2_9 = 9,8; \chi^2_{kp} = 7,8; p\text{-value} = 0,02 < 0,05.$$

Среди технологического фактора «Состояние системы управления расходом топлива в автобусном предприятии» по значимости можно выделить фактор «Применение рациональных норм расхода топлива на предприятии» (50%). Подробные результаты ранжирования представлены на рис. 12. При этом имеется значимое значение коэффициента конкордации:

$$W_{10} = 0,405; \chi^2_{10} = 8,9; \chi^2_{kp} = 6,0; p\text{-value} = 0,012 < 0,05.$$

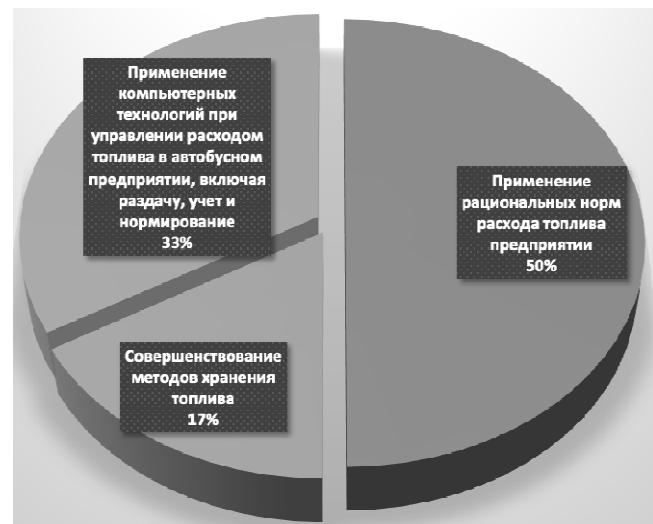


Рис. 12. Результаты ранжирования технологического фактора «Состояние системы управления расходом топлива в автобусном предприятии»

Среди эксплуатационного фактора «Дорожных условий» по значимости можно выделить фактор «Состояние дорожного покрытия» (50%) с степенью согласованности между экспертами:

$$W_{11} = 0,405; \chi^2_{11} = 8,9; \chi^2_{kp} = 6,0; p\text{-value} = 0,012 < 0,05.$$

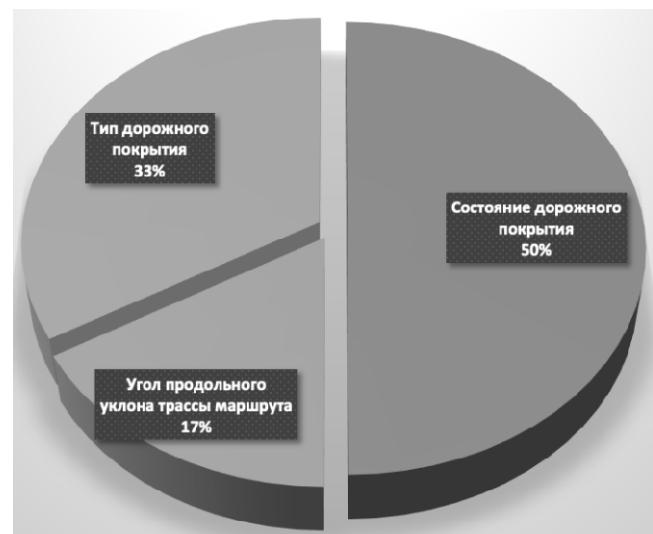


Рис. 13. Результаты ранжирования эксплуатационного фактора «Дорожные условия»

Среди эксплуатационного фактора «Транспортные условия» по значимости можно выделить ряд факторов: «Частота плановых и внеплановых остановок» (29%), «Удельное число перекрестков на трассе маршрута» (24%), «Удельное число поворотов трассы маршрута» (19%), «Количество полос движения» (14%) (рис. 14). При этом имеется значимое значение коэффициента конкордации:

$$W_{12} = 0,257; \chi^2_{12} = 14,2; \chi^2_{kp} = 11,07; p\text{-value} = 0,015 < 0,05.$$

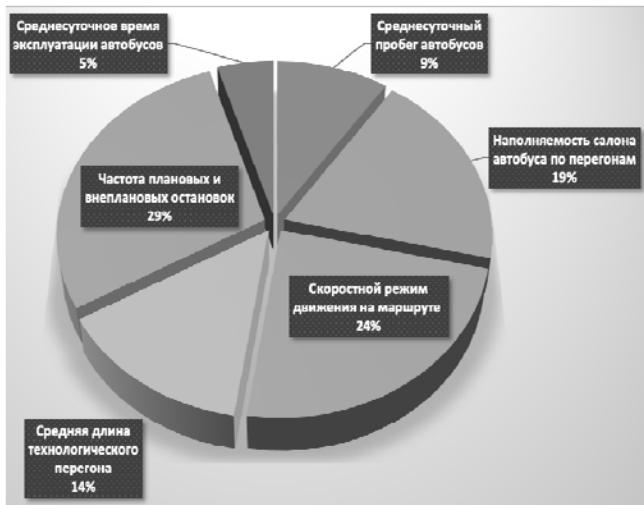


Рис. 14. Результаты ранжирования эксплуатационного фактора «Транспортные условия»

Среди эксплуатационного фактора «Условия движения» (рис. 13) по значимости можно выделить факторы «Интенсивность движения транспортного потока» (29%), «Удельное число перекрестков на трассе маршрута» (24%) «Удельное число поворотов трассы маршрута» (19%); «Количество полос движения» (14%) (рис. 15). Данные результаты были получены с большой степенью согласованности:

$$W_{13} = 0,567; \chi^2_{13} = 31,2; \chi^2_{kp} = 11,07; p\text{-value} \approx 0.$$

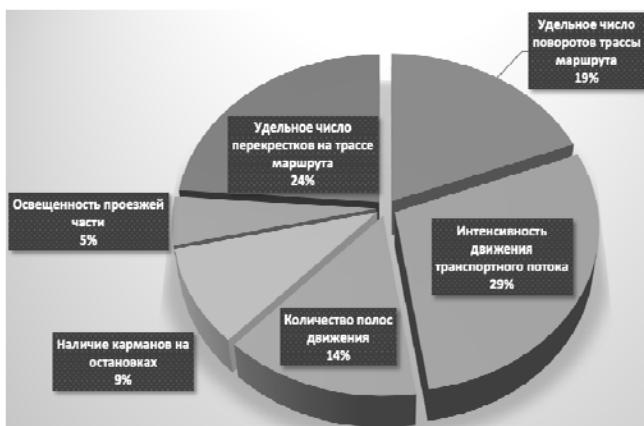


Рис. 15. Результаты ранжирования эксплуатационного фактора «Условия движения»

Заключение

1. Факторы, влияющие на расход топлива городских автобусов в условиях эксплуатации, разделены на 5 групп. Среди них квалифицированными экспертами

наиболее значимыми факторами, влияющими на расход топлива городских низкопольных автобусов в эксплуатации названы конструкционные факторы (33%), эксплуатационные факторы (27%) и др.

2. Среди конструкционных факторов по результатам априорного ранжирования были особо выделены – эффективность конструкции автобуса (27%), качество проектирования узлов и агрегатов автобуса и качество изготовления деталей автобуса – по (23%) соответственно.

3. По группе эксплуатационных факторов у экспертов не получилось согласованного мнения. С учетом данного обстоятельства по группе эксплуатационных факторов необходимо проводить дополнительное исследование с использованием аппарата математической статистики.

4. Среди природно-климатических факторов эксперты особо выделили по влиянию на расход топлива городских низкопольных автобусов в эксплуатации температуру окружающего воздуха (33%), высоту снежного покрова (27%) и количество сугробов осадков (20%).

5. В группе технологических факторов по значимости квалифицированными экспертами были отмечены состояние системы управления расходом топлива в автобусном предприятии (40%) и систему и организацию ТО и ремонта в автобусном предприятии (30%).

6. Среди организационных факторов наиболее значимыми по влиянию на расход топлива городских автобусов в эксплуатации по мнению квалифицированных экспертов являются возрастной показатель городских автобусов (40%) и качество топлива и эксплуатационных материалов (30%).

© Максимов В.А., Чан Д.К.З., Нгуен В.Т., 2024.

Список использованных источников

- Гарбер, А. Опыт маршрутного нормирования расхода топлива / А. Гарбер, В. Зотов, А. Ковалев // Автомобильный транспорт. – 1985. - №12. - с. 31-32.
- Исмаилов, Р.И. Совершенствование технической эксплуатации городских автобусов за счёт корректирования её основных нормативов и нормирования расхода топлива на основе статистической информации: дисс. ... канд. техн. наук.: 05.22.10 / Р.И. Исмаилов. – М.: МАДИ (ТУ) 2003. – 170 с.
- Конин, И.В. Разработка метода оценки сложности автобусных маршрутов: дисс. ... канд. техн. наук.: 05.22.10 / И.В. Конин. – М.: МАДИ (ТУ) 1993. – 232 с.
- Кузнецов Е.С. Управление техническими системами. Учебное пособие. - М.: МАДИ, 2003 -247 с.
- Максимов В.А. Управление техническими системами: учебно-методическое пособие к лаб. работам/Максимов В.А. - М.: МАДИ, 2019. - 155 с.
- Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023686360 Российской Федерации. Программа обработки и анализа результатов экспертной оценки: № 2023686446 : заявл. 06.12.2023 : опубл. 06.12.2023 / В. Т. Нгуен, В. А. Максимов, Д. К. З. Чан ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)».

7. Суматохин, Д.Г. Повышение эффективности разработки индивидуальных маршрутных норм расхода топлива для городских автобусов: дисс. канд. техн. наук.: 05.22.10 / Д.Г. Суматохин. – М.: Московский государственный индустриальный университет 2012. – 207 с.

8. Zacharof, N. Review of in use factors affecting the fuel consumption and CO₂ emissions of passenger cars / Zacharof N., Fontaras G., Ciuffo B., Tsiakmakis S. et al. // JRC Science for policy report EUR 27819 EN. – 2016. – doi: 10.2790/140640

Информация об авторах

Виктор Александрович Максимов – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» МАДИ, 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64.

Дык Кхань Зыонг Чан – магистр кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» МАДИ, 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64.

Van Tu Nguyen – аспирант кафедры «Эксплуатация автомобильного транспорта и автосервис» МАДИ, 125319, Москва, Ленинградский проспект, 64.

Information about the authors

Viktor A. Maksimov – Doctor (Tech.), Professor, Professor of Department of Operation and servicing of motor vehicles MADI, 64 Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319.

Duc Khanh Duong Tran – Master, Department of Operation and servicing of motor vehicles MADI, 64 Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319.

Van Tu Nguyen – Postgraduate, Department of Operation and servicing of motor vehicles MADI, 64 Leningradsky Prospekt, Moscow, 125319.

Статья поступила в редакцию 28.02.2024, одобрена после рецензирования 27.03.2024., принятая к публикации 17.04.2024.

The article was submitted 28.02.2024, approved after reviewing 27.03.2024, accepted for publication 17.04.2024.

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

All authors have made an equivalent contribution to the preparation of the publication. The authors declare that there is no conflict of interest.