ISSN 2219-8180 (Print); ISSN 2518-7899 (Online)

ВІСНИК ДОНЕЦЬКОЇ АКАДЕМІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

VÌSNIK DONEC′KOÏ AKADEMÌÏ AVTOMOBÌL′NOGO TRANSPORTU

№2
2020

Науковий журнал

Транспортні технології

Транспорт і двигуни внутрішнього згоряння

Надійність і довговічність механізмів машин

Проектування, будівництво та експлуатація автомобільних доріг

Виходить 4 рази на рік

Видається з січня 2004 року

Донецьк
2020

ISSN 2219-8180 (Print); ISSN 2518-7899 (Online)

Засновник:
ДОНЕЦЬКА АКАДЕМІЯ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

ГОЛОВНИЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛУ Енглезі І.П., ректор Академії, к.т.н., доцент

ЗАСТУПНИК ГОЛОВНОГО РЕДАКТОРА Сунцов М.В., д.х.н., професор

ВІДПОВІДАЛЬНИЙ СЕКРЕТАР Прилепський Ю.В., к.т.н., доцент

ЧЛЕНИ РЕДАКЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ:
Алексанров В.Д., Балабін І.В. (Російська Федерація), Бєлов Ю.В., Бєлоусов В.В., Братчун В.І., Власов В.М. (Російська Федерація), Гасанов Б.Г. (Російська Федерація), Доля А.Г., Зирянов В.В. (Російська Федерація), Кондрахін В.П., Макаров В.А. (Республіка Білорусь), Мєльнікова О.П., Міротін Л.Б. (Російська Федерація), Міщенко М.І., Паламарчук М.В., Пєнчук В.О., Сіл'янов В.В. (Російська Федерація), Солнцев О.О. (Російська Федерація), Чєпцов М.М., Шамота В.П., Шатров М.Г. (Російська Федерація)

Рекомендовано до друку вченою радою Донецької академії автомобільного транспорту Протокол № 9 від 27.05.2020 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію: серія КВ № 15 936-4408 ПР від 02.12.2009 р., видане Міністерством юстиції України.

Видання зареєстровано і обробляється в міжнародних наукометричних системах РІНЦ (Російська Федерація), «Index Copernicus» (Польща), «Google Scholar».
Електронна версія видання надається у вільний доступ на власному сайті журналу «Вісник Донецької академії автомобільного транспорту», на платформі Наукової електронної бібліотеки eLibrary.ru та на сайті Національної бібліотеки України імені В.І. Вернадського.
Видання відображається у реферативній базі даних «Україніка наукова».
У журнал увійшли статті співробітників, магістрантів, аспірантів та докторантів Донецької академії автомобільного транспорту та інших навчальних закладів

За достовірність фактів, цифр, точність імен та прізвищ несуть відповідальність автори статей.

Матеріали номера друкуються мовою оригіналу

Видавець: ПП «Рекламно-видавнича фірма «Молнія» Адреса: вул. Октября, 22 а, м. Донецьк, 83030

Адреса засновника та редакції: пр. Дзержинського, 7, м. Донецьк, 83086
тел.: +38 (062) 345-21-90; e-mail: nauka@diat.edu.ua, rector@diat.edu.ua; сайт журналу: http://journal.diat.edu.ua/

Видання публікується з 2004 р.:
2004-2009 рр. – Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту
з 2009 р. – Вісник Донецької академії автомобільного транспорту

© Вісник Донецької академії автомобільного транспорту, 2020

ISSN 2219-8180 (Print); ISSN 2518-7899 (Online)

ВЕСТНИК ДОНЕЦКОЙ АКАДЕМИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

VESTNIK DONECKOJ AKADEMII AVTOMOBIL′NOGO TRANSPORTA

№2
2020

Научный журнал

Транспортные технологии

Транспорт и двигатели внутреннего сгорания

Надежность и долговечность механизмов машин

Проектирование, строительство и эксплуатация автомобильных дорог

Выходит 4 раза в год

Издается с января 2004 года

Донецк
2020

ISSN 2219-8180 (Print); ISSN 2518-7899 (Online)

Учредитель:
ДОНЕЦКАЯ АКАДЕМИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР ЖУРНАЛА Энглези И.П., ректор Академии, к.т.н., доцент

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА Сунцов Н.В., д.х.н., профессор

ОТВЕТСТВЕННЫЙ СЕКРЕТАРЬ Прилепский Ю.В., к.т.н., доцент

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:
Александров В.Д., Балабин И.В. (Российская Федерация), Белов Ю.В., Белоусов В.В., Братчун В.И., Власов В.М. (Российская Федерация), Гасанов Б.Г. (Российская Федерация), Доля А.Г., Зырянов В.В. (Российская Федерация), Кондрахин В.П., Макаров В.А. (Республика Беларусь), Мельникова Е.П., Миротин Л.Б. (Российская Федерация), Мищенко Н.И., Паламарчук Н.В., Пенчук В.А., Сильянов В.В. (Российская Федерация), Солнцев А.А. (Российская Федерация), Чепцов М.Н., Шамота В.П., Шатров М.Г. (Российская Федерация)

Рекомендовано к печати ученым советом Донецкой академии автомобильного транспорта Протокол № 9 от 27.05.2020 г.

Свидетельство о государственной регистрации: серия КВ № 15 936-4408 ПР от 02.12.2009 г., выдано Министерством юстиции Украины.
Издание зарегистрировано и обрабатывается в международных наукометрических системах РИНЦ (Российская Федерация), «Index Copernicus» (Польша), «Google Scholar».
Электронная версия издания предоставляется в свободный доступ на собственном сайте журнала «Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта», на платформе Научной электронной библиотеки eLibrary.ru и на сайте Национальной библиотеки Украины имени В.И. Вернадского.
Издание отображается в реферативной базе данных «Українiка наукова».

В журнал вошли статьи сотрудников, магистрантов, аспирантов и докторантов Донецкой академии автомобильного транспорта и других учебных заведений

За достоверность фактов, цифр, точность имен и фамилий несут ответственность авторы статей.

Материалы номера печатаются на языке оригинала

Издатель: ЧП «Рекламно-издательская фирма «Молния» Адрес: ул. Октября, 22 а, г. Донецк, 83030

Адрес учредителя и редакции: пр. Дзержинского, 7, г. Донецк, 83086
тел.: +38 (062) 345-21-90; e-mail: nauka@diat.edu.ua, rector@diat.edu.ua; сайт журнала: http://journal.diat.edu.ua/

Издание публикуется с 2004 г.:
2004-2009 гг. – Вестник Донецкого института автомобильного транспорта
с 2009 г. – Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта

© Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта, 2020

ISSN 2219-8180 (Print); ISSN 2518-7899 (Online)

BULLETIN OF THE DONETSK ACADEMY OF AUTOMOBILE TRANSPORT

№2
2020

Scientific journal

Transport technology

Transport and internal combustion engines

Reliability and durability machines mechanisms

Design, construction and operation of roads

Published every three months

Founded in January 2004

Donetsk
2020

ISSN 2219-8180 (Print); ISSN 2518-7899 (Online)

Founder:
DONETSK ACADEMY OF AUTOMOBILE TRANSPORT

EDITOR-IN-CHIEF Englezi I.P., Rector of the Academy, Candidate of Engineering Sciences, Docent

DEPUTY CHIEF EDITOR Suntsov M.V., Doctor of Chemical Sciences, professor

EXECUTIVE SECRETARY Prilepsky Yu.V., Candidate of Engineering Sciences, Docent

EDITORIAL BOARD MEMBERS:
Aleksandrov V.D., Balabin I.V. (Russian Federation), Belov Y.V., Belousov V.V., Bratchun V.I., Vlasov V.M. (Russian Federation), Gasanov B.G. (Russian Federation), Dolya A.G., Zyryanov V.V. (Russian Federation), Kondrahin V.P., Makarov V.A.(Republic of Belarus), Melnikova O.P., Mirotin L.B. (Russian Federation), Mishchenko N.I., Palamarchuk N.V., Penchuk V.A., Silyanov V.V. (Russian Federation), Solntsev A.A. (Russian Federation), Cheptsov M.M., Shamota V.P., Shatrov M.G. (Russian Federation)

Recommended for publication by the Academic Council of Donetsk Academy of Automobile Transport Protocol number 9 of 27.05.2020

State registration certificate: series number KV №15 936-4408 PR from 02.12.2009, Issued by the Ministry of Justice Ukraine
Magazine is registered and processed in the international scientometric systems RINTS (Russian Federation), «Index Copernicus» (Poland), "Google Scholar».
The electronic version of of edition is provided free access to their own online journal "Bulletin of Donetsk Academy of Automobile Transport" on the platform of the Scientific Electronic Library Online eLibrary.ru and the National Library of Ukraine named after V.I. Vernadsky.
The publication appears in a summary database "Ukrainika science."

The magazine includes articles staff, undergraduates, postgraduates and doctoral Donetsk Academy of Automobile Transport and other educational institutions.

The reliability of the facts, numbers accuracy of the names are responsible the authors papers.

Materials of number are printed by the language of original

Publisher: PE "Advertising and Publishing Company" Molniya " Address: Str. Oktyabrya, 22 a, Donetsk, 83030

Address founder and editorial: ave. Dzerzhinskoho, 7, Donetsk, 83086
Tel .: +38 (062) 345-21-90; e-mail: nauka@diat.edu.ua, rector@diat.edu.ua; Website Magazine: http://journal.diat.edu.ua/

Edition is being published since 2004:
2004-2009 – Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту
since 2009 – Вісник Донецької академії автомобільного транспорту

© Bulletin of the Donetsk academy of automobile transport, 2020

ЗМІСТ

Транспортні технології

Глинський В.А., Растегаева Є.В., Докторова В.С. **Аналіз перспективних напрямків розвитку транспортної інфраструктури далекого сходу** 10

Кизим О.В. **Логістичне забезпечення родовищ крайньої півночі** 15

Середов Е.А. **Перспективи організації високошвидкісного руху поїздів** 22

Транспорт і двигуни внутрішнього згоряння

Балалаєв А.Н., Клінюшін С.В. **Підвищення енергоефективності процесу мойки колісних пар залізничних вагонів** 29

Надійність і довговічність механізмів машин

Аязбай М.Д., Джілкібаев Е.С., Булганкулов К.Б. **Визначення величини натягу еластомерного покриття при відновленні посадки підшипників кочення** 40

Аязбай М.Д., Джілкібаев Е.С., Дукембаєв Т.К. **Визначення мінімальної товщини еластомерного покриття при відновлені посадки підшипників кочення** 46

Омельянюк Д.Т., Загородній Н.А. **Ресурс кузова легкового автомобіля, причини старіння, методи визначення** 51

Правила подання та оформлення статей 56

Порядок рецензування статей 58

СОДЕРЖАНИЕ

Транспортные технологии

Глинский В.А., Растегаева Е.В., Докторова В.С. **Механизмы оптимизации логистики анализ перспективных направлений развития транспортной инфраструктуры Дальнего Востока** 10

Кизим О.В. **Логистическое обеспечение месторождений крайнего севера** 15

Середов Е.А. **Перспективы организации высокоскоростного движения поездов** 22

Транспорт и двигатели внутреннего сгорания

Балалаев А.Н., Клинюшин С.В. П**овышение энергоэффективности процесса мойки колесных пар железнодорожных вагонов** 29

Надежность и долговечность механизмов машин

Аязбай М.Д., Джилкибаев Е.С., Булганкулов К.Б. **Определение величины натяга эластомерного покрытия при восстановлении посадки подшипников качения** 40

Аязбай М.Д., Джилкибаев Е.С., Дукембаев Т.К. **Определение минимальной толщины эластомерного покрытия при восстановлении посадки подшипников качения** 46

Омельянюк Д.Т., Загородний Н.А. **Ресурс кузова легкового автомобиля, причины старения, методы определения** 51

Правила представления и оформления статей 56

Порядок рецензирования статей 58

CONTENTS

Transport technology

Glinskiy V.A., Rastegaeva E.V., Doktorova V.S. **Analysis of perspective directions of development of the transport infrastructure of the Far East** 10
Kizim O.V. **Logistic support of deposits in the far north** 15
Seredov E.A. **Prospects for organizing high-speed train traffic** 22

Transport and internal combustion engines

Balalaev A.N., Klinyushin S.V. **Improving the energy efficiency of the railway car wheel washing process** 29

Reliability and durability machines mechanisms

Ayazbay M.D., Dzhilkibaev E.S., Bultankulov K.B. **Determination of the tension value of the elastomeric coating when restoring the fit of rolling bearings** 40

Ayazbay M.D., Dzhilkibaev E.S., Dukenbaev T.K. **Determination of the minimum thickness of the film of motionless connections of the cars restored elastomers** 46

Omelyanyuk D.T., Zagorodniy N.A. **Resource of a passenger car body, causes of aging, methods of determination** 51

Submission rules and guidelines 56

The order of reviewing articles 58

УДК 656.7:658

ГЛИНСКИЙ В.А., к.т.н., доцент;
РАСТЕГАЕВА Е.В.;
ДОКТОРОВА В.С.
Санкт-Петербургский Государственный Университет Гражданской Авиации,
г. Санкт-Петербург, Россия

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА

В статье рассмотрены варианты формирования единой транспортной сети (ЕТС) Дальнего Востока (ДВ) и Восточной Сибири в части развития международных транспортных коридоров (МТК) и новых интермодальных хабов (Якутск, Ванино, Владивосток, Самарга, Аян).
Ключевые слова: *Дальневосточный федеральный округ (ДФО), Дальний восток (ДВ), Транссибирская магистраль (ТСМ), Байкало-Амурская магистраль (БАМ), Северный морской путь (СМП), Трансполярная магистраль (ТПМ), Азиатско-Тихоокеанский регион (АТР).*

Постановка задачи

Дальний Восток России – это исторически особая часть государства. Ее основным преимуществом как макрорегиона является отношение как в физической, так и экономической степени к восточно-азиатскому и северотихоокеанскому субрегионам.

В связи с принятием Правительством РФ ряда решений об ускоренном социально-экономическом развитии Сибири и Дальнего Востока, в том числе различных госпрограмм отмечается, что грузопотоки страны всё больше будут смещаться в восточном направлении. Этому способствует укрепление внешнеэкономических связей России со странами Азиатско-Тихоокеанского региона (АТР). Данное утверждение основывается на прогнозе Минэкономразвития РФ, в котором говорится об экономическом росте и росте объёма перевалки морских российских портов Тихоокеанской России за счёт развивающихся стран (преимущественно Китая и Индии) на 30% к 2020 году и на 50% к 2030 году [1-3]. Стоит заметить, что экономический потенциал не только самого Дальнего Востока, но и всей российской экономики на тихоокеанском направлении не может быть полноценно реализован без соответствующего сопровождения со стороны морского транспорта.

Цель работы

В рамках данной работы рассматриваются перспективные проекты и программы по развитию транспортного потенциала Дальнего Востока Российской Федерации, с целью нахождения решения проблемы отсутствия современного инфраструктурно-пространственного каркаса данного макрорегиона.

Основная часть

Дальний Восток РФ – это исторически особая часть государства, в экономическом и физическом плане являющаяся частью восточноазиатского и северотихоокеанского субрегионов мира.

Внешнеэкономические связи РФ со странами АТР приведут к смещению грузопотоков страны в восточном направлении и к росту объёма перевалки морских российских портов Дальнего Востока на 50% к 2030 году.

ISSN 2219-8180 (Print); ISSN 2518-7899 (Online)

В настоящее время на побережье ДВ РФ находятся 33 морских порта, большая часть которых является международными, а три – составными частями крупнейших транспортных узлов (Владивосток, Находка и Ванино). Имея выгодное географическое положение, часть транспортных путей Дальнего Востока относится к МТК.

Во-первых, «Транссиб» - по ней перевозится более 50% внешнеторговых и транзитных грузов в РФ. Данная ж/д магистраль пролегает до самого берега Японского моря. Наиболее крупным портом для этого коридора является порт «Владивосток». Через него Россия осуществляет ВЭД со 104 странами.

Во-вторых, МТК «Байкало-Амурская магистраль» – соединяет Предбайкалье и Дальний Восток с выходом в порт «Советская Гавань» и портом Ванино.

ЕТС ДВ включает важные МТК (ТСМ, БАМ, ТПМ). Здесь также берет начало СМП. Будучи связанным с АТ ТК и «Баренцево-Евроарктическим» ТК, он соединяет порты Юго-Восточной Азии, РФ и ЕС. Кроме того, коридоры «Приморье-1» и «Приморье-2», протяженностью более 420 км служат для связи регионов КНР, не имеющих выхода к морю, с США, странами АТР и ЕС (рис.1).

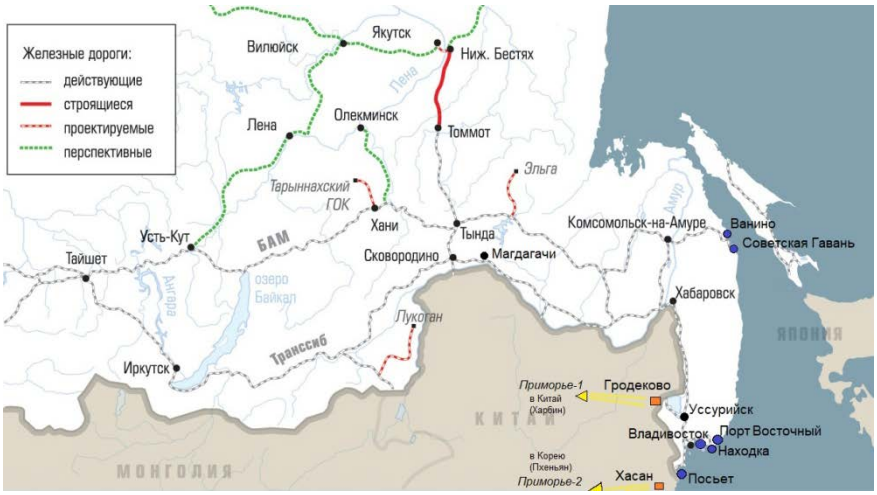


Рис. 1. ТСМ, БАМ, Приморье-1, Приморье-2 и перспективные МТК

Если сравнить объемы грузооборота в разных водных бассейнах РФ – Дальневосточный по активности во внешней торговле занимает третье место. За последние годы его товарооборот вырос более чем на 28%. В то же время, складывается тенденция сокращения объёмов грузов, экспортируемых российскими судами. Причинами данной тенденции являются снижение выручки от продажи отечественных товаров, низкий уровень развития складской и транспортно-логистической инфраструктуры и связанного с ними смежного транспорта – ж/д, а/м и трубопроводного.

Так, стивидорные компании сталкиваются со снижением грузооборота за счет недостаточной пропускной способности железной дороги. Это же является сдерживающим фактором для новых инвесторов. Модернизация инфраструктуры портов, особенно советской постройки (Находка), является первостепенной проблемой. Однако изменения касаются только крупных портов.

Тогда как, в Хабаровском крае 6 морских портов – Ванино, Советская Гавань, Охотск, Николаевск-на-Амуре, мыс Лазарева, Де-Кастри, многие из них, например, мыс Лазарева, давно не работают, а грузооборот Охотского порта падает. Порт Советская Гавань планируется объединить с п. Ванино в один транспортный узел, тем самым решить проблему

малодоходности Совгавани. Вся ударная мощь по обработке грузов ложится на п. Ванино, являющимся наиболее технически современным из действующих.

Но помимо модернизации особый акцент делается на необходимости строительства новых морских портовых комплексов. Самым интересным из них является создание к 2026 году универсального ТЛЦ «Самарга».

В проект закладывается строительство ТЛЦ «Ракитное» и универсального морского порта (УМП) «Самарга», который будет иметь контейнерный, угольный и универсальный терминалы, комплексы по перевалке нефтепродуктов и обработке паромных грузовых судов.

Примечателен этот проект и тем, что будет проложена ж/д ветка «Хабаровск – Самарга» (рис.2), которая свяжет морской порт с "сухим" (Самарга – Хабаровск-2).



Рис. 2. Проект МТК «Самарга»

Это будет новый и кратчайший транспортный коридор, обслуживающий большинство портов ДВ РФ, Японии, Китая и Кореи. Он позволит ускорить доставку грузов в европейскую часть на 1,5 суток и сократит расстояние от Хабаровска до Владивостока и Находки более чем в 2 раза.

В свою очередь, отклонение грузопотоков ТСМ и разгрузка главного хода на участке Хабаровск – Уссурийск – Владивосток / Находка дает возможность реализации транзитного потенциала МТК Приморье – 1, а также создает все условия для организации скоростного пассажирского ж/д сообщения Владивосток—Хабаровск.

Помимо портового строительства, толчок в развитии всего севера Хабаровского края может дать строительство автодороги «Амга – Югорёнок – Аян», которая возобновит транспортную связь жизненно-важных грузов на севере Хабаровского края, а также даст Республике Саха (Якутия) выход к Охотскому морю – к порту Аян (рис.3).

Для Якутии продолжение строительства трассы от региональной дороги «Амга» - это возможность обеспечить через порт Аян всем необходимым труднодоступные восточные улусы, т.к. сегодня транспортная логистика РС(Я) более затратная, чем была бы через Охотское море.

В 2017 г. Хабаровский край и Якутия подписали Охотское соглашение о сотрудничестве на ближайшие шесть лет, заключающееся в создании проекта дороги. Протяженность автодороги составит 1261 км, при этом более половины пути уже построено и эксплуатируется. Сюда входят около 400 км дороги «Амга», 280-километровая трасса «Эльдикан – Югорёнок», а также некоторые участки в Хабаровском крае, один из которых до Нелькана.

Появление данной автодороги может сильно повлиять на эффективность доставки грузов, осуществляемой по СМП. Как было сказано выше, «влияние» СМП в ДФО также ощутимо, как и в Баренцево-Евроарктическом регионе. И обратно – повышение грузоперевозок Севморпути в значительной степени зависит от эффективной организации портово-транспортной и логистической инфраструктуры, навигационной службы обеспечения, ледокольной проводки и от развития портовых комплексов отдельных участков трассы СМП.

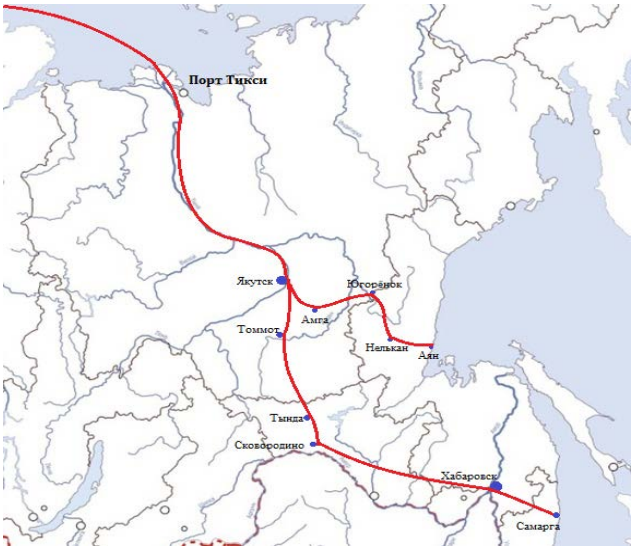


Рис. 3. Перенаправление грузопотока СМП к портам Аян и Самарга

Так, Якутия намерена реконструировать морскую инфраструктуру портов Тикси, Зеленый Мыс, построить порты и причалы на арктических реках Анабар, Яна, Индигирка, Колыма. Разгрузка СМП и перенаправление грузов через п. Тикси по реке Лена до Якутска, а дальше по ТК «Транссиб», «БАМ» и по их ответвлениям до морских портов ДФО – позволит интегрировать маршруты поставки грузов между портами стран АТР, ЕС, Северной Америки и РФ без привлечения услуг ледокольной проводки и в меньшие сроки.

С этой целью планируется создание Северо-якутской опорной зоны, в которой будут действовать налоговые, таможенные и иные льготы при реализации инвестиционных проектов. Приоритетными являются проекты по освоению месторождений углеводородов на шельфе и на материковой части арктической зоны Якутии, добыча твердых полезных ископаемых на суше.

Не стоит оставлять без внимания «Сталинский» проект ж/д магистрали «Постышево – Тугур». Предполагаемая к строительству магистраль может послужить началом развития транспортной сети на дальнем северо-востоке РФ.

Суть этого проекта заключается в продолжении железной дороги от села Тугур вдоль побережья Охотского моря, до Чумикана и Аяна, Охотска и даже до Магадана. Чтобы дойти до Чумикана, будет необходимо пробить тоннель к берегам реки Амгунь, вдоль которой имеется удобный рельеф для строительства дороги, а далее по плоскогорью к реке Тугур до самого берега моря.

Протяженность такой «чугунки» от ж/д станции «Постышево», находящейся на БАМ, до Тугура, будет составлять 270 км и откроет возможность к освоению перспективного месторождения золота Кутын и к другим запасам полезных ресурсов.

Данный проект имеет реальные экономические обоснования – северные территории

Хабаровского края получат мощный импульс к развитию и заселению, железная дорога и параллельная ей автомобильная превратят отдаленную зону в мощную промышленную площадку с выходом к портам Аян и Чумикан и к дальнейшей связи с азиатским рынком.

Выводы

Таким образом, дальнейшее включение Дальнего Востока в мировую транспортную систему и реализация его транзитного потенциала – это возможность не только решения ряда экономических, социальных и иных проблем, но и повышение конкурентоспособности, оборонной составляющей и торговой привлекательности морских портов страны для внутри- и внешнеэкономических партнёров.

Список литературы

1. Ситуационная комната как элемент организации экспертного сообщества: задачи планирования и прогнозирования / Малов В.Ю., Тарасова О.В., Бульонков М.А. и др. Под ред. д.э.н. Г.А. Унтуры. – Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2018. – 260 с.

2. Современный этап развития Дальнего Востока России: социально-экономические инструменты, правоприменение и таможенные инновации: сборник научных трудов / под общ. ред. доц. М. В. Ниязовой; Российская таможенная академия, Владивостокский филиал. – Владивосток: РИО Владивостокского филиала Российской таможенной академии, 2017. – 200 с

3. Официальное периодические издание: электронная газета «Gudok.ru». Статья «Самарга Холдинг» https://gudok.ru/content/infrastructure/1348377/

Глинський В.А., Растегаева Є.В., Докторова В.С. Аналіз перспективних напрямків розвитку транспортної інфраструктури далекого сходу

Анотація. *У статті розглянуті варіанти формування єдиної транспортної мережі (ЄТС) Далекого Сходу (ДВ) і Східного Сибіру в частині розвитку міжнародних транспортних коридорів (МТК) і нових інтермодальних хабів (Якутськ, Ваніно, Владивосток, Самарга, Аян).*

Ключові слова: *Далекосхідний федеральний округ (ДФО), Далекий Схід (ДВ), Транссибірська магістраль (ТСМ), Байкало-Амурська магістраль (БАМ), Північний морський шлях (СМП), Трансполярна магістраль (ТПМ), Азіатсько-Тихоокеанський регіон (АТР).*

Glinskiy V.A., Rastegaeva E.V., Doktorova V.S. Analysis of perspective directions of development of the transport infrastructure of the Far East

Abstract. *The article considers options for the creation of the Far East's and Eastern Siberia's an integrated transport system (ITS) in terms of the development of international transport corridors and new intermodal hubs (Yakutsk, Vanino, Vladivostok, Samarga, Ayan).*

Keywords: *The Far East Federal District (FEFD), the Far East (FE), Transsiberian railway (TSR), Baikal-Amur Mainline (BAM), Northern Sea Route (NSR), Transpolar highway (TPH), the Asia-Pacific Region (APR).*

УДК 656:338.47

КИЗИМ О.В., к.т.н., доцент
Российский университет транспорта (МИИТ), г. Москва

ЛОГИСТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

Рассмотрены варианты логистической системы обеспечения месторождений Ямало-Ненецкого автономного округа. Снижение затрат и обеспечение оперативной поставки грузов на месторождения осуществляется за счет увеличения числа консолидационных складов.
Ключевые слова: *труднодоступный регион, месторождение, логистическая цепочка, склад, грузопоток.*

Постановка задачи

Российская Федерация является одним из лидеров по добыче полезных ископаемых. Большую долю бюджетных средств составляет доход от природных ресурсов. В год по территории всей страны по данным Центрального диспетчерского управления ТЭК добывается примерно 560,2 млн тонн нефти.

Однако в нашей стране добыча нефти является технологически сложным процессом. Основные залежи расположены в удаленных и труднодоступных регионах. Процесс добычи включает в себя множество этапов. При работе на месторождении компании, которые проводят поиски, бурят скважины, добывают нефть и занимаются ликвидацией.

Цель работы

Проведение анализа логистического обеспечения месторождений крайнего севера.

Основная часть

Логистика играет очень важную роль в процессе добычи нефти. Это обуславливает ряд особенностей, связанных со спецификой проектов освоения арктических месторождений:

- пиковый характер поставок материалов и оборудования в период освоения (3-6 лет);
- большое количество точек отгрузки, задействование многих поставщиков (более 30) из разных государств и регионов, при этом направления грузопотоков не определены заранее, т.к. поставщики определяются по результатам тендера;
- сезонные ограничения работы различных видов транспорта;
- высокая стоимость строительства в условиях Крайнего Севера;
- принадлежность существующей инфраструктуры конкурирующим собственникам;
- неуправляемый и непрогнозируемый поток грузов в точке выгрузки.

Доставка непосредственно на месторождения имеет множество ограничений и вводных. Из-за отсутствия хорошей транспортной инфраструктуры в труднодоступные регионы зачастую компании не имеют выбора по вариантам доставки. Такие ограничения приводят к олигополии, высоким рискам и отсутствию полной уверенности, что груз будет доставлен вовремя.

Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) занимает ведущее место по добыче углеводородов в России. На государственном балансе стоит 136 месторождений (62 нефтяных, 6 нефтегазовых, 9 газонефтяных, 59 нефтегазоконденсатных), разведанные извлекаемые запасы по которым составляют 14,49 % от всех запасов нефти России.

Доставка грузов в ЯНАО – процесс очень сложный и дорогостоящий. Современная транспортная система Ямало-Ненецкого автономного округа сформирована в результате осуществления крупномасштабной программы по развитию нефтяной и газовой промышленностей в 1970 – 1990 гг. Транспортная инфраструктура региона разрознена, так как строилась точечно, в зависимости от осваиваемых проектов. Большая часть доставки приходится на период летней навигации, так как в ЯНАО расположено несколько крупных портов. Железная дорога принадлежит не только ОАО «РЖД», но и частным компаниям, следовательно, отсутствует координация сообщений меду железнодорожными участками. Сеть автомобильных дорог не развита, явно проявляется высокая зависимость от климатических условий. Многие автомобильные дороги, по которым можно добраться до месторождений, открываются только в период зимней мобилизации.

Доставка до труднодоступных месторождений осуществляется с помощью нескольких видов транспорта. Выбор транспорта зависит от наличия подходящей транспортной инфраструктуры и сезона. При организации грузоперевозок выделяются следующие типы транспортных схем:

- морская и речная доставка через порты в летнюю навигацию;
- морская доставка через морские порты в зимнюю навигацию;
- доставка автомобильным транспортом в период зимней мобилизации;
- доставка авиатранспортом.

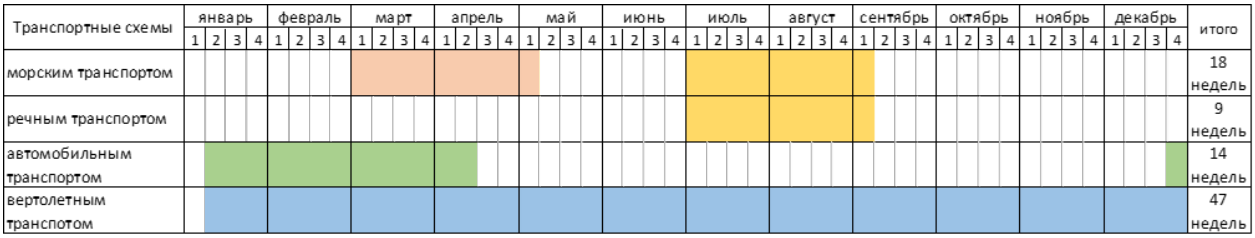


Рис. 1. Режим работы транспорта в регионах Крайнего Севера

Решение логистических задач в условиях Крайнего Севера учитывает множество факторов: суровый климат, отсутствие транспортной инфраструктуры, ограниченный период навигации и работы зимников и пр. Большое количество ресурсов нужно доставить точно в срок и по самой низкой стоимости, при этом в ситуации высокого риска цена ошибки очень велика. Вложения, которые делают компании для добычи, исчисляются миллионами, из них до 80% издержек приходится на логистику.

Структура материального потока разнородна. Добычи нефти – это сложные, долгосрочные процессы, для которых необходимо большое количество ресурсов.

Один из самых важнейших ресурсов – оборудование, всего можно выделить порядка 80 номенклатур оборудования. Для поддержания работоспособного состояния и соответствия техническим и эксплуатационным характеристикам сложного оборудования возникает постоянная потребность в деталях и запасных частях.

Нефть на всех этапах добычи подвергается различному воздействию в соответствии с технологией добычи: для получения ценного продукта необходимо воздействовать на нефть, что регулировать вязкость, отделять нефть от воды и пласта. Для этих целей применяют химические реагенты. Номенклатура химических элементов состоит из 9 основных наименований.

Для обеспечения жизнедеятельности скважины необходимо также снабдить локации товарами, которые не относятся к производству – непрямые закупки. В основном, это товары для обеспечения жизнедеятельности людей, которые работают на месторождениях:

При постановке задаче логистического обеспечения нефтедобывающего комплекса необходимо учитывать ряд факторов.

1. Определение количества материально-технических ресурсов для проекта, в какой срок какой объем должен прибыть на локацию (месторождение).

2. Определение точек погрузки и выгрузки, а также перевалка грузов, составление маршрутов доставки.

3. Суммарная емкости складов должна удовлетворять потребности нефтяного комплекса в материально-технических ресурсах.

4. Необходимость заранее понимать необходимость использования специализированного транспорта при осуществлении перевозки, а также обозначить пропускную способность всех видов транспорта, которые участвуют в доставке.

5. При перевозке необходимо учитывать воздействие на окружающую среду. Согласно законодательству Российской Федерации, в стоимость перевозки включаются платежи за неблагоприятное воздействие.

При решении реальной задачи управления материальным потоком обеспечения нефтедобывающего комплекса помимо выше указанных факторов необходимо также учесть:

задержки груза, которые могут возникнуть на участке доставки, и дополнительные затраты, которые из них последуют;

изменения пропускной способности транспорта на участке вследствие влияния погодных факторов;

авария, порча или утеря груза в процессе транспортировки;

порча или утеря груза в период хранения;

и прочие непредвиденные обстоятельства.

Расходы на доставку грузов по участкам включают в себя большое количество отдельно оплачиваемых операций, а именно перевозка, ПРР, подача-уборка вагонов, буксировка и сопровождение и многое другое.

Задача оптимизации логистического обеспечения месторождений Крайнего Севера формируется на основании классической задачи оптимизации.

Пусть Q_{ij}- - грузопоток груза j на i-тое месторождение. В процессе доставки груза мы должны выполнить полное обеспечение необходимыми машинами, оборудованием и реагентами, то есть по каждому месторождению должно выполняться условие:

$$Q_{мрт} = \sum_{i=1}^{j} Q_{ij} \quad (1)$$

При этом мощность (провозная способность) логистической цепи обеспечения месторождения должна превышать потребности месторождения $П_{ij} \geq П_{imax}$, что дает возможность сгущенной доставки товаров при необходимости В целом общее затрат по обеспечению месторождения запасными частями и материалами должно быть минимальным. В математическом виде задачу можно сформулировать следующим образом:

$$\begin{cases} Q_{мрт} = \sum_{i=1}^{j} Q_{ij} \\ П_{ij} \geq П_{i_{max}} \\ C_{ij} \rightarrow \min \end{cases} \quad (2)$$

где *i* – грузопоток i-го груза, т, шт, м3;

j – месторождение, к торому проложен транспортный путь;

Q – общий грузопоток направления в регионе, т;

П – потребности месторождений нефтепродуктов (локаций) в определенных грузах, т, шт, м^3;

С – затраты на транспортировку i-го груза на месторождения (локации), руб.

В настоящее время доставка до региона осуществляется не только из разных городов России, но и из заграницы. Поступающий в Россию груз перераспределяют по направлениям доставки. Грузы, которые прибыли для обеспечения ЯНАО, направляются на крупный склад в склад в Новом Уренгое [1]. Из Нового Уренгоя груз распределяют на локации под потребности производства.

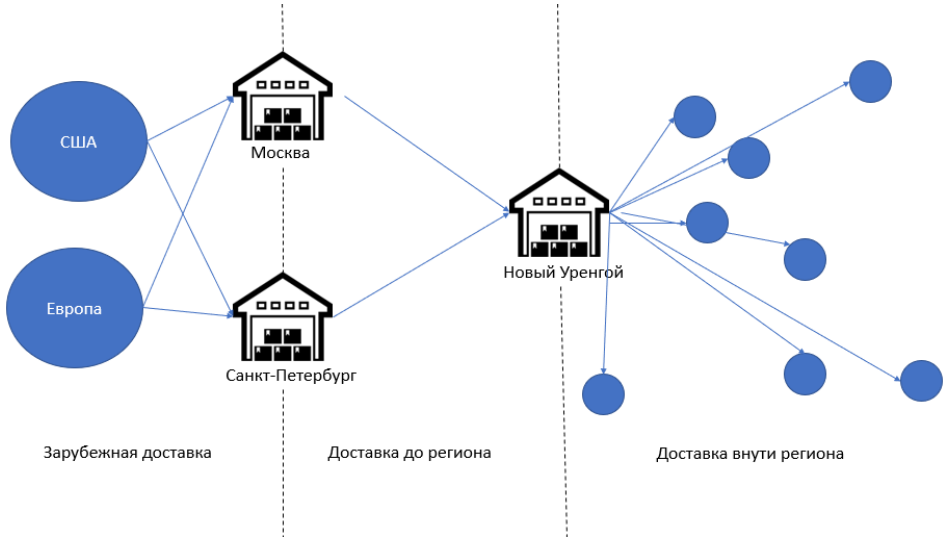


Рис. 2. Логистическая цепочка обеспечения месторождений ЯНАО с использованием одного центрального склада

Проблема наличия только одного консолидированного склада особо проявляется в период подготовки и проведения двух крупномасштабных мобилизаций – зимней и летней навигаций.

Именно в этот период на все локации прибывает самое большое количество груза. Одновременно прибывают химические реагенты, оборудования, трубы, детали и многое другое. Все ресурсы необходимо быстро обработать и распределить в зависимости от точки направления. После определения места передвижения груз вывозят на локации, одновременно на погрузку может встать до 70 машин. Склад просто не способен справиться быстро с такими объемами, отсюда начинаются простой транспортных средств, специальной техники, потеря груза или отправления не на ту локацию.

Развитие региона в целом, освоение новых месторождений, расширение сферы деятельности компании приводит к значительному увеличению материального потока.

Доставка на месторождения усложняется экстремальными условиями работы в регионе, большими расстояниями до месторождения и строгими требования к транспортным средствам, которые данный проект обслуживают. Увеличение материального потока, который поступает на единый склад, приводит к проблемам управления запасами.

Использование одного крупного склада под все проекты региона становится неэффективно, повышаются логистические издержки компании, повышаются риски повреждений груза, снижение оперативного реагирования на срочные запросы. Наличие только одного склада в регионе может привести к зависимости от поставщика, задержкам в доставке и отсутствии технической возможности принять груз на складе. [2]

Одним из вариантов оптимизации логистического обеспечения месторождений ЯНАО является формирование нескольких крупных складов в регионе. [3] При разработке этого варианта рассматривается существующая транспортная и складская инфраструктура ЯНАО. Во-первых, нефтедобывающие компании не способны обеспечить высокие капиталовложения под проект развития инфраструктуры. Во-вторых – это возможность действительно быстро и без существенных затрат повысить общую прибыль компании.

Новые склады логистической цепочки снабжения месторождений ЯНАО выбраны в городах Ноябрьск, Салехард. Сохраняется склад в Новом Уренгое. [1]

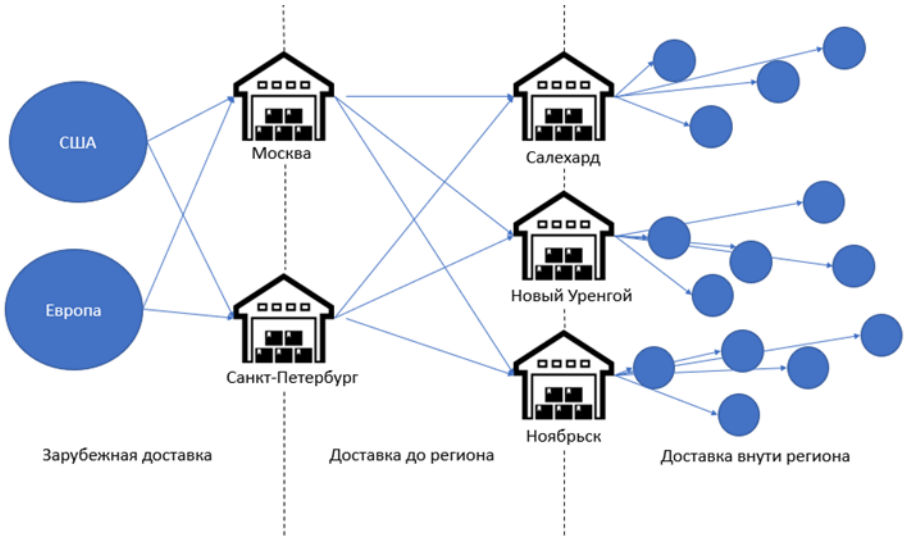


Рис. 3. Логистическая цепочка обеспечения месторождений ЯНАО с использованием нескольких крупных складов в регионе

Ноябрьск – город, который расположен на границе между ХМАО и ЯНАО, недалеко от крупнейших месторождений Газпром. Такое расположение позволяет консолидировать ресурсы на два региона для близко лежащих проектов. Кроме того, город имеет высокую транспортную доступность: Ноябрьск расположен на водоразделе двух крупнейших сибирских рек – Оби и Пура, через город проходит стратегическая железная дорога Новый Уренгой – Тюмень, а также главная автомобильная артерия, которая пролегает через Ноябрьск к ХМАО. Город расположен почти по центру между двух стратегически важных городов – Салехард (в 1065 км) и Тюмень (в 1000 км). Склад в Ноябрьске поможет сократить плечи доставки и понизить расходы на транспорт и погрузо-разгрузочные работы.

Салехард – это город, который является отправной точкой для проектов на полуострове Ямал. В дополнение к существующему транспортному обеспечению города в рамках

федеральной целевой программы "Развитие транспортной системы России" планируется формирование железнодорожной инфраструктуры на территории автономного округа. Это повышает привлекательность использования города в логистической системе обеспечения добывающих предприятий.

При этом склад в Новом Уренгое останется, часть грузов будет обеспечивать работу ближайших месторождений. Оптимизация в этом случае направлена на улучшение и расширение единого склада, который будет принимать все объемы для всех проектов в регионе. Аргументами сохранения склада в Новом Уренгое является то, что схема доставки до склада налажена, возможности для расширения имеются, новые затраты на переадресацию груза, изменение платформы учета номенклатуры компания не понесет. И это хороший способ быстро реагировать на изменение количество груза.

Наличие трех крупных складов обеспечивает быструю доставку груза до месторождения, дает возможность сократить транспортные расходы.

Кроме того, в регионе имеется большое количество скоплений месторождений и возникает необходимость иметь отправную точку, которая находится еще ближе к локации. На склады при месторождениях направляют химические реагенты и детали, которые необходимы на постоянной основе. Для расположения таких складов выбраны склады в городах Муравленко и Губкинский. Рядом с этими складами находятся стратегически важные объекты и возможность быстрой доставки и реакции на потребности отражаются на эффективности снабжения месторождений.

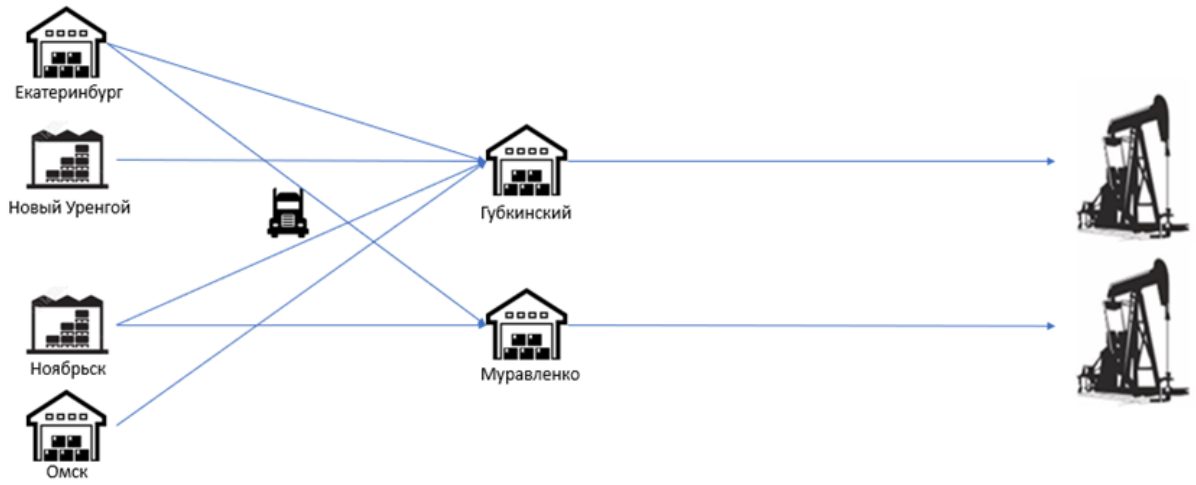


Рис. 4. Использование складов при месторождениях в логистической цепочке снабжения региона

Со склада в Ноябрьске груз можно доставлять как до Муравленко, так и до Губкинского. Со склада в Новом Уренгое груз направляется только в Губкинский. Это распределение объясняется обслуживанием ближайших месторождение. На склад Нового Уренгоя грузы для месторождений, которые тяготеют к сладу в Муравленко, направлять неэффективно, они направляются в Ноябрьск. Мелкопартионный груз, следующий из близь лежащих проектов (например, из Екатеринбурга, Омска), эффективнее доставлять сразу на склады при месторождении. Такое распределение поможет сократить плечо как до склада, так и до месторождения.

Выводы

За счет перераспределения материального потока формируются новые модели доставки. Сокращение количества погрузо-разгрузочных работ, сокращение плеча доставки и обеспечение быстрого реагирования на каждую заявку делает эти города очень удобными для расположения крупных складов.

Дополнительными затратами на обеспечение региона являются затраты на складские услуги и погрузо-разгрузочные работы на складах, вводимых в логистическую систему обеспечения. С целью снижения затрат склады берутся у компаний-подрядчиков в аренду. Эти компании имеют помещение, которое оснащено по всем требованиям заказчика и способны принять необходимые объемы. Это позволяет также сократить затраты на переработку грузов в складах.

При такой схеме распределения грузопотоков для обслуживания месторождений вследствие увеличения количества складов почти на 10% возрастают складские затраты. Однако при этом на 40% сокращаются расходы на транспортировку внутри региона и на 5% сокращаются расходы на доставку в регион. Разработанные мероприятия в целом позволяют более чем на 30% сократить логистические издержки на обслуживание месторождений ЯНАО.

Список литературы

1. Мега проект «Ямал» // Брошюра Газпром. URL: http://www.gazprom.ru/f/posts/01/509532/yamal_brochure.pdf

2. В.В. Дыбская. Проектирование системы распределения в логистике/ В.В. Дыбская. – М.: ИНФРА-М, 2017. – 376 с.

3. А.А. Бочкарев. Планирование и моделирование цепи поставок/ А.А. Бочкарев. – М.: Альфа-Пресс, 2008. – 36 с.

Кизим О.В. Логістичне забезпечення родовищ крайньої півночі

Анотація. *Розглянуто варіанти логістичної системи забезпечення родовищ Ямало-Ненецького автономного округу. Зниження витрат і забезпечення оперативної поставки вантажів на родовища здійснюється за рахунок збільшення числа консолідаційних складів.*

Ключові слова: *важкодоступний регіон, родовище, логістичний ланцюжок, склад, вантажопотік.*

Kizim O.V. Logistic support of deposits in the far north

Abstract. *The options of the logistics system for ensuring the deposits of the Yamalo-Nenets Autonomous District are considered. Cost reduction and ensuring prompt delivery of goods to the fields is carried out by increasing the number of consolidation warehouses.*

Keywords: *hard-to-reach region, field, supply chain, warehouse, cargo flow.*

УДК 656

СЕРЕДОВ Е.А., ассистент
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Российский университет транспорта", г. Москва, РФ

ПЕРСПЕКТИВЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВЫСОКОСКОРОСТНОГО ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ

В данной статье рассматривается эффективность организации высокоскоростного движения поездов. Проанализирован мировой опыт строительства и эксплуатации высокоскоростных магистралей. Определены стратегические задачи организации высокоскоростного движения поездов.
Ключевые слова: *высокоскоростное движение, высокоскоростная магистраль, перспективы организации движения.*

Постановка задачи

Увеличение скорости передвижения – объективная потребность в развитии человечества. Во все времена скорость была тем показателем, который характеризует уровень развития общества. Человек всегда стремился сблизить удаленные друг от друга населенные пункты, сокращая время перемещения между ними.

Организация высокоскоростного движения поездов способствует созданию условий для социально-экономического развития государства на основе эффективного развития и модернизации железнодорожного транспорта.

Строительство высокоскоростных магистралей не только обеспечивает решение целого ряда транспортных задач на долгое время, но и стимулирует развитие наукоёмких производств, которые будут в нём участвовать.

Цель работы

Основной целью работы является определение перспектив организации высокоскоростного движения поездов, проанализировав ведущие страны по созданию высокоскоростных магистралей.

Основная часть

Высокоскоростным считается движение поездов на специально построенных высокоскоростных магистралях при скорости свыше 200 км/ч.

Организация высокоскоростных железнодорожных перевозок позволит привлечь на железнодорожный транспорт дополнительный пассажиропоток с других видов транспорта за счет сокращения времени в пути следования, а это, в свою очередь, приведет к сокращению негативного воздействия на экологию. Кроме того, сравнение ускоренного железнодорожного сообщения с другими видами транспорта показывает, что высокоскоростной железнодорожный транспорт имеет явные преимущества при обеспечении заданного уровня комфорта и безопасности.

В «Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года» были приняты и сформированы основные задачи, определяющие перспективы отечественного железнодорожного транспорта, в том числе и высокоскоростного движения поездов.

Сеть скоростного и высокоскоростного сообщения в России в сочетании с пригородным

движением создадут интегрированную транспортную систему, предоставляющую максимально эффективную услугу по перевозке пассажиров в стране [1].

К основным задачам по развитию скоростного и высокоскоростного железнодорожного движения в России относятся:

- разработка комплекса технических регламентов и национальных стандартов с учетом мирового опыта проектирования, строительства и эксплуатации скоростного и высокоскоростного железнодорожного транспорта;
- разработка и реализация системы финансового обеспечения проектов с учетом возможного использования различных источников инвестиций, определение роли и форм участия государства и частных инвесторов в реализации проектов скоростных и высокоскоростных железнодорожных магистралей;
- разработка и производство технических средств нового поколения для скоростных и высокоскоростных магистралей, включая инфраструктуру и подвижной состав;
- подготовка кадров для обеспечения скоростного и высокоскоростного движения[2].

Учитывая отсутствие в Российской Федерации опыта проектирования, строительства и эксплуатации высокоскоростных магистралей, рациональнее всего будет принять за основу нормативную базу ведущих стран в организации скоростного и высокоскоростного движения (Франция, Япония и другие) и адаптировать ее для России. Подобное решение значительно сократит время на проведение научно-исследовательских работ и позволит избежать значительных затрат.

Организация высокоскоростного железнодорожного движения основывается на двух принципах. Во-первых, это движение осуществляется с помощью сложной системы, включающей в себя технические устройства, технологические приемы, финансово-экономические инструменты и т. д. Все эти компоненты, в отдельности и вместе, должны быть конкурентоспособны и нацелены на экономию времени пассажиров. Необходимо, чтобы высокие качества каждого элемента проявлялись в полном взаимодействии друг с другом. Так, экономия времени пассажирами при приобретении билетов, прибытии на вокзал к отправлению поезда, ожидании такси или другого общественного транспорта в конечном пункте не менее важны для коммерческого и социального успеха высокоскоростных железнодорожных сообщений, чем время, сбереженное при поездке по магистральной части маршрута благодаря передовым технологиям и новейшему подвижному составу, требующим, как правило, больших инвестиций.

Во-вторых, высокоскоростные железнодорожные магистрали одинаковы с позиций их функций, но всегда различны по исполнению. Высокоскоростные системы, оцениваемые с точки зрения скорости, пропускной способности и стоимости проекта, могут отличаться в разных странах и даже в одной стране по эксплуатационным и коммерческим характеристикам.

Очень важно, чтобы все участники процесса принятия решения о создании конкретных высокоскоростных магистралей понимали эти принципы. Отход от них, непринятие или непонимание их в силу некомпетентности грозит негативными последствиями для того или иного проекта высокоскоростных магистралей [3].

Мировой опыт строительства и эксплуатации высокоскоростных магистралей в странах Европы и Азии свидетельствует о том, что реализация проектов строительства таких магистралей создаёт основу динамичного роста экономики страны и повышают ее устойчивость, наряду с собственной эффективностью.

Высокоскоростное движение поездов впервые появилось в начале 60-х годах XX века в

Японии. Япония стала первой в мире страной, где появились качественно новые высокоскоростные поезда – Синкансэны, ставшие результатом научно-технического прогресса в области пассажирских перевозок и технического совершенствования железных дорог. На третий год функционирования первой в мире высокоскоростной линии доходы превысили расходы, а на седьмой год линия полностью окупила затраты на строительство.

Экономический эффект от организации высокоскоростного движения поездов стимулировал начало строительства последующих высокоскоростных магистралей в Японии. Возрос интерес и спрос на высокоскоростные магистрали во многих районах страны. В результате в 1970 г. был обнародован «Закон о национальном развитии сверхскоростных линий Синкансэн», в соответствии с которым предполагалось увеличить сеть высокоскоростных магистралей до 7000 км. Создание сети Синкансэн было революционным переворотом в железнодорожном транспорте Японии, повлиявшим впоследствии на развитие железнодорожных пассажирских перевозок в Европе, а затем и в Азии.

В 1981 г. во Франции была открыта для движения поездов первая в Европе высокоскоростная магистраль Париж – Лион. Постепенно сеть высокоскоростных магистралей стала охватывать не только города во Франции, но и города Бельгии, Швейцарии, Италии, образовав высокоскоростную железнодорожную сеть Европы. В значительной степени появлению общеевропейской сети высокоскоростных магистралей способствовало начало процессов европейской политической и экономической интеграции, которые и стали толчком воплощения на практике смелых технических решений.

К 1989 году были разработаны «Предложения по Европейской высокоскоростной железнодорожной сети». Опираясь на эти предложения, Совет министров Европейского союза образовал специальную рабочую группу, которая к концу 1990 года подготовила генеральный план развития высокоскоростных железных дорог в Европе до 2010 года. План предусматривал строительство 9000 км новых высокоскоростных линий, а также реконструкцию 15000 км существующих.

Технологические достижения в области создания высокоскоростных магистралей и высокоскоростного подвижного состава железнодорожного транспорта позволили существенно сократить продолжительность поездки по маршрутам, входящим в сеть высокоскоростных железнодорожных сообщений, по сравнению со временем поездки на обычном поезде или на автомобиле. Поскольку время поездки является одним из важнейших факторов, определяющих спрос на перевозки тем или иным видом пассажирского транспорта, его уменьшение вследствие развития сети высокоскоростных магистралей обусловило значительный рост пассажиропотоков на целом ряде направлений. Так, число пассажиров, пользующихся железнодорожным транспортом для поездок между Парижем и юго-восточными районами Франции, увеличилось примерно в два раза за 10 лет, в то время как число пассажиров воздушного транспорта на этом направлении почти вдвое уменьшилось.

Крупнейшей сетью высокоскоростных магистралей в Европе обладает Испания. В период развития железных дорог Испании объемы финансирования строительства высокоскоростных магистралей превышали затраты на строительство автомагистралей. Спустя 30 лет с момента запуска первой высокоскоростной линии более 60% населения Испании сегодня живут в зоне оперативного доступа к ближайшей станции высокоскоростных магистралей. Первопричина испанского бума организации высокоскоростного движения поездов носит не чисто экономический характер. С самого начала проекту создания сети высокоскоростных магистралей в этой стране придавалось важное политическое и идеологическое значение — как символу национальной гордости, самостоятельности и состоятельности.

К началу XXI века китайские железные дороги тормозили экономическое развития страны. Развитие транспорта не соответствовало возросшему уровню мобильности населения. В середине 2000-х в Китае была запущена амбициозная кампания по созданию сети высокоскоростных магистралей. Объем инвестиций в создание новых линий уже в 2007 году составил 26 миллиардов долларов. Начавшийся вскоре мировой экономический кризис способствовал еще большим вложениям в строительство высокоскоростных магистралей. Это делалось для того, чтобы обеспечить занятость населения и стимулировать экономический рост. К концу 2019 года протяженность высокоскоростных дорог составляет около 35 000 км, что делает китайскую сеть высокоскоростных магистралей крупнейшей в мире — больше, чем в Японии и Европе вместе взятых [4].

Интерес к организации высокоскоростного железнодорожного движения поездов затронул и Соединённые Штаты Америки (США). Разработка проектов высокоскоростных магистралей началась вскоре после успеха организации высокоскоростного движения поездов в Японии, однако сторонники авиационного и автомобильного видов транспорта отвергли эти проекты. В 2008 году произошли заметные изменения: создание высокоскоростного железнодорожного транспорта было признано перспективным для страны. Веским доводом стал тот факт, что высокоскоростная магистраль будет способствовать сокращению потребления страной углеводородного топлива, необходимого автомобильному и авиационному транспорту, и снижению ее зависимости от внешних поставок нефти и газа. К тому же невозможно бесконечно продлевать автомобильные магистрали или расширять пропускную способность аэропортов в погоне за удовлетворением растущих потребностей пассажиров в мобильности. Предполагается, что организация высокоскоростного движения поездов в США способна разгрузить автомобильные дороги, перевозя пассажиров быстро, эффективно и безопасно, а это, в свою очередь, уменьшит вредные выбросы в окружающую среду.

Одним из направлений будущего является развитие технологии «Маглев» – появление поездов на магнитном подвесе (подушки), которые управляются силой электромагнитного поля и не касаются в процессе движения поверхности рельса. За счет этого они могут развивать скорости от 600 км/ч и выше.

Преимущества поездов на магнитной подушке:

- Поезда на магнитной подушке способны развивать большую скорость, чем обычные поезда.
- Поезда на магнитной подушке производят меньше шума, чем обычные поезда.
- Поезда на магнитной подушке сокращают время в пути для пассажиров.
- Поезда на магнитной подушке используют источники электрической энергии, в меньшей степени загрязняющие атмосферу.

Недостатки поездов на магнитной подушке

- Поезда на магнитной подушке стоят дороже, чем обычные поезда.
- Поезда на магнитной подушке требуют особого обучения персонала.
- Поезда на сверхпроводниковой магнитной подушке используют для создания левитации мощные электромагниты, установленные на рельсе. При этом возникает задача экранировать пассажиров от воздействия сильных магнитных полей.
- Неожиданное падение напряжения приведет к тому, что вагоны поезда на сверхпроводниковой магнитной подушке опустятся на рельс. На большой скорости это может быть опасным.
- Сильный боковой порыв ветра может нарушить работу поезда на магнитной подушке, сместив вагоны и заставив их прийти в соприкосновение с рельсом. Снег или лед на рельсе

также могут вызвать проблемы [5].

Активные разработки по созданию высокоскоростных поездов на магнитном подвесе ведут Япония, Китай и Германия.

21 апреля 2015 года в Японии во время испытаний поезда-маглев серии L_0 Синкансен смог развить скорость 603 км/час. Это мировой рекорд скорости (рисунок 1).

Максимальная эксплуатационная коммерческая скорость Китайского поезда-маглева составляет 431 км/ч, что делает его самым быстрым поездом в мире в регулярном коммерческом обслуживании с момента его открытия в 2004 года. В качестве подвижного состава используются модифицированные поезда Сименс Трансрапид 08. Во время некоммерческого испытательного пробега 12 ноября 2003 года поезд на магнитном подвесе достиг рекордной для Китая скорости 501 км/ч.



Рис. 1. Рекорды скорости поездов

Наиболее привлекательной стороной поездов на магнитной подушке является перспектива достижения ими высоких скоростей, которые позволят маглевам в будущем конкурировать даже с реактивными самолетами. К тому же организация движения таких поездов положительно скажется на экологической обстановке.

Организация высокоскоростного движения поездов продолжается по всему миру. В настоящее время высокоскоростные магистрали строятся в странах Латинской Америки и даже в Африке. Совокупная протяженность мировых высокоскоростных магистралей к 2020 году превысила 45 тыс. км, и процесс строительства новых линий не прекращается. Модернизация железнодорожного транспорта позволит увеличить мобильность населения, будет способствовать социально-экономическому росту стран, а также укрепит связи между регионами и близлежащими государствами.

На рисунке 2 показан график изменения протяженности высокоскоростных магистралей.



Рис. 2. График изменения протяженности высокоскоростных магистралей

Развитие сети высокоскоростных пассажирских сообщений сделало железнодорожный транспорт реальной альтернативой другим видам транспорта и обеспечило его конкурентоспособность на важнейших направлениях как во внутренних, так и в международных сообщениях. Динамика сети высокоскоростных пассажирских сообщений не только доказывает перспективность и значение этого вида транспорта уже в настоящее время, но и демонстрирует очень эффективный опыт нормативно-правового и инженерно-технического сочетания имеющихся и реформируемых сложных логистических систем. Этот опыт показывает, что при развитии сети железных дорог для скоростного пассажирского сообщения необходимо учитывать целый спектр различных факторов, прежде всего социально-экономических.

Организация высокоскоростного движения поездов позволило бы существенно улучшить ситуацию с организацией перевозок пассажиров на основных направлениях сети железных дорог, обеспечить увеличение пассажирооборота, сократить потребность в подвижном составе и в результате поднять престиж отечественных железных дорог и государства в международном аспекте. Кроме того, организацией высокоскоростного движения можно решить такие стратегические задачи, как занятость населения и бизнеса. Быстрый, удобный и недорогой транспорт объединяет страну: позволяет населению реализовать свои планы в других городах, путешествовать и тратить деньги в туристических районах. Все это в конечном итоге ведет к унификации страны, распространению общих ценностей и именно поэтому тема развития высокоскоростного движения все время была в числе приоритетных.

Выводы

По результатам выполненной работы были определены основные перспективы организации высокоскоростного движения поездов:

- привлечение на железнодорожный транспорт дополнительный пассажиропоток с других видов транспорта;
- обеспечение занятости населения;
- стимулирование экономического роста;
- сокращение негативного воздействия на экологию.

Список литературы

1. Перспективы развития высокоскоростного движения в России [Электронный ресурс]// URL: http://www.rzd-expo.ru/innovation/high_speed_traffic_and_infrastructure/prospects_for_the_development_ of_high_speed_movement_in_russia.php (дата обращения: 07.04.2020).

2. Рахимянова И.А. Концепция скоростного движения: мировой опыт и российская практика/ И.А. Рахимянова// Учебное пособие для программ магистратуры по направлению «Экономика». – М.: РУТ (МИИТ), 2017. – 92 с.

3. Киселев И.П. Высокоскоростной железнодорожный транспорт и перспективы его развития в мире/ И.П. Киселев//«Транспорт Российской Федерации».–2012. – № 3–4 (40–41) – URL: http://rostransport.com/themes/9189/(дата обращения: 07.04.2020).

4. Развитие скоростных железных дорог. Китай, железная дорога. Скоростные и высокогорные железные дороги Китая [Электронный ресурс]// URL:https://rupeek.ru/razvitie-skorostnyh-zheleznyh-dorog-kitai-zheleznaya-doroga.html (дата обращения: 07.04.2020).

5. Преимущества и недостатки поездов на магнитной подушке [Электронный ресурс]// URL: http://www.enersy.ru/energiya/preimuschestva-i-nedostatki-poezdov-na-magnitnoy-podushke.html (дата обращения: 07.04.2020).

Середов Е.А. Перспективи організації високошвидкісного руху поїздів

Анотація. *У даній статті розглядається ефективність організації високошвидкісного руху поїздів. Проаналізовано світовий досвід будівництва та експлуатації високошвидкісних магістралей. Визначено стратегічні завдання організації високошвидкісного руху поїздів.*

Ключові слова: *високошвидкісний рух, високошвидкісна магістраль, перспективи організації руху.*

Seredov E.A. Prospects for organizing high-speed train traffic

Abstract. *This article examines the effectiveness of organizing high-speed train traffic. The article analyzes the world experience in the construction and operation of high-speed highways. Strategic tasks of high-speed train traffic organization are defined.*

Keywords: *high-speed traffic, high-speed highway, prospects for traffic organization.*

УДК 621.642.3(088.8)

БАЛАЛАЕВ А.Н., д.т.н., доцент;
КЛИНЮШИН С.В.
Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара, Россия

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА МОЙКИ КОЛЕСНЫХ ПАР ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ВАГОНОВ

Предложена перспективная система подогрева моющего раствора в установке для мойки колесных пар грузовых вагонов, включающая тепловой насос, в виде парокомпрессионной холодильной машины, работающей по обратному циклу Ренкина. Для оценки эффективности теплового насоса составлена методика расчета парокомпрессионной холодильной машины, работающей по одноступенчатой и двухступенчатой схеме. При использовании в качестве низкопотенциальной энергии воздуха системы вентиляции колесно-роликового участка вагоноремонтного депо в качестве теплового насоса можно использовать одноступенчатую парокомпрессионную холодильную машину, коэффициент эффективности такой схемы равен 3,625, однако, величина тепловой мощности подогрева моющего раствора в этой схеме ограничена величиной в 4 кВт. При использовании в качестве низкопотенциальной энергии подземных грунтовых вод в качестве теплового насоса требуется использовать двухступенчатую парокомпрессионную холодильную машину, коэффициент эффективности такой схемы равен 2,52, а мощность подогрева в установке мойки колесных пар составляет потребную величину 47 кВт.

Ключевые слова: *грузовой вагон, колесная пара, моющая установка, подогрев моющего раствора, тепловой насос.*

Постановка задачи

Наиболее энергоемким процессом ремонта колесных пар грузовых вагонов является их мойка в моющей установке [1]. Согласно расчетам авторов [1, с. 229], для мойки одной колесной пары с помощью моющей установки УМКП производства ООО «ИРТРАНС» необходимо затратить на подогрев моющего раствора электрическую энергию в количестве 63 кВт·час.

При наличии источника низкопотенциальной энергии можно значительно снизить потребляемую электрическую мощность на подогрев моющего раствора за счет использования теплового насоса. Так использование теплового насоса на основе обратного цикла Ренкина способно уменьшить энергопотребление в 2…4 раза [2, с. 34].

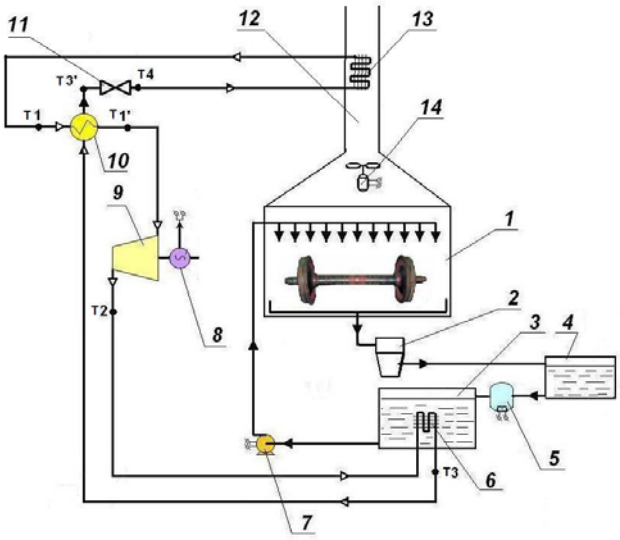
Тепловой насос на основе обратного цикла Ренкина представляет собой цикл парокомпрессионной холодильной машины, у которой теплообменник-испаритель отбирает тепло от источника низкопотенциальной энергии, например, от воздуха системы вентиляции или от грунтовых вод, а теплообменник-конденсатор отдает тепло потребителю, например, подогревает моющий раствор в установке для мойки колесных пар [3, с. 50]. В цикле затрачивается работа только на привод компрессора, поэтому энергоэффективность процесса мойки колесных пар может быть значительно повышена при увеличении коэффициента преобразования энергии в тепловом насосе. Коэффициент преобразования энергии, который представляет собой отношение количества теплоты, переданной в единицу времени от теплообменника-конденсатора потребителю, к механической мощности компрессора, зависит от выбора схемы теплового насоса (одноступенчатой или двухступенчатой). Таким образом, выбор оптимальной семы теплового насоса, используемого для подогрева моющего раствора, является актуальной задачей.

Цель работы

Целью настоящей работы является снижение энергопотребления процесса мойки колесных пар грузовых вагонов за счет использования теплового насоса на основе обратного цикла Ренкина и выбора его оптимальной схемы.

Основная часть

Если в качестве источника низкопотенциальной энергии служит воздух в системе вентиляции установки для мойки колесных пар, то принципиальная схема теплового насоса на основе обратного цикла Ренкина выглядит, как показано на рис. 1.



1 – моющая камера, 2 – циклонный сепаратор, 3 – бак с моющим раствором, 4 – бак с отсепарированным раствором, 5 – электрокотел аварийного подогрева, 6 – теплообменник-конденсатор, 7 – насос подачи моющего раствора, 8 – электродвигатель, 9 – компрессор, 10 – теплообменник-рекуператор, 11 – дроссель, 12 – воздушный поток системы вентиляции, 13 – теплообменник-испаритель, 14 – вентилятор

Рис. 1. Принципиальная схема теплового насоса на основе обратного одноступенчатого цикла Ренкина

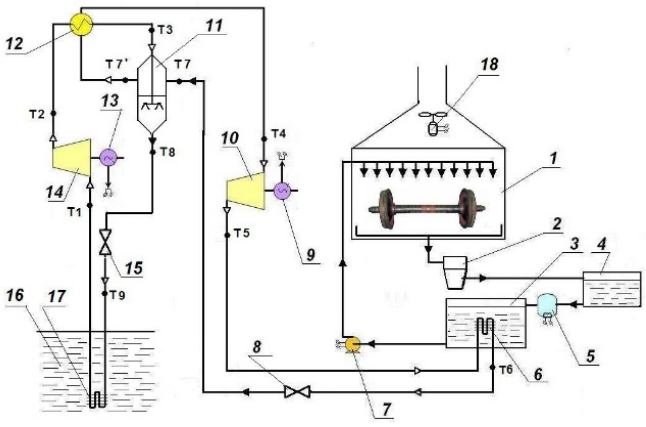
Обратный цикл Ренкина (цикл одноступенчатой парокомпрессионной машины), показанный на рис. 1, осуществляется следующим образом. Электродвигатель *8* приводит в действие компрессор *9*, который повышает давление хладагента (фреона 12) от величины $P_{исп}$ (давление в теплообменнике-испарителе) до $P_{конд}$ (давление в теплообменнике-конденсаторе). Сжатие паров хладагента в компрессоре протекает по изоэнтропийному процессу, то есть удельная энтропия хладагента в точках т1' и т2 одинакова, при этом рост давления сопровождается ростом температуры. Затем пары хладагента поступают в теплообменник-конденсатор *6*, где отдают тепло моющему раствору в баке *3* и полностью конденсируются. На участке от точки т3 до точки т3' жидкий хладагент отдает тепло в теплообменнике-рекуператоре *10* и переохлаждается. Затем он проходит через дроссель *11*, где происходит падение давления и температуры, причем, процесс протекает при постоянных удельной энтальпии и удельной энтропии. После дросселя *11* хладагент частично переходит в паровую

фазу, и парожидкостная смесь поступает в теплообменник-испаритель *13*, где получает тепло от воздуха системы вентиляции *12*, расход которого обеспечивается вентилятором *14*. Затем хладагент поступает в теплообменник-рекуператор *10*, где приобретает тепло, полностью переходя в паровую фазу и перегреваясь. Далее хладагент поступает в компрессор *9*, после чего термодинамический цикл повторяется.

Подогретый до 90 ^{0}С моющий раствор из бака *3* с помощью насоса *7* подается в моющую камеру *1*, где обмывает колесную пару, собирается в нижней части моющей камеры и поступает в циклонный сепаратор *2*. Частично очищенный в циклонном сепараторе *2* моющий раствор самотеком поступает в бак *4* для отстоя отработанного моющего раствора, чистая фракция которого самотеком поступает через электрокотел аварийного подогрева *5* в бак с моющим раствором 3. Электрокотел аварийного подогрева *5* необходим для подогрева моющего раствора в случае вывода из эксплуатации теплового насоса на его техническое обслуживание (пополнение хладагентом) или ремонт.

В теплообменнике-конденсаторе *6* и теплообменнике-испарителе *13* происходят фазовые переходы хладагента при постоянных величинах температуры и давления, причем, величины давления установлены таким образом, чтобы температура хладагента в теплообменнике-конденсаторе *6* была на 10 ^{0}С больше максимальной температуры моющего раствора (90 ^{0}С), а температура хладагента в теплообменнике-испарителе *13* была на 10 ^{0}С меньше минимальной температуры (25 ^{0}С) воздушного поток системы вентиляции *12*. Отношение величин давления хладагента в теплообменниках при таком уровне температур меньше 8, что позволяет использовать в качестве теплового насоса одноступенчатую парокомпрессионную холодильную машину.

Если в качестве источника низкопотенциальной энергии служит подземные грунтовые воды, то принципиальная схема теплового насоса на основе обратного цикла Ренкина выглядит, как показано на рис. 2.



1 – моющая камера, 2 – циклонный сепаратор, 3 – бак с моющим раствором,
4 – бак с отсепарированным раствором, 5 – электрокотел аварийного подогрева,
6 – теплообменник-конденсатор, 7 – насос подачи моющего раствора, 8, 15 – дроссель,
9, 13 – электродвигатель, 10 – компрессор высокого давления, 11 – промежуточный сосуд,
12 – теплообменник-рекуператор, 14 – компрессор низкого давления,
16 – подземные грунтовые воды, 17 – теплообменник-испаритель, 18 – вентилятор

Рис. 2. Принципиальная схема теплового насоса на основе обратного двухступенчатого цикла Ренкина

Обратный цикл Ренкина (цикл двухступенчатой парокомпрессионной машины), показанный на рис. 2, осуществляется следующим образом. Электродвигатель *9* приводит в действие компрессор высокого давления *10*, который повышает давление хладагента от величины $P_{пром}$ (давление в промежуточном сосуде *11*) до $P_{конд}$ (давление в теплообменнике-конденсаторе). При этом удельная энтропия хладагента в точках т4 и т5 одинакова, а рост давления сопровождается ростом температуры. Затем пары хладагента поступают в теплообменник-конденсатор *6*, где отдают тепло моющему раствору в баке *3* и конденсируются. Далее хладагент проходит через дроссель *8*, где происходит падение давления и температуры при постоянных удельной энтальпии и удельной энтропии, и поступает в промежуточный сосуд *11*, где смешивается с хладагентом в паровой фазе из ступени низкого давления с выравниванием температуры и давления двух потоков. Из промежуточного сосуда *11* хладагент в паровой фазе поступает в теплообменник-рекуператор *12*, перегревается и поступает в компрессор высокого давления *10*, где цикл ступени высокого давления повторяется. Хладагент в жидкой фазе из промежуточного сосуда *11* проходит через дроссель *15*, где происходит падение давления и температуры при постоянных удельной энтальпии и удельной энтропии, и поступает в теплообменник-испаритель *17*. В теплообменнике-испарителе *17* хладагент получает тепло от подземных грунтовых вод *16* при постоянном давлении $P_{исп}$ (давление в теплообменнике-испарителе *17*) и температуре. Затем хладагент в паровой фазе поступает в компрессор низкого давления действие *14*, который приводится в действие от электродвигателя *13* и повышает давление хладагента от величины $P_{исп}$ (давление в теплообменнике-испарителе *17*) до $P_{пром}$ (давление в промежуточном сосуде *11*). При этом удельная энтропия хладагента в точках т1 и т2 одинакова, а рост давления сопровождается ростом температуры. Далее хладагент проходит теплообменник-рекуператор *12*, где отдает часть тепла, и поступает в промежуточный сосуд *11*, завершая цикл низкого давления.

Температура хладагента в теплообменнике-конденсаторе *6* на 10 ^{0}C больше максимальной температуры моющего раствора (90 ^{0}C), а температура хладагента в теплообменнике-испарителе *17* на 10 ^{0}C меньше температуры (8 ^{0}C) подземных грунтовых вод *16*. Отношение величин давления хладагента в теплообменниках при таком уровне температур больше 8, что требует использования в качестве теплового насоса двухступенчатой парокомпрессионной холодильной машины.

Выбор варианта использования источника низкопотенциальной энергии в тепловом насосе возможен после проведения расчета теоретических циклов одноступенчатой и двухступенчатой парокомпрессионной холодильной машины.

Теоретический термодинамический цикл одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины представлен в виде равновесных процессов на рис. 3.

На первом этапе расчета теоретического цикла одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины задаются значения температуры в теплообменнике-испарителе, теплообменнике-конденсаторе и после теплообменника-рекуператора на основе рекомендаций [3-4]:

$$t_1 = t_в - 10\,, \qquad t_3 = t_м + 10\,, \qquad t_{3'} = t_3 - 5\,, \tag{1}$$

где t_1 – температура в теплообменнике-испарителе,
^{0}C; $t_в$ = 25^{0}C – температура воздуха системы вентиляции;
t_3 – температура в теплообменнике-конденсаторе,
^{0}C; $t_м$ = 90 ^{0}C – температура моющего раствора;
$t_{3'}$ – температура переохлаждения хладагента после теплообменника-рекуператора, ^{0}C.

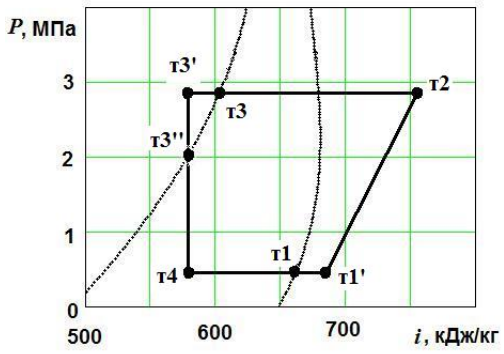


Рис. 3. Схема термодинамического цикла одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины

Величина давления в теплообменнике-испарителе (точки т1, т1’, т4) находится по значению температуры t_1 из эмпирической зависимости для граничной кривой состояния насыщения паров фреона12, полученной по данным [5, с. 369-370] и приведенной в [3, с. 55]:

$$t(P) = -40{,}7046 + 147{,}469 \cdot P - 82{,}2365 \cdot P^2 + 18{,}2881 \cdot P^3, \quad (2)$$

где температура t_1 подставляется в градусах Кельвина, а давление получается в МПа.

Подставляя в левую часть равенства (2) значение $T_1 = 15 + 273 = 288$ К, из полученного тождества получается величина давления в теплообменнике-испарителе $P_1 = P_{1'} = P_4 = 0{,}496$ МПа.

Величина давления в теплообменнике-конденсаторе (точки т2, т3) находится по значению температуры t_3, при подстановке в левую часть равенства (2) $T_3 = 100 + 273 = 373$ К получается величина давления в теплообменнике-конденсаторе $P_2 = P_{3'} = 3{,}351$ МПа.

Для расчета тепловых процессов в теплообменнике-рекуператоре используется равенство потоков теплоты, рассчитанных по разности удельных энтальпий

$$i_3 - i_{3'} = i_{1'} - i_1, \quad (3)$$

где значения удельной энтальпии на левой граничной кривой насыщения (точка т3) и на правой границе кривой насыщения (точка т1) находятся по значениям давления в точках т1 и т3 из эмпирической зависимости для двух веток граничной кривой состояния насыщения паров фреона12, полученной по данным [5, с. 369-370] и приведенной в [3, с. 55]:

$$i'(P) = 489531 + 54837{,}63 \cdot P - 5335{,}58 \cdot P^2, \quad (4)$$

$$i''(P) = 648063 + 33522{,}54 \cdot P - 10783{,}16 \cdot P^2 + 984{,}43 \cdot P^3. \quad (5)$$

При подстановке значения давления в точке т1 в уравнение для правой граничной кривой насыщения (5) получается: при $P_1 = 0{,}496$ МПа, удельная энтальпия на граничной кривой $i_1 = 662{,}15$ кДж/кг. При подстановке значения давления в точке т3 в уравнение для левой граничной кривой насыщения (4) получается: при $P_3 = 3{,}351$ МПа, удельная энтальпия на граничной кривой $i_3 = 613{,}38$ кДж/кг. Значение удельной энтальпии в точке т3’ равно значению удельной энтальпии в точке т3’’, которое может быть найдено из эмпирического уравнения для левой граничной кривой насыщения (4) по величине давления, которую можно

определить из решения тождества при подстановке в левую часть равенства (2) значения температуры в точке т3': при $T_{3'}$ = 95+273 = 368 К давление на граничной кривой в точке т3'' $P_{3''}$ = 3,105 МПа, удельная энтальпия на граничной кривой $i_{3''}$ = 608,37 кДж/кг.

После подстановки значений i_1, i_3 и $i_{3'}$ в уравнение теплового баланса теплообменника-рекуператора (3) можно определить величину удельной энтальпии в точке т1': $i_{1'}$ = 662,15 + 613,38 - 608,37 = 667,16 кДж/кг. Величина температуры в точке т1' находится по значению удельной энтальпии $i_{1'}$ при ее подстановке в левую часть эмпирической зависимости, полученной по данным [5, с. 369-370] для паровой области фреона-12:

$$i(P,t) = \left(722296 - 7042{,}852 \cdot P - 1257{,}68 \cdot P^2 + 463{,}83 \cdot P^3 - 187{,}3 \cdot P^4\right) \cdot \frac{(657860 + 632{,}73 \cdot t)}{721133}. \quad (6)$$

При подстановке в левую часть тождества (6) значения удельной энтальпии $i_{1'}$ = 667,16 кДж/кг, а в правую часть значения давления $P_{1'}$ = 0,496 МПа, решая полученное уравнение относительно температуры, получается $t_{1'}$ = 18,5 ^{0}С. Величину температуры в точке т2 можно найти из условия постоянства удельной энтропии процесса сжатия паров хладагента в компрессоре (в точках т1' и т2). Для этого по данным [5, с. 369-370] для паровой области фреона-12 было составлено эмпирическое выражение:

$$s(P,t) = \left(1885{,}28 - 462{,}21 \cdot P + 392{,}763 \cdot P^2 - 162{,}37 \cdot P^3 + 23{,}4 \cdot P^4\right) \cdot \frac{(1659{,}27 + 1{,}9279 \cdot t)}{1852{,}05}. \quad (7)$$

Приравнивая выражение (7) при значениях давления $P_{1'}$ = 0,496 МПа и температуры $t_{1'}$ = 18,5 ^{0}С выражению (7) при значении давления P_2 = 3,351 МПа, полученное тождество можно решить относительно температуры, получается t_2 = 103,7 ^{0}С. Удельная энтальпия в точке т2 находится из эмпирического выражения (6) при подстановке в него величин давления P_2 = 3,351 МПа и температуры t_2 = 103,7 ^{0}С, получается i_2 = 680,6 кДж/кг. Удельная теплота, полученная тепловым насосом от источника низкопотенциальной энергии, равна

$$g = i_1 - i_{3''}, \quad (8)$$

Максимально возможную тепловую мощность, полученную тепловым насосом от источника низкопотенциальной энергии, можно найти по величине охлаждения воздуха системы вентиляции с заданным расходом при обтекании им теплообменника-испарителя. Эта величина тепловой мощности равна

$$Q_в = G_в \cdot c_p \cdot (t_в - t_1), \quad (9)$$

где $G_в$ = 0,4 кг/с – расход воздуха при работе двух вытяжных вентиляторов производительностью 600 м^3/час каждый;
c_p = 1005 Дж/(кг К) – удельная теплоемкость воздуха;
Величина тепловой мощности равна $Q_в$ = 4020 Вт.

При делении тепловой мощности $Q_в$ на удельную теплоту g можно получить величину потребного массового расхода фреона

$$G_f = \frac{Q_в}{g}. \quad (10)$$

Удельная работа компрессора равна

$$l = i_2 - i_{1'}. \quad (11)$$

Умножая удельную работу компрессора на массовый расход фреона, можно получить величину мощности компрессора

$$N_к = G_f \cdot l. \quad (12)$$

Удельная теплота, отдаваемая тепловым насосом моющему раствору через стенки теплообменника-конденсатора, равна

$$q = i_2 - i_3. \quad (13)$$

Умножая удельную теплоту q на массовый расход фреона, можно получить величину тепловой мощности, выделяемой в моющий раствор

$$N_{тн} = G_f \cdot q. \quad (14)$$

Уравнения (1) – (14) представляют собой методику расчета теоретического цикла одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины.

Теоретический термодинамический цикл двухступенчатой парокомпрессионной холодильной машины представлен в виде равновесных процессов на рис. 4.

Схема термодинамических процессов двухступенчатой парокомпрессионной холодильной машины состоит из двух циклов: цикла низкого давления т1-т2-т3-т8-т9 и цикла высокого давления т7'-т4-т5-т6-т7. На первом этапе расчета теоретического цикла двухступенчатой парокомпрессионной холодильной машины задаются значения температуры в теплообменнике-испарителе, теплообменнике-конденсаторе и после теплообменника-рекуператора на основе рекомендаций [4-5]:

$$t_1 = t_{ж} - 10, \qquad t_6 = t_{м} + 10, \qquad t_{4'} = t_{7'} + 5, \quad (15)$$

где t_1 – температура в теплообменнике-испарителе,

^{0}C; $t_ж$ = 8 ^{0}C – температура подземных грунтовых вод;

t_6 – температура в теплообменнике-конденсаторе, ^{0}C;

$t_м$ = 90 ^{0}C – температура моющего раствора;

t_4 – температура перегрева хладагента после теплообменника-рекуператора, ^{0}C.

Величина давления в теплообменнике-испарителе (точки т1, т9) находится по значению температуры t_1 из эмпирической зависимости (2). При t_1 = -2 ^{0}C $P_1 = P_9$ = 0,233 МПа. Величина давления в теплообменнике-конденсаторе (точки т5, т6) находится по значению температуры t_6 из зависимости (2). При t_6 = 100 ^{0}C $P_5 = P_6$ = 3,351 МПа. Давление хладагента в

промежуточном сосуде (в точках т2, т3, т4, т7, т7’, т8) находится из выражения [4]:

$$P_3 = \sqrt{P_{1'} \cdot P_6}\,, \tag{16}$$

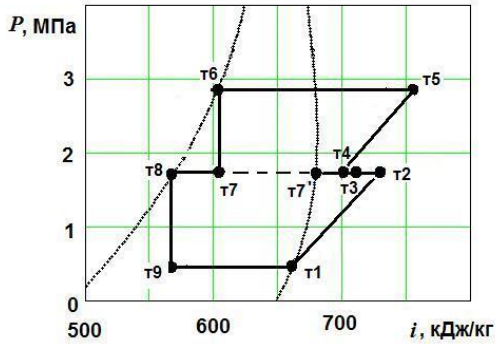


Рис. 4. Схема термодинамического цикла двухступенчатой парокомпрессионной холодильной машины

Температура в точках т7, т7’, т8 находится при подстановке значения давления P_3 в эмпирическое выражение (2), получается P_3 = 0,883 МПа, t_7 = 35,6 ^{0}С. Величину температуры в точке т2 можно найти из условия постоянства удельной энтропии процесса сжатия паров хладагента в компрессоре низкого давления (в точках т1 и т2).

Приравнивая выражение (7) при значениях давления $P_{1'}$ = 0,233 МПа и температуры $t_{1'}$ = -2 ^{0}С выражению (7) при значении давления P_2 = 0,883 МПа, полученное тождество можно решить относительно температуры, получается t_2 = 54,6 ^{0}С. Подставляя значения давления P_2 и температуры t_2 в эмпирическое выражение (6) можно получить значение удельной энтальпии хладагента после компрессора низкого давления, получается i_2 = 686,8 кДж/кг.

Для расчета тепловых процессов в теплообменнике-рекуперате используется уравнение баланса потоков теплоты, рассчитанных по разности удельных энтальпий

$$i_2 - i_3 = i_4 - i_{7'}\,, \tag{17}$$

где значение удельной энтальпии в точке т7’ находится на правой граничной кривой насыщения из эмпирической зависимости (5) по величине давления $P_{7'}$ = 0,883 МПа (получается $i_{7'}$ = 670,7 кДж/кг), а значение удельной энтальпии в точке т4 находится по температуре $t_4 = t_{7'} + 5$ = 35,6 + 5 = 40,6 ^{0}С и давлению P_4 = 0,883 МПа из эмпирического выражения (6), получается i_4 = 678 кДж/кг. Решая уравнение (17) относительно величины удельной энтальпии в точке 3, можно получить i_3 = 686,8 – 678 + 670,7 = 679,5 кДж/кг.

Величину температуры в точке т5 можно найти из условия постоянства удельной энтропии процесса сжатия паров хладагента в компрессоре высокого давления (в точках т4 и т5). Приравнивая выражение (7) при значениях давления P_4 = 0,883 МПа и температуры t_4 = 40,6 ^{0}С выражению (7) при значении давления P_5 = 3,351 МПа, полученное тождество можно решить относительно температуры, получается t_5 = 106 ^{0}С.

Величину удельной энтальпии в точке т5 можно найти по значениям давления P_5 = 3,351 МПа и температуры t_5 = 106 ^{0}С из эмпирического выражения (6), получается i_5 = 697 кДж/кг.

Удельная теплота, отдаваемая тепловым насосом моющему раствору через стенки теплообменника-конденсатора, равна

$$q_2 = i_5 - i_6 . \quad (18)$$

Если заданную величину тепловой мощности $N_{тн}$, передаваемой тепловым насосом моющему раствору, разделить на удельную теплоту $q2$, то можно найти массовый расход хладагента в цикле высокого давления

$$G_{вд} = \frac{N_{тн}}{q_2} . \quad (19)$$

Удельная работа компрессора высокого давления равна

$$l_2 = i_5 - i_4 . \quad (20)$$

Умножая удельную работу компрессора высокого давления на массовый расход фреона в цикле высокого давления, можно получить величину мощности компрессора высокого давления

$$N_{к2} = G_{f2} \cdot l_2 . \quad (21)$$

Из баланса энтальпий для промежуточного сосуда (сумма энтальпий входящих потоков равна сумме энтальпий выходящих потоков)

$$G_{нд} \cdot i_3 + G_{вд} \cdot i_7 = G_{вд} i_{7'} + G_{нд} i_8 , \quad (22)$$

можно определить массовый расход фреона в цикле низкого давления

$$G_{нд} = G_{вд} \cdot \frac{i_3 - i_8}{i_{7'} - i_7} . \quad (23)$$

Удельная работа компрессора низкого давления равна

$$l_1 = i_1 - i_8 . \quad (24)$$

Умножая удельную работу компрессора высокого давления на массовый расход фреона в цикле высокого давления, можно получить величину мощности компрессора высокого давления

$$N_{к1} = G_{нд} \cdot l_1 . \quad (25)$$

Система уравнений (15) – (25) представляет собой методику расчета теоретического цикла двухступенчатой парокомпрессионной холодильной машины.

Для оценки эффективности двух схем использования низкопотенциальной энергии в тепловом насосе на основе обратного цикла Ренкина необходимо определить коэффициент

эффективности теплового насоса и рассмотреть на ограничения двух схем по располагаемой величине низкопотенциальной энергии.

Для одноступенчатой схемы при использовании в качестве низкопотенциальной энергии воздуха системы вентиляции коэффициент эффективности процесса определяется как отношение тепловой мощности подогрева моющего раствора к мощности компрессора

$$K_1 = \frac{N_{\text{тн}}}{N_к}. \quad (26)$$

Согласно расчетам $N_{\text{тн}}$ = 4020 Вт (величина, ограниченная производительностью и количеством вентиляторов системы вентиляции), $N_{\text{к}}$ = 1109 Вт, тогда K_1 = 3,625.

Для двухступенчатой схемы при использовании в качестве низкопотенциальной энергии подземных грунтовых вод коэффициент эффективности процесса определяется как отношение тепловой мощности подогрева моющего раствора к суммарной мощности компрессора низкого давления и компрессора высокого давления

$$K_2 = \frac{N_{\text{тн}}}{N_{к1} + N_{к2}}. \quad (27)$$

Величина $N_{\text{тн}}$ в этом случае не ограничена и может быть задана, например, $N_{\text{тн}}$ = 47000 Вт, согласно расчетам, $N_{\text{к1}}$ = 9541 Вт, $N_{\text{к2}}$ = 9106 Вт тогда K_2 = 2,52.

Таким образом, одноступенчатая схема эффективнее, но величина тепловой мощности подогрева моющего раствора в этой схеме ограничена величиной в 4 кВт.

Выводы

Сравнение двух схем использования низкопотенциалной энергии показало следующее. При использовании в качестве низкопотенциальной энергии воздуха системы вентиляции в качестве теплового насоса можно использовать одноступенчатую парокомпрессионную холодильную машину, коэффициент эффективности такой схемы равен 3,625, однако, величина тепловой мощности подогрева моющего раствора в этой схеме ограничена величиной в 4 кВт. При использовании в качестве низкопотенциальной энергии подземных грунтовых вод в качестве теплового насоса требуется использовать двухступенчатую парокомпрессионную холодильную машину, коэффициент эффективности такой схемы равен 2,52. Величина тепловой мощности подогрева моющего раствора в этой схеме ничем не ограничена, поэтому может быть обеспечена потребная мощность подогрева в установке мойки колесных пар в 47 кВт.

Список литературы

1 Балалаев А. Н., Паренюк М. А., Пупков М. С., Спирюгова М. А. Повышение энергоэффективности процесса мойки колесных пар подвижного состава // Наука и образование транспорту. – 2013. – № 1. – С. 229-232.

2 Балалаев А. Н., Систер В. Г., Иванникова Е. М., Поливода Ф. А., Мокшанов А. С., Щербаков В. П. Разработка автономных систем энергоснабжения городов // Промышленная энергетика. – 2012, №8 – С.28-34.

3 Балалаев А. Н., Симаков А. Л. Установка использования низкопотенциальной теплоты вторичных энергоресурсов в процессе мойки тележек пассажирских вагонов // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. – 2017. – №3. – С. 50-58.

4 Энергетика и технология хладотранспорта: Учебное пособие для вузов железнодорожного транспорта / Л. Я. Левенталь, Н. Е. Лысенко, Д. И. Сучков, А. Хенач. Под ред. Л. Я. Левенталя. – М.: Транспорт, 1993. – 223 с.

5 Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. – М.: Наука, 1972. – 720 с.

Балалаєв А.Н., Клінюшін С.В. Підвищення енергоефективності процесу мойки колісних пар залізничних вагонів

Анотація. *Запропоновано перспективна система підігріву миючого розчину в установці для мийки колісних пар вантажних вагонів, що включає тепловий насос, у вигляді парокомпрессионной холодильної машини, що працює по зворотному циклу Ренкіна. Для оцінки ефективності теплового насоса складена методика розрахунку парокомпрессионной холодильної машини, що працює за одноступеневою і двоступеневою схемою. При використанні в якості низькопотенційної енергії повітря системи вентиляції колісно-роликового ділянки вагоноремонтного депо в якості теплового насоса можна використовувати одноступенчатую парокомпрессионной холодильну машину, коефіцієнт ефективності такої схеми дорівнює 3,625, однак, величина теплової потужності підігріву миючого розчину в цій схемі обмежена величиною в 4 кВт. При використанні в якості низькопотенційної енергії підземних ґрунтових вод в якості теплового насоса потрібно використовувати двоступеневу парокомпрессионной холодильну машину, коефіцієнт ефективності такої схеми дорівнює 2,52, а потужність підігріву в установці мийки колісних пар становить потрібну величину 47 кВт.*

Ключові слова: *вантажний вагон, колісна пара, миюча установка, підігрів миючого розчину, тепловий насос.*

Balalaev A.N., Klinyushin S.V. Improving the energy efficiency of the railway car wheel washing process

Abstract. *A promising system for heating the washing solution in a unit for washing wheel pairs of freight cars, including a heat pump, in the form of a vapor-compression refrigerating machine operating on a reverse Rankin cycle, is proposed. To evaluate the efficiency of the heat pump, a method for calculating a vapor compression refrigerating machine operating on a single-stage and two-stage scheme has been developed. When using as a low-potential air energy of the ventilation system of the wheel-roller section of the car repair depot as a heat pump, a single-stage steam-compression refrigerating machine can be used, the efficiency coefficient of such a scheme is equal to 3.625, however, the value of the thermal power of heating the washing solution in this scheme is limited to 4 kW. When using as a low-potential energy of underground ground water as a heat pump, it is required to use a two-stage steam-compression refrigerating machine, the efficiency coefficient of this scheme is 2.52, and the heating power in the wheelset washing unit is 47 kW.*

Keywords: *freight car, wheelset, washing unit, heating of washing solution, heat pump.*

УДК 621.822.6.004.67

АЯЗБАЙ М.Д., к.т.н., доцент;
ДЖИЛКИБАЕВ Е.С., к. т. н., професор;
БУЛТАНКУЛОВ К.Б., магистрант
Таразский государственный университет им. М.Х.Дулати, г. Тараз

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕЛИЧИНЫ НАТЯГА ЭЛАСТОМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Для повышения прочности и долговечности восстановления эластомерами посадки подшипников качения приведена величина натяга эластомерного покрытия соединения вал-подшипник качения транспортной техники. По результатам исследования определена величина натяга при восстановлении посадки подшипников качения эластомерами.
Ключевые слова: *вал, подшипник качения, посадка, долговечность, восстановление, полимерная пленка, эластомер, нагружение, фреттинг-коррозия, толщина.*

Постановка задачи

В процессе работы подшипник подвергается силовым нагрузкам, которые вызывают истирание поверхностей дорожек качения или скольжения и усталостный износ толщи материала колец подшипника. Кроме того, на него могут воздействовать удары и вибрации, экстремальные температуры, едкие химикаты и прочие загрязнения. Все эти факторы способны непредсказуемо сократить срок службы подшипника, в зависимости от своей интенсивности и длительности. Ускоренный износ подшипника также вызывают его неправильный выбор, смазывание и обслуживание.

Цель работы

Исследование влияния крутящего момента подшипников качения, в частности посадки подшипников качения типа вал-подшипник качения транспортной техники на повышение их долговечности.

Основная часть

Кроме способности нести радиальную нагрузку полимерное покрытие, находящееся между охватываемой и охватывающей деталями, должно обеспечить неподвижность соединения при приложении крутящего момента.

За предельное состояние неподвижного соединения с полимерным покрытием принимаем такое состояние, при котором внутреннее кольцо подшипника начинает проворачиваться на шейке вала.

Крутящий момент на внутреннем кольце подшипника возникает от момента трения в подшипнике (рис.1) [1].

$$M_{тр} = f_{пр} * P\left(\frac{d}{2} + h\right), \quad (1)$$

где $f_{пр}$ - приведенный коэффициент трения, определяемый в зависимости от типа подшипника;

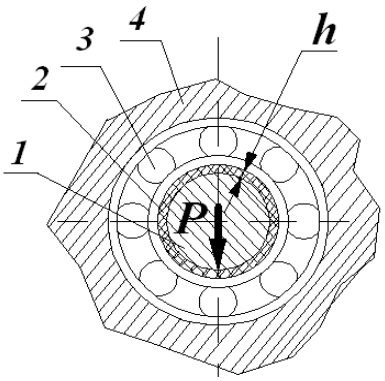
P - внешняя радиальная нагрузка на подшипник, Н;

d, h - диаметр вала и толщина покрытия, м.

Момент трения, удерживающий внутреннее кольцо подшипника от проворота, можно выразить через удельное контактное давление [1]

$$M_{уд} = \frac{1}{2} p_к * \pi * (d + 2h)^2 * b * f, \quad (2)$$

где $M_{уд}$ - момент трения, удерживающий внутреннее кольцо от проворота, Нм;
d, b - диаметр вала и длина соединения, м;
f - статический коэффициент трения;
$p_к$ - удельное давление в соединении от запрессовки, Па.
Для обеспечения неподвижности соединения необходимо, чтобы [2]



1-вал; 2-полимерное покрытие; 3-подшипник качения;
4-корпус; h-толщина полимерной пленки

Рис. 1. Подшипниковый узел с полимерным покрытием в посадочной поверхности внутреннего кольца

$$M_{уд} \geq M_{тр},, \quad (3)$$

Приравнивая правые части уравнений 1 и 2, затем после преобразования, получим:

$$p_к = \frac{f_{пр} P}{\pi (d + 2h) * b * f}, \quad (4)$$

где $p_к$ - удельное контактное давление, создаваемое внешней радиальной нагрузкой, Па.

Удельное давление приводит к возникновению нормальных радиальных σ_r и окружных σ_t напряжений в деталях соединения.

Начальные окружные напряжения на сопрягаемых поверхностях можно создать при сборке соединения с натягом [2]

$$\sigma_{ot} = \frac{2EN}{d + 2h}, \quad (5)$$

где σ_{ot} - начальное окружное напряжение на сопрягаемой поверхности, Па;
N - натяг соединения, м;
d - диаметр вала, м;
E - модуль упругости полимерного покрытия, Па;
h - толщина полимерного покрытия, м.
Текущие значения окружных напряжений определяются из выражения [3]

$$\sigma_t = \frac{p_к(d+2h)}{2h}, \quad (6)$$

В момент соединения деталей и запрессовки начальное окружное напряжение можно принять равной текущему напряжению, то есть

$$\sigma_{ot} = \sigma_t, \quad (7)$$

Подставляя значения окружного и текущего напряжений равенства, затем после преобразования уравнения, получим

$$p_к = \frac{4ENh}{(d+2h)^2}, \quad (8)$$

где $p_к$ - удельное контактное давление, создаваемое натягом соединения, Па.

При равенстве удельных контактных давлений, создаваемых внешней радиальной нагрузкой и натягом, сохраняется неподвижность соединения.

Приравнивая правые части уравнений 4 и 8, находим расчетный минимальный натяг соединения.

$$N_p = \frac{P * f_{пр}(d+2h)}{4\pi * b * h * E * f}, \quad (9)$$

Для определения эффективного натяга соединения необходимо внести компенсации на величину температурной деформации и нестабильность физико-механических свойств полимерного покрытия

$$N_э = N_p + \Delta N_m + \Delta N_в, \quad (10)$$

где Np - расчетный минимальный натяг соединения, м;

ΔNm - величина компенсации температурной деформации, м;

ΔNв - величина компенсации, учитывающая уменьшение прочности соединения с натягом с течением времени в связи с ползучестью и релаксацией напряжений, м.

Величину компенсации температурной деформации можно определить по следующей формуле [4]

$$\Delta N_т = d \cdot \Delta t \cdot (\alpha_п - \alpha_м), \quad (11)$$

где d - диаметр соединения, м;

Δt - величина отклонения рабочей температуры от комнатной, ^{0}C;

$\alpha_п$, $\alpha_м$ - коэффициенты линейного расширения полимерного покрытия и металла, 1/°C.

В связи с нестабильностью физико-механических свойств полимерных покрытий, связанных с ползучестью и релаксацией напряжений, прочность неподвижного соединения в период эксплуатации может изменяться.

Усилие распрессовки неподвижного соединения по истечении некоторого промежутка времени связано с начальным усилием запрессовки соединения следующей зависимостью [4].

$$Рв = Рз \cdot t^{-m}, \quad (12)$$

где Рв - усилие распрессовки соединения по истечении времени эксплуатации соединения, Н;

Рз - усилие запрессовки в момент формирования неподвижного соединения, Н;

t - время эксплуатации соединения, ч;

m - показатель степени, зависящий от марки полимера и условий эксплуатации, 1/ч.

Учитывая уравнение А.Пальмгрена для определения усилия запрессовки и распрессовки вала во внутреннее кольцо подшипника, имеем

$$P = f_k \cdot f_E \cdot N, \quad (13)$$

где Р - усилия запрессовки (Рз) или распрессовки (Рр), Н;

$f_к$ - фактор сопротивления, зависящий от коэффициента трения, определяется по выражению: $f_к=F(fз,fр)$;

fз - фактор сопротивления при запрессовке и fр - при распрессовке соединения;

N - натяг соединения, м;

f_E - фактор, зависящий от размеров кольца и определяемый по уравнению

$$f_E = в \cdot [1-(d / d_o)^2] , \quad (14)$$

где в - ширина подшипника качения, м;

d - диаметр внутреннего кольца подшипника качения, м;

d_o - приведенный наружный диаметр внутреннего кольца подшипника качения, м.

Подставляя уравнение 13 в 12, можно записать следующее выражение

$$Nв = (f_з / f_р) \cdot N_з \cdot t^{-m} , \quad (15)$$

где Nв - натяг соединения, по истечении некоторого промежутка времени эксплуатации, м;

$N_з$ - натяг соединения перед сборкой соединения, м.

Величина компенсации натяга, учитывающая уменьшение прочности соединения или компенсация натяга соединения по истечении некоторого времени эксплуатации определяется по следующему уравнению

$$\Delta Nв = Nз \cdot [1 – (f_з / f_р) \cdot t^{-m}] , \quad (16)$$

Подставляя значения ΔNт и ΔNв, в выражение 10 и принимая

$$Nэ = Nз , \quad (17)$$

Получим уравнение для определения эффективного натяга, обеспечивающего максимальную долговечность неподвижного соединения, восстановленного эластомером-герметик 6Ф:

$$N_э = \frac{f_p}{f_з * t^{-m}}\left[\frac{P * f_{пр}(d+2h)}{4\pi * b * h * E * f} + d * \Delta t * (\alpha_n - \alpha_m)\right], \quad (18)$$

Однако такую величину натяга можно получить только при определенных физико-механических свойствах полимерного покрытия. В случае сборки соединения с величиной натяга, превышающей определенную величину, будет происходить разрушение покрытия при запрессовке.

Величину наибольшего контактного давления от натяга, при котором не происходит разрушения покрытия при запрессовке определим по уравнению [4, 5]

$$p_{\max} = 1{,}15 * \delta_s * \ln\left(\frac{r+h)}{r}\right), \quad (19)$$

где δ_s - предел текучести полимерного покрытия, Па;
r - радиус посадочной поверхности охватываемой детали, мм;
h - толщина полимерного покрытия, мм.

Приравнивая правые части уравнений 8 и 19 находим величину максимального натяга, который можно получить без разрушения полимерного покрытия:

$$N_{\max} = 0{,}29\frac{\delta_s}{hE} * (d+h)^2 * \ln\left(\frac{r+h)}{r}\right), \quad (20)$$

Таким образом, максимальную прочность и долговечность неподвижного соединения, при восстановлении посадки подшипников качения, восстановленных эластомером-герметик 6ф, можно обеспечить при условии

$$Nэ \le Nmax\ , \quad (21)$$

Выводы

1.Для обеспечения неподвижности соединения необходимо соблюдение следующего условия.

2.Долговечность неподвижных соединений типа вал-подшипник качения, восстановленных эластомерами, зависит от толщины покрытия.

3.Максимальная прочность и долговечность соединения обеспечивается при величине натяга, равном Nэ (формула 18), величина которого не должна превышать Nmax, то есть должно обеспечиваться условие Nэ ≤ Nmax.

Список литературы

1.Перель Л.Я. Подшипники качения: Справочник. - М.: Машиностроение, 1988 г. - 543 с.

2.Мур Д. Трение и смазка эластомеров. Пер. с английского Г.И.Бродского. - М.: Химия, 1977. - 262 с.

3.Аязбаев М.Д. Повышение долговечности неподвижных соединений типа вал-подшипник качения сельскохозяйственной техники, восстановленных герметиком 6Ф. - Дис...канд.техн.наук. - М., 1984, - 190 с.

4.Допуски и посадки из пластмасс. /Под ред.А.И.Якушева/. – М.: Изд.стандартов,1971. – 224 с.

5.Восстановление неподвижных соединений транспортной техники. Аналитический обзор Жамбылского филиала АО «НЦНТИ» РК, Тараз, ЖФ АО «НЦНТИ» РК, 2008, - 16 с.

Аязбай М.Д., Джілкібаев Е.С., Булганкулов К.Б. Визначення величини натягу еластомерного покриття при відновленні посадки підшипників кочення

Анотація. *У статті, на основі аналізу роботи ринку зрідженого природного газу в ДНР в сучасних умовах, розглянуті існуючі методичні підходи до економічного регулювання підприємств, які здійснюють свою діяльність в даному сегменті господарювання, визначені їх основні обмеження. Виділено об'єктивні і суб'єктивні труднощі їх роботи в умовах нестаціонарної економіки мобілізаційного типу, наведені сучасні заходи з державного врегулювання їх діяльності.*

Ключові слова: *вал, підшипник кочення, посадка, довговічність, відновлення, полімерна плівка, гума, навантаження, фреттинг-корозія, товщина.*

Ayazbay M.D., Dzhilkibaev E.S., Bultankulov K.B. Determination of the tension value of the elastomeric coating when restoring the fit of rolling bearings

Abstract. *The influence of the torque of rolling bearings, in particular the landing of rolling bearings of the type shaft-rolling bearing of transport equipment on increasing their durability is studied. To increase the strength and durability of the elastomer recovery of the rolling bearing fit, the value of the tension of the elastomer coating of the shaft-rolling bearing connection of transport equipment is given.*

Keywords: *shaft, rolling bearing, fit, durability, recovery, polymer film, elastomer, loading, fretting corrosion, thickness.*

УДК 621.822.6.004.6

АЯЗБАЙ М.Д., к.т.н., доцент;
ДЖИЛКИБАЕВ Е.С., к.т.н., професор;
ДУКЕМБАЕВ Т.К., магистрант
Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г.Тараз

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОЙ ТОЛЩИНЫ ЭЛАСТОМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Для повышения прочности восстановленных эластомерами посадки подшипников качения приведено теоретическое обоснование минимальной толшины полимерной пленки из эластомеров. Сделан вывод, для получения соединения с максимальной долговечностью необходимо, чтобы эластомерная полимерная пленка имела минимальную толщину, предотвращающую соприкосновение металлических поверхностей посадок подшипников качения.

Ключевые слова: *подшипник качения, посадка, долговечность, восстановление, полимерная пленка, эластомер, нагружение, фреттинг-коррозия, толщина.*

Постановка задачи

В некоторых областях применения у подшипников качения может наблюдаться значительная потеря материала (износ) вследствие недостаточного смазывания, присутствия абразивных частиц, коррозии, колебательных движений при вращении и других факторов. Такой износ, в свою очередь, может негативно сказаться на работе подшипников – от уменьшения преднатяга до необратимых последствий.

Цель работы

Исследование влияния степени нагруженности подшипников качения, в частности посадки подшипников качения типа вал-подшипник качения транспортной техники на повышение их долговечности.

Основная часть

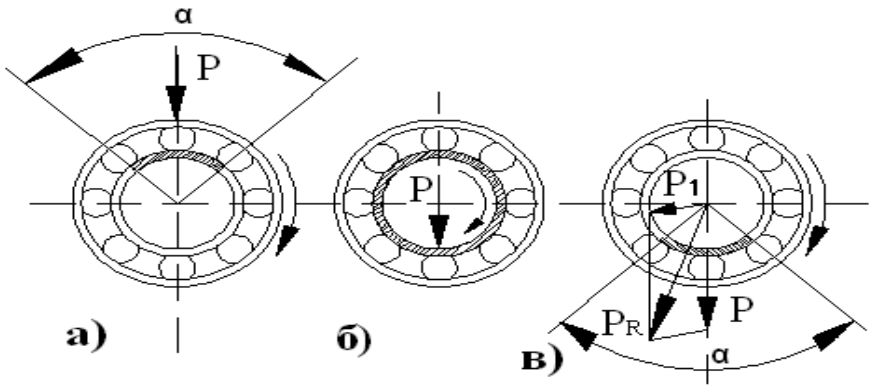
В конструкциях транспортной техники многие детали соединены неподвижно. В современных автомобилях неподвижные соединения составляют до 30% всех соединений. Неподвижные соединения широко применяются в посадках подшипников качения. Степень нагруженности подшипникового узла характеризуется величиной и характером действующих нагрузок (рис.1).

Различают три вида нагружения: местное, циркуляционное и колебательное [1].

При местном нагружении внутреннего кольца подшипника внешняя радиальная нагрузка Р, постоянно воспринимается лишь ограниченным участком окружности дорожки качения и передается соответствующему ограниченному участку посадочной поверхности вала (рис.1а).

При циркуляционном нагружении (рис.1б) внутреннее кольцо подшипника воспринимает радиальную нагрузку последовательно всеми точками дорожки качения и передает ее всей посадочной поверхности вала. При колебательном нагружении (рис.1в) на подшипник действует нагрузка Р, постоянная по направлению, и вращающаяся нагрузка P_1.

Равнодействующая этих нагрузок (при $P_1<P$) не совершает полного оборота, а колеблется на определенном участке кольца, соответствующему углу поворота α.



P-радиальная внешняя нагрузка; P1-вращающая нагрузка; PR-суммарная нагрузка; α-угол зоны нагружения(зона нагружения обозначена штриховкой)

Рис. 1. Виды нагружения внутренних колец подшипников качения: а-местное; б-циркуляционное; в-колебательное

При действии радиальной внешней нагрузки полимерное покрытие в неподвижном соединении типа вал-подшипник качения можно рассматривать как вязкую жидкую пленку, находящуюся между сближающимися плоскими поверхностями [2].

Поэтому для рассмотрения вопросов повышения прочности восстановленных неподвижных соединений необходимо обоснование минимальной толшины полимерной пленки.

В неподвижных соединениях полимерные пленки служат компенсаторами изношенной поверхности сопрягаемых деталей.

Теоретический полимерное покрытие в неподвижном соединении рассматривается как вязкая жидкая пленка.

В таких тонких пленках силы вязкого трения велики по сравнению с инерционными силами, поэтому число Рейнольдса, определяемое отношением сил инерции к вязким силам, имеет малое значение.

Следовательно, в рассматриваемом случае инерционными эффектами жидкой пленки можно пренебречь.

Тогда уравнение Рейнольдса для несжимаемых жидкостей можно применить для сжатого полимерного слоя (рис.2):

$$\frac{D}{dx}\left(\frac{\rho h^3}{\mu}\cdot\frac{dp}{dx}\right)+\frac{d}{dy}\left(\frac{\rho h^3}{\mu}\cdot\frac{dp}{dy}\right)=\frac{12d(\rho h)}{dt}, \quad (1)$$

где X, *У* - взаимно перпендикулярные координаты в жидкости;

p - локальное (местное) давление внутри пленки;

ρ,μ - плотность и абсолютная вязкость жидкости;

h- мгновенная локальная толщина пленки.

Решение этого уравнения дано в работе [2], которое применительно к соединению вал-подшипник качения с полимерной прослойкой, можно записать в следующем виде

$$t = \frac{12 \cdot \pi \cdot \mu \cdot b \cdot R^3}{S^2 \cdot P} \left(\frac{h_2}{\sqrt{S^2 - h_2^2}} - \frac{h_1}{\sqrt{S^2 - h_1^2}} \right), \quad (2)$$

где t- продолжительность осадки вала или время сближения цилиндрических поверхностей, ч;

P - внешняя радиальная нагрузка, Н;

R,b - радиус вала и ширина соединения, м;

S -радиальный зазор посадки, м;

μ - динамическая вязкость пленки, Па·ч;,

h - глубина погружения (осадки) вала, м.

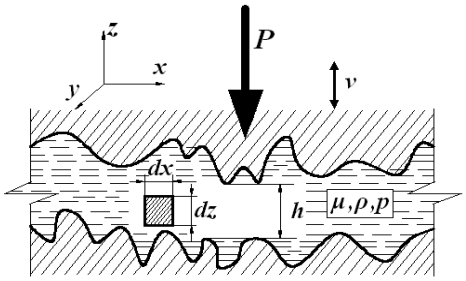


Рис. 2. Схема сближения поверхностей, при наличии между ними полимерной пленки

Индексы I и 2 указывают начальное и конечное состояние соединения вал-подшипник качения с полимерной прослойкой.

После преобразования уравнения (2) Д.Мур[2] получил следующее выражение

$$\frac{dh}{dt} = -\frac{P \cdot h^3}{2 \cdot K \cdot \mu \cdot L^4}, \quad (3)$$

где dh/dt – скорость осадки вала;

K,L - конструктивные размеры соединения.

Анализ уравнения (3) показывает, что скорость осадки вала пропорциональна радиальной нагрузке и кубу толщины полимерной пленки и обратно пропорциональна конструктивным размерам соединения и вязкости полимерного слоя.

Из уравнения (2) видно, что при постоянных значениях внешней радиальной нагрузки и конструктивных параметров соединения с уменьшением толщины пленки увеличивается продолжительность осадки вала.

На рис. 3 приведены зависимости скорости и продолжительности осадки от толщины пленки. С увеличением толщины пленки скорость осадки возрастает. При одной и той же скорости осадки пленка с меньшей толщиной воспринимает большую нагрузку. Например, если на полимерную пленку действуют соответственно нагрузки P_1 и P_2, причем $P_1 > P_2$, то при одинаковой скорости осадки V_1, пленка с меньшей толщиной h_1, воспринимает большую нагрузку P_1 по сравнению с покрытием, имеющим большую толщину h_2.

С уменьшением толщины пленки продолжительность осадки вала увеличивается и при определенной толщине дальнейшее осаживание практически прекращается[3].

Таким образом, тонкая полимерная пленка обладает особыми свойствами: чем меньше ее

толщина, тем больше продолжительность осадки вала и при равной скорости осадки пленка с меньшей толщиной воспринимает большую нагрузку. С уменьшением толщины полимерной пленки увеличивается долговечность неподвижного соединения (рис.3).

С другой стороны, полимерная пленка должна иметь такую толщину, при которой предотвращается соприкосновение микровыступов металлических поверхностей и невозможно протекание процесса фреттинг-коррозии. Кроме того, необходимо учитывать величину сближения металлических поверхностей соединения.

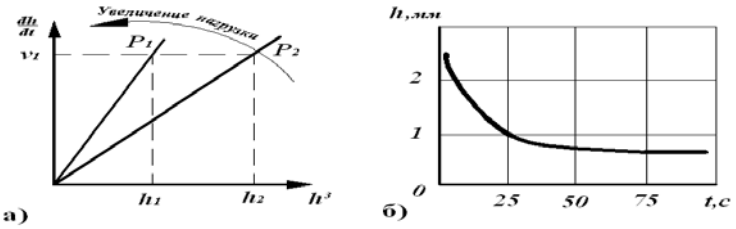


Рис. 3. Зависимость скорости (а) и продолжительности при Р=8,0 Н осадки (б) полимерной пленки от ее толщины[2]

При наличии полимерной прослойки металлические поверхности деталей сближаются, но незначительно, так как для эластомеров коэффициент Пуассона близок к 0,5[4]. Материал заполняет микронеровности шероховатой поверхности детали, при этом величина сближения посадочных металлических поверхностей может быть определена по выражению, приведенном в работе[4]

$$\Delta h = \frac{V_{вн}}{F_н}, \quad (4)$$

где Δh - величина сближения соприкасаемых поверхностей, м;

$V_{вн}$ - объем впадин посадочной поверхности детали, м^3;

$F_н$ - номинальная площадь контакта, м^2.

Следовательно, для получения соединения с максимальной долговечностью необходимо, чтобы полимерная пленка имела минимальную толщину, предотвращающую соприкосновение металлических поверхностей соединения.

Минимальная толщина полимерной пленки должна удовлетворять следующему условию [5]

$$h_{min} \geq \Delta h, \quad (5)$$

Таким образом для обеспечения неподвижности соединения необходимо соблюдение условия:

$$Муд \geq Мтр, \quad (6)$$

При этом долговечность неподвижных соединений, восстановленных эластомерами, зависит от толщины покрытия.

С уменьшением толщины покрытия до определенной величины долговечность увеличивается.

Минимальная толщина покрытия должна быть не менее величины сближения металлических поверхностей $h_{min} \geq \Delta h$, при которой предотвращается контакт металлических поверхностей и исключается фреттинг-коррозия.

Выводы

1. Полимерная пленка должна иметь такую толщину, при которой предотвращается соприкосновение микровыступов металлических поверхностей и невозможно протекание процесса фреттинг-коррозии.

2. Для получения соединения с максимальной долговечностью необходимо, чтобы полимерная пленка имела минимальную толщину, предотвращающую соприкосновение металлических поверхностей соединения.

3. С уменьшением толщины покрытия до определенной величины долговечность посадки подшипника качения увеличивается.

4. Минимальная толщина покрытия должна быть не менее величины сближения металлических поверхностей $h_{min} \geq \Delta h$, при которой предотвращается контакт металлических поверхностей и исключается фреттинг-коррозия.

Список литературы

1. Перель Л.Я. Подшипники качения: Справочник. - М.: Машиностроение, 1988 г. - 543 с.

2. Мур Д. Трение и смазка эластомеров. Пер. с английского Г.И.Бродского. - М.: Химия, 1977. - 262 с.

3. Аязбаев М.Д. Повышение долговечности неподвижных соединений типа вал-подшипник качения сельскохозяйственной техники, восстановленных герметиком 6Ф. - Дис...канд.техн.наук. - М., 1984, - 190 с.

4. Шубин А.Г. Повышение долговечности посадочных отверстий корпусных деталей сельскохозяйственной техники, восстановленных герметиком 6Ф. - Дис...канд.техн.наук. - М., 1980, - 160 с.

5. Восстановление неподвижных соединений транспортной техники. Аналитический обзор Жамбылского филиала АО «НЦНТИ» РК, Тараз, ЖФ АО «НЦНТИ» РК, 2008, - 16 с.

Аязбай М.Д., Джілкібаев Е.С., Дукембаєв Т.К. Визначення мінімальної товщини еластомерного покриття при відновлені посадки підшипників кочення

Анотація. *Для підвищення міцності відновлених еластомерами посадки підшипників кочення наведене теоретичне обгрунтування мінімальної товщина полімерної плівки з еластомерів. Зроблено висновок, для отримання з'єднання з максимальною довговічністю необхідно, щоб еластомерна полімерна плівка мала мінімальну товщину, що запобігає зіткнення металевих поверхонь посадок підшипників кочення.*

Ключові слова: *подшипник качения, посадка, долговечность, восстановление, полимерная пленка, эластомер, нагружение, фреттинг-коррозия, толщина.*

Ayazbay M.D., Dzhilkibaev E.S., Dukenbaev T.K. Determination of the minimum thickness of the film of motionless connections of the cars restored elastomers

Abstract. *Degree questions loading motionless connections, in particular motionless connections of type a shaft-bearing tum cars are considered. For increase of durability restored elastomrs motionless connections the theoretical substantiation minimum thickness a polymeric film is resulted. The conclusion is drawn, for reception of connection with the maximum durability it is necessary, that the polymeric film had the minimum thickness preventing contact of metal surfaces of connection.*

Keywords: *rolling bearing, fit, durability, recovery, polymer film, elastomer, loading, fretting corrosion, thickness.*

УДК 629.3.023.2

ОМЕЛЬЯНЮК Д.Т., магистрант;
ЗАГОРОДНИЙ Н.А., к.т.н., доцент;
Белгородский Государственный Технологический
Университет им. В.Г. Шухова, г. Белгород, РФ

РЕСУРС КУЗОВА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ, ПРИЧИНЫ СТАРЕНИЯ, МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Проведен анализ надежности и срока службы кузова легкового автомобиля, а также изучены технологии по повышению уровня его долговечности. Установлено, какие процессы наиболее негативно влияют на техническое состояние кузовных элементов и кузова в целом. Представлена математическая модель остаточного ресурса, основывающаяся на среднетехнической скорости движения автомобиля и на суммарном расходе топлива.

Ключевые слова: *ресурс, кузов, эксплуатация, альтернативные материалы, кузовной ремонт, металл, технология.*

Постановка задачи

Конструкция кузова легкового автомобиля является довольно трудоемкой, в связи с тем, что в ходе эксплуатации на неё приходится восприятие различных нагрузочных и силовых функции. В составе кузова имеются различные усиления, при помощи которых возможно придание необходимой прочности и жесткости. Главной задачей несущей конструкции является обеспечение безопасности водителя и пассажиров салона, при возникновении дорожно-транспортного происшествия. Пассивная безопасность в полной мере обеспечивается в том случае, когда кузов транспортного средства находится в полной технической исправности. Поэтому актуальным стоит вопрос прогнозирования и оценки долговечности кузова, до наступления его критического состояния [1].

Цель работы

В рамках данной работы производится анализ основных внешних факторов, влияющих на техническое состояние кузова транспортного средства. Определяются наиболее уязвимые места конструкции кузова и способы повышения их долговечности.

Основная часть

Транспортное средство представляет собой сложную конструкцию, которая служит для размещения узлов и агрегатов, пассажиров, а также различного груза. Одним из наиболее важных элементов пассивной безопасности является кузов автомобиля, изготовленный из листовой стали. Жесткость и прочность кузова обеспечивается такими элементами, как: стойки боковины, пороги пола, всевозможные поперечины и лонжероны. К основным функциям также можно отнести защиту от внешних воздействий, передачу и распределение нагрузки, например при деформациях и вибрациях, возникающих во время движения автомобиля [2-5].

Надежность и срок службы транспортного средства на 90% зависит от качества и состояния кузова. Во время эксплуатации автомобиля физический износ стал основной формой старения его кузова. Поэтому долговечность кузова оценивается в основном по значению ресурса. Ресурсом называется наработка с начала эксплуатации объекта или его

возобновлением после ремонта до наступления предельного состояния, установленного нормативно-технической документацией [3-7].

Основным требованием безопасности, предъявляемым к конструкции, является сохранение жизни водителя и пассажиров, при уже возникшем дорожно-транспортном происшествии. При разработке конструкции кузова автомобиля придерживаются следующих правил и принципов:

1. Передняя и задняя части автомобиля должны обладать достаточной деформацией, для обеспечения поглощения энергии удара.

2. Безопасность пассажиров салона должна обеспечиваться достаточной прочностью и жесткостью конструкции.

Обеспечить деформирование некоторых кузовных элементов, возможно, с помощью придания коробчатому профилю углублений и выступов, в местах наибольшей концентрации напряжения. Места смятия передней части рассчитываются с учетом массы и расположения силовых агрегатов и трансмиссии. Защита топливной системы от удара сзади обеспечивается геометрией задней подвески и расположением топливного бака.

Соответствие всех предъявляемых требований достигается за счет использования прочных и особо прочных сталей и сплавов (рис. 1), при его изготовлении.

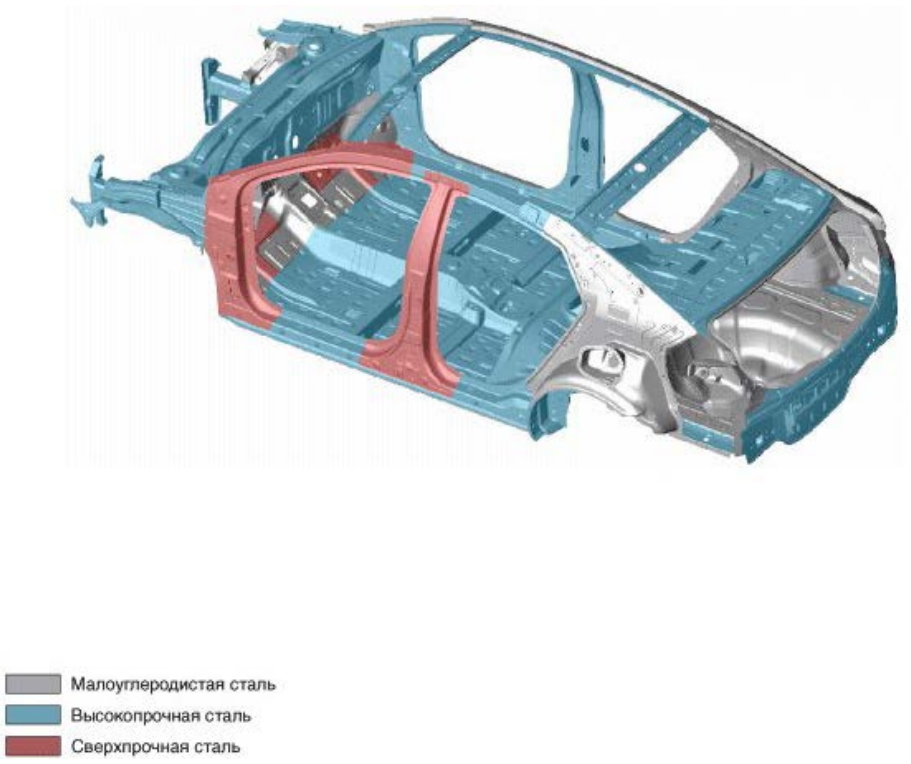


Рис. 1. Виды стали, применяемые в конструкции кузова

Повышение жесткости и прочности кузова позволяет увеличить его срок службы. В связи с этим на этапах разработки и создания, происходит повышение долговечности, за счет использования альтернативных материалов и способов изготовления. К ним можно отнести: метод гидроформинга, применение пластика с поликарбонатом или полиметилметакрилатом, использование алюминиевых сплавов, композиционных материалов, панелей из оцинкованной стали, совершенствованное лакокрасочное покрытие и технологии их применения, а также применение современных технологии сварки кузова [3].

Уменьшение ресурса кузова может быть связано с возникновением процесса коррозии металла, предотвращение которого невозможно. Весь процесс происходит вследствие химического и электрохимического взаимодействия с окружающей средой.

Химический процесс возникает в среде сухих газов и неэлектролитах, то есть в средах, не проводящих электрический ток. Примером может послужить газовая коррозия, в которой взаимодействие металла происходит с отработавшими газами выхлопной системы в зоне высоких температур. Электрохимическая коррозия происходит при возникновении электрического тока, образующего замкнутую цепь между металлом и раствором электролита. Наибольшее распространение среди всех видов электрохимического разрушения получила атмосферная коррозия. Скорость её протекания возрастает, если в окружающей среде имеются соли, кислоты и загрязняющие вещества [2].

Повышенная интенсивность эксплуатации автомобиля сопровождается большими вибрационными и ударными нагрузками, которые оказывают существенное влияние на антикоррозионную защиту. Такие нагрузки неизбежно приводят к микротрещинам в защитных покрытиях, попадание воды и влаги в которых провоцируют возникновение очагов коррозии. Наиболее уязвимыми местами автомобиля, контактирующими с влагой и поддающиеся частым вибрациям и ударным воздействиям, являются днище автомобиля, пороги и колесные арки.

Противокоррозионные свойства возможно значительно повысить, если предварительно нанести на уязвимые места специальные защитные покрытия. В труднодоступные полости состав наносят с помощью распылителей через специально предусмотренные отверстия. В полости, к которым доступ получить невозможно, просверливают специальные технологические отверстия, при помощи которых производят нанесение специальных составов.

К одному из способов повышения долговечности кузова можно отнести метод гидроформинга, при котором стальная труба расширяется в своей форме благодаря импульсу высокого внутреннего гидравлического давления. Это альтернативный способ создания закрытых полостей, который может использоваться для формирования стоек дверей, усилителей крыши, оконных рам и т.д. Гидравлический способ позволяет получать детали легче и меньше по сравнению с теми, которые получены путем прессования. Кроме того, гидроформованные продукты легче подвергаются переработке. Такие продукты имеют более высокие показатели отношения жесткости к весу и более низкую стоимость единицы продукта, чем сварные детали. Практически все металлы, способные к холодной штамповке, могут быть гидроформированы, включая алюминий, медь, углеродистую и нержавеющую сталь, медь и сплавы высокой прочности.

Увеличить ресурс конструкции кузова возможно за счет использования альтернативных материалов, например алюминиевые сплавы. Главным преимуществом использования таких сплавов является их низкая плотность. Конструкция, произведенная из алюминиевого сплава, сохраняет все характеристики пассивной безопасности и жесткости, аналогичные кузову из стали, но показатель веса может быть примерно в два раза меньше. Помимо этого алюминиевая конструкция менее склонна к процессу возникновения коррозии.

Альтернативой алюминию являются пластики, которые также обеспечивают снижение массы тела и отсутствие коррозии. Однако их использование сталкивается с проблемами утилизации. Композиты, которые состоят из нескольких физических или химических компонентов, также все шире используются в автомобильной промышленности. Их главное преимущество заключается в том, что они обладают сочетанием свойств, которые не присущи отдельным компонентам [6].

Спрогнозировать и определить остаточный ресурс кузова автомобиля, возможно, основываясь на математической модели, в основе которой лежат зависимости изменения геометрии кузова автомобиля от энергетических показателей, таких как суммарный расход топлива и среднетехническая скорость эксплуатации.

Математическая модель остаточного ресурса, основывающаяся на среднетехнической скорости движения автомобиля, представляет собой:

$$L_{ост} = B \times L_{max} \times \frac{1{,}1V_a}{0{,}5V_{max}\sqrt[3]{(1+\alpha)}} \times \frac{1}{(1+\alpha)}. \quad (1)$$

При $V_a \geq V_{опт}$:

$$L_{ост} = B \times L_{max} \times \frac{0{,}5V_{max}\sqrt[3]{(1+\alpha)}}{V_a} \times \frac{1}{(1+\alpha)},$$

$$B = \left(1 - \frac{\Delta_{изм}}{\Delta_{max}}\right);$$

где L_{max} - максимальный пробег автомобиля до наступления ремонта;

Δ_{max} - максимально допустимое отклонение контрольной точки кузова;

Δ_{min} - минимальное отклонение контрольной точки кузова;

$\Delta_{изм}$ - измеренное отклонение контрольной точки кузова;

V_a - средняя скорость эксплуатации исследуемого автомобиля;

V_{max} - максимальная скорость автомобиля;

α - пассажирозаполняемость автомобиля.

Математическая модель остаточного ресурса кузова по суммарному расходу топлива автомобиля

$$L_{ост} = B \times \frac{Q_{ост} \times Q_{изр}}{Q_{сум} \times H_o \times K_Д} \times 100, \quad (2)$$

где Q_{max} - суммарный расход топлива;

$Q_{изм}$ - суммарный расход топлива за текущий период с начала эксплуатации автомобиля;

H_o - основная норма расхода топлива в литрах на 100 км;

$K_Д$ - коэффициент, учитывающий дорожные условия эксплуатации автомобиля на прогнозируемый период [4].

Данный способ позволяет произвести расчет и прогнозирование остаточного ресурса по нагрузочно-скоростному режиму эксплуатации и суммарному расходу топлива диагностируемого автомобиля.

Выводы

Можно сделать вывод, что разрушение кузова автомобиля может быть вызвано различными причинами и факторами. Наиболее важными являются коррозия, качество сборки и материалы, применяемые при его производстве. Существует множество защитных покрытий, которые помогают бороться с коррозией. К ним предъявляются строгие требования, основными из которых являются: высокая устойчивость к влаге, минеральным солям и диоксиду серы и сохранность их свойства в широком диапазоне температур. Помимо этого, следует применять различные материалы и использовать разные способы изготовления, чтобы повысить долговечность корпуса на этапе его изготовления.

Список литературы

1. Виноградов В. М. Технологические процессы ремонта автомобилей. 3 изд. М.: Издательский центр «Академия», 2009. 384 с.

2. Ильин М.С. Кузовные работы: рихтовка, сварка, покраска, антикоррозийная обработка - М.: Изд-во «Книжкин Дом», Изд-во «Эксмо», 2005, - 480 с.

3. Техническое обслуживание и ремонт кузовов автомобилей: методические указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 23.03.03 - Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов / / сост.: Н.А. Загородний, И.А. Новиков, А.С. Семыкина, А.А. Конев. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2017. – 46 с.

4. Быков А.М. Методика определения остаточного ресурса кузова автомобиля // Автомобиль и электроника. современные технологии. - 2011. - №1.

5. Омельянюк Д.Т., Семыкина А.С., Загородний Н.А. Анализ существующих систем контроля геометрии кузова автомобиля // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. - 2019. - №1. - С. 77-83.

6. Омельянюк Д.Т., Нажиганов А.В., Семыкина А.С., Загородний Н.А. Анализ типов сварочного оборудования, применяемого при выполнении кузовного ремонта автомобилей // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. - 2019. - №4. - С. 42-47.

7. Активная и пассивная безопасность кузова автомобиля // URL: https://bazliter.ru/carbody/423-aktivnaya-i-passivnaya-bezopasnost-kuzova-avtomobilya.html (дата обращения: 20.02.2020).

Омельянюк Д.Т., Загородній Н.А. Ресурс кузова легкового автомобіля, причини старіння, методи визначення

Анотація. *Проведено аналіз надійності і терміну служби кузова легкового автомобіля, а також вивчені технології по підвищенню рівня його довговічності. Встановлено, які процеси найбільш негативно впливають на технічний стан кузовних елементів і кузова в цілому. Представлено математичну модель залишкового ресурсу, яка базується на середньотехнічній швидкості руху автомобіля і на сумарній витраті палива.*

Ключові слова: *ресурс, кузов, експлуатація, альтернативні матеріали, кузовний ремонт, метал, технологія.*

Omelyanyuk D.T., Zagorodniy N.A. Resource of a passenger car body, causes of aging, methods of determination

Abstract. *The analysis of the reliability and service life of the car body, as well as the technology to improve its durability. It was established which processes most negatively affect the technical condition of body elements and the body as a whole. A mathematical model of the residual resource, based on the average technical speed of the car and on the total fuel consumption, is presented.*

Keywords: *resource, bodywork, operation, alternative materials, body repair, metal, technology.*

ПРАВИЛА ПОДАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

Для публікування в журналі «Вісник Донецької академії автомобільного транспорту» приймаються неопубліковані раніше наукові статті в галузях: транспорту і двигунів внутрішнього згоряння; проектування, будівництва та експлуатації автомобільних доріг; надійності й довговічності механізмів і машин; транспортних технологій.

У журналі друкуються статті українською, російською (змішаними) мовами.

Для публікації наукової статті в редакцію необхідно представити наступні документи:

– текст статті у 2-х форматах;

– назву статті, анотацію та ключові слова українською, російською та англійською мовами;

– експертний висновок про можливість відкритого публікування;

– завірену рецензію доктора наук або члена редакційної колегії;

– відомості про автора (-ів) (прізвище, ім'я та по батькові повністю, науковий ступінь, вчене звання, посада, місце та адреса роботи для кожного автора)

– інформація для зв'язку: e-mail, службовий або домашній телефони, поштова адреса (для відправлення авторського екземпляру журналу) одного з авторів.

Вимоги до рукописів

Стаття подається у 2-х варіантах: у форматі Word for Windows – **.doc** (або **.docx**); та у форматі **pdf** (сканований документ з нумерацією сторінок та підписом автора).

Обсяг наукової статті 5–10 сторінок тексту, які включають таблиці, ілюстрації (4 ки дорівнюються 1 сторінці), перелік літератури. Обзорні статті – до 12 сторінок.

Параметри сторінки: розмір – А4 (210 х 297мм); орієнтація – книжкова; поля: верхнє – 15мм, нижнє – 25мм, ліве – 25мм, праве –15мм.

Весь текст повинен бути набраний стилем «Звичайний» (Normal), тип шрифта – TimesNewRoman.

Структура статті

Код УДК (універсальний десятин- ний класифікатор)	Шрифт: 12пт, напівжирний курсив Абзац: вирівнювання – по лівому краю, міжрядко- вий інтервал – одинарний
Пустий рядок	Шрифт: 12пт, Абзац: міжрядковий інтервал – одинарний
Прізвище (-ща) та ініціали автора (-ів), науковий ступінь, вчене звання Повна назва організації	Шрифт: 11пт, напівжирний курсив Абзац: вирівнювання – по центру сторінки, міжрядковий інтервал –
Пустий рядок	
НАЗВА СТАТТІ	Шрифт: 14пт, напівжирний,всі букви строчні Абзац: вирівнювання – по центру сторінки, міжрядковий інтервал –
Пустий рядок	
Анотація мовою оригіналу статті(не більш 80 слів, ши- рина рядка 130 мм) Ключові слова:	Шрифт: 11пт, курсив Абзац: вирівнювання – по центру сторінки, міжря- дковий інтервал – одинарний, відступ ліворуч – 20мм, та праворуч – 20мм.
Пустий рядок	
Основний текст статті Текст рукопису повинен містити такі розділи, як:	Шрифт: 12пт, звичайний Абзац: вирівнювання – по ширині сторінки, міжрядковий інтервал – множитель 1,1пт, відступ першого рядка 7,5 мм.

Постановка проблеми де відображається історія предмету дослідження, актуальність та сучасний стан проблеми; **Аналіз останніх досліджень** на які спирається автор, виділення невирішених раніше аспектів загальної проблеми, яким присвячується означена стаття; **Мета статті** (постановка задачі); **Основний розділ** (можливі підрозділи); **Висновки** де стисло та чітко підсумовуються основні результати, що були одержані автором (-ами).	Назви розділів напівжирним шрифтом без крапки наприкінці. Таблиці повинні мати тематичні назви та порядкові номера (без знаку №), на які даються посилання у тексті. Рисунки та графіки повинні бути пронумеровані в порядку посилання у тексті. Кожний роз- міщується в окремому файлі (формати **.bmp, .jpg, .tiff**). Кольорові та фонові рисунки не приймаються. Перелік рисунків з номерами та підписами рисунків пишуться в окремому документі. Усі формули повинні бути набрані у редакторі фор- мул MicrosoftEquation 2.0, 3.0 (MathType). При виборі одиниць виміру слід дотримуватись системи СІ. Ціла частина числа від десятичної відділяється ко- мою. Нумерація формул дається арабськими цифрами в круглих дужках праворуч. Посилання на джерела беруться у квадратні дужки.
Пустий рядок	
Список літератури **1. який виконується згідно ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з ін- формації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліогра- фічний опис. Загальні вимоги та правила складання» та в порядку**	Назва розділа – шрифт: 12пт, напівжирний. Текст списка: Шрифт: 11пт, курсив; Абзац: вирівнювання – по ширині сторінки, міжрядковий інтервал – одинарний, відступ першо- го рядка – 7,5мм.
Пустий рядок	
Ф.И.О. авторов. Название статьи на альтернативном языке (П.І.Б. авторів. Назва статті на альтернативній мові) Анотация (Анотація). *Анотація на альтернативній мові (російська, якщо стаття на українській мові; або україн- ська, якщо стаття на російській мові.*	Шрифт: 12пт, курсив Абзац: вирівнювання –по ширині сторінки, міжрядковий інтервал – одинарний, відступ першо- го рядка – 7,5мм
Пустий рядок	
П.І.Б. авторів. Назва статті на анг- лійській мові ***Abstract.*** *Переклад анотації на англій- ську мову.* ***Keywords:*** *Переклад ключових слів на англійську мову*	Шрифт: 12пт, курсив Абзац: вирівнювання –по ширині сторінки, мі- жрядковий інтервал – одинарний, відступ першого рядка – 7,5мм

Статті, що не відповідають вимогам, повертаються авторам для доопрацювання.

Після прийняття редколегією рішення про допуск статті до публікації відповідальний секретар інформує про це автора й указує строки публікації, розмір плати за публікацію статті та банківські реквізити Академії.

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗУВАННЯ СТАТЕЙ

1. Наукові статті, що надійшли до редакції, проходять через інститут рецензування.

2. Форми рецензування статей:

– зовнішня (рецензування рукописів статей доктором або кандидатом наук, який є провідним спеціалістом у відповідній галузі науки);

– внутрішня (рецензування рукописів статей членами редакційної колегії).

3. У зовнішній рецензії повинні бути висвітлені наступні питання:

– чи відповідає зміст статті заявленій в назві темі;

– наскільки стаття відповідає сучасним досягненням у зазначеній галузі;

– чи доступна стаття читачам, на яких вона розрахована, з погляду мови, стилю, розташування матеріалу, наочності таблиць, діаграм, малюнків та ін.;

– чи доцільна публікація статті з урахуванням раніше випущеної по даному питанню літератури;

– у чому конкретно полягають позитивні сторони, а також недоліки статті, які виправлення й доповнення повинні бути внесені автором;

– висновок про можливість опублікування даного рукопису в журналі: «рекомендується»,

«рекомендується з урахуванням виправлення відзначених рецензентом недоліків» або «не рекомендується».

4. Зовнішня рецензії засвідчуються в порядку, установленому в установі, де працює рецензент. Рецензія повинна бути підписана рецензентом з розшифровкою посади, наукового ступеня і вченого звання.

5. Відповідальний секретар протягом 7 днів повідомляє авторів про одержання статті.

6. Відповідальний секретар визначає відповідність статті профілю журналу, вимогам до оформлення й направляє її на внутрішнє рецензування члену редакційної колегії, що має найбільш близьку до теми статті наукову спеціалізацію.

7. Строки рецензування в кожному окремому випадку визначаються відповідальним секретарем з урахуванням створення умов для максимально оперативної публікації статті.

8. Внутрішня рецензія виконується членами редакційної колегії журналу у відповідності з наказом ректора Академії від 11.10.2010р. №153-01 «Про затвердження Положення про порядок випуску наукового фахового видання Вісник Донецької академії автомобільного транспорту».

Рецензент коментує якість рукопису за такими пунктами, як:

наукова новизна,

обґрунтваність результатів,

начимість результатів,

ясність викладання,

якість оформлення;

виставляє по кожному пункту параметричну оцінку від 0 до 5. В залежності від суми балів приймається рішення про доцільність публікації, про необхідність доопрацювання рукопису, або про недоцільність публікації.

Рецензія повинна бути підписана рецензентом з розшифровкою посади, наукового ступеня і вченого звання.

9. У випадку відхилення статті від публікації редакція направляє авторові мотивовану відмову.

10. Наявність позитивної рецензії не є достатньою підставою для публікації статті. Остаточне рішення про доцільність публікації ухвалюється вченою радою Академії.

11. Оригінали рецензій зберігаються в редакції наукового журналу «Вісник Донецької академії автомобільного транспорту».

Наукове видання

ВІСНИК ДОНЕЦЬКОЇ АКАДЕМІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

№ 2, 2020

(українською, російською та англійською мовами)

Відповідальний за випуск – Ю.В. Прилепський Комп'ютерне верстання – С.А. Ткачов

Літературна обробка – Н.І. Головченко

Формат 60x84⅛. Ум. друк. арк. 3,75. Тираж 100 пр.

Донецька академія автомобільного транспорту

Адреса засновника та редакції:

пр. Дзержинського, 7, м. Донецьк, 83086, Україна

Тел.: +38 (062) 345-21-90

E-mail: nauka@diat.edu.ua, rector@diat.edu.ua

Адреса видавця:

ПП «Рекламно-виробнича фірма «Молнія» вул. Октября, 22а, м. Донецьк, 83030, Україна

Тел.: +38 (062) 388-21-67

♦ ♦ ♦ ♦ ♦

Научное издание

ВЕСТНИК ДОНЕЦКОЙ АКАДЕМИИ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

№ 2, 2020

(на украинском, русском и английском языках)

Ответственный за выпуск – Ю.В. Прилепский Компьютерная верстка – С.А. Ткачёв

Литературная обработка – Н.И. Головченко

Формат 60x84⅛. Усл. печ. л. 3,75. Тираж 100 экз.

Донецкая академия автомобильного транспорта

Адрес учредителя и редакции:

пр. Дзержинского, 7, г. Донецк, 83086, Украина

Тел.: +38 (062) 345-21-90

E-mail: nauka@diat.edu.ua, rector@diat.edu.ua

Адрес издателя:

ЧП «Рекламно-издательская фирма «Молния» ул. Октября, 22а, г. Донецк, 83030, Украина

Тел.: +38 (062) 388-21-67

♦ ♦ ♦ ♦ ♦

Scientific Edition

BULLETIN OF THE DONETSK ACADEMY OF AUTOMOBILE TRANSPORT

№ 2, 2020

(in Ukrainian, Russian and English languages)

Responsible for issue – Yu.V. Prilepskyi Computer makeup – S.A. Tkachov

Redaction – N.I. Golovchenko

Format 60x84⅛. Conventional printed sheet 3,75. Circulation 100

Donetsk academy of automobile transport

Address of founder and editorial office:

ave. Dzerzhinskoho, 7, Donetsk, 83086, Ukraine

Tel.: +38 (062) 345-21-90

E-mail: nauka@diat.edu.ua, rector@diat.edu.ua

Address of publisher:

PE "Advertising and Publishing Company" Molniya " Str. Oktyabrya, 22 a, Donetsk, 83030, Ukraine

Tel.:+38 (062) 388-21-67