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

# ВІСНИК ДОНЕЦЬКОЇ АКАДЕМІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

# VÌSNIK DONEC′KOÏ AKADEMÌÏ AVTOMOBÌL′NOGO TRANSPORTU

№1
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 № 7 від 18.03.2020 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

№1
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 № 7 от 18.03.2020 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

№1
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 7 of 18.03.2020

**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

Бородіна О.А. **Вплив тенденцій цифровізації економіки на розвиток транспортної галузі** ..... 10

Надірян С.Л., Баглай Ф.А, Мислівцева Е.Ю. **Удосконалення роботи маршрутного пасажирського транспорту м. Краснодара на прикладі маршруту № 11** ..... 15

## Транспорт і двигуни внутрішнього згоряння

Балалаєв О.М., Половинкіна А.Ю., Прохорова Е.А. **Теоретичне та експериментальне дослідження системи вентиляції пасажирського вагона з функцією зволоження повітря** ..... 22

Базаркін М.М., Хонда Р.В., Спиридонов М.В., Маренич А.С. **До питання визначення впливу на курсову стійкість автомобіля його систем і дорожнього покриття при криволінійному русі** ..... 34

Золкін А.Л., Калякулін А.Н. **Розробка моделі формування термодинамічних процесів в колекторно-щітковому вузлі тягових двигунів електровозів 2ЕС6 з урахуванням зміни технологічних параметрів** ..... 43

Мойся Д.Л., Куплінов А.В., Мельник О.В., Суботін А.А. **Визначення та аналіз стійкості кругових стаціонарних режимів руху моделі сідельного автопоїзда** ..... 53

Семикіна А.С. Нажиганов А.В., Омельянюк Д.Т., Загородній Н.А. **Аналіз матеріалів та обладнання для фарбування кузова автомобілів** ..... 64

**Правила подання та оформлення статей** ..... 71

**Порядок рецензування статей** ..... 73

# СОДЕРЖАНИЕ

## Транспортные технологии

Бородина О.А. **Влияние тенденций цифровизации экономики на развитие транспортной отрасли** ..... 10

Надирян С.Л., Баглай Ф.А., Мысливцева Е.Ю. **Совершенствование работы маршрутного пассажирского транспорта г. Краснодара на примере маршрута № 11** ..... 15

## Транспорт и двигатели внутреннего сгорания

Балалаев А.Н., Половинкина А.Ю., Прохорова Е.А. **Теоретическое и экспериментальное исследование системы вентиляции пассажирского вагона с функцией увлажнения воздуха** ..... 22

Базаркин Н.Н., Хонда Р.В., Спиридонов М.В., Маренич А.С. **К вопросу определения воздействия на курсовую устойчивость автомобиля его систем и дорожного покрытия при криволинейном движении** ..... 34

Золкин А.Л., Калякулин А.Н. **Разработка математической модели формирования термодинамических процессов в коллекторно-щеточном узле тяговых двигателей электровозов 2ЭС6 с учетом изменения технологических параметров** ..... 43

Мойся Д.Л., Куплинов А.В., Мельник А.В., Субботин А.А. **Определение и анализ устойчивости круговых стационарных режимов движения модели седельного автопоезда** ..... 53

Семыкина А.С., Нажиганов А.В., Омельянюк Д.Т., Загородний Н.А. **Анализ материалов и оборудования для покраски кузова автомобилей** ..... 64

**Правила представления и оформления статей** ..... 71

**Порядок рецензирования статей** ..... 73

# CONTENTS

## Transport technology

Borodina O.A. **Impact of digitalization trends in the economy for the development of the transport industry** ..... 10

Nadiryan S.L., Bahlai F.A., Myslivcova E.Y. **Improvement of work route passenger transport in Krasnodar on the example of route 11** ..... 15

## Transport and internal combustion engines

Balalaev A.N., Polovinkina A.Yu., Prokhorova E.A. **Theoretical and experimental study of passenger car ventilation system with air humidification function** ..... 22

Bazarkin N.N., Honda R.V., Spiridonov M.V., Marenich A.S. **On the issue of determining the impact on the course stability of the car its systems and road surface in curved traffic** ..... 34

Zolkin A.L., Kalyakulin A.N. **Development of a mathematical model for the formation of thermodynamic processes in the collector-and-brush assembly unit of traction engines of 2ES6 electric locomotives, taking into account changes in process parameters** ..... 43

Moysya D.L., Kuplinov A.V., Melnik A.V., Subotin A.A. **Definition and analysis of the stability of the circular stationary modes of movement of the model of a saddle train** ..... 53

Semykina A.S., Nazhiganov A.V., Omelyanyuk D.T., Zagorodniy N.A. **Analysis of materials and equipment for car body painting** ..... 64

**Submission rules and guidelines** ..... 71

**The order of reviewing articles** ..... 73

*УДК 330.45:656.0*

***БОРОДИНА О.А., к.э.н.***
***Донецкая академия транспорта, г. Донецк***

# ВЛИЯНИЕ ТЕНДЕНЦИЙ ЦИФРОВИЗАЦИИ ЭКОНОМИКИ НА РАЗВИТИЕ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ

*В статье представлены результаты исследования механизмов и характера влияния цифровизации на развитие транспортной отрасли. Выделены ключевые составляющие процесса цифровизации современной экономики и те из них, которые имеют существенное влияние на транспортную отрасль. Проанализирован опыт цифровизации транспорта и последствия этого процесса. Приведен перечень цифровых технологий, наиболее востребованных в транспортной отрасли, продемонстрировано влияние этих технологий на развитие отрасли.*
***Ключевые слова:*** *цифровизация транспорта, цифровая экономика, инновации на транспорте.*

**Постановка задачи**

В научной среде процессы цифровизации признаны одними из наиболее существенных проявлений инновационного и научно-технического развития. Однако, однозначных научно-практических оценок того, насколько масштабными будут трансформации экономики путем цифровизации, а также, путем каких структурных преобразований и где они появятся, в настоящее время нет. Сфера транспорта одной из первых ощутила на себе внедрения цифровых технологий: объективная необходимость в автоматизации управления, повышение надежности транспортной системы подтолкнули транспортные компании раньше других провести компьютеризацию управленческих процессов, а с течением времени - и цифровизацию всей транспортной отрасли.

**Цель работы**

Выявление наиболее существенных проявлений влияния цифровизации на транспортную отрасль, тенденции и характер такого взаимодействия.

**Основная часть**

Проблематика цифровизации как таковой сейчас является одной из наиболее популярных в научной экономической литературе. Теоретическая база проведенных исследований позволяет выделить в ней такие направления разработки: электронное управление, роботизация и внедрение искусственного интеллекта, новые технологии в производстве. Однако, недостаточное внимание уделяется вопросам цифровизации конкретных сфер экономики, что и обусловило направление данного исследования.

Среди ученых, в трудах которых поднимаются вопросы цифровизации транспортной отрасли, можно выделить Б.А. Левина, Е.Н. Розенберга, В.И. Ляшенко, Ю.С. Смагина, Д.В. Ефанова и многих других.

В научной литературе существует несколько подходов к определению понятия «цифровизация». Будем считать в данной статье основным такой подход, при котором цифровизация рассматривается как комплекс процессов в экономике и обществе, который состоит в массовом распространении технологий, основанных на использовании бинарного (двоичного) кода, и имеет очевидные качественные изменения в организации

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



технологического и общественного уклада.

Само понятие цифровизации – достаточно широкая дефиниция. Относительно транспортной сферы, цифровизация – это масштабное проникновение цифровых технологий как на управленческом, так и на технологическом уровне.

В то же время, отличительной чертой цифровизации в транспортной сфере является то, что в каждом ее направлении она происходит неравномерно, притом, что потенциальная потребность в цифровизации велика. Именно активное использование цифровых технологий представляется наиболее перспективным способом повышение экономической эффективности этой сферы.

Транспортная отрасль - одно из направлений экономической деятельности, которое в наибольшей степени поддается влиянию процессов цифровизации. Такое влияние можно разделить на очевидные, поверхностные изменения в данной отрасли и те, которые происходят в самой транспортной инфраструктуре. В первом случае речь идет о проникновение в транспортную сферу технологий, успешно апробированных в других сферах: big data, процессы интеллектуализации табл. 1 **(**составлено автором на основе [1]**).**

Таблица 1

**Направления использования цифровых технологий в транспортной отрасли**

| *Направление влияния* | *Механизм внедрения цифровых технологий* |
|---|---|
| Электронный документооборот | Введение электронных билетов, дистанционное оформление электронных билетов, создание «виртуальных офисов», обслуживание клиентов без личного контакта |
| Дистанционная коммуникация | Использование цифровых коммуникационных технологий для живого дистанционного общения |
| Оплата | Мобильная оплата, единые проездные документы, использование мобильных приложений для получения транспортных услуг |
| «Облачные» технологии | Обработка данных на качественно новом уровне: сбор и анализ данных о транспортных потоках, использование технологий big data |
| Интегрированные системы управления (ИТС) | Реорганизация систем управления транспортом, их автоматизация, привлечение клиента в процесс управления и контроля над грузом |
| Интеллектуальные транспортные системы | Автоматизация контроля транспортных потоков, прогнозирование транспортной обстановки, поддержка систем автопилота |
| Платформы логистических услуг | Создание цифровых платформ, ориентированных на предоставление логистических услуг, в том числе, поиск перевозчика, выявление оптимального маршрута и т.д. |

В настоящее время основным инновационным трендом технологического развития транспортной отрасли являются ИТС. Выделяют четыре ключевых направления процесса цифровизации транспортной отрасли [2]:

1) цифровизация транспортной инфраструктуры и логистических цепей (в том числе складского хозяйства и сервисных центров),

2) роботизация производственных процессов,

3) масштабная автоматизация, в том числе, управленческих процессов,

4) внедрение автопилотных систем.

Если рассматривать указанные выше направления, то по существу каждого из них можно отметить следующее:

1) цифровизация транспортной инфраструктуры предполагает, что каждый этап логистической цепи, а также транспортное средство, должны быть вовлечены в цифровую среду, то есть иметь персональную идентификацию в Интернете, кроме этого, должны проводиться под контролем программного обеспечения. Примером такого подхода является оснащение чипами всех морских контейнеров, отслеживание перемещения каждого из контейнеров;

2) роботизация производственных процессов в транспортной сфере уже происходит достаточно быстрыми темпами. Однако наиболее трудоемкие процессы – складское хозяйство, комплектация грузов;

3) автоматизация управленческих процессов уже происходит определенное количество времени. Собственно, именно в транспортной отрасли и начались первые процессы автоматизации. Скорость современных транспортных потоков такова, что человек во многих случаях уже не может самостоятельно принимать грамотные решения без риска критической ошибки;

4) внедрение систем автопилота с технологической точки зрения уже происходит определенное время. Массовое внедрение таких технологий в некоторых странах сдерживается локальным законодательством. Сейчас действуют только некоторые экспериментальные проекты в общественном транспорте, например, беспилотные автобусы.

Говоря вообще, цифровизация как тенденция технологического развития транспортной сферы была идентифицирована достаточно давно. Фактически, речь идет о том, что проникновение цифровых технологий в транспортную сферу началось с возникновения электронно-вычислительной техники. За прошедший период, как свидетельствуют данные таблицы 2, были реализованы разнообразные проекты как по инициативе правительств, так и частных компаний [3].

Таблица 2

**Примеры применения цифровых технологий в транспортной сфере**

| *Технология* | *Функции* |
|---|---|
| SARTRE | Программа создания пассажирских транспортных средств с единым дистанционным управлением, являющаяся безопасной для пешеходов и окружающей среды |
| Open Shuttle | Интерактивная система комплектации грузов при помощи автоматических погрузчиков |
| Pick by light | Использование специализированных световых индикаторов для улучшения работы роботизированных транспортных средств |
| Put by Beamer | Складская технология приема и распределения грузов в автоматическом режиме |
| Автоматизированные портовые комплексы | Использование в морских портах автоматизированных складских систем, в первую очередь, в контейнерных терминалах |

Безусловными преимуществами внедрения автоматизированных технологий являются:

- повышение эффективности транспортной сферы как таковой (эффективное использование топлива, снижение аварийности, повышение пропускной способности автодорог);
- уменьшение удельного веса расходов на заработную плату в общем объеме расходов предприятий за счет высвобождения сотрудников в силу автоматизации процессов;
- снижение времени простоя транспорта.

Следует заметить, что использование автоматизированных транспортных систем остается дискуссионным вопросом, поскольку имеет ряд рисков, которые влекут за собой социальные последствия. А именно: одновременное высвобождение большого количества узкоспециализированных специалистов – водителей; сложности в определении меры ответственности при наступлении страхового случая; риск отказа программного обеспечения и, как следствие, потеря управляемости транспортным средством.

Современным важным трендом является и то, что технологии искусственного интеллекта станут для транспорта технологией общего назначения. Кроме этого, сам человек становится все более вооруженным различными технологиями, прежде всего, благодаря возможности выхода в Интернет.

Наличие мобильных устройств для выхода в сеть, массовое увеличение количества таких устройств, дают возможность по-новому построить взаимодействие всей транспортной сферы с пользователями транспортной инфраструктуры.

Возникновение такого сервиса, как UBER расширение использования термина «урбанизация» кардинально изменили основополагающие принципы предоставления транспортных услуг.

Роботизацию в транспортной сфере следует рассматривать, прежде всего, как производство и использование адаптивных интеллектуальных систем, которые могут выполнять свои производственные функции независимо от степени вмешательства человека [4].

Принято выделять следующие типы роботизованной техники:

1) роботы, которые оперируют в человеческой среде,

2) роботизированные системы, которые не требуют вмешательства человека,

3) автономные транспортные средства.

Конкретные примеры позволяют говорить, что автономные системы давно используются на станциях технического обслуживания. На железнодорожном транспорте автоматизированные автономные системы могут быть использованы для контроля над состоянием рельс. Это снижает риск и не требует дополнительных сотрудников, кроме того, контрольные работы можно проводить в любое время суток с одинаковой эффективностью.

Отдельным показательным примером можно привести технологии использования беспилотных летательных аппаратов (дронов). И, хотя правовые основы использования автономных летательных аппаратов в большинстве стран еще в стадии разработки, или использование таких аппаратов просто ограничено, все-же потенциал использования таких аппаратов для необходимости транспорта достаточно велик.

Так, дроны могут быть использованы для аэрофотосъемки, а также, постоянного мониторинга, сопровождения грузов. С учетом того, что мощность дронов постоянно увеличивается, возможно, в ближайшем будущем станет возможным перевозка грузов и пассажиров подобными аппаратами в отдаленные районы.

Пока еще дроны используются, в основном, для внешнего наблюдения. Так, в Германии

патрульные дроны используются для наблюдения за участками железнодорожного полотна с целью выявления преступников режима и просто вандалов [4]. Безусловно, потенциал дронов таков, что со временем они станут новым полноценным видом транспорта.

**Выводы**

Подводя итог вышеизложенному материалу, можно констатировать что цифровизация является доминирующим процессом транспортной сферы. Процесс цифровизации, сам по себе, происходит намного быстрее, чем предыдущие технологические революции. Можно предположить, что результатом этих преобразований буду следующие два фактора:

- с одной стороны, эффективное использование цифровых технологий в транспортной сфере определит уровень конкурентоспособности любой транспортной компании, и те из них, которые будут игнорировать современные технические изменения, рискуют покинуть рынок
- с другой стороны, именно процессы цифровизации являются источником повышенных рисков как в контексте экономического развития, так и в контексте общественного прогресса.

**Список литературы**

**1. Абдюшева Д.Р., Меренков А.О., Степанов А.А. Условия построения маркетинговой системы «цифрового» транспорта и логистики в управлении конкурентоспособностью // Информационные технологии в управлении, Управление № 3(21). - 2018. – 229 с.**

**2. Альтшуллер, И.А. Стратегия и маркетинг: две стороны одной медали, или просто - о сложном [Текст] / И.А. Альтушер. - Москва: Дело, 2014. - 156 с.**

**3. Демьянова О.В., Диммиева А.Р. Цифровизация как точка роста промышленного предприятия // Социально-экономические и правовые основы инновационного развития: сборник научных статей. – Пенза: Восток. - 2018. – 184 с.**

**4. Меренков А.О. Цифровая экономика на транспорте и интеллектуальные транспортные системы // Транспорт: наука, техника, управление, №4. - 2018.**

**Бородіна О.А. Вплив тенденцій цифровізації економіки на розвиток транспортної галузі**

***Анотація.*** *У статті представлені результати дослідження механізмів і характеру впливу цифровізації на розвиток транспортної галузі. Виділено ключові складові процесу цифровізації сучасної економіки і ті з них, які мають суттєвий вплив на транспортну галузь. Проаналізовано досвід цифровізації транспорту та наслідки цього процесу. Наведено перелік цифрових технологій, які найбільш використовуються в транспортній галузі, продемонстровано вплив цих технологій на розвиток галузі.*

***Ключові слова:*** *цифровізація транспорту, цифрова економіка, інновації на транспорті.*

**Borodina O.A. Impact of digitalization trends in the economy for the development of the transport industry**

***Abstract.*** *The article presents the results of a study of the mechanisms and nature of the impact of digitalization on the development of the transport industry. The key components of the process of digitalization of the modern economy and those that have a significant impact on the transport industry are highlighted. The experience of digitalization of transport and the consequences of this process are analyzed. The list of digital technologies that are most in demand in the transport industry is given, and the impact of these technologies on the development of the industry is demonstrated.*

***Keywords:*** *digitalization of transport, digital economy, innovations in transport.*

***УДК 629.424.1:621.319.4***

***НАДИРЯН С.Л., БАГЛАЙ Ф.А., МЫСЛИВЦЕВА Е.Ю.***
***Кубанский государственный технологический университет, г. Краснодар***

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАБОТЫ МАРШРУТНОГО ПАССАЖИРСКОГО ТРАНСПОРТА Г. КРАСНОДАРА НА ПРИМЕРЕ МАРШРУТА № 11

*Изучен ряд факторов, которые позволят выявить потребность населения в данном автобусном маршруте. Однако не все факторы могут быть заблаговременно учтены, поэтому уже существующие маршруты должны подвергаться совершенствованию основных показателей работы. Оценена работа данного маршрута, изучена полная маршрутная сеть городского пассажирского автомобильного транспорта г. Краснодара и основные показатели данного маршрута. Охарактеризован маршрут, посчитан и проанализирован сложившийся пассажиропоток на данном маршруте и определены его технико-эксплуатационные характеристики. Предложены мероприятия по совершенствования маршрута, благодаря которому повысится окупаемость данного маршрута и значительно снизятся затраты компании.*
***Ключевые слова:*** *пассажирский транспорт, автобус, подвижной состав, маршрут, пассажиропоток, пассажирооборот.*

**Постановка задачи**

Динамичность транспортного рынка в сочетании с конкуренцией значительно затрудняет деятельность всех составляющих транспортной системы [1-5], нацеленную на полное и своевременное удовлетворение потребностей населения в перевозках. В то же время это побуждает к повышению качества транспортного обслуживания пассажиров, эффективности и качества работы транспортной системы. Задача в условиях рынка очень сложная. Ее решение требует поиск оптимальных решений не только транспортными организациями, но и другими отраслями экономики, которые обеспечивают транспорт материальными ресурсами и техникой.

В процессе совершенствования пассажирских перевозок возникают специфические для пассажирских сообщений следующие сложности:

Объективные: значительные трудности в длительном планировании и прогнозировании структуры, размеров и направлений перевозок пассажиров из-за неопределенности спроса;

Субъективные: сохраняется второстепенное отношение к пассажирским перевозкам (по сравнению с грузовыми), что приводит к уменьшенному выделению ресурсов, чем для грузовых перевозок, иногда трудности в перевозке грузов устраняются за счет пассажирских перевозок.

Автобусный транспорт имеет следующие преимущества перед другими видами транспорта:

- хорошая маневренность, возможность быстрого введения новых линий и изменения маршрутов;
- быстрая организация массовых и единичных перевозок;
- небольшие первоначальные затраты.

Автобусные маршруты представляют собой основной для России элемент общественного транспорта.

Основные задачи, которые решены в данной статье:

1. Охарактеризовать маршрут;
2. Проанализировать сложившийся пассажиропоток на маршруте;

3. Рассчитать потребность в подвижном составе на данном маршруте и определить его технико-эксплуатационные характеристики;

4. Предложить мероприятия по совершенствованию маршрута.

**Цель работы**

В рамках данной работы основными целями являются изучение маршрутной сети городского пассажирского автомобильного транспорта, выбор типа подвижного состава, проведение расчетов и анализ эксплуатационных показателей, исследование пассажиропотоков и режимов движения транспортных средств.

**Основная часть**

Городской автобусный маршрут № 11 соединяет между собой микрорайон Юбилейный и Прикубанский и проходит по ул. Героя Яцкова, ул. Черкасской, ул. 1 Мая, ул. 40-лет Победы, ул. Колхозной, ул. Офицерской, Шоссе Нефтяников, ул. Красной, ул. Северной, ул. Академика Трубилина, ул. Алма-Атинская, ул. 70 лет Октября, Проспект Чекистов.

Конечными пунктами данного маршрута являются ост. «Проспект Чекистов» (мр. Юбилейный) и ост. «Школа» (мр. Губернский) как в прямом, так и в обратном направлении движения.

Длинна данного маршрута в прямом направлении составляет 17,11 км, а в обратном 18,49 км, что обуславливается особенностями организации дорожного движения в городе и расположениями мест тяготения пассажиропотока. Время работы ПС на маршруте с 06:00 до 22:00 (16 часов), интервал движения 8 минут. Среднее время маршрута 1 час. Среднее количество рейсов в день 6-8 с учётом перерыва на обед 1 час. На маршруте одновременно находятся 20-24 транспортных средств. Водители работают 15 дней в месяц, так как время работы 16 часов в сутки. На данном маршруте план 10 тыс. рублей, остальное – заработная плата водителя. В среднем водитель получает 50 тыс. рублей в месяц.

Автобусный маршрут № 11 на своем пути пересекает трамвайные пути, и мост, а также проходит по перекресткам с круговым движением.

Основными объектами тяготения на маршруте являются: Кубанский государственный аграрный университет (Калинина 13), ТРЦ «Галерея» (ул. Северная 337), Военное училище (ул. Северная 267), КубГТУ (ул. Красная 135), ТЦ «Центр города» (ул. Красная 176), универмаг «Краснодар» (ул. Красная 157), дом спорта «Динамо» (ул. Красная 190), кинотеатр «Аврора» (Красная 169), ПКиО Чистяковская роща, Краснодарский гуманитарно-технологический колледж (1 Мая 99), Краевая клиническая больница №1 им. профессора С.В. Очаповского (1 Мая 167).

Компания – перевозчик ООО «Кубань» для осуществления перевозки использует ПАЗ 320412.

Автобус ПАЗ-320412 длиной 7.5 м – это базовая модель семейства автобусов ПАЗ, предназначенная для работы на городских и пригородных маршрутах, а также в сегменте корпоративных перевозок.

ПАРАМЕТРЫ ПАЗ-320412:

Длина/Ширина/Высота: 7500/2410/2880 мм

Количество/ширина дверей: 2/650 мм

Высота потолка в салоне:1980 мм

Тип кузова: Несущий, вагонной компоновки

Минимальный радиус разворота: 8,1 м

Масса снаряженная/технически допустимая: 5460…5580/10000 кг.

Нагрузка на переднюю/заднюю ось от технически допустимой массы: 3500/6500 кг

Общее количество мест (в т.ч. посадочных): 53 (17+1); 50 (21+1); 43 (25+1)

Емкость топливного бака/газовых баллонов: 95 литров

Шасси/мост: КААЗ

Рулевой механизм: С гидроусилителем

Тормозная система: Пневматическая, двухконтурная, привод с разделением на контуры по осям, с ABS

Вентиляция: Естественная, через форточки в окнах боковины и люки в крыше

Система отопления: Автономный жидкостной предпусковой подогреватель и салонные отопители

Шины: 245/70 R19,5

Схема движения по городскому маршруту №11 представлена на рис. 1.

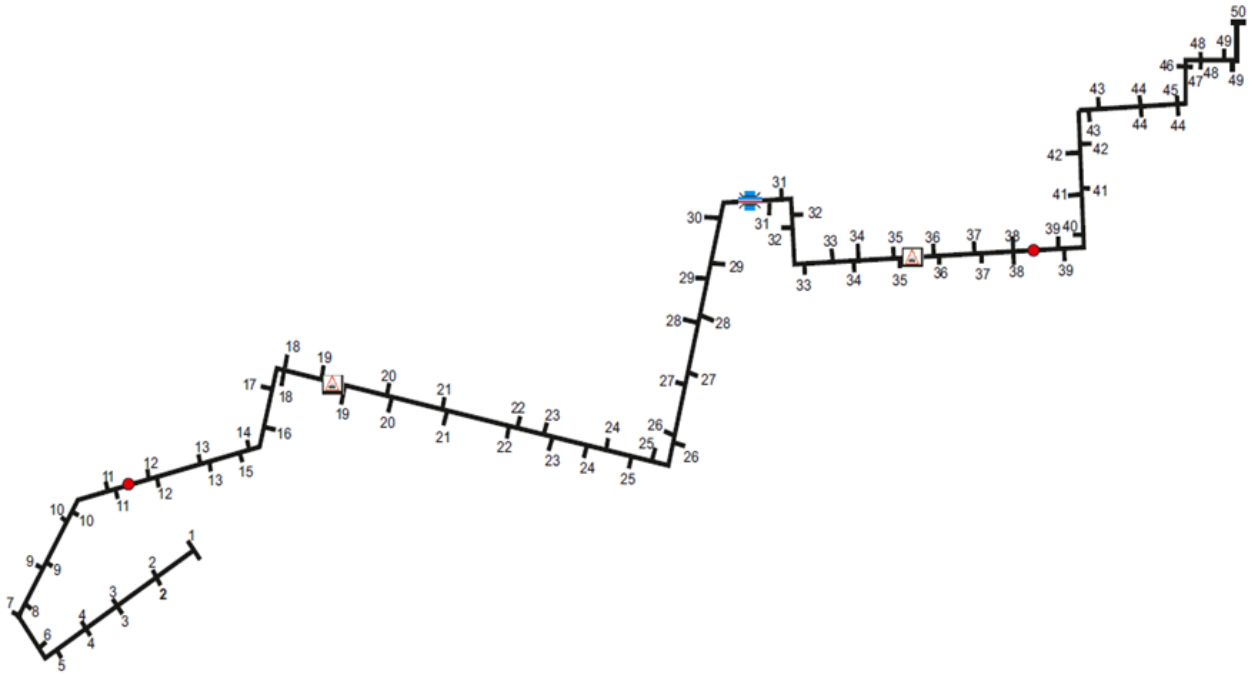


**Рис. 1. Схема движения по городскому автобусному маршруту №11**

Пассажиропоток - это количество пассажиров, которое перемещается в одном направлении на каждом перегоне маршрута транспортного средства или на сети всех маршрутов определенного типа (международных, междугородных, пригородных, городских) в заданную единицу времени (час, сутки, неделя, месяц, год и т.д.). Для распределения пассажиропотоков по направлениям и сбора необходимой информации об изменении пассажиропотоков во времени проводятся обследования с применением одного из следующих методов: билетный. анкетный, глазомерный или табличный.

При выполнении данной работы использовался табличный метод обследования пассажиропотока на маршруте городского общественного транспорта № 11.

Полученные данные о количестве вошедших и вышедших пассажиров на каждом остановочном пункте, проехавших между остановочными пунктами маршрутов, а также результаты расчета в прямом направлении были занесены в таблицы, на основе которых были построены картограммы пассажиропотока в прямом и обратном направлении, представленные на рис.2. и рис. 3.

Далее мы рассчитали основные показатели работы данного маршрута [5-7]:

1.Число пассажиров, проехавших между остановочными пунктами

2.Количество пассажиров, перевезенных на маршруте за отчетный период, определяется как сумма сошедших или вошедших пассажиров

3.Пассажирооборот – характеризует объем выполненных пассажирских перевозок с учетом расстояний, на которые были перевезены пассажиры. На данном маршруте пассажирооборот в прямую и в обратную сторону составил 701,21 пасс*км.

4.Для характеристики пассажиропотоков и их количественных соотношений мы рассчитали коэффициент неравномерности. Определение данного коэффициента позволяет наиболее эффективно организовать работу подвижного состава на маршруте.

5.Коэффициент неравномерности перевозок по участкам выражается отношением мощности пассажиропотока на максимально загруженном перегоне к средней мощности пассажиропотока на всех участках за тот же период. На данном маршруте равняется 1,19.

6.Коэффициент неравномерности перевозок по направлениям представляет собой отношение объема перевозок в направлении с максимальным пассажиропотоком к объему перевозок за тот же период в обратном направлении. На данном маршруте равняется 1,25.

7.Средняя дальность поездки пассажиров на маршруте определяется как отношение выполненных пассажиро-километров за сутки к объему перевезенных пассажиров за тот же промежуток времени. На данном маршруте равняется 6,04 км.

8.Для анализа эффективности использования автобусов на маршруте определяется коэффициент сменности, который показывает, сколько раз в среднем сменяются пассажиры в автобусе в течение одного рейса. При использовании единого тарифа рентабельность (это отношение прибыли к среднегодовой стоимости основного фонда маршрута тем выше, чем выше коэффициент сменности.

Коэффициент сменности на маршруте №11 определяется как отношение длины маршрута к средней дальности поездки. На данном маршруте равняется 6,14.

Далее мы произвели расчет количества подвижного состава на маршруте.

Степень наполнения ПС характеризуется коэффициентом использования вместимости автобусов.

9.Статический коэффициент использования вместимости ПС равен 0,37.

10.Динамический коэффициент использования вместимости ПС равен 0,39.

Потребность в подвижном составе на автобусных маршрутах определяют для назначения на каждый маршрут типа и числа автобусов, при котором обеспечивается освоение пассажиропотока с соблюдением нормативных требований к качеству транспортного обслуживания пассажиров.

11.Потребное число автобусов при известном пассажиропотоке на наиболее загруженном участке маршрута в час пик равняется 15 единиц.

12.Время оборотного рейса на маршруте составляет 2,39 часа.

13.Интервал движения – это время между автобусами, следующими по одному маршруту в одном направлении друг за другом. Интервал движения равен 9,56 мин.

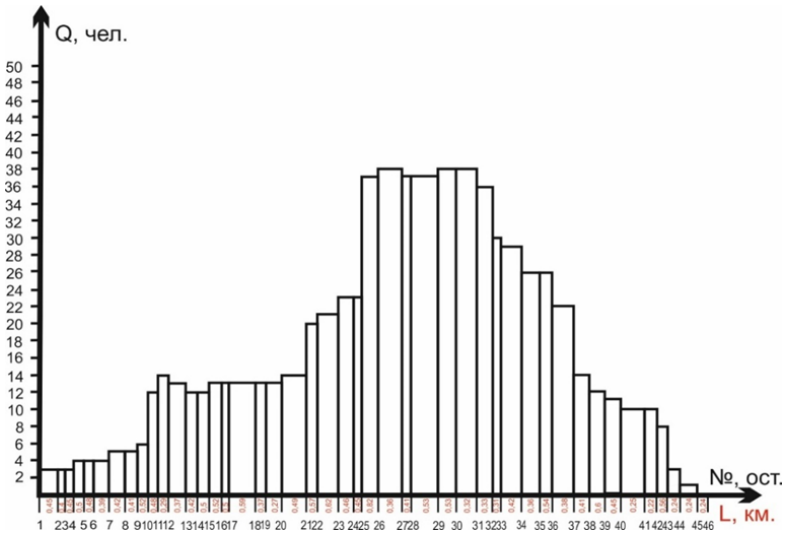



**Рис. 2. – Картограмма пассажиропотока в прямом направлении движения по маршруту №11**

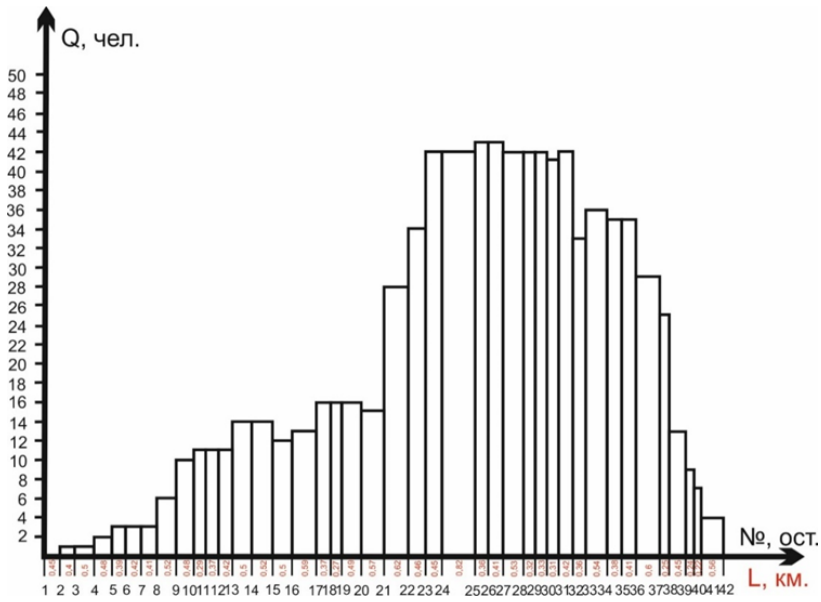



**Рис. 3. – Картограмма пассажиропотока в обратном направлении движения по маршруту №11**

Таким образом, на маршруте №11 коэффициент использования вместимости и интервал движения автобусов соответствует требованиям.

Городской пассажирский автобусный транспорт г. Краснодара является сложной организационной, технологической и финансовой системой, которая выполняет удовлетворение потребностей населения в перевозках и обеспечивает функции социальной поддержки.

Интервал движения на маршруте равен 9,56 минут, и наполнение пассажирами автобуса на маршруте №11 очень высокое, что говорит о недостатках в рациональном использовании подвижного состава марки ПАЗ 320412. На маршруте №11 имеются центры притяжения для пенсионеров и маломобильного населения, а также других групп (Краевая Клиническая больница, Городская Клиническая больница, различные торговые центры и клиники, детские сады и школы и т.д.).

В связи с вышеизложенном необходимо произвести модернизацию ПС на данном маршруте путем его замены с марки ПАЗ 320412 на марку МАЗ 206, что позволит повысить заполняемость автобуса, так как его номинальная пассажировместимость составляет 72 человека и 25 мест для сидения. И даст возможность более комфортного проезда для стариков и маломобильной группы населения, так как новый автобус является низкопольным.

Низкопольный автобус данной модели является надежным транспортным средством, предназначенным для выполнения пассажирских перевозок. МАЗ-206 может эксплуатироваться на городских и пригородных маршрутах.

В числе основных достоинств автобуса – маневренность и плавность хода [8]. Это особенно важно при движении в городских условиях. Комфорт для водителя обеспечивают удобное расположение кресла, имеющего анатомическую форму и оснащенного подголовником, а также независимое воздушное отопление кабины. За безопасность пассажиров и самого автобуса отвечают, кроме прочего, антиблокировочная система тормозов и независимый жидкостный подогреватель двигателя Webasto. Максимальная скорость: 67-87 км/ч.

В целом подвижной состав, задействованный на маршруте №11 удовлетворяет потребностям населения в пассажирских перевозках, однако он не в полной мере отвечает возрастающим современным требованиям по экономии топливно-энергетических ресурсов, стоимости технической эксплуатации, комфортности поездки пассажиров, экологической

безопасности и другим факторам. Поэтому на маршруте № 11 следует произвести замену старого ПС на новый.

Полная замена ПС на маршруте требует больших капитальных вложений, поэтому его следует заменять с особой осторожностью. Необходимо определить будет ли новый подвижной состав давать существенный экономический и социальный эффект.

Экономический эффект заключается в возвышении производительности работы, экономии капитальных вложений, эксплуатационных расходов и приведенных расходов и т.п. расчет экономической эффективности заключается в сравнении расходов с результатами от их внедрения.

Для замены ПС предварительно необходимо определить основные предпосылки замены подвижного состава. На городском общественном пассажирском маршруте № 11 ими являются:

1. Высокие затраты на ремонт и обслуживание старого ПС;

2. Недостаточное использование пассажировместимости имеющихся автобусов.

3.Отсутствие доступности проезда/частичная доступность проезда маломобильной категории населения, пенсионерам и т.д.

Посчитав среднее количество человек, проезжающих на маршруте, посчитав среднюю стоимость проезда, доход и чистую прибыль предприятия, мы узнали срок окупаемости данного проекта. Для полной окупаемости 5 единиц ПС МАЗ 206 потребуется 62 месяца.

После произведенной замены подвижного состава на новый повысится окупаемость данного маршрута и значительно снизятся затраты перевозчика ООО «Кубань» на осуществление перевозок, также повысится комфортность и доступность перевозок, и данный маршрут станет более востребованным. Это сподвигнет компанию заменить весь ПС на новый, тем самым это сделает данный маршрут более оптимальным и привлекательным для всех категорий населения.

**Выводы**

1) В результате выполнения данной работы были определены технико-эксплуатационные показатели работы ПС на маршруте.

2) Исследован пассажиропоток в двух направлениях движения на городском пассажирском маршруте № 11.

3) Произведён расчёт потребности в ПС и определен интервал движения.

4) Предложены мероприятия по совершенствованию данного маршрута, а именно замена подвижного состава с марки ПАЗ 320412 на марку МАЗ 206 (покупка 5 единиц подвижного состава).

**Список литературы**

**1.Гудков В.А., Миротин Л.Б. Пассажирские автомобильные перевозки Учебник для вузов. - М.: Горячая линия-Телеком, 2006. — 448 с.;**

**2.Спирин. И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками Москва, 2010г., 400 страниц.;**

**3.Федеральный закон от 08.11.2007 N 259-ФЗ (ред. от 03.07.2016) "Устав автомобильного транспорта и городского наземного электрического транспорта".**

**4.Домбровский А.Н., Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Надирян С.Л. Научные проблемы экономики транспорта. учебное пособие. г. Краснодар: Изд. ФГБОУ ВО «КубГТУ», 2017. – 264 с.**

**5.Изюмский А.А., Надирян С.Л. Системы автоматизации на автомобильном транспорте. Кубанский государственный технологический университет. Краснодар, 2015.**

**6.Изюмский А.А., Надирян С.Л., Сенин И.С. Вычислительная техника и сети в отрасли. Краснодар, 2014.**

**7.Кирий К.А., Коновалова Т.В., Надирян С.Л. Оценка эффективности инвестиций в транспортно-логистических системах. Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. 2014. № 8. С. 285-287.**

**8.Коновалова Т.В., Надирян С.Л., Миронова М.П. Особенности системы обслуживания перевозок пассажиров по заказам в регионе. Наука. Техника. Технологии (политехнический вестник). 2015. № 3. С. 117-119.**

**Надірян С.Л., Баглай Ф.А., Мислівцева Е.Ю. Удосконалення роботи маршрутного пасажирського транспорту м. Краснодара на прикладі маршруту № 11**

***Анотація.*** *Вивчено ряд факторів, які дозволять виявити потребу населення по даному автобусному маршруту. Однак не всі фактори можуть бути завчасно враховані, тому вже існуючі маршрути повинні піддаватися вдосконаленню основних показників роботи. Оцінена робота даного маршруту, вивчена повна маршрутна мережа міського пасажирського автомобільного транспорту м Краснодара і основні показники даного маршруту. Охарактеризовано маршрут, пораховано та проаналізовано сформований пасажиропотік на даному маршруті та визначено його техніко-експлуатаційні характеристики. Запропоновано заходи щодо вдосконалення маршруту, завдяки якому підвищиться окупність даного маршруту і значно знизяться витрати компанії.*

***Ключові слова:*** *пасажирський транспорт, автобус, рухомий склад, маршрут, пасажиропотік, пасажирообіг.*

**Nadiryan S.L., Bahlai F.A., Myslivcova E.Y. Improvement of work route passenger transport in Krasnodar on the example of route 11**

***Abstract.*** *The article defines the influence of road conditions and vehicle systems on its course stability. The angular velocity and lateral acceleration were calculated using the experimental data obtained. Graphs are constructed for comparison of experimental and calculated values. Grapho-analytical method was determined by the angles of the slip of the wheel. The dependence of the withdrawal angle on the angular velocity is constructed.*

***Keywords:*** *car, course stability, experiment, graphoanalytical method, angle of entry.*

*УДК 629.463*

***БАЛАЛАЕВ А.Н., д.т.н., доцент;***
***ПОЛОВИНКИНА А.Ю., старший преподаватель;***
***ПРОХОРОВА Е.А., студент***
***Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара, Россия***

# ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ ПАССАЖИРСКОГО ВАГОНА С ФУНКЦИЕЙ УВЛАЖНЕНИЯ ВОЗДУХА

*Предложена перспективная система вентиляции с функцией увлажнения и подогрева в зимний период, включающая регенеративный теплообменник, тепловой насос, образованный из кондиционера (парокомпрессионной холодильной машины), самоочищающийся фильтр непрерывного действия для механической очистки жидкого теплоносителя от загрязнений, бактерицидную ультрафиолетовую лампу и тепловой аккумулятор. Для расчета эффективности теплового насоса составлена методика расчета парокомпрессионной холодильной машины, работающей в составе системы вентиляции. Подсчитана затрачиваемая электрическая мощность для переходного времени года. В диапазоне температуры наружного воздуха $t_в$ = +15…-5 $^0$C потребная мощность компрессора составляет от 0,56 кВт до 3,72 кВт, при этом воздуху передается тепловая мощность от 1,76 кВт до 6,78 кВт. Средние величины в переходное время года составляют при $t_в$ = 5 $^0$C: потребная мощность компрессора 1,87 кВт, тепловая мощность, сообщаемая воздуху, 4,27 кВт. Описан экспериментальный стенд и проанализированы экспериментальные данные по установлению эффектов увлажнения и подогрева воздуха при изменении числа оборотов вращения дисков.*

***Ключевые слова:*** *пассажирский вагон, система вентиляции, подогрев, увлажнение, регенеративный теплообменник.*

**Постановка задачи**

Одним из важных требований для перевозок пассажиров железнодорожным транспортом является создание комфортных условий в пассажирских вагонах. Также это позволяет создавать определенный имидж транспортной компании и повышает конкурентоспособность железнодорожного транспорта.

Совершенствование системы вентиляции и кондиционирования воздуха, входящих в общую систему жизнеобеспечения пассажирских вагонов, является одним из перспективных направлении современных исследований в области модернизации подвижного состава железных дорог и повышения его комфортабельности [1].

Качество воздуха в помещении, в том числе в пассажирских вагонах обеспечивается необходимым уровнем вентиляции (величиной воздухообмена), обеспечивающим допустимые параметры воздуха и содержание вредных для человека примесей (углекислого газа, пыли и т.д.). Согласно «Санитарным правилам по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте СП 2.5.1198-03» [2].

Следующие технические решения посвящены задаче увлажнения воздуха в регенеративных теплообменниках.

Известен регенеративный тепломассообменный аппарат, содержащий корпус с патрубками для подвода и отвода газа, размещенный в корпусе горизонтальный вал и укрепленные на валу диски, частично погруженные в жидкий теплоноситель [3].

Недостатками данной конструкции регенеративного тепломассообменного аппарата являются малая интенсивность тепломассообмена и высокое энергопотребления на привод вращения вала.

В полезной модели [4] предложено регенеративный газожидкостный тепломассообменный аппарат использовать для тепловлажностной обработки воздуха, подаваемого в пассажирский вагон зимой. Данный регенеративный теплообменник обладает пониженным энергопотреблением, увлажняет подогреваемый воздух и очищает его от пыли и болезнетворных вирусов.

Технический результат в полезной модели [4] достигается тем, что в регенеративном теплообменнике, содержится корпус с патрубками для подвода и отвода газа и размещен в нем горизонтальный вал, на котором укреплены диски, а также термосифон, частично погруженные в жидкий промежуточный теплоноситель, ниже дисков и термосифона размещен жидкостной трубчатый теплообменник змеевикового типа, в жидком промежуточном теплоносителе расположен излучатель ультразвуковых колебаний, а на валу по его краям установлены лопастные турбины.

В качестве теплоносителя используется покоящаяся жидкость - промежуточный теплоноситель, интенсификация теплообмена в котором достигается ультразвуковыми колебаниями с помощью погруженного в него излучателя. Применение излучателя ультразвуковых колебаний увеличивает значение коэффициента теплоотдачи промежуточного жидкого теплоносителя и обеззараживает воду, убивая вирусы и микробы, попадающие в промежуточный теплоноситель с пылью от подогреваемого воздуха, и сам подогреваемый воздух. Использование в регенеративном теплообменнике кроме термосифонов, у которых поверхности, передающие тепло к воздуху, только внешние, еще и дисков, у которых обе поверхности передают тепло к воздуху, значительно повышает количество переданного воздуху тепла. Однако вращать вал с большим количеством дисков термосифоны способны лишь при значительной интенсификации теплоотдачи от жидкого теплоносителя к термосифонам [4].

Повышение теплоотдачи жидкого теплоносителя путем увеличения скорости его движения в регенеративном теплообменнике ограничено из-за роста сил трения на поверхностях дисков, и возрастания, в связи с этим, момента трения у вращающихся дисков и термосифонов. Поэтому в предложенном теплообменнике тепло передается дискам и термосифонам от жидкого теплоносителя, изолированного от них трубчатым теплообменником змеевикового типа, через промежуточный жидкий теплоноситель, интенсификация теплообмена в котором достигается применением излучателя ультразвуковых колебаний.

Недостатком конструкции регенеративного теплообменника [4] является низкая надежность привода вращения вала в начальный момент работы из-за недостаточной мощности термосифона (одного или двух) и лопастных турбин для преодоления трения покоя вала. Кроме того, при использовании в процессе теплообмена промежуточного теплоносителя увеличиваются потери тепла, что снижает КПД теплообменника и увеличивает его габариты и вес.

Этих недостатков лишена полезная модель [5], которая относится к регенеративным газожидкостным тепломассообменным аппаратам и может быть использована для тепловлажностной обработки воздуха пассажирского вагона в зимнее время года. Регенеративный теплообменник содержит корпус с патрубками для подвода и отвода газа, короб с жидким теплоносителем, размещенный в корпусе горизонтальный вал, на котором закреплены диски, частично погруженные в жидкий теплоноситель, и размещенный в жидком

теплоносителе излучатель ультразвуковых колебаний. Диски жестко соединены с обедами, внутри которых размещены предварительно термоциклированные на обратимую деформацию проволочные силовые элементы из титано-никелевого сплава с памятью формы ТН-1 (нитинол), которые одним концом шарнирно закреплены к внутренней стороне обода, а другим концом соединены подвижно через пружины с шарнирами, которые в свою очередь установлены на коленчатом валу, который жестко закреплен относительно короба и размещен соосно горизонтальному валу. В полости короба с жидким теплоносителем выполнены два отверстия, одно из которых соединено с напорным, а другое - с обратным трубопроводом, которые в свою очередь соединены соответственно с выходом и входом вихревого теплогенератора. Предложенное техническое решение позволяет существенно повысить мощность привода вращения горизонтального вала и обеспечить преодоление трения покоя вала с большим количеством установленных на нем дисков [5].

**Цель работы**

Целью настоящей работы является разработка новой системы вентиляции пассажирских вагонов с функцией увлажнения воздуха в зимний период.

**Основная часть**

В основе новой системы вентиляции лежит регенеративный теплообменник по патенту [5]. Система вентиляции дооснащена тепловым насосом, образованным из кондиционера (парокомпрессионной холодильной машины) [6]. Система дополнительно содержит:

– самоочищающийся фильтр непрерывного действия для механической очистки жидкого теплоносителя от загрязнений (пыль, продукты износа трущихся деталей теплообменника), образующиеся в процессе эксплуатации;

– бактерицидную ультрафиолетовую лампу;

– тепловой аккумулятор.

Тепловой аккумулятор представляет собой теплоизолированную емкость, предназначенную для аккумулирования тепла и его возврата в контур системы циркуляции жидкого теплоносителя во время стоянок. В качестве такой емкости может быть использован, например, металлический сосуд с вакуумной теплоизоляцией в виде экструдированных панелей из полиамида, окруженных пеноматериалом [7].

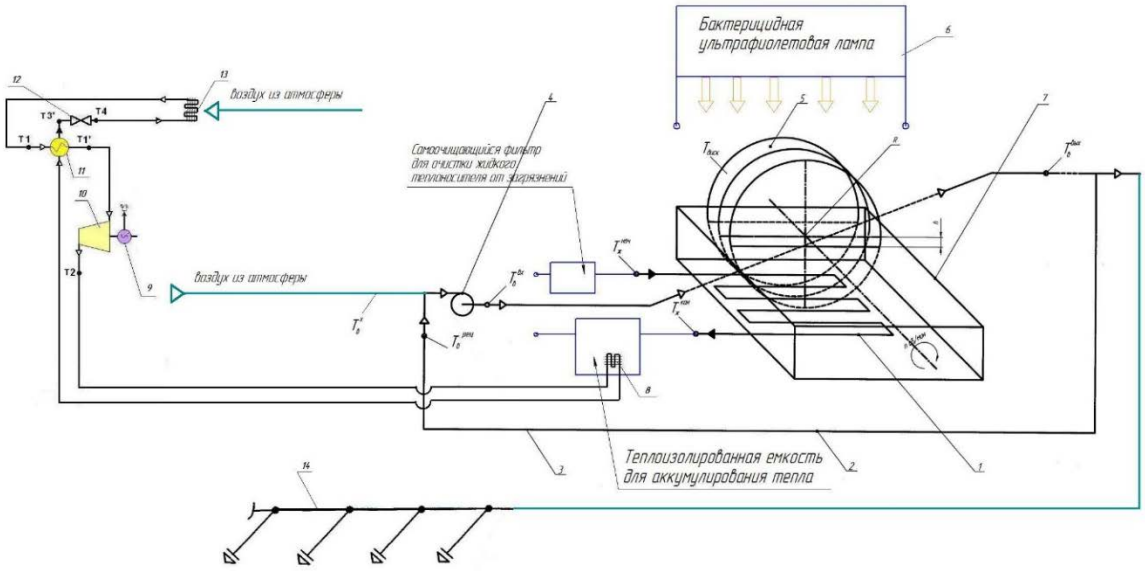
Новая система вентиляции воздуха в пассажирском вагоне представлена на рис. 1.

Увлажнение, обеззараживание и подогрев воздуха осуществляется в предложенной установке следующим образом.

Вентиляционный агрегат 4 засасывает воздух из окружающей среды 3 и из вагона (рециркуляционный контур 2) в соотношении 1:3, который проходит в зазорах дисков 5, закрепленных на общем валу с шагом h, и поступает в воздуховод 14. Диски 5 частично погружены в нагретый теплоноситель (воду), заполняющий короб 7 таким образом, чтобы при ускорениях и покачиваниях вагона он не выливался. Вал с дисками 5 вращается от электродвигателя (на схеме не показан). В результате части дисков, омываемые воздухом, охлаждаются, передавая воздуху тепло, а части дисков, погруженные в теплоноситель, нагреваются, получая тепло от теплоносителя. Так как диски 5 смачиваются водой, то воздух, омывая их мокрые поверхности, увлажняется. Вредоносные бактерии из воздуха попадают на мокрую поверхность дисков, прилипают к ней, а при погружении этих поверхностей в теплоноситель короба 7, остаются в нем, где уничтожаются бактерицидной ультрафиолетовой лампой 6. Теплоноситель поступает в короб 7 из контура водогрейного котла 1, очищаясь в

самоочищающемся фильтре. В целях энергосбережения в переходное время года и в зимний период при незначительных отрицательных температурах (до -10 0С) нагрев теплоносителя может осуществляться тепловым насосом, образованным парокомпрессионной холодильной машиной системы кондиционирования пассажирского вагона. Так в теплоизолированной емкости для аккумулирования тепла размещен теплообменник-конденсатор 8, в котором проходит парообразный хладагент парокомпрессионной холодильной машины.

Нагрев хладагента в теплообменнике-конденсаторе 8 осуществляется следующим образом.




*1 – контур жидкого теплоносителя (воды) из водогрейного котла;*
*2 – контур рециркуляционного воздуха из вагона; 3 – наружный холодный воздух;*
*4 – вентиляционный агрегат; 5 – диски регенеративного теплообменника;*
*6 – бактерицидная ультрафиолетовая лампа; 7 – короб с жидким теплоносителем (водой);*
*8 – теплообменник-конденсатор; 9 – электродвигатель; 10 – компрессор;*
*11 – рекуперативный теплообменник; 12 – дроссель; 13 – теплообменник-испаритель;*
*14 – воздуховод подачи воздуха в купе вагона*

**Рис. 1. Новая система вентиляции с функцией увлажнения и подогрева в зимний период**

Покидая теплообменник-конденсатор 8, хладагент имеет температуру конденсации tk = 100 0С в состоянии полного перехода в жидкость. Он поступает в рекуперативный теплообменник 11, где переохлаждается на заданную величину Δtr = 5 0С. Затем проходит дроссель 12, причем, его давление и температура резко понижаются (температура становится равной ti = -20 0С). Хладагент далее поступает в теплообменник-испаритель 13, омываемый наружным воздухом. Если наружный воздух имеет температуру, большую, чем ti, то будет происходить передача тепла хладагенту до его полного испарения. Затем хладагент поступает в рекуперативный теплообменник 11, где перегревается на некоторую величину, а далее поступает в компрессор 10, работающий от электродвигателя 11 и сжимающий парообразный хладагент с повышением его температуры до tk. Далее парокомпрессионный цикл, так называемый обратный цикл Ренкина, повторяется.

Для расчета экономии энергии с помощью теплового насоса необходимо рассчитать потребный расход хладагента парокомпрессионной холодильной машины и ее КПД.

Парокомпрессионный цикл или обратный цикл Ренкина показан на рис. 2.

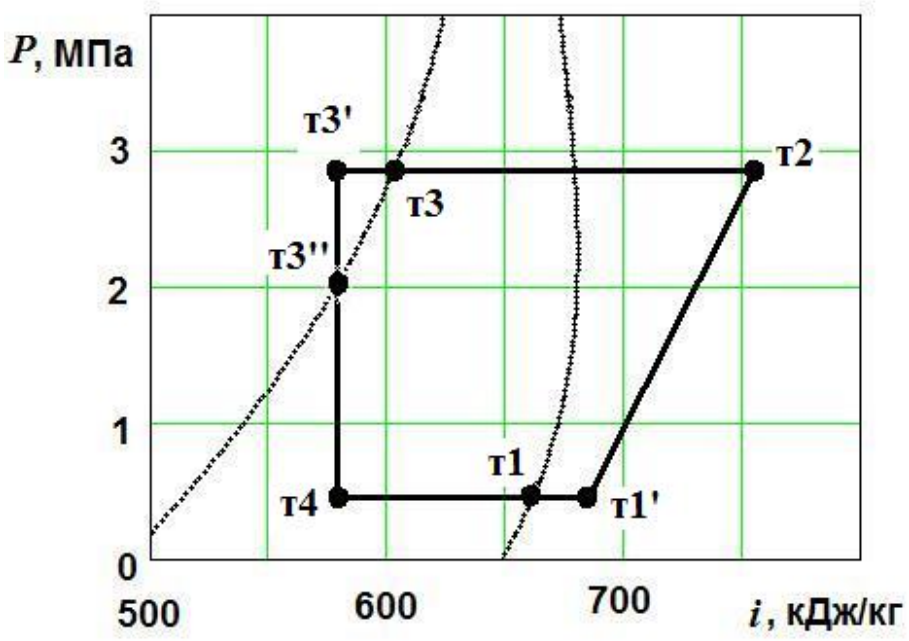



**Рис. 2. Термодинамический цикл парокомпрессионной холодильной машины с перегревом**

Для расчета теоретического цикла одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины использована методика, изложенная в [8-10]. Так на основе рекомендаций [8-10] задаются значения температуры в теплообменнике-испарителе, теплообменнике-конденсаторе и после теплообменника-рекуператора:

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

где $t_1$ – температура в теплообменнике-испарителе $t_i$, $^0$C; $t_в$ = +15…-5 $^0$C – температура наружного воздуха (далее расчеты приведены для средней температуры $t_в$ = +5 $^0$C); $t_3$ – температура в теплообменнике-конденсаторе $t_k$, $^0$C; $t_ж$ = 90 $^0$C – температура теплоносителя в коробе; $t_{3'}$ – температура переохлаждения хладагента после теплообменника-рекуператора $t_k$ - $\Delta t_r$, $^0$C.

Величина давления в теплообменнике-испарителе (точки т1, т1', т4) находится по значению температуры t1 из эмпирической зависимости для граничной кривой состояния насыщения паров фреона-12, полученной по данным [10] и приведенной в [10]:

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

где температура t1 подставляется в градусах Кельвина, а давление получается в МПа.

Подставляя в левую часть равенства (2) значение Т1 = -5 + 273 = 268 К, из полученного

тождества получается величина давления в теплообменнике-испарителе Р1 = Р1’ = Р4 = 0,19 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

$$i_3 - i_{3'} = i_{1'} - i_1, \tag{3}$$

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 фреона-12, полученной по данным [10] и приведенной в [10]:

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

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

При подстановке значения давления в точке т1 в уравнение для правой граничной кривой насыщения (5) получается: при $P_1 = 0{,}19$ МПа, удельная энтальпия на граничной кривой $i_1 =$ 654 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’: $i_{1'} = 654 + 613{,}38 - 608{,}37 = 659{,}01$ 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 [10] для паровой области фреона-12:

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

При подстановке в левую часть тождества (3.6) значения удельной энтальпии $i_{1'} = 659{,}01$ кДж/кг, а в правую часть значения давления $P_{1'} = 0{,}19$ МПа, решая полученное уравнение относительно температуры, получается $t_{1'} = 2{,}2\ ^0$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 [33, с. 369-370] для паровой области фреона-12 было составлено эмпирическое выражение:

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

Приравнивая выражение (7) при значениях давления $P_{1'}$ = 0,19 МПа и температуры $t_{1'}$ = 2,2 $^0$С выражению (7) при значении давления $P_2$ = 3,351 МПа, полученное тождество можно решить относительно температуры, получается $t_2$ = 127,3 $^0$С.

Удельная энтальпия в точке т2 находится из эмпирического выражения (6) при подстановке в него величин давления $P_2$ = 3,351 МПа и температуры $t_2$ = 127,3 $^0$С, получается $i_2$ = 694,66 кДж/кг.

Удельная теплота, отдаваемая тепловым насосом теплоносителю в коробе через стенки теплообменника-конденсатора, равна

$$q=i_2-i_3. \quad (8)$$

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:

$$Q_{в}=G_{в}\cdot c_{р}\cdot\left(t_{ваг}-t_{см}\right), \quad (9)$$

где $G_в$ = 1 кг/с – расход воздуха при работе вентиляционного агрегата производительностью 3000 м$^3$/час; $c_р$ = 1005 Дж/(кг К) – удельная теплоемкость воздуха; $t_{ваг}$ = 22 $^0$С – потребная температура воздуха в вагоне после регенеративного теплообменника; $t_{см}$ = 0,25·$t_в$ + 0,75·$t_{ваг}$ – температура смеси наружного и рециркуляционного воздуха перед регенеративным теплообменником. Величина тепловой мощности равна $Q_в$ = 4271 Вт.

При делении тепловой мощности $Q_в$ на удельную теплоту $q$ можно получить величину потребного массового расхода хладагента (фреона-12)

$$G_f=\frac{Q_{в}}{q}. \quad (10)$$

Удельная работа компрессора равна:

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

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

$$N_к=G_f\cdot l. \quad (12)$$

Уравнения (1) – (12) представляют собой методику расчета теоретического цикла одноступенчатой парокомпрессионной холодильной машины.

Расчеты показали, что в диапазоне температуры наружного воздуха $t_в$ = +15…-5 $^0$C мощность компрессора должна составлять от 0,56 кВт до 3,72 кВт, при этом воздуху передается тепловая мощность от 1,76 кВт до 6,78 кВт.

Средние величины в переходное время года составляют $t_в$ = 5 $^0$C, мощность компрессора 1,87 кВт, тепловая мощность, сообщаемая воздуху 4,27 кВт.

Для проверки способности предлагаемого регенеративного теплообменника к увлажнению и подогреву воздуха на кафедре «Вагоны» СамГУПС был изготовлен экспериментальный стенд, показанный на рис. 3.

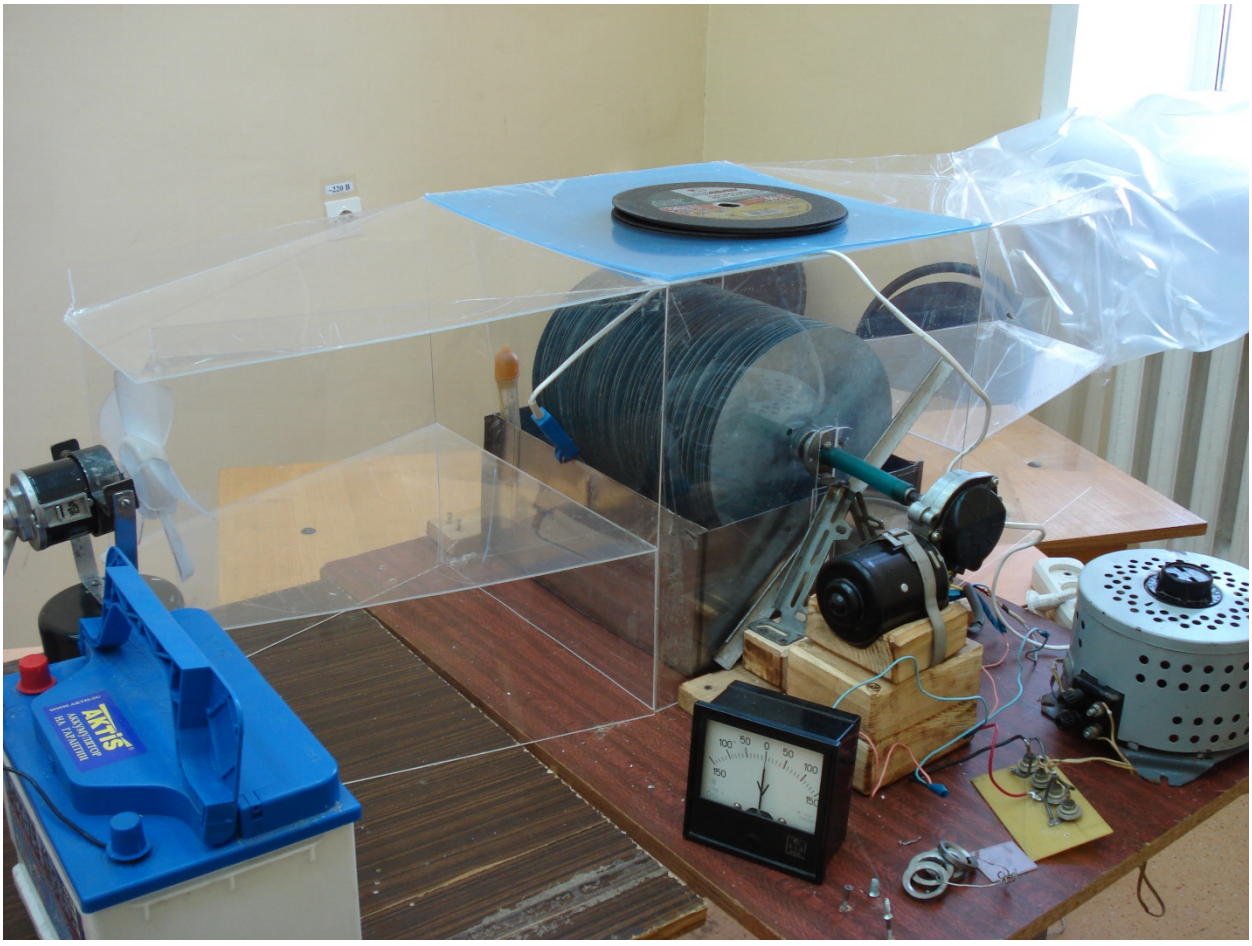



**Рис. 3. Стенд экспериментального исследования процесса увлажнения и подогрева воздуха с помощью регенеративного теплообменника**

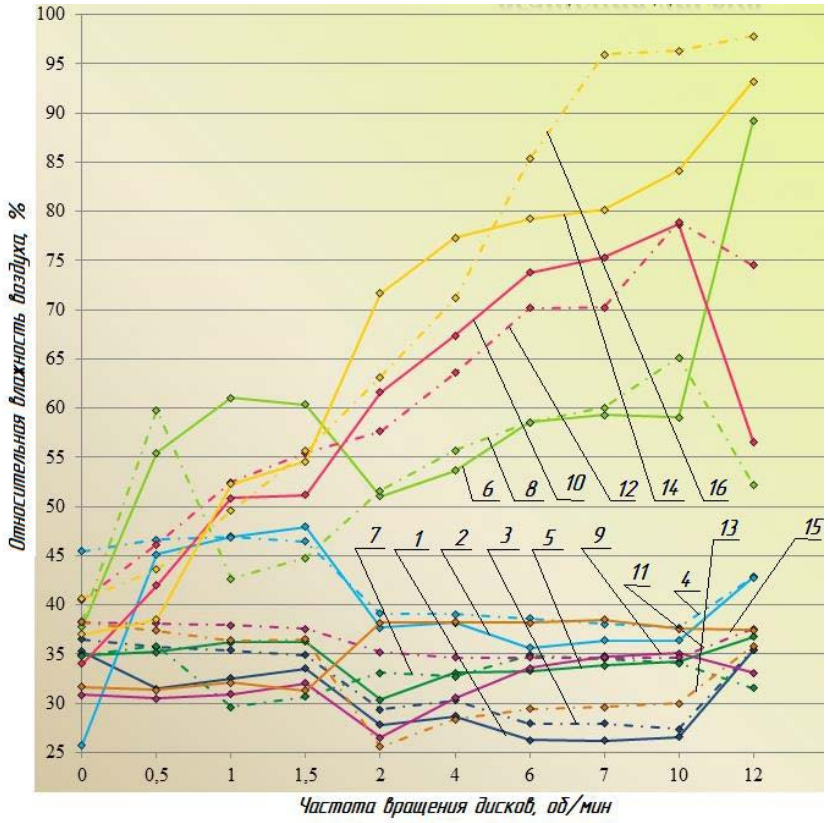
В экспериментальной установке использовались диски из оцинкованной стали диаметром 230 мм и толщиной 1 мм в количестве 50 штук, установленных на вал с промежутками 4 мм. В короб с размерами 400х250х150 наливалась подогретая до определенной температуры вода так, чтобы диски были погружены в нее на одну треть радиуса. Диски вращались с помощью электродвигателя с числом оборотов, задаваемым в диапазоне от 0 до 12 об/мин. Вся установка помещалась в воздуховод из оргстекла. Воздух подавался из комнаты в воздуховод с помощью вентилятора и выводился из канала в комнату.

Измерялись значения температуры и относительной влажности воздуха на входе в установку и на выходе из установки с помощью гигрометра CENTER-314.

Для интенсификации теплоотдачи от воды к дискам в части экспериментов в воду погружался источник ультразвуковых колебаний RETONA.

На данной установке Половинкиной А. Ю. проводились эксперименты по установлению эффектов увлажнения и подогрева воздуха при изменении числа оборотов вращения дисков и интенсификации теплообмена с помощью ультразвуковых колебаний.

Результаты увлажнения воздуха, полученные Половинкиной А. Ю., представлены на рис. 4.




*1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 – относительная влажность на входе; 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14, 16 – относительная влажность на выходе; 1, 2, 3, 4 – температура 20 $^0$C; 5, 6, 7, 8 – температура 30 $^0$C; 9, 10, 11, 12 – температура 40 $^0$C; 13, 14, 15, 16 – температура 50 $^0$C; 3, 4, 7, 8, 11, 12, 15, 16 – с включением источника ультразвуковых колебаний*

**Рис. 4. Зависимость относительной влажности воздуха на выходе от числа оборотов вращения дисков при различной температуре воды**

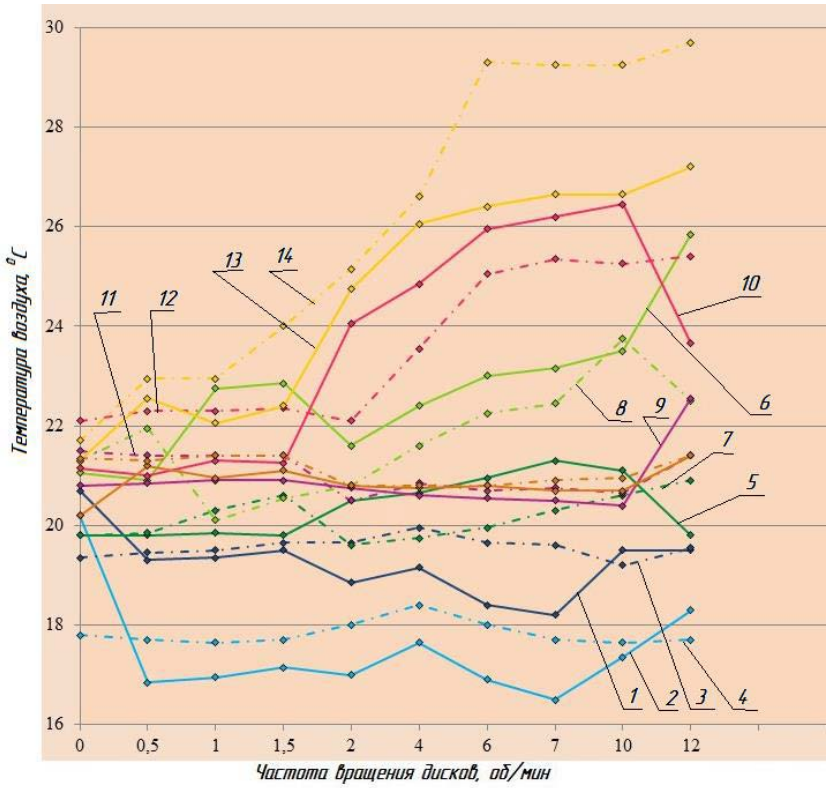
Как видно из графиков рис. 4, при значениях температур 20…30 0С повышение относительной влажности воздуха слабо зависит от числа оборотов вращения дисков и составляет 10…15%. При повышении температуры воды в коробе до 40…50 0С происходил резкий рост относительной влажности воздуха на выходе из установки в зависимости от числа оборотов. Включение источника ультразвуковых колебаний практически не оказывало влияния на относительную влажность выходящего из установки воздуха за исключением режима с температурой воды 50 0С и числа оборотов 6…12 об/мин.

Большие значения относительной влажности воздуха на выходе объясняются повышением в ходе экспериментов относительной влажности на входе в установку из-за

постепенного роста влажности в комнате, где проводился эксперимент.

Эксперименты Половинкиной А. Ю. позволили сделать вывод, что увлажнять воздух с помощью регенеративного теплообменника возможно, однако, процесс увлажнения необходимо регулировать.

Результаты подогрева воздуха, полученные Половинкиной А. Ю., представлены на рис. 5.




*1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 – относительная влажность на входе;*
*2, 4, 6, 8, 10, 12, 14 – относительная влажность на выходе; 1, 2, 3, 4 – температура 20 $^0$C;*
*5, 6, 7, 8 – температура 30 $^0$C; 9, 10, 11, 12 – температура 40 $^0$C;*
*13, 14 – температура 50 $^0$C;*
*3, 4, 7, 8, 11, 12 – с включением источника ультразвуковых колебаний*

**Рис. 5. Зависимость температуры воздуха на выходе от числа оборотов вращения дисков при различной температуре воды**

Как видно из графиков рис. 5, при значениях температур 20…30 0С вместо подогрева воздуха наблюдалось снижение его температуры на выходе из установки на 5…10 0С, что можно объяснить эффектом испарения капельной влаги с поверхности дисков с отбором теплоты от дисков, снижением их температуры и отбором теплоты от воздуха к дискам.

При повышении температуры воды в коробе до 40…50 0С происходил рост температуры воздуха на выходе из установки в зависимости от числа оборотов. Включение источника ультразвуковых колебаний не оказывало влияния на температуру выходящего из установки воздуха за исключением режима с температурой воды 50 0С и числа оборотов 6…12 об/мин.

Вид кривых на графиках рисунков 3.4 и 3.5 почти одинаков, что говорит о взаимозависимости температуры и относительной влажности воздуха на выходе из экспериментального стенда.

Эксперименты Половинкиной А. Ю. позволили сделать вывод, что подогревать воздух с

помощью регенеративного теплообменника возможно при температуре воды в коробе больше 40 0С, однако, способ регулирования температуры воздуха должен учитывать изменения его относительной влажности.

**Выводы**

1) Предложена перспективная система вентиляции с функцией увлажнения и подогрева в зимний период, включающая регенеративный теплообменник по патенту РФ на полезную модель №68109 [5], тепловой насос, образованным из кондиционера парокомпрессионной холодильной машины, по патенту РФ на изобретение №2390447 [6], самоочищающийся фильтр непрерывного действия для механической очистки жидкого теплоносителя от загрязнений, бактерицидную ультрафиолетовую лампу и тепловой аккумулятор.

2) Для расчета эффективности теплового насоса составлена методика расчета парокомпрессионной холодильной машины, работающей в составе системы вентиляции. Подсчитана затрачиваемая электрическая мощность для переходного времени года. В диапазоне температуры наружного воздуха $t_в$ = +15…-5 $^0$С потребная мощность компрессора составляет от 0,56 кВт до 3,72 кВт, при этом воздуху передается тепловая мощность от 1,76 кВт до 6,78 кВт. Средние величины в переходное время года составляют при $t_в$ = 5 $^0$С: потребная мощность компрессора 1,87 кВт, тепловая мощность, сообщаемая воздуху, 4,27 кВт.

**Список литературы**

**1 Павлов Ю. Н., Кузьминский Р. А. Модернизация системы вентиляции пассажирского вагона // Наука и техника транспорта. – 2015, № 2. – С.51–54.**

**2 Санитарные правила по организации пассажирских перевозок на железнодорожном транспорте СП 2.5.2598-10. Изменения и дополнения N 1 и 2 к СП 2.5.1198-03 (утв. постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 16 апреля 2010 г. N 24, Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 10.06.2016 N 76).**

**3 Авт. свид. СССР №909556, F 28 D 19/04. Регенеративный тепломассообменный аппарат / З. Ш. Дабрундашвили, Г. И. Свимонишвили, Л. Х. Нателашвили и др. Заявка №2832105/24-06 от 11.10.79, опубл. 28.02.82, бюл. №8.**

**4 Патент РФ на полезную модель №60195, МПК F28D 19/00 (2006.01) Регенеративный теплообменник / А. Н. Балалаев, Д. П. Варганов. Заявка №2006129659/22; Заявлено 15.08.2006; Опубл. 10.01.2007; Изобретения. Полезные модели. – №1.**

**5 Патент РФ на полезную модель №68109, МПК F28D 19/00 (2006.01) Регенеративный теплообменник / А. Н. Балалаев и др. Заявка №2007114327/22; Заявлено 16.04.2007; Опубл. 10.11.2007; Изобретения. Полезные модели. – №31.**

**6 Патент РФ на изобретение №2390447, МПК B61D 27/00 (2006.01), B60H 3/00 (2006.01) Система вентиляции пассажирского вагона / А. Л. Емельянов, В. П. Афанасьев. Заявка № 2008143287/11; Заявлено 28.10.2008; Опубл. 27.05.2010; Изобретения. Полезные модели. – №15.**

**7 Патент на полезную модель РФ № 182546, МПК E04B 2/02, E04B 1/80, E04C 1/40. Теплоизолирующая стенка / А. Н. Балалаев, М. А. Паренюк, Г. М. Сергееев, Д. М. Тимкин. Заявка № 2018104342 от 05.02.2018. Опубл. 22.08.2018. Бюл. № 24.**

**8 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.**

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

**10 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.**

**Балалаєв О.М., Половинкіна А.Ю., Прохорова Е.А. Теоретичне та експериментальне дослідження системи вентиляції пасажирського вагона з функцією зволоження повітря**

***Анотація.*** *Запропонована перспективна система вентиляції з функцією зволоження і підігріву в зимовий період, що включає регенеративний теплообмінник, тепловий насос, утворений з кондиціонера (парокомпресійної холодильної машини), самоочисний фільтр безперервної дії для механічного очищення рідкого теплоносія від забруднень, бактерицидну ультрафіолетову лампу і тепловий акумулятор. Для розрахунку ефективності теплового насоса складена методика розрахунку парокомпресійної холодильної машини, що працює в складі системи вентиляції. Підрахована витрачається електрична потужність для перехідного пори року. В діапазоні температури зовнішнього повітря tв = + 15 ... -5 $^0$C потрібна потужність компресора становить від 0,56 кВт до 3,72 кВт, при цьому повітрю передається теплова потужність від 1,76 кВт до 6,78 кВт. Середні величини в перехідну пору року складають при $t_в$ = 5$^0$ С: потрібна потужність компресора 1,87 кВт, теплова потужність, що повідомляється повітрю, 4,27 кВт. Описано експериментальний стенд та проаналізовано експериментальні дані щодо встановлення ефектів зволоження та підігріву повітря при зміні числа обертів обертання дисків.*

***Ключові слова:*** *пасажирський вагон, система вентиляції, підігрів, зволоження, регенеративний теплообмінник.*

**Balalaev A.N., Polovinkina A.Yu., Prokhorova E.A. Theoretical and experimental study of passenger car ventilation system with air humidification function**

***Abstract.*** *A promising ventilation system with the function of humidification and heating in winter is proposed, including a regenerative heat exchanger, a heat pump formed from an air conditioner (a steam-compression refrigeration machine), a self-cleaning continuous filter for mechanical cleaning of the liquid coolant from contamination, a bactericidal ultraviolet lamp and a heat accumulator. To calculate the efficiency of a heat pump, a method for calculating a steam compression refrigeration machine operating as part of a ventilation system has been developed. The consumed electric power for the transition time of the year is calculated. In the range of outdoor air temperature TV = +15...-5 $^0$C, the required power of the compressor is from 0.56 kW to 3.72 kW, while the air is transmitted thermal power from 1.76 kW to 6.78 kW. The average values in the transition time of the year are at TV = 5 $^0$C: the required power of the compressor is 1.87 kW, the thermal power transmitted to the air is 4.27 kW. An experimental stand is described and experimental data on establishing the effects of humidifying and heating the air when changing the number of revolutions of the disk rotation are analyzed.*

***Keywords:*** *passenger car, ventilation system, heating, humidification, regenerative heat exchanger.*

*УДК 629.113*

***БАЗАРКИН Н.Н., магистрант; ХОНДА Р.В., магистрант;***
***СПИРИДОНОВ М.В., магистрант; МАРЕНИЧ А.С., ассистент***
***Донецкая академия транспорта, г. Донецк***

# К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА КУРСОВУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ АВТОМОБИЛЯ ЕГО СИСТЕМ И ДОРОЖНОГО ПОКРЫТИЯ ПРИ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ

*В статье определено влияние дорожных условий и систем автомобиля на его курсовую устойчивость движения (КУД). Выполнен расчет угловой скорости и бокового ускорения по полученным экспериментальным данным. Построены графики, для сравнения экспериментальных и расчетных значений. Графоаналитическим методом были определены углы увода колеса. Построены зависимости угла увода от угловой скорости.*
***Ключевые слова:*** *автомобиль, курсовая устойчивость движения, эксперимент, графоаналитический метод, угол увода.*

**Постановка задачи**

Возможность изменения динамических свойств автомобиля при его движении в достаточно широких пределах является одной из существенных особенностей системы «водитель–автомобиль–шины–дорога» (ВАШД). Дорога характеризуется геометрией в плане и профиле, шириной проезжей части, качеством покрытия, освещённостью, встречным и попутным транспортным потоком, то есть дорожно-транспортной ситуацией. Автомобиль характеризуется динамическими свойствами в целом, а также кинематическими, статическими и динамическими свойствами подсистем. Нестабильность свойств автомобиля компенсируется в определённой мере адаптацией водителя, который изменяет целесообразным образом свои действия, приспосабливаясь к автомобилю. Совокупность факторов, связанных с изменением направления вектора скорости автомобиля вследствие воздействия со стороны рулевого управления, изменения тяги и тормозного момента на колёсах, или внешних возмущающих факторов: неровностей дороги и аэродинамических сил, определяют устойчивость и управляемость автомобиля [1].

Так как и конструктивные параметры автомобиля и эргономические данные водителя как управляющего звена влияют на свойства управляемости и устойчивости автомобиля, то эти свойства принято оценивать на двух уровнях. На первом рассматриваются свойства системы ВАШД в целом, на втором уровне выделяют автомобиль как механическую систему, и исследуют его свойства с позиций объекта управления [1,2]. Учёт свойств автомобиля, как объекта управления, в частности с использованием процедур моделирования и оптимизации, позволяет на этапе его проектирования и доводки вносить необходимые коррективы в принятые технические решения. Исследование свойств системы ВАШД является заключительным, обобщающим все параметры устойчивости и управляемости автомобиля.

**Цель работы**

Определение влияния на курсовую устойчивость движения автомобиля его систем и дорожных условий.

**Основная часть**

На стадии проектирования и доводки автомобиля невозможно однозначно оценить курсовую устойчивость согласно существующим методам [3]. Даже при наличии опытного образца или уже эксплуатируемого автомобиля, требующего проверки, необходимы специально обученные водители-эксперты и полигоны, удовлетворяющие ряду требований. Для прогнозирования параметров устойчивости целесообразна разработка и использование расчётно-теоретического метода без привлечения самих анализируемых автомобилей на основе их адекватных математических моделей, полученных расчётным или экспериментальным путями.

Для проведения эксперимента использовался автомобиль "Opel Vectra C" на котором были установлены асимметричные шины "Continental ContiPremiumConntact": 205/55 R16 91H. Для определения экспериментальных данных были применены такие диагностические и измерительные средства как: сканер Tech - 2 с интерактивной системой управления IDS; отметчики траектории (гидравлические); приборы для оценки жесткости поверхности и ее горизонтальности; устройства для измерения высоты рисунка протектора; рулетка; секундомер; фото - и видеоаппаратура.

Для определения шероховатости был избран метод песчаного пятна [4], результаты приведены в таблице 1. По результатам расчета, шероховатость дорожного покрытия Hср = 0,106 соответствует песчаному асфальтобетону [5].

Таблица 1

**Экспериментальные сведенья**

| Количество "песчаных пятен" | Диаметры "песчаного пятна", см | | | | Средний диаметр "песчаного пятна", см | Шероховатость |
|---|---|---|---|---|---|---|
| № | $D_1$ | $D_2$ | $D_3$ | $D_4$ | $D_{ср}$ | H |
| 1 | 37 | 33.5 | 36.7 | 33 | 35.05 | 0,1036942 |
| 2 | 44.5 | 46 | 45.8 | 46 | 45,575 | 0,0613306 |
| 3 | 28 | 29 | 29 | 29 | 28.75 | 0,1541185 |

Перед проведением эксперимента автомобиль был протестирован на диагностической линии "Bosch SDL260", которая позволяет определить необходимые данные для исследования курсовой устойчивости движения автомобиля [3]. Гидроотметчики были установлены на передних и задних частях автомобиля, посередине колеи автомобиля. Движение автомобиля происходило по минимальному радиусу поворота, рулевое колесо, повёрнутое максимально, на асимметричных шинах, в автомобиле находились водитель и оператор (рис.1). Испытания № 4-6 - с нагрузкой, водитель и оператор, 3 мужчины сзади.

Автомобиль перемещался в трёх скоростных режимах: V = 3-5 км/ч, V = 8-10 км/ч, V = 15-18 км/ч. Был выполнен замер диаметров траекторий центров передней и задней осей автомобиля $D_A$ и $D_B$ табл. 2.

Измерения в испытаниях № 1 и 4 не соответствуют действительности или не были записаны из-за того, что траекторию движения автомобиля не было видно.

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

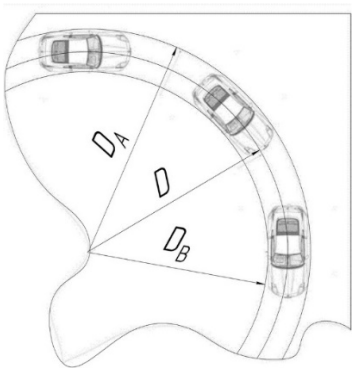



**Рис. 1 Схема движения автомобиля по минимальному радиусу поворота**

Таблица 2

**Диаметры траекторий центров передней и задней осей автомобиля $D_A$ и $D_B$**

| № испытания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $D_A$, м | 12.57 | 10.68 | 10.87 | Траектории не видно | 10.73 | 10.92 |
| $D_B$, м | 12.52 | 9.2 | 9.52 | | 9.32 | 9.58 |

После шести заездов автомобиля, с минимальным радиусом, с прибора Tech-2 были сняты показатели: скорость колес, скорость автомобиля, угол рыскания, боковое ускорение, угловое положение рулевого колеса. Фрагмент таблицы полученных показателей приведен ниже в таблице 3.

Таблица 3

**Фрагмент таблицы измеряемых параметров автомобиля**

| № п/п | Измеряемые параметры | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Скорости | | | | | Показания датчиков | | | | |
| | Переднее правое | Переднее левое | Заднее правое | Заднее левое | Автомобиль | Угол рыскания | Боковое ускорение | Угловое положение рулевого колеса, ABS | Угловое положение рулевого колеса, SIM | Регулирования тягового усилия |
| | $V_{ПП}$, км/ч | $V_{ПЛ}$, км/ч | $V_{ЗП}$, км/ч | $V_{ЗЛ}$, км/ч | $V_A$, км/ч | | | | | |
| 0 | 7 | 6 | 7 | 5 | 6 | 20 | - 0.5 | 456 | | |
| 1 | 7 | 6 | 7 | 5 | 6 | 19 | 0.5 | 455 | | |
| 2 | 7 | 6 | 7 | 5 | 5 | 19 | 0.3 | 456 | | |
| 3 | 7 | 6 | 6 | 5 | 6 | 21 | - 0.5 | 457 | | |
| 4 | 7 | 6 | 7 | 5 | 6 | 19 | 0.7 | 457 | | |
| 5 | 8 | 6 | 7 | 5 | 6 | 19 | 0.8 | 457 | | |
| 6 | 8 | 6 | 7 | 5 | 6 | 21 | 0.2 | 457 | | |
| 7 | 7 | 6 | 7 | 5 | 6 | 20 | 0.5 | 457 | | |

Зная эти параметры, мы можем рассчитать угловую скорость и ускорение (теоретические) и построить сравнительные графики. Так как ведущие колеса автомобиля имеют свойство проскальзывать, а автомобиль переднеприводный то, для определения средней скорости движения, а также уменьшение погрешности измерения, будем вести расчет угловой скорости и ускорения по данным для задних колес автомобиля [6].

Средняя скорость движения по 3 точкам

$$СС_{км/ч} = \frac{V_{ЗП1} + V_{ЗП2} + V_{ЗП3} + V_{ЗЛ1} + V_{ЗЛ2} + V_{ЗЛ3}}{6}, км/ч \quad (1)$$

где $V_{зп}$ и $V_{зл}$ - скорость, соответственно, заднего правого и заднего левого колес.

Средняя скорость движения по 3 точкам равняется

$$CC = \frac{CC_{км/ч}}{3,6}, м/с. \quad (2)$$

Скорость изменения угла рыскания

$$УР = \frac{УР_{Е}}{0,0175}, рад \quad (3)$$

где $УР_{Е}$ - угол рыскания определен экспериментально.

Угол поворота усредненного управляемого колесного модуля

$$УП = \frac{УП_{Е}}{13}, град \quad (4)$$

где $УП_{Е}$ - угловое положение рулевого колеса, определенное экспериментально.

Разница скорости движения заднего колесного модуля по 3 точкам

$$РС = \frac{V_{ЗП} - V_{ЗЛ}}{3.6}, м/с \quad (5)$$

Угловое ускорение – расчетное

$$a_{у\ расчётное} = УР \cdot УП,\ м/с^2 \quad (6)$$

Угловая скорость по разнице линейных скоростей задних колес

$$\omega_{рлс} = \frac{РС}{1.485}, рад/с \quad (7)$$

Угловое ускорение - по показаниям датчика

$$a_{\text{у датчик}} = \frac{БУ_1 + БУ_2 + БУ_3}{3}, м/с^2 \quad (8)$$

где БУ - боковое ускорение определено экспериментально.

Ускорение боковое

$$a_y = \frac{(V_{ЗП1} \cdot 3.6)^2 - (V_{ЗЛ1} \cdot 3.6)^2}{2 \cdot 1.485}, м/с^2 . \quad (9)$$

Угловая скорость

$$\omega = \frac{(V_{ЗП\,1} \cdot 3.6) - (V_{ЗП\,2} \cdot 3.6)}{1.485}, рад/с . \quad (10)$$

Результаты расчета были внесены в таблицу 4, фрагмент которой приводится ниже.

Таблица 4

**Фрагмент расчета угловой скорости и ускорения**

| № п/п | Средняя скорость движения по 3 точкам, км / ч | Средняя скорость движения по 3 точкам, м / с | Скорость изменения угла рыскания | Угол поворота усредненного управляемого колесного модуля, град | Разница скорости движения заднего колесного модуля по 3 точкам м / с | Угловое ускорение - расчет | Угловая скорость по разнице линейных скоростей задних колес, ω, | Угловое ускорение - датчик | Ускорение (рассчитано) а в, м/с$^2$ | Угловая скорость (рассчитано), ω, рад / с |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | 0.35 | | 0.56 | | 0.37 | | 0.62 | 0.37 |
| 3 | | | 0.33 | | 0.56 | | 0.37 | | 0.62 | 0.37 |
| 4 | 6.00 | 1.67 | 0.33 | 35.08 | 0.56 | 11.66 | 0.37 | 0.10 | 0.62 | 0.37 |
| 5 | 5.83 | 1.62 | 0.37 | 35.15 | 0.28 | 12.92 | 0.19 | 0.10 | 0.29 | 0.19 |
| 6 | 5.83 | 1.62 | 0.33 | 35.15 | 0.56 | 11.69 | 0.37 | 0.17 | 0.62 | 0.37 |
| 7 | 5.83 | 1.62 | 0.33 | 35.15 | 0.56 | 11.69 | 0.37 | 0.33 | 0.62 | 0.37 |
| 8 | 6.00 | 1.67 | 0.37 | 35.15 | 0.56 | 12.92 | 0.37 | 0.57 | 0.62 | 0.37 |
| 9 | 6.00 | 1.67 | 0.35 | 35.15 | 0.56 | 12.30 | 0.37 | 0.50 | 0.62 | 0.37 |
| 10 | 6.00 | 1.67 | 0.33 | 35.08 | 0.56 | 11.66 | 0.37 | 0.20 | 0.62 | 0.37 |
| 11 | 6.00 | 1.67 | 0.35 | 35.15 | 0.56 | 12.30 | 0.37 | 0.23 | 0.62 | 0.37 |
| 12 | 6.00 | 1.67 | 0.35 | 35.15 | 0.56 | 12.30 | 0.37 | 0.30 | 0.62 | 0.37 |
| 13 | 6.00 | 1.67 | 0.35 | 35.23 | 0.56 | 12.33 | 0.37 | 0.47 | 0.62 | 0.37 |

Продолжение табл. 4

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 6.00 | 1.67 | 0.39 | 35.23 | 0.56 | 13.56 | 0.37 | 0.47 | 0.62 | 0.37 |
| 15 | 6.00 | 1.67 | 0.37 | 35.23 | 0.56 | 12.95 | 0.37 | 0.37 | 0.62 | 0.37 |
| 16 | 6.00 | 1.67 | 0.35 | 35.15 | 0.56 | 12.30 | 0.37 | 0.40 | 0.62 | 0.37 |
| 17 | 6.00 | 1.67 | 0.35 | 35.15 | 0.56 | 12.30 | 0.37 | 0.57 | 0.62 | 0.37 |
| 18 | 6.00 | 1.67 | 0.39 | 35.15 | 0.56 | 13.53 | 0.37 | 0.57 | 0.62 | 0.37 |
| 19 | 6.00 | 1.67 | 0.37 | 35.15 | 0.56 | 12.92 | 0.37 | 0.50 | 0.62 | 0.37 |
| 20 | 6.00 | 1.67 | 0.37 | 35.15 | 0.56 | 12.92 | 0.37 | 0.47 | 0.62 | 0.37 |
| 21 | 6.00 | 1.67 | 0.39 | 35.15 | 0.56 | 13.53 | 0.37 | 0.47 | 0.62 | 0.37 |

По полученным значениям угловой скорости и ускорения можем построить графики, на которых сравним полученные теоретические значения с экспериментальными.

На рисунке 2 приведены зависимости бокового ускорения центра масс автомобиля и угловой скорости вращения АТС вокруг вертикальной оси от времени (при перемещении автомобиля по круговой траектории, регламентированной поворотом рулевого колеса) [7]. Графики приведены по результатам исследования №1 (круг №1), относительно угла поворота рулевого колеса, максимальный угол поворота.

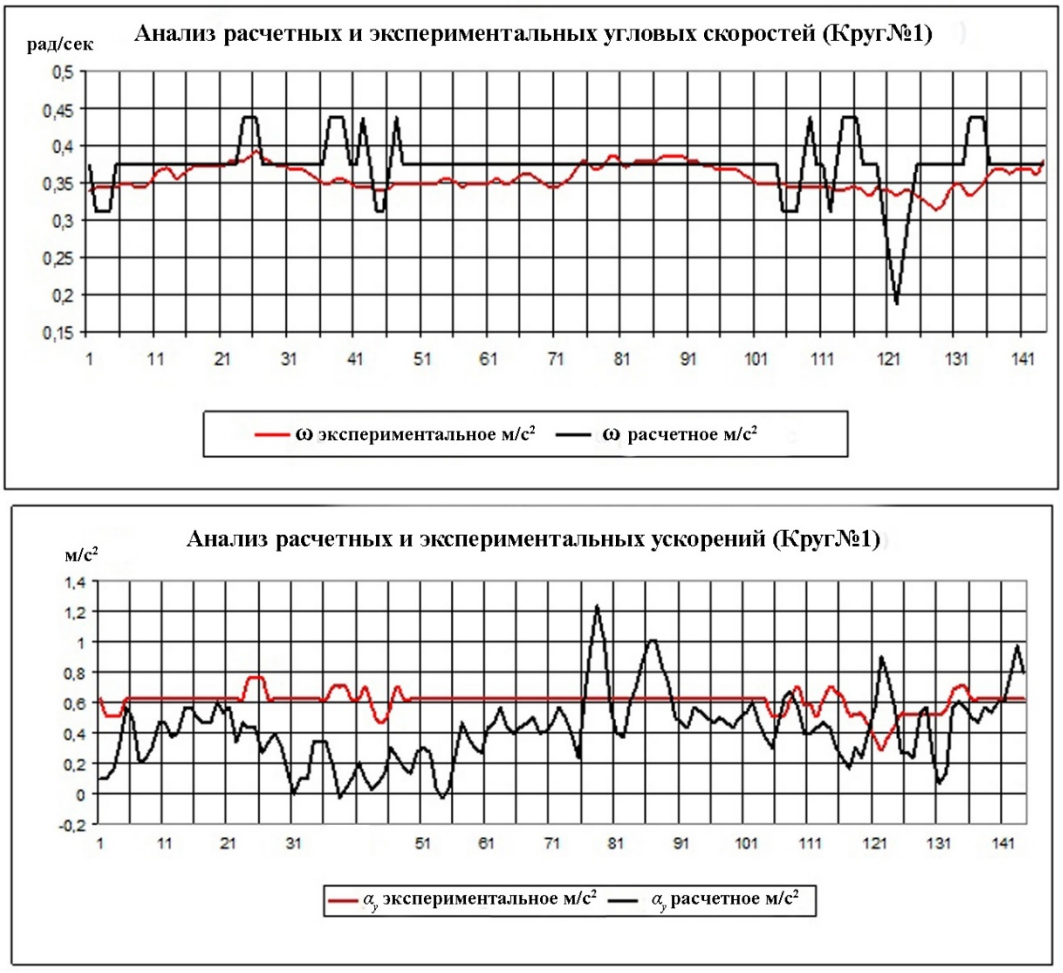



**Рис. 2. Зависимости изменения угловой скорости и бокового ускорения центра масс автомобиля по времени**

По экспериментальным данным графоаналитическим методом построим кинематические схемы движения автомобиля для разных случаев. Таким образом, определим углы увода передней и задней осей, а также центра масс. Построение будем выполнять для усредненного колесного модуля в виде велосипедной схемы [7]. Для построения схемы (рис. 3), воспользуемся полученными значениями, приведенными выше.

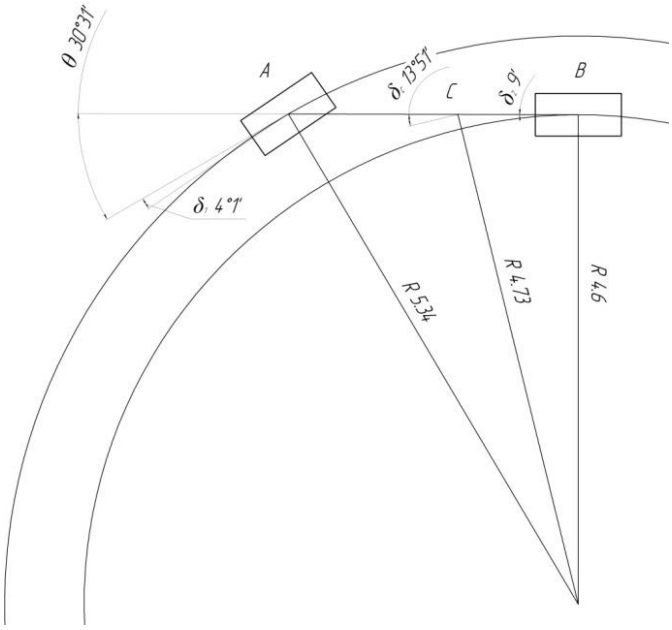



**Рис. 3. Кинематическая схема автомобиля "Opel Vectra C" (круг №2)**

Угловая скорость определяется по формуле:

$$\omega = \frac{V}{R}, 1/c\,. \tag{11}$$

Полученные результаты представим в виде таблице 5

Таблица 5

**Результаты экспериментальных значений**

| № опыта | $\delta_1$ | $\delta_2$ | $\delta_c$ | $R_1$ | $R_2$ | $R_c$ | BD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | градус | | | метр | | | |
| Без нагрузки | | | | | | | |
| Круг 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| Круг 2 | 4.016 | 0.15 | 13.85 | 5.34 | 4.6 | 4.74 | - |
| Круг 3 | 6.43 | 0. 916 | 12.4 | 5.43 | 4.76 | 4.87 | 0. 075 |
| С нагрузкой | | | | | | | |
| Круг 4 | - | - | - | - | - | - | - |
| Круг 5 | 4.86 | 0.5 | 15 | 5.36 | 4.66 | 4.73 | 0. 041 |
| Круг 6 | 5.7 | 0. 93 | 14.2 | 5.46 | 4.79 | 4.94 | 0. 078 |

Если определить углы увода осей и центра масс, линейную скорость и радиусы, то можно построить зависимость угла увода от угловой скорости автомобиля.

Для построения такой зависимости воспользуемся математической программой Maple. Для получения сплайн-интерполяций используется Maple функция spline (X, Y, var, d)., так как данная функция позволяет получить график по усредненным точкам (рис.4).

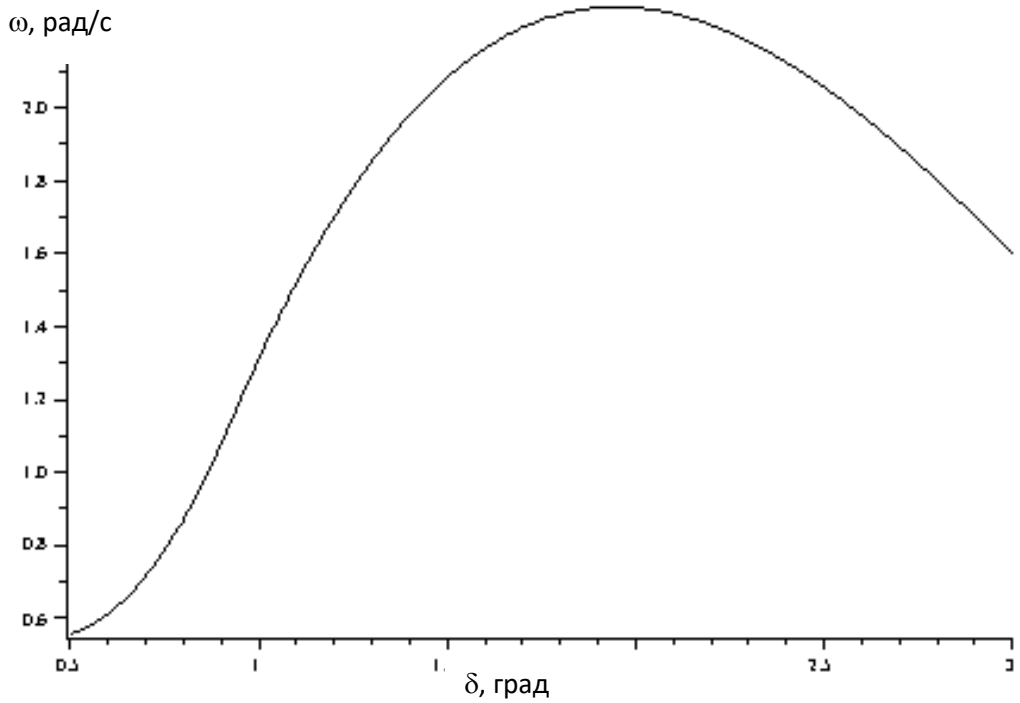



**Рис. 4. График зависимости угла увода от угловой скорости**

**Выводы**

По полученным экспериментальными данным были рассчитаны угловая скорость и боковое ускорение. Построены графики, для сравнения экспериментальных и расчетных значений. Графоаналитическим методом были определены углы увода колеса и построена зависимость угла увода от угловой скорости, что позволило определить влияние систем автомобиля и дорожных условий на курсовую устойчивость движения автомобиля

**Список литературы**

**1. Ильинов Я.А. Анализ конструктивных особенностей автомобиля воздействующих на безопасность дорожного движения / Я.А. Ильинов, А.Н. Ефименко//, Материалы VI-ой международной научно-практической интернет-конференции «Проблемы и перспективы развития автомобильного транспорта». – Винница: ВНТУ, 2018. – С.60.**

**2. Ильинов Я.А. К вопросу исследования воздействия антиблокировочной системы автомобилей на безопасность дорожного движения / Я.А. Ильинов, А.Н. Ефименко//, Вестник Донецкой Академии Транспорта – Донецк: ДАТ, 2017. - №2 – С.30-36.**

**3. Вербицький В. Г. Вплив поздовжньої сили на передній осі легкового автомобіля на множину стаціонарних рухів / В. Г. Вербицький, А. В. Костенко, А. М. Єфименко, Р. А. Кулієв, О. Г. Воловненко, М. М. Макійов // Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. . – 2011. - №5 (159). - С. 275-280.**

**4. Методы исследования дорожного движения. План [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа:https://studfile.net/preview/7460509/**

**5. Транспортно эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: учебник для студ. высш. учеб. заведен / В. В. Сильянов, Э.Р. Домке. - 2-е изд., стер. - М.: Издательский центр "Академия", 2008. - 352 стр.**

**6. Вербицкий В.Г. К определению характеристик силового взаимодействия упругого пневматика с опорной поверхностью при постоянном угле увода / В.Г. Вербицкий, В.Б. Банников, А.Н. Ефименко. // Матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Управління високошвидкісними рухомими об'єктами та професійна підготовка операторів складних систем» 27-28 листопада 2013 року, Кіровоград. – Вид-во КЛА НАУ, 2013. – С. 237 – 239.**

**7. Кравченко А. П. К вопросу анализа управляемости нелинейной модели автомобиля / А. П. Кравченко, В. Г. Вербицкий, М. И. Загороднов, В. А. Банников, О. П. Сакно, А. Н. Ефименко, Н. А. Турчина // Наукові вісті Далівського університету : зб. наук. праць. – Луганськ, 2010. – № 1.**

## Базаркін М.М., Хонда Р.В., Спиридонов М.В., Маренич А.С. До питання визначення впливу на курсову стійкість автомобіля його систем і дорожнього покриття при криволінійному русі

***Анотація.*** *У статті визначено вплив дорожніх умов і систем автомобіля на його курсову стійкість руху (КУД). Виконано розрахунок кутової швидкості і бічного прискорення за отриманими експериментальними даними. Побудовано графіки, для порівняння експериментальних і розрахункових значень. Графоаналітичним методом були визначені кути відведення колеса. Побудовано залежності кута відведення від кутової швидкості.*

***Ключові слова:*** *автомобіль, курсова стійкість руху, експеримент, графоаналітичний метод, кут відведення.*

## Bazarkin N.N., Honda R.V., Spiridonov M.V., Marenich A.S. On the issue of determining the impact on the course stability of the car its systems and road surface in curved traffic

***Abstract.*** *The article defines the influence of road conditions and vehicle systems on its course stability. The angular velocity and lateral acceleration were calculated using the experimental data obtained. Graphs are constructed for comparison of experimental and calculated values. Grapho-analytical method was determined by the angles of the slip of the wheel. The dependence of the withdrawal angle on the angular velocity is constructed.*

***Keywords:*** *car, course stability, experiment, graphoanalytical method, angle of entry.*

***УДК 621.313.13***

***ЗОЛКИН А.Л., к. т. н.***
***Филиал АО «Электросетьсервис Единой национальной электрической сети» Средневолжская СПБ, г. Самара, Россия;***
***КАЛЯКУЛИН А.Н., к.т.н., старший преподаватель***
***Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара, Россия***

# РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В КОЛЛЕКТОРНО-ЩЕТОЧНОМ УЗЛЕ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРОВОЗОВ 2ЭС6 С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ

*Предложена методика комплексного анализа влияния термодинамических процессов в тяговых двигателях (ТД) электровозов 2ЭС6 на качество коммутации и надежность работы коллекторно-щеточного узла. Авторами проведен анализ технического состояния электровозов, как следует из гистограммы количество случаев порч и неисправностей электровозов в пути следования, связанных с повреждением ТД в среднем по локомотивным депо Свердловской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» составляет около 31% в общем количестве случаев порч и неисправностей. В результате исследования коллекторов ТД было выявлено, что характерными технологическими параметрами, полученными в ходе ремонта можно указать волнистость, эксцентриситет и шероховатость коллекторных пластин. Как обобщенный показатель оценки степени влияния этих параметров на качество функционирования коллекторно-щеточного узла и ТД в целом была взята температура в зоне контакта «щетка – коллектор». В результате анализа факторов было выявлено, что постепенно изменяющимся важнейшим рабочим параметром во времени при работе коллекторно-щеточного узла является ширина следа эрозии коллекторной пластины. Разработана математическая модель формирования термодинамических процессов в коллекторно-щеточном узле ТД с учетом изменения технологических параметров. В процессе исследования контактного взаимодействия щеток с коллекторными пластинами в ТД получены выражения для расчета фактической площади контакта и глубины внедрения неровностей. Фактически установлено, что максимальное влияние на температуру контакта «щетка-коллектор» имеет качество обработки (шероховатость) коллектора.*

***Ключевые слова:*** *электровоз, тяговый двигатель, коллектор, ширина следа эрозии, математическая модель, температура контакта*

## Постановка задачи

Отечественный железнодорожный транспорт, работающий в современных условиях рынка, нуждается в оперативном решении определенных задач, к которым непосредственно изначально относится эффективная эксплуатация локомотивного парка с высокой надежностью его использования. Одним из вариантов выхода из данной ситуации явился выпуск грузового электровоза постоянного тока 2ЭС6. В декабре 2006 года Уральским заводом железнодорожного машиностроения руководству ОАО "РЖД" был представлен новый отечественный грузовой электровоз постоянного тока 2ЭС6. Специалисты полагают, что локомотив сможет оптимизировать расход электроэнергии, уменьшить количество неплановых ремонтов и поспособствует увеличению межремонтного пробега. Данный электровоз сможет заменить морально устаревшие ВЛ10 и ВЛ11 [1]. По итогам эксплуатации нового электровоза был выявлен ряд недостатков. Конструкция тяговых двигателей (ТД)

влечет за собой периодические перебросы электрической дуги по коллектору, прогары конусов, пробои якорей. Кроме отказов ТД, выявлены неисправности следующих узлов: электропневматические контакторы ПК, быстродействующие контакторы БК-78Т, вспомогательные машины (компрессорные агрегаты и вентиляторы обдува ТД).

Состояние локомотивного парка железнодорожного транспорта характеризуется удельным количеством отказов оборудования различных систем и узлов электровозов, которое варьируется в широких пределах как по электровозу в целом, так и по видам оборудования систем и узлов. Авторами проведен анализ технического состояния электровозов, как следует из гистограммы количество случаев порч и неисправностей электровозов в пути следования, связанных с повреждением тяговых двигателей в среднем по локомотивным депо Свердловской железной дороги – филиала ОАО «РЖД» составляет около 31% в общем количестве случаев порч и неисправностей (рисунок 1-3). В работе также проанализированы статистические данные по неплановым ремонтам электровозов 2ЭС6 по вине завода и депо за 2019 г. В результате было выявлено, что количество неплановых ремонтов по причине отказов тяговых двигателей составляет 42% и 15% соответственно. Как следует из данных по отказам тяговых двигателей, наибольшее количество повреждений приходится на перебросы по коллектору и круговые огни.

Сегодня, на первый план выдвигаются задачи по внедрению ресурсосберегающих технологий и технических средств, что получило отражение в основных положениях «Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации № 1734-р от 22.11.2008 г.

Известно, что повреждения тяговых электрических машин (ТЭМ) по мере роста срока их эксплуатации увеличиваются. Средняя стоимость устранения отказа ТД в несколько раз превышает стоимость устранения повреждений других видов оборудования.

На сети железных дорог страны, где фактическая интенсивность отказов электроподвижного состава показывает, что на долю ТД приходится более одной пятой части отказов всего оборудования электровоза, а отказы по ТД - около 30 %. Причем 85 % ТД нуждаются в капитальном или частичном ремонте.

По мере увеличения срока эксплуатации количество отказов ТД растет, что отрицательно сказывается как на снижении парка эксплуатируемых электровозов, так и их надежности. В этом случае особую значимость приобретает экономический аспект.

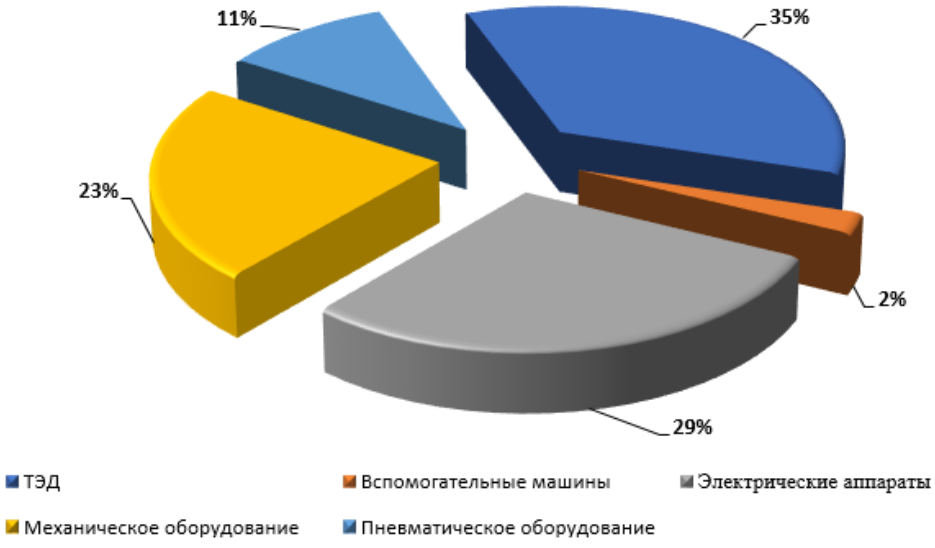



**Рис. 1. Распределение количества неисправностей допущенных в 2019 году на электровозах серии 2ЭС6**

Проанализировав статистические данные по отказам оборудования электровозов за 2019 год можно сказать, что наибольшей критике подвергаются ТД, электрические аппараты и механическое оборудование. На рисунке 1 представлено процентное распределение количества неисправностей, допущенных в 2019 году на электровозах серии 2ЭС6.

Согласно диаграмме на рисунке 2 можно сказать, что по абсолютному значению наиболее уязвимыми в эксплуатации являются двигатели типа ЭДП.

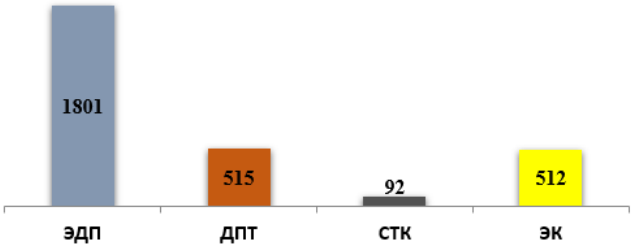



**Рис. 2. Абсолютное распределение количества неисправностей двигателей, допущенных в 2019 году на электровозах серии 2ЭС6**

Таблица 1

**Данные по установленным тяговым двигателям на электровозах эксплуатируемого парка серии 2ЭС6**

| Тип ТЭД | Кол-во, шт | Абсолютное количество выходов из строя | Удельное количество выходов из строя |
|---|---|---|---|
| ЭДП810У1 | 1801 | 326 | 0,18 |
| ДПТ8102У1 | 515 | 38 | 0,07 |
| СТК810У1 | 92 | 164 | 1,78 |
| ЭК810Ч | 512 | 47 | 0,09 |

Согласно данным таблицы 1 на существующем парке электровозов серии 2ЭС6 установлено 2920 двигателей. Из них 61,68 % - это двигатели ЭДП 810У1; 17,64 % - это двигатели СТК 810У1; 3,15 % - это двигатели ДПТ 8102У1; 17,53 % - это двигатели ЭК 8104.

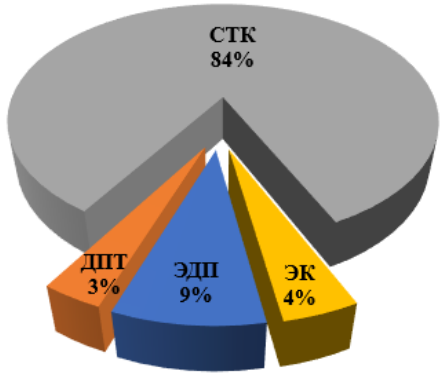



**Рис. 3. Удельное распределение количества неисправностей двигателей, допущенных в 2019 году на электровозах серии 2ЭС6**

В декабре 2019 года наблюдалось резкое снижение тонно-километровой работы вызванное массовой остановкой электровозов по неисправности тяговых двигателей по причине низкой изоляции двигателей в период обильного снегопада – по пробою изоляции обмоток якорей произведена выкатка 17 двигателей. С начала 2019 г. в среднем находилось в неэксплуатируемом парке до 20 электровозов ежесуточно.

Основными неисправностями электровозов серии 2ЭС6 являются:

- тяговые электродвигатели – 31 %;
- преобразователь собственных нужд – 14%;
- электрическая аппаратура – 26%;
- механическая часть – 6%;
- прочие – 10%.

Основная доля, а это 63 %, из всех неисправностей оборудования приходится по виновности за заводом-изготовителем ООО «Уральские локомотивы».

Главная причина длительного выхода из строя электровозов серии 2ЭС6 на неплановом типе ремонта это неисправность ТД, которые требуют ремонта в заводских условиях.

Серийный электродвигатель ЭДП-810У1 поставляется с Харьковского завода «Электротяжмаш» для электровоза 2ЭС6. Производство ЭДП-810У1 было начато в 2007 году и в дальнейшем его объемы только возрастали.Указанный двигатель – это последняя разработка конструкторов ГП завода «Электротяжмаш», но представителями заказчика были внесены определенные предложения, которые позволили улучшить действующую конструкцию. Были учтены рекомендации специалистов «Уральских локомотивов», в результате чего стороны пришли к соглашению и договорились о крупном заказе.

Однако, тем не менее, конструкция ТД, которые эксплуатируются на электровозах 2ЭС6, влечет за собой периодические перебросы электрической дуги по коллектору, прогары конусов, пробои якорей.

В результате исследования коллекторов ТД было выявлено, что характерными технологическими параметрами, полученными в ходе ремонта можно указать волнистость, эксцентриситет и шероховатость коллекторных пластин [2]. Как обобщенный показатель оценки степени влияния этих параметров на качество функционирования коллекторно-щеточного узла и ТД в целом была взята температура в зоне контакта «щетка – коллектор».

К рассмотрению была принята математическая модель формирования термодинамических процессов в коллекторно-щеточном узле ТД с учетом изменения технологических параметров. Тепловая энергия механической природы принимает существенные значения при нарушении симметрии в области контакта щеток с пластинами коллектора.

**Цель работы**

Целью настоящей работы является повышение надежности коллекторно-щеточного узла ТД ЭДП810 электровозов 2ЭС6.

**Основная часть**

В результате анализа факторов было выявлено, что постепенно изменяющимся важнейшим рабочим параметром во времени при работе коллекторно-щеточного узла является ширина следа эрозии $в$ ламели. При этом предельное значение параметра $в$ равно ширине ламели $в_к$. При износовых отказах коллектора параметр $в$ постепенно изменяется по закону $в = \phi(t)$, где $\phi(t)$ – случайная функция времени, имеющая математическое ожидание и дисперсию. Данная функция называется реализацией износа.

В фундаментальной монографии [3,4] указывается, что износ в коллекторно-щеточном узле определяется механическими причинами, химической коррозией (окислением) и электролизом. Одновременно существует мнение о том, что электрохимическая коррозия

материала может влиять на износ элементов коллекторно-щеточного узла. Р.Хольм полагает, что электрохимические воздействия в коллекторно-щеточном узле относительно малы, однако они влекут за собой увеличение шероховатости поверхностей трения и, как следствие, увеличение износа [5].

Реализации электроэрозионного износа ламелей коллектора представлены на рис. 4.

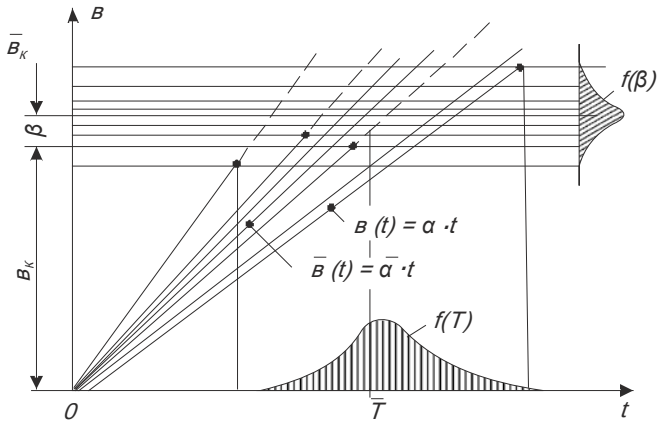



**Рис. 4. Реализации износа ламелей коллектора**

Определим фактическую площадь контакта коллекторной пластины со щеткой. В результате сближения щетки с пластинами под действием силы нажатия $N$ фактическая площадь получается путем проникновения неровностей на поверхности пластины в материал щетки.

Нагрузка, приходящаяся на одну неровность, имеет равномерно распределенную по длине неровности плотность:

$$P_н = \frac{N}{\bar{m} S_{щ}} \tag{1}$$

Полагаем, что по области контакта нагрузка распределена по эллиптическому закону:

$$q = \frac{q_0}{a_k}\sqrt{a_k{}^2 - \chi^2} \tag{2}$$

Из равенства нагрузки Рн и суммарной силы на площади контакта находим

$$P_H = \frac{q_0}{a_k}\int_{-a_к}^{a_к}\sqrt{a^2{}_к - \chi^2 dx} = \frac{q_0 a_к \pi}{2}. \tag{3}$$

Глубина внедрения неровности в материал щетки определяется выражением

$$\delta_0 = \frac{\alpha_k{}^2}{2R_н} \tag{4}$$

Таким образом, мы наблюдаем процесс микрорезания с обильным стружкообразованием. Данная область предрасположена к появлению искрения на коллекторе [6].

В результате прохождении электрического тока в зоне контакта появятся источники

тепловой энергии, что повлечет за собой существенное возрастание температуры Т.

Таким образом, при расчетах упругого состояния контактирующих тел следует учитывать эффект их теплового расширения.

Источники тепловой энергии имеют равномерное распределение по объему, а, следовательно, и температура щетки меняется лишь во времени.

Уравнение баланса тепловой энергии можно записать следующим образом:

$$M_{щ}\frac{dT}{dt} = R_{щ}I^2 - \sum_i B_i S_i (T - T_{вн}) \ . \tag{5}$$

В области взаимодействия щетки и коллекторной пластины имеют место сложные электродинамические процессы, которые сопровождаются выделением значительного количества тепловой энергии. Площадь , посредством которой передается ток проводимости, как указывалось выше, является функцией скорости вращения якоря, геометрических размеров щеток и коллекторных пластин и уровня неровностей на контактирующих поверхностях

$$S_{ф} = S_1 b_{н} \tag{6}$$

В достаточном приближении сечение, возможно, представить в виде равнобокой трапеции

$$S_{н}(x) = S_1\left[x(1-x) + h_{н}\chi\right]\frac{1}{mb_{щ}h_{н}} \ . \tag{7}$$

Выделяемая в объеме неровности тепловая энергия определится соотношением:

$$\frac{dQ}{dt} = \omega_{тн} V_{н} \tag{8}$$

Выделение тепловой энергии в материале пластины в единицу времени произойдет согласно зависимости:

$$\frac{dQ}{dt} = \rho_{пл} j^2 = \rho_{пл} i_{ф}^{\ 2}\left(\frac{1}{a_{пл}h_{пл}} + \frac{1}{a_{пл}b_{п}}\right)^2 \tag{9}$$

Итак, получены выражения для расчета фактической площади контакта и глубины внедрения неровностей при исследовании контактного взаимодействия щеток с коллекторными пластинами в ТД [7].

Токосъем в цепи питания ТД имеет место в результате прерывистого контактного взаимодействия коллекторных пластин со щетками. При этом характерно, что данное взаимодействие для одной ветви обмотки носит периодический характер с переменной во времени площадью контактной области. Зависимость площади контакта от времени - это весьма важная характеристика, в связи с чем следует сделать акцент на ее определении.

Время контакта пластины с одной щеткой

$$t_k = \frac{a_{щ} + a_{пл}}{\omega_a r_к}, \tag{10}$$

где $a_{щ}$, $a_{пл}$ – ширина щетки и пластины соответственно;

$\omega_a$ – скорость вращения якоря; $r_к$ – внешний радиус коллектора.

Периодичность контакта зависит от количества щеточных бракетов в ТД:

$$t_n = \frac{\phi_{щ}}{\omega_a}, \tag{11}$$

где $\phi_{Щ} = 2\frac{\pi}{m}$ – центральный угол между соседними щетками;

$m$ – количество щеточных бракетов.

В течение времени $t_k$ контактное взаимодействие щетки и пластины происходит в условиях их относительного скольжения.

Время контакта $t_k$ представляется возможным разбить на три характерных участка точками

$$t_1 = \frac{a_{пл}}{\omega_a r_к} \tag{12}$$

$$t_2 = \frac{a_{щ}}{\omega_a r_к} \tag{13}$$

В ходе вращения якоря пластина коллектора взаимодействует со щеткой и с воздушной средой. Площади контакта со щеткой $S_1(t)$ и с воздухом $S_2(t)$ - это функции времени (рис. 5).

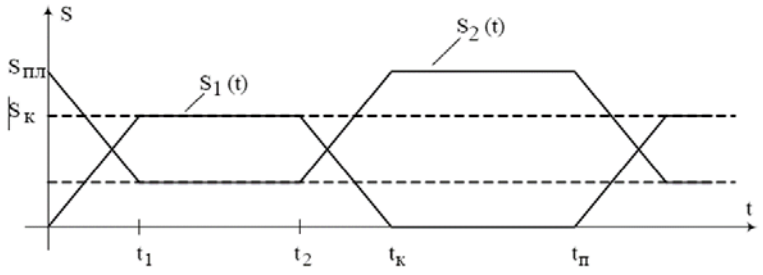



**Рис. 5. Функция площади контакта**

$S_{пл} = a_{пл} b_{пл}$; $S_к = a_{пл} b_{щ}$, где $b_{щ}, b_{пл}$ – продольные размеры щетки и пластины (рис. 6).

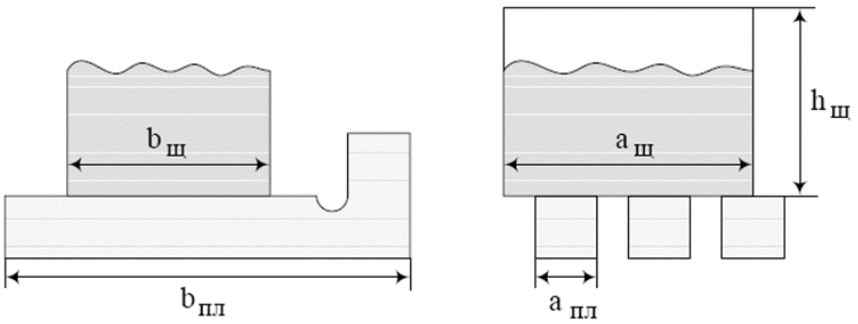



**Рис. 6. Контакт щетки с коллекторными пластинами**

Зависимости $S_1(t)$ и $S_2(t)$ за один период времени $t_n$ можно представить функциями:

$$S_1(t)=\begin{cases}\dfrac{S_k}{t_1}\ при\ 0\le t<t_1\\ S_k\ при\ t_1\le t<t_2\\ S_k(1-\dfrac{t-t_2}{t_1})S_k\ при\ t_1\le t_{ош}<t_k\\ 0\ при\ t_k\le t<t_n\end{cases} \tag{14}$$

$$S_2(t)=\begin{cases}S_{пл}-\dfrac{S_k}{t_1}t\ при\ 0\le t<t_1\\ S_{пл}-S_k\ при\ t_1\le t<t_2\\ S_{пл}-\dfrac{S_k}{t_1}(t_k-t)\ при\ t_2\le t<t_k\\ S_{пл}\ при\ t_k\le t<t_n\end{cases} \tag{15}$$

В течение времени $t_n$ на площади $S_1(t)$ отмечаются физические процессы механической и электрической природы, сопровождающиеся деформацией, разрушением и нагревом материалов контактирующих тел. На площади имеет место теплообмен материала пластины и воздушной среды. Тепловое поле в материалах пластин и щеток в результате воздействия сил разрушения материала и сил упруго-вязкого трения образует, в том числе под воздействием источников тепловой энергии, создаваемых электрическим полем [8]. При этом последние являются преобладающими для мощных ТД, имеющих нормативные значения конструктивных параметров. Тепловая механическая энергия принимает существенные значения в процессе нарушения симметрии в сфере взаимодействия щеток и пластин коллектора.

Необходимо отметить, что механический подвижный контакт ведет к микроразрушению материала контактирующих тел, сопровождающимся выделением микростружек, которые, в свою очередь, попадая в электрическое поле, разогреваются до максимальных температур, чем способствуют развитию процесса искрения на коллекторе ТД [9].

Силы электромагнитного поля двигателя выполняют работу $A_{Тр}$ по преодолению сил сопротивления в области контакта одновременно происходит непродуктивная затрата электроэнергии. Представим всю работу в виде суммы $A_{Тр}=A_{уп}+A_T$.

Составляющая $A_{уп}$ растрачивается на упругие деформации материала. Работа $A_T$ подлежит расходу на пластические деформации и на разрушение материала. Тепловая энергия $Q_M$, которая выделяется вследствие механического взаимодействия, численно равна работе $T_A$.

В процессе расчетов и сил трения, и условий прохождения электрического тока в области контакта ключевую позицию имеет фактическая площадь соприкосновения контактирующих тел $S_ф$ [10]. Фактическая площадь - это участки, на которых сближение материала имеет порядок $d\le 3A_0$ ($A_0$ – параметр кристаллической решетки).

В указанных условиях могут возникать силы молекулярного взаимодействия (силы Ван-Дер-Ваальса). Переход электронов проводимости не сопровождается процессами ионизации воздуха (электрическая дуга).

**Выводы**

Подводя итог проведенному исследованию, следует отметить, что выполнено математическое описание процесса формирования термодинамических параметров в коллекторно-щеточном узле, которое позволяет оценить степень влияния эксплуатационных режимов и технологических параметров на техническое состояние ТД. Помимо этого, проведен анализ влияния отклонений технологических параметров коллекторно-щеточного узла на тепловое состояние ТД. В процессе исследовании контактного взаимодействия щеток с коллекторными пластинами в ТД получены выражения для расчета фактической площади контакта и глубины внедрения неровностей. Фактически установлено, что максимальное влияние на температуру контакта «щетка-коллектор» имеет качество обработки (шероховатость) коллектора.

**Список литературы**

**1 Золкин А.Л. Оценка влияния термодинамических процессов в коллекторно-щеточном узле тяговых электродвигателей электровозов 2ЭС6 на их потенциальную устойчивость// Наука и образование транспорту: Материалы IX Международной научно-практической конференции. Том 1. – Самара: СамГУПС, 2016. – С. 30-34.**

**2 Золкин А.Л. Повышение качества обработки при ремонте коллекторов тяговых электродвигателей локомотивов/ А.Л. Золкин// Дни студенческой науки: Сборник научных трудов студентов и аспирантов. – Вып. 7. – Самара: СамГАПС, 2006. – С. 57-58.**

**3 Золкин А.Л. Исследование влияния коммутационного искрения на надежность коллекторно-щеточного узла тяговых электродвигателей/ А.Л. Золкин, Ю.Е. Просвиров// Прогрессивные технологии в обучении и производстве: Материалы IV Всероссийской конференции. – Камышин: КТИ ВолГТУ, 2006. – С. 151-152.**

**4 Золкин А.Л. Деформация коллектора электродвигателя в эксплуатации как случайный процесс/ А.Л. Золкин, Ю.Е. Просвиров// Устойчивость, управление и моделирование динамических систем. Материалы Междунар. научн. конф., посвященной 75-летию со дня рождения И.Я. Каца. – Екатеринбург: УрГУПС,2006. –№54(137).– С. 40-41.**

**5 Золкин А.Л. Исследование профиля коллектора тягового электродвигателя/ А.Л. Золкин, Ю.Е. Просвиров// Новые материалы и технологии – НМТ-2006: Матер. Всеросс. научн.-технич. конф. – М.: ИЦ МАТИ, 2006. – Т.2. – С. 59-60.**

**6 Золкин А.Л. Оценка влияния эксплуатационных режимов работы тяговых электродвигателей на их надежность/ А.Л. Золкин, Ю.Е. Просвиров// Актуальные проблемы развития железнодорожного транспорта. Материалы III Междунар. научн.-практ. конф. – Самара: СамГАПС, 2006. – С. 105-106.**

**7 Золкин А.Л. О механической обработке коллекторов тяговых электродвигателей локомотивов/ А.Л. Золкин, Ю.Е. Просвиров// Современные проблемы машиностроения: Труды III Междунар. научн.-технич. конф. – Томск: ТПУ, 2006. – С. 224-226.**

**8 Золкин А.Л. Исследование профиля коллектора электродвигателя в различных режимах/ А.Л. Золкин, Ю.Е. Просвиров// XIV Туполевские чтения: Материалы Междунар. молодежной научной конференции. Том 3. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та, 2006. – С. 111-112.**

**9 Золкин А.Л. О путях повышения надежности якорных подшипников тяговых электродвигателей/ А.Л. Золкин, Ю.Е. Просвиров// Авиация и космонавтика-2006: Тезисы докладов V Междунар. конф. – М.: МАИ, 2006. – С. 366-367.**

**10 Золкин А.Л. Проблема износа электрического скользящего контакта тягового электродвигателя/ А.Л. Золкин, Ю.Е. Просвиров// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – Спец. вып.: Проблемы железнодорожного транспорта на современном этапе развития. – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2006. – С. 178-180.**

**Золкін А.Л., Калякулін А.Н. Розробка моделі формування термодинамічних процесів в колекторно-щітковому вузлі тягових двигунів електровозів 2ЕС6 з урахуванням зміни технологічних параметрів**

***Анотація.*** *Запропоновано методику комплексного аналізу впливу термодинамічних процесів в тягових двигунах (ТД) електровозів 2ЕС6 на якість комутації і надійність роботи колекторно-щіткового вузла. Авторами проведено аналіз технічного стану електровозів, як випливає з гістограми кількість випадків псування і несправностей електровозів на шляху прямування, пов'язаних з пошкодженням ТД в середньому локомотивних депо Свердловської залізниці - філії ВАТ «РЖД» становить близько 31% в загальній кількості випадків псування і несправностей . В результаті дослідження колекторів ТД було виявлено, що характерними технологічними параметрами, отриманими в ході ремонту можна вказати хвилястість, ексцентриситет і шорсткість колекторних пластин. Як узагальнений показник оцінки ступеня впливу цих параметрів на якість функціонування колекторно-щіткового вузла і ТД в цілому була взята температура в зоні контакту «щітка - колектор». В результаті аналізу факторів було виявлено, що поступово мінливих найважливішим робочим параметром в часі при роботі колекторно-щіткового вузла є ширина сліду ерозії колекторної пластини. Розроблено математичну модель формування термодинамічних процесів в колекторно-щітковому вузлі ТД з урахуванням зміни технологічних параметрів. У процесі дослідження контактної взаємодії щіток з колекторними пластинами в ТД отримані вирази для розрахунку фактичної площі контакту і глибини впровадження нерівностей. Фактично встановлено, що максимальний вплив на температуру контакту «щітка-колектор» має якість обробки (шорсткість) колектора.*

***Ключові слова:*** *электровоз, тяговый двигатель, коллектор, ширина следа эрозии, математическая модель, температура контакта.*

**Zolkin A.L., Kalyakulin A.N. Development of a mathematical model for the formation of thermodynamic processes in the collector-and-brush assembly unit of traction engines of 2ES6 electric locomotives, taking into account changes in process parameters**

***Abstract.*** *A method of a comprehensive analysis of the impact of thermodynamic processes in traction engines (TE) of 2ES6 electric locomotives on the quality of commutation and the reliability of the collector-and-brush assembly unit is proposed. The authors analyzed the technical condition of electric locomotives. As it is seen from the histogram, the average number of cases of spoilage and malfunctions of electric locomotives while en route associated with damage of TEs on is about 31% of the total number of cases of spoilage and malfunctions (according to the data of locomotive depot of the Sverdlovsk Railway (branch of Russian Railways)). As a result of the study of TE collectors, it was revealed that the characteristic process parameters obtained during the repair can indicate the waviness, eccentricity and roughness of the collector plates. The temperature in the "brush-collector" contact zone has been taken as a composite index of assessing of the degree of influence of these parameters on the functioning of the collector-and-brush assembly unit and the TE as a whole. As a result of the analysis of factors, it has been revealed that the most important gradually changing operating parameter over time during the operation of the collector-and-brush assembly unit is the width of the trace of the collector plate erosion. A mathematical model of the formation of thermodynamic processes in the collector-and-brush assembly unit of TE has been developed taking into account changes in process parameters. Expressions for calculating the actual contact area and the depth of penetration of irregularities has been calculated in process of studying of contact interaction of brushes with collector plates in the TE. In fact, it has been found out that the maximum effect on the brush-collector contact temperature has the quality of collector treatment (its' roughness).*

***Keywords:*** *electric locomotive, traction engine, collector, erosion trace width, mathematical model, contact temperature.*

***УДК 629.113***

***МОЙСЯ Д.Л., доцент; КУПЛИНОВ А.В., старший преподаватель***
***МЕЛЬНИК А.В., магистрант; СУББОТИН А.А., магистрант***
***Донецкая академия транспорта, г. Донецк***

# ОПРЕДЕЛЕНИЕ И АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ КРУГОВЫХ СТАЦИОНАРНЫХ РЕЖИМОВ ДВИЖЕНИЯ МОДЕЛИ СЕДЕЛЬНОГО АВТОПОЕЗДА

*Решена задача анализа множества стационарных состояний двухзвенного автопоезда, состоящего из двухосного тягача и одноосного полуприцепа. Численно построено одно-параметрическое семейство стационарных режимов на основе дифференциально-геометрического метода продолжения по параметру.*
***Ключевые слова:*** *автопоезд, устойчивость, математическая модель, радиус.*

**Введение**

Математическая модель автопоезда была объектом исследования многих авторов (для нее характерны как колебательная неустойчивость, так и «складывание»); анализ устойчивости прямолинейного движения как линейной, так и нелинейной модели достаточно полно отражен в работах [1,4,6]. Вопросы устойчивости круговых стационарных режимов движения изучены менее полно – обычно рассматривались случаи движения по траекториям достаточно большого радиуса [3-6]. В данной работе развивается программно-вычислительная база, позволяющая исследовать все многообразие стационарных состояний модели автопоезда при изменении управляемых параметров системы: продольной скорости движения (дискретный параметр); угла поворота колес переднего ряда (непрерывный параметр).

**Постановка задачи**

Выполнить анализ основных конструктивных особенностей и эксплуатационных свойств автомобиля, влияющих на безопасность дорожного движения. Изучить влияние пневматических шин на эксплуатационные свойства транспортных средств.

**Основная часть**

Безопасность автотранспортных средств (АТС) определяется конструктивными

На рис.1 показан вид в плане сочлененного автопоезда с жестким рулевым управлением, состоящего из ведущего звена (тягача) и одноосного ведомого звена (полуприцепа). Упругое колесо обладает свойством увода – вектор скорости может не лежать в продольной плоскости симметрии колеса (т.е. направление качения не совпадает с плоскостью колеса), при этом возникает поперечная составляющая реакции опорной поверхности (сила увода). Упругие свойства катящихся колес (свойства увода) описаны феноменологической гипотезой бокового увода [1].

Пусть $m$, $m_2$, $I$, $I_2$ массы и центральные моменты инерции относительно вертикальных осей корпуса и полуприцепа соответственно; $M_{O1}$ – упруговязкий момент, возникающий на оси сцепки (в цилиндрическом шарнире) с полуприцепом, в линейном приближени.

$$M_{O1} = k_p\varphi + h_p\dot{\Phi} \qquad (1)$$

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

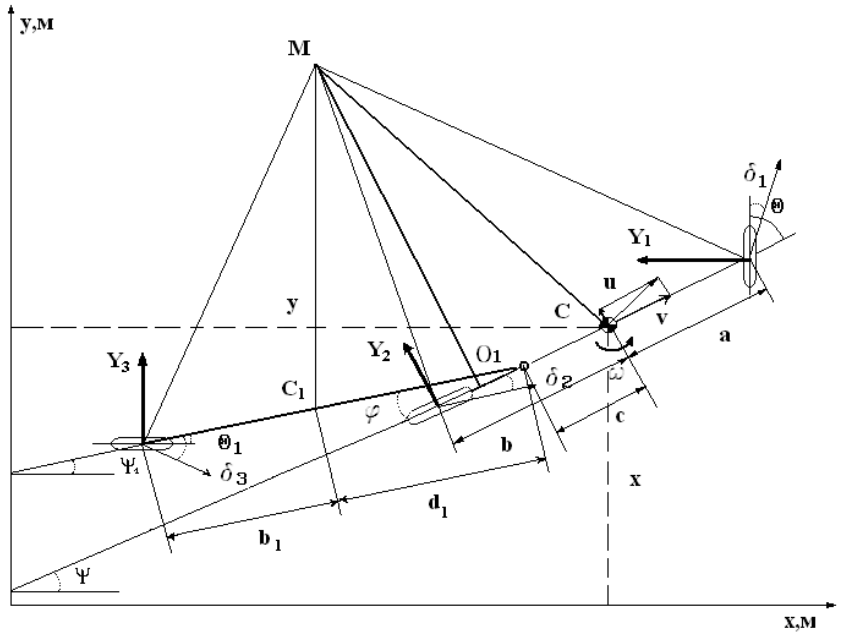



**Рис. 1. Схема двухзвенного седельного автопоезда**

Параметры системы: v – продольная составляющая скорости центра масс тягача; $a$; $b$ – расстояние от центра масс тягача до точек крепления передней и задней оси тягача; $c$ – расстояние от центра масс тягача до точки сцепки с задним звеном; $d_1$ – расстояние от центра масс заднего звена до точки сцепки; коэффициент трения $k_f$; коэффициенты увода на осях ($k_1$, $k_2$, $k_3$); коэффициенты сцепления при определении боковых сил увода ($\chi_1, \chi_2, \chi_3$); устанавливаемый угол поворота колес управляемого модуля $\theta$; устанавливаемый угол поворота колес заднего ряда $\theta_1$.

Система дифференциальных уравнений движения автопоезда описывает изменение фазовых переменных ($u$, $\omega$, $\phi$, $\Phi$): $u$ – поперечная составляющая скорости центра масс тягача (квазискорость), $U$ – ее производная в подвижной системе координат; □ – угловое ускорение относительно вертикальной оси; $\Phi$ – скорость складывания угла $\phi$; $PP$ – угловое ускорение заднего звена относительно вертикальной оси.

Вывод дифференциальных уравнений плоскопараллельного движения седельного автопоезда методом сечений.

Применяя метод сечений, получим следующие уравнения плоскопараллельного движения для тягача и полуприцепа соответственно

$$\begin{cases} m(\dot{v} - \omega\, u) = X_2 + X_1 \sin(\theta) + X_{O1}; \\ m(\dot{u} + \omega\, v) = Y_2 + Y_1 \cos(\theta) + Y_{O1}; \\ I\dot{\omega} = -bY_2 - cY_{O1} - aY_1 \cos(\theta); \end{cases} \tag{2}$$

$$\begin{cases} m_2(\dot{v}_2 - \omega_2\, u_2) = X_3 - X_{O1}\cos(\varphi) + Y_{O1}\sin(\varphi); \\ m_2(\dot{u}_2 + \omega_2\, v_2) = Y_3 - X_{O1}\sin(\varphi) - Y_{O1}\cos(\varphi); \\ I_2\dot{\omega}_2 = -Y_3 b_1 - d_1 Y_A \cos(\varphi) - d_1 X_{O1}\sin(\varphi). \end{cases} \tag{3}$$

Исключая из (1) внутренние силы $X_{O1}$,$Y_{O1}$ взаимодействия подсистем, получим систему нелинейных дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} m(U+\omega v)=\cos(\theta)Y_1+\cos(\phi+\theta_1)Y_3-2m_2\sin(\phi)\omega d_1\Phi+m_2\sin(\phi)d_1\Phi^2+ \\ +m_2\cos(\phi)d_1\Omega-m_2\cos(\phi)d_1PP+m_2\sin(\phi)d_1\omega^2+Y_2-m_2U+m_2U+m_2c\Omega-m_2\omega v; \\ J\Omega=2cm_2\sin(\phi)\omega d_1\Phi-cm_2\sin(\phi)d_1\Phi^2-cm_2\cos(\phi)d_1\Omega+cm_2\cos(\phi)d_1PP- \\ -cm_2\sin(\phi)d_1\omega^2+a\cos(\theta)Y_1-c\cos(\phi+\theta_1)Y_3+cm_2U-m_2c^2\Omega-bY_2+cm_2\omega v; \\ J_2(\Omega-PP)=-L_1Y_3\cos(\theta_1)+d_1\cos(\phi)m_2U+d_1\cos(\phi)m_2\omega v-d_1\sin(\phi)m_2\omega u- \\ -d_1^2m_2\Omega+d_1^2m_2PP-cm_2\cos(\phi)d_1\Omega+cm_2\sin(\phi)d_1\omega^2 \end{cases} \quad (4)$$

Силы взаимодействия между звеньями (действуют на тягач) определяются соотношениями:

$$\begin{cases} X_{O1}=-m_2[\dot{v}-\omega u-(\dot{\omega}-\ddot{\varphi})d_1\sin\varphi+\omega^2c+(\omega-\dot{\varphi})^2d_1\cos\varphi]+ \\ +X_3\cos\varphi+Y_3\sin\varphi\ ; \\ Y_{O1}=-m_2[\dot{u}+\omega v-(\dot{\omega}-\ddot{\varphi})d_1\cos\varphi-\dot{\omega}c-(\omega-\dot{\varphi})^2d_1\sin\varphi]- \\ -X_3\sin\varphi+Y_3\cos\varphi. \end{cases} \quad (5)$$

Приведенные углы бокового увода колесных осей определяются выражениями:

$$\begin{aligned} \delta_1&=\theta-arctg\frac{(u+a\omega)}{v}; \\ \delta_2&=arctg\frac{-u+b\omega}{v}; \\ \delta_3&=-\theta_1+arctg\frac{-u_1+b_1\omega_1}{v_1}; \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} v_1&=v\cos(\varphi)-(u-\omega c)\sin(\varphi); \\ u_1&=v\sin(\varphi)+(u-\omega c)\cos(\varphi)-\omega_1d_1;\ \omega_1=\omega-\dot{\varphi}. \end{aligned} \quad (7)$$

Зависимости сил бокового увода, имеющие эмпирическое происхождение, можно аппроксимировать выражениями (монотонно возрастающая функция, имеющая характер кривой насыщения)

$$Y_i=k_i\delta_i/\sqrt{(1+(k_i\delta_i/\chi_iZ_i)^2} \quad (8)$$

где Zi – реакции опорной поверхности на осях

$$\begin{cases} Z_1 = \dfrac{1}{l}[mgb - m_2 g \dfrac{b_1}{L_1}(c-b)]; \\ Z_2 = \dfrac{1}{l}[mga + m_2 g \dfrac{b_1}{L_1}(c+a)]; \\ Z_3 = m_2 g \dfrac{d_1}{L_1}; \;\; l = a+b; \; L_1 = d_1 + b_1 . \end{cases} \quad (9)$$

Разрешив систему (2) относительно старших производных, можно применить численные методы интегрирования. Если при заданных управляющих параметрах ($v$ = const, $\theta$ = const) система имеет хотя бы один устойчивый стационарный режим, то на основе численного построения фазового портрета может быть найден соответствующий устойчивый режим движения и оценена его область притяжения. Для определения координат неустойчивого стационарного режима этот приближенный метод может не сработать, даже в случае обращения времени. В работе [7] приведен метод продолжения по параметру, который успешно может быть применен для определения всего множества стационарных режимов.

Система (2) при уравновешенных продольных силах ($X_1$ = 0, $X_2$ = 0, $X_3$ = 0) допускает очевидное решение $\{v = \text{const}, u = 0, \omega = 0, \theta = 0, \phi = 0, \phi\}$, которое соответствует равномерному прямолинейному движению автопоезда (стационарный прямолинейный режим). Этот, заведомо известный стационарный режим, может служить стартовой точкой для метода продолжения по параметру θ. Очевидно, все множество стационарных режимов определяется системой (2), в которой нужно положить $U = 0$; $\Omega = 0$; $\Phi = 0$; $PP = 0$:

$$\begin{aligned} -m\omega v + \cos(\theta)Y_1 + \cos(\phi)Y_3 + m_2 \sin(\phi)d_1\omega^2 + Y_2 - m_2\omega v = 0; \\ -c\cos(\phi)Y_3 + a\cos(\theta)Y_1 + cm_2\omega v - bY_2 - cm_2\sin(\phi)d_1\omega^2 = 0; \\ -L_1Y_3 + d_1\cos(\phi)m_2\omega v - d_1\sin(\phi)m_2\omega u + cm_2\sin(\phi)d_1\omega^2 = 0. \end{aligned} \quad (10)$$

Уравнения (5) являются условиями равновесия рассматриваемой двухзвенной шарнирно соединенной системы: первое уравнение представляет условие равенства нулю проекции главного вектора сил на поперечную ось тягача; второе – условие равенства нулю главного момента сил (полюс приведения – центр масс тягача); третье – условие равенства нулю главного момента сил, действующих на полуприцеп (полюс приведения- точка сцепки с тягачом).

Задача качественного анализа стационарных режимов системы (2) и оценка их максимально возможного числа зависят от принятых предположений о характере сил увода. Даже в случае простейшей нелинейной монотонной зависимости сил увода от угла увода отсутствуют сколько-нибудь удовлетворительные подходы к ее решению. В этом случае подсистема, соответствующая тягачу, может иметь, как минимум, пять стационарных режимов (устойчивыми могут быть три из них). Полуприцеп в ведомом режиме может иметь от одного до трех стационарных состояний. Таким образом, общее количество стационарных режимов системы может достигнуть девяти.

Бифуркационное множество, построенное численным методом в [3], указывает на наличие семи стационарных режимов в малой окрестности критической скорости $v^+_{кр}$ прямолинейного движения автопоезда. Это обстоятельство указывает на принципиальную возможность непредсказуемого поведения системы.

Для системы нелинейных конечных уравнений (5) может быть получена вспомогательная система дифференциальных уравнений, позволяющая получить численно интегральные кривые u = *u* (θ), $\omega$=(θ), $\phi$ = (θ), т.е. однопараметрическое семейство стационарных состояний.

Действительно, предположим, что имеется ветвь стационарных состояний, выходящая из некоторой (стартовой) точки четырехмерного евклидова пространства (*u*, $\omega$, $\phi$, θ). Тогда все фазовые переменные, отвечающие стационарным режимам (вместе с дополнительной переменной θ), являются координатами точек этой кривой. Параметризуем ее длиной дуги s:

$$ds = \sqrt{(du)^2 + (d\omega)^2 + (d\varphi)^2 + (d\theta)^2} \qquad (11)$$

При изменении натурального параметра s (т.е. при движении вдоль кривой стационарных режимов) будет выполняться следующее условие: модуль скорости изображающей точки тождественно равен единице

$$1 = \sqrt{(du/ds)^2 + (d\omega/ds)^2 + (d\varphi/ds)^2 + (d\theta/ds)^2}. \qquad (12)$$

При движении изображающей точки вдоль кривой стационарных состояний, наряду с последним условием (6), выполняются еще три соотношения (по количеству уравнений первоначальной системы (5)) – дифференциалы правых частей системы (5) остаются равными нулю.

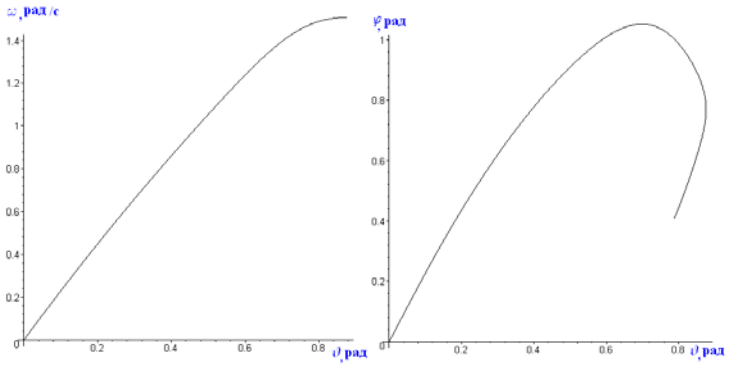
Таким образом, имеем четыре соотношения, которые связывают между собой скорости изменения фазовых переменных *du/ds, dω/ds, dϕ/ds* и скорость изменения параметра (*dθ / ds*) [2]. Кроме формальной вычислительной стороны в методе продолжения по параметру имеются важные моменты, связанные с анализом «геометрии» кривой стационарных состояний. В первую очередь нужно упомянуть о дивергентной потере устойчивости стационарных режимов при прохождении точек поворота [5]. В точках «поворота» происходит исчезновение устойчивого стационарного состояния через бифуркацию складки (потенциальная возможность заноса), «каспу» («точке возврата») отвечает смена устойчивости стационарного режима (в модели с симметрией этому случаю соответствует потеря устойчивости прямолинейного режима движения).

Этот случай связан с появлением положительных действительных корней характеристического уравнения, однако точка возврата теряет всякий содержательный характер, если в системе уже имела место колебательная неустойчивость (имелись комплексно-сопряженные корни с положительными действительными частями).

При реализации метода продолжения по параметру следует также помнить о возможных вычислительных осложнениях при приближении к точкам ветвления (пересечению различных ветвей кривых стационарных состояний), в этом случае нарушаются условия теоремы о продолжении решения по параметру. Например, такая ситуация возникает при реализации метода продолжения по параметру θ, если в качестве фиксированного параметра скорости взять критическую скорость прямолинейного движения автопоезда $v^{+}_{кр}$.

Построим множество стационарных состояний для следующего набора числовых значений параметров системы: m=16000 *кг*, $m_2$=9900 *кг*, a=3,4 *м*, b=2 *м*, c=4,39 *м*, $b_1$=2,085 *м*, $d_1$=2 *м*, kp=0, hp=0, v=5 *м/с*, $k_1$=160000 *Н*, $k_2$=326000 *Н*, $k_3$=165000 *Н*, J=0.35*m*a*b *кг м*$^2$, J2=0.8*m2*d1*b1 *кг м*$^2$, $\chi_i$ =0,8.

Параметр продольной скорости центра масс и угол поворота оси полуприцепа являются свободными параметрами (пусть *v* = 5м/с; $\theta_1$={-0.2 рад; 0; 0.2 рад}). На рис. 2, а), б) – рис. 4, а), б) представлены интегральные кривые: $\omega = \omega(\theta)$ для случая а), φ = φ (θ) для случая б).




а) б)

*а – зависимость $\omega(\theta)$ при $\theta_1 = 0$;*
*б – зависимость $\varphi(\theta)$ при $\theta_1 = 0$;*

**Рис. 2. Интегральные кривые стационарных состояний**

В случае $\theta_1 = 0$ система обладает центральной симметрией, на рис.2 представлена зависимость при $\theta > 0$.

В случае $\theta_1 = \pm$const система также обладает симметрией: правый поворот в одном случае и левый – в другом случае эквивалентны.

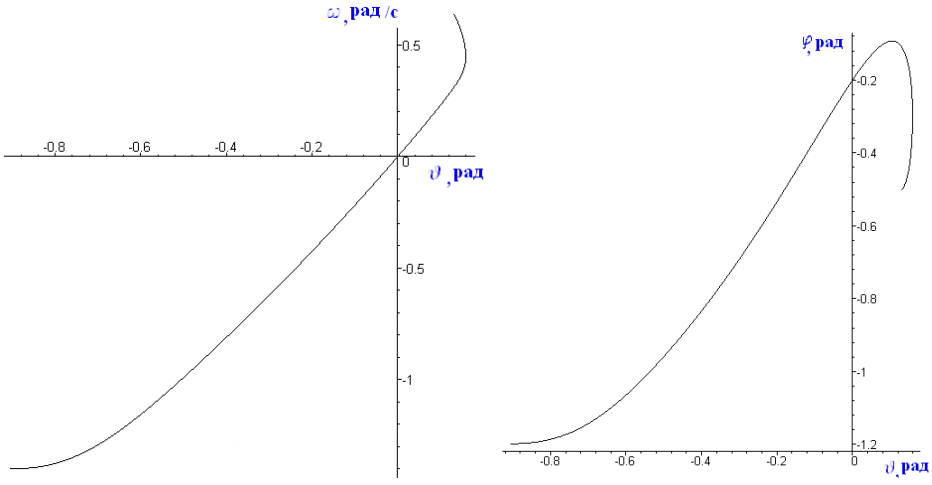
Рассмотрим устойчивые стационарные режимы движения при различных значениях параметра $\theta_1$={-0.2 рад; 0; 0.2 рад}.

Стационарный режим при v =5 м/с;θ =4 рад; $\theta_1$=0 (рис. 5):

ss ={ u=.277 м/с ,$\omega$=.44 рад/с, φ =.598 рад};

Набор собственных значений, отвечает устойчивому стационарному режиму:

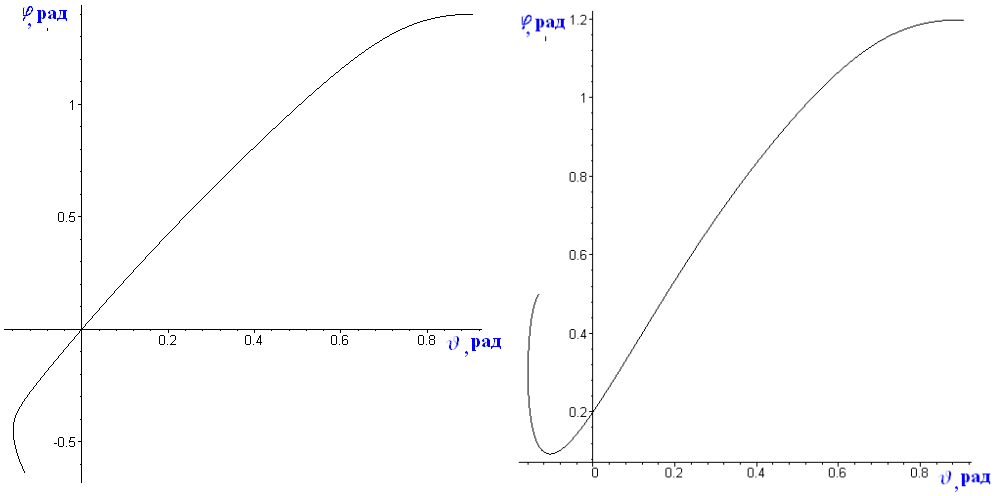
eigv = {-5.84, -5.01, -1.73-.504*I, -1.73+.504*I}.




а) б)

*а – зависимость $\omega(\theta)$ при $\theta_1$=0.2 рад;*
*б – зависимость $\varphi(\theta)$ при $\theta_1$=0.2 рад;*

**Рис. 3. Интегральные кривые стационарных состояний**




а) б)

*а – зависимость ω (θ) при θ1 = -0.2 рад;*
*б – зависимость φ (θ) при θ1 = -0.2 рад;*

**Рис. 4. Интегральные кривые стационарных состояний**

Стационарный режим при v =5 м/с; θ =.4 рад; $\theta_1$=0.2 рад (рис. 6):
ss ={ u=.275 м/с ,ω =.441 рад/с, φ =.383 рад};
Набор собственных значений, отвечает устойчивому стационарному режиму:
eigv= {-5.86, -3.5, -2.86, -1.67}.

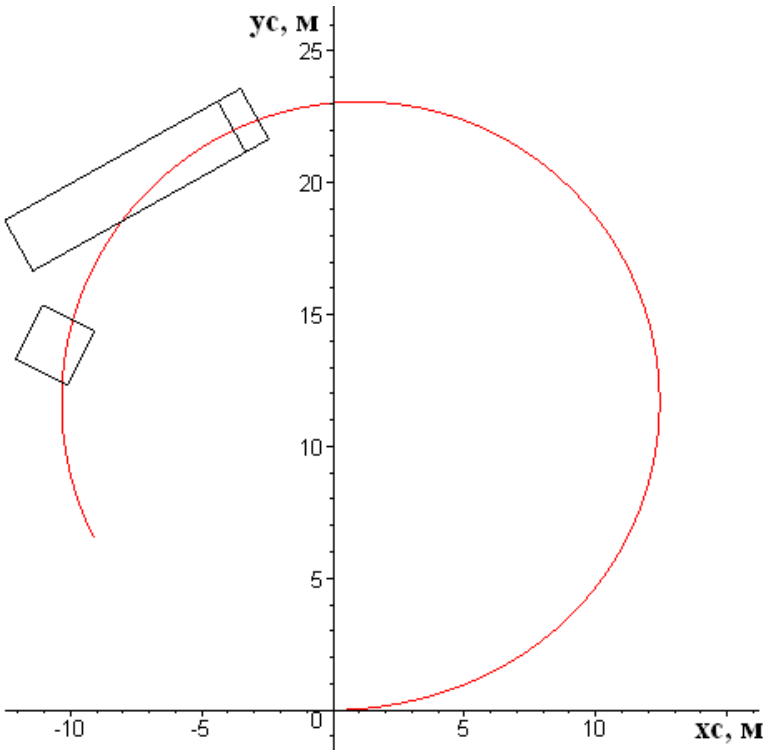



**Рис.5. Конфигурация автопоезда в круговом стационарном режиме**

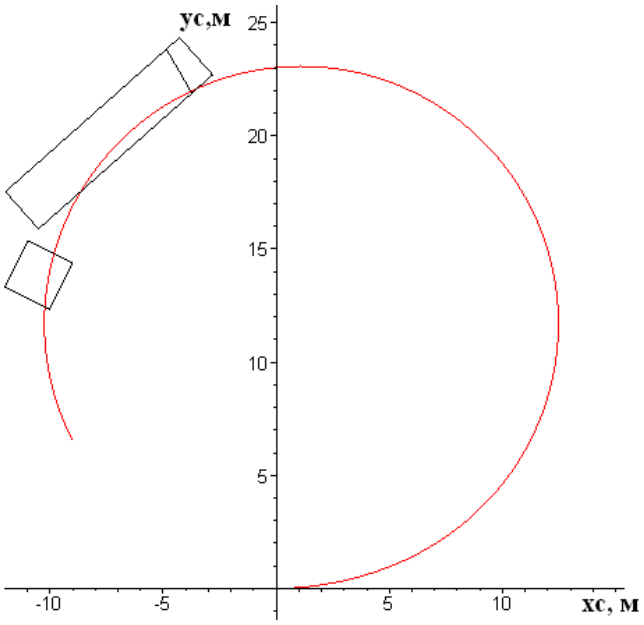



**Рис. 6. Конфигурация автопоезда в круговом стационарном режиме**

Стационарный режим при v =5 м/с; θ =.4 рад; $\theta_1$=-0.2 рад (рис. 7):
ss ={ u=.278 м/с ,$\omega$ =.439 рад/с, φ =.799 рад};
Набор собственных значений, отвечает устойчивому стационарному режиму:
eigv ={ -5.89, -5.55, -1.45-.77*I, -1.45+.77*I}.

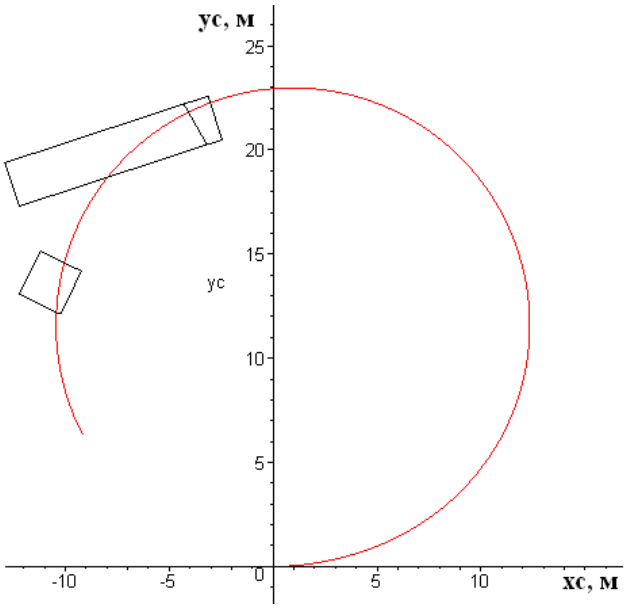



**Рис. 7. Конфигурация автопоезда в круговом стационарном режиме**

Стационарный режим с минимальным радиусом поворота рис. 8 (v =5 м/с; θ =.7 рад; $\theta_1$=0.2 рад):
ss ={ u=.417 м/с ,$\omega$ =.752 рад/с, φ =.691 рад};
Набор собственных значений, отвечает устойчивому стационарному режиму:
eigv= {-2.53, -1.6, -1.46-1.479*I, -1.46+1.479*I }.

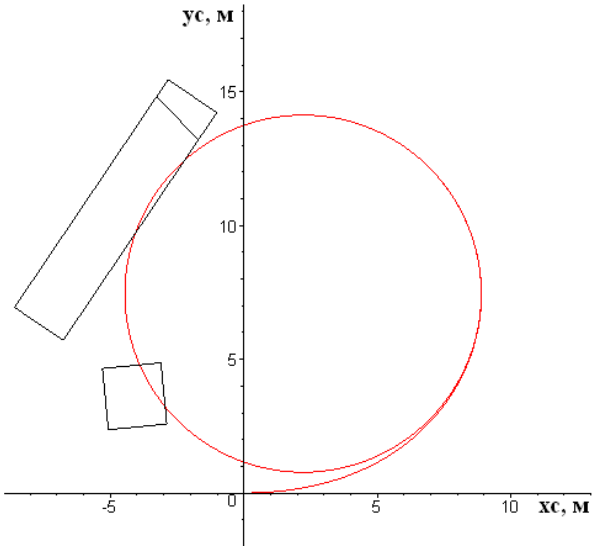



**Рис. 8. Конфигурация автопоезда в круговом стационарном режиме минимального радиуса**

Потеря устойчивости кругового стационарного режима рис. 9 (v =10 м/с;θ =.5 рад; $\theta_1$= 0.2 рад):

ss ={ u=-2.87 м/с ,$\omega$ =.583 рад/с, φ =.511 рад};

Набор собственных значений, отвечает неустойчивому стационарному режиму (имеются положительные действительные части):

eigv ={-.65-.64*I,-.65+.64*I, .044-1.39*I,.044+1.39*I}.

Рис.9–10, а), б) иллюстрируют процесс потери устойчивости стационарного режима: фазовая траектория в плоскости ($\phi$,$\dot{\phi}$) стремится к предельному циклу (координата и ее скорость изменяются по периодическому закону); полуприцеп совершает заметные колебания относительно точки сцепки.

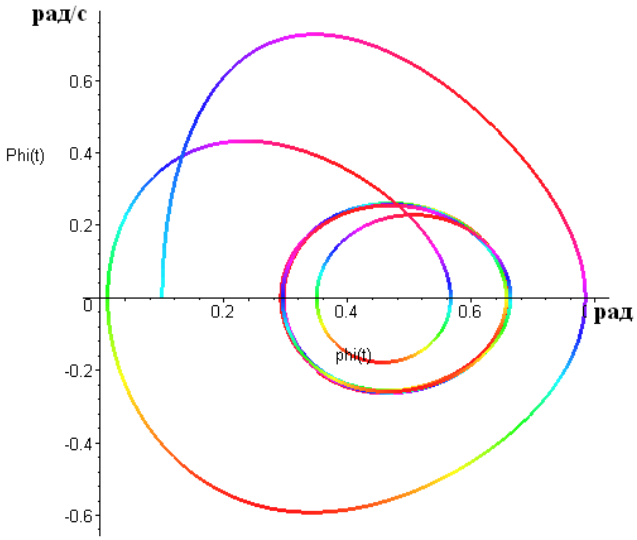
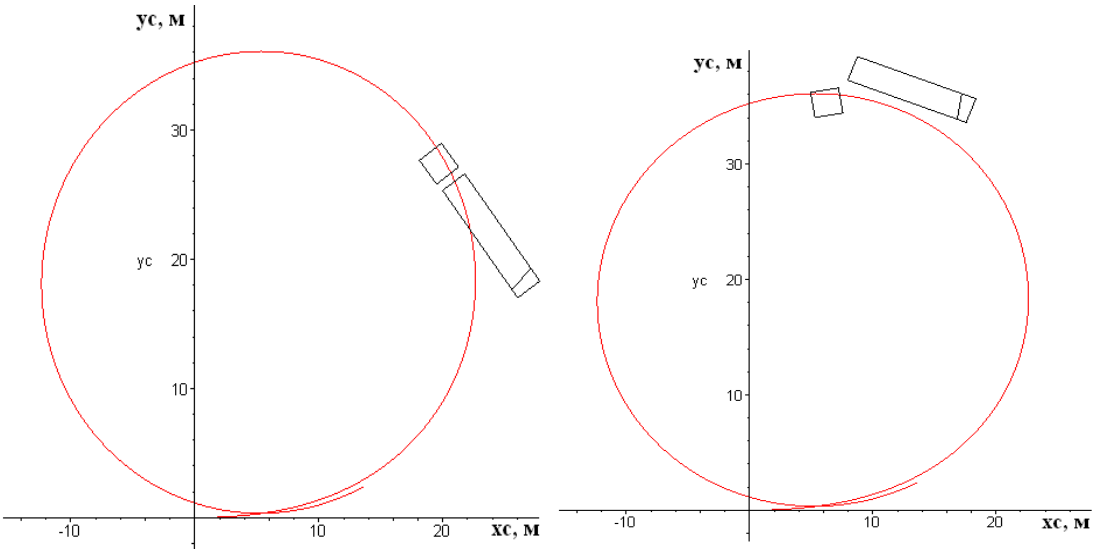



**Рис. 9. На фазовой плоскости ($\varphi$ , $\dot{\phi}$ ) реализуются незатухающие колебания (процесс автоколебаний)**




а) б)

*а – угол складывания примерно равен нулю;*
*б – угол складывания меняется в процессе движения.*

**Рис. 10. Последовательные этапы прохождения кольцевого коридора**

**Выводы**

На основе дифференциально-геометрического метода продолжения по параметру дана оценка маневренности автопоезда (определен минимальный радиус кругового режима движения при фиксированной продольной скорости движения тягача); определена конфигурация автопоезда в различных круговых режимах и влияние на устойчивость статического управления колесной осью полуприцепа.

**Список литературы**

**1. Рокар И. Неустойчивость в механике. – М.: Изд-во иностр. Лит., 1959. – 288с.**

**2. Вербицкий В.Г., Лобас Л.Г. Бифуркации и устойчивость стационарных состояний связки катящихся упруго-деформированных тел // Прикл. механика. – 1987. – 23, № 8. – С. 101–106.**

**3. Вербицкий В.Г., Лобас Л.Г. Вещественные бифуркации двухзвенных систем с качением// Прикл. математика и механика. – 1996. – 60, №3. – С. 418–425.**

**4. Лобас Л.Г., Вербицкий В.Г. Качественные и аналитические методы в динамике колесных машин. - Киев: Наук. думка, 1990. – 232 с.**

**5. Холодниок М., Клич А., Кубичек М., Марек М. Методы анализа нелинейных математических моделей. – М.: Мир, 1991. – 368с.**

**6. Эллис Д.Р. Управляемость автомобиля. – М.: Машиностроение, 1975. – 216с.**

**7. Shinohara Y. A geometric method for the numerical solution of non-linear equations and its application to non-linear oscillations // Publ. Res. Inst. Math. Sci., Kyoto Univ. 1972. V. 8, № 1. P. 13–42.**

**Мойся Д.Л., Куплінов А.В., Мельник О.В., Суботін А.А. Визначення та аналіз стійкості кругових стаціонарних режимів руху моделі сідельного автопоїзда**

***Анотація.*** *Розв'язано задачу аналізу множини стаціонарних станів дволанкового автопоїзда, що складається з двохосного тягача та одноосного напівпричепа. Чисельно побудовані одно-параметричні множини стаціонарних станів на основі диференціально-геометричного метода продовження по параметру.*

***Ключові слова:*** *автопоїзд, стійкість, математична модель, радіус.*

**Moysya D.L., Kuplinov A.V., Melnik A.V., Subotin A.A. Definition and analysis of the stability of the circular stationary modes of movement of the model of a saddle train**

***Abstract.*** *The problem on analysis of the manifolds of steady states of the two-link road train consisting of biaxial truck tractor and uniaxial semi-trailer is solved. Numerical constructions are given of the bifurcation sets of the one-parameter families of steady states by the differential-geometric method of parameter continuation.*

***Keywords:*** *road train, stability, mathematical model, radius.*

*УДК 629.08*

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

# АНАЛИЗ МАТЕРИАЛОВ И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОКРАСКИ КУЗОВА АВТОМОБИЛЕЙ

*В данной статье проведен анализ материалов и требуемого оборудования для осуществления покраски кузова автомобиля. Рассмотрены группы пигментов. Представлены преимущества и недостатки шлифовальных машинок, а также область их применения. Установлено: без предварительного подбора материалов и оборудования для устранения дефектов кузова автомобиля добиться качественного восстановления функций и внешнего вида невозможно.*
***Ключевые слова:*** *кузов, кузовной ремонт, покраска кузова автомобиля, материалы и оборудование для покраски кузова автомобиля.*

**Постановка задачи**

В процессе эксплуатации автомобиля возможно возникновение дефектов лакокрасочного покрытия и повреждений кузова вследствие естественного износа или в результате столкновений, соударений и при возникновении ДТП. Одной из главных операций по восстановлению первоначально заданных характеристик автомобиля и его внешнего вида является окрашивание кузова.

Для выполнения качественной покраски кузова требуется знание современных технологий и способов окрашивания кузова, наличие и умение пользоваться специализированным оборудованием и инструментом, вспомогательными материалами. Особое внимание следует уделять разновидностям красок и лаков и способам их нанесения.

Для организации и эффективного осуществления процесса ремонтного окрашивания на сервисном предприятии следует учитывать все особенности процесса окрашивания и требования, предъявляемые к процессу покраски кузовных элементов, а также различия этапов при окрашивании кузова на заводе-изготовителе и ремонтного окрашивания на сервисном предприятии. Для достижения качественного окрашивания требуется правильно организовать процесс ремонтного окрашивания кузова на современном уровне технологий и осуществлять производственный контроль, за выполнением всех стадий окрашивания, что подтверждает актуальность выбранной темы.

**Цель работы**

В рамках данной работы проводится изучение подготовительных операций покраски кузова автомобилей. Целью работы является проведение анализа необходимого оборудования и материалов для восстановления качественного внешнего вида кузова автомобиля и его функций.

**Основная часть**

Для защиты поверхности кузова от повреждений применяют лакокрасочные покрытия (ЛКП), к которым относятся краски и лаки [1, 2]. Также они обеспечивают долговечность деталей кузова, защиту от коррозии и красивый внешний вид автомобиля.

При окраске автомобилей используются различные подготовительные материалы:

1. Шпатлевка – пластичный связывающий материал, предназначенный для выравнивания неровностей и повреждений на поверхностях панели кузова. Основное требование – высокие адгезионные свойства и легкость шлифования.

2. Грунтовка – жидкая смесь с добавлением различных пигментов, целью которых является заполнение неровностей в поверхностях кузова, обеспечение защитных коррозионных свойств и подготовка поверхности к нанесению лакокрасочного слоя.

3. Наполнители – пигментированные, жидкие смеси с большим содержанием твердых материалов, предназначенные для выравнивания поверхностей кузова путем заполнения пор.

4. Эмали – краски, предназначенные для создания гладкого и прочного покрытия.

5. Краска – жидкая смесь, состоящая из цветного пигмента, растворенного в несущей основе.

6. Лак – жидкий окрасочный материал без пигментов, образующий на поверхности кузова после нанесения прозрачную пленку.

7. Тонирующие материалы – материалы, внедряющиеся в верхний слой краски для видоизменения оттенка поверхности кузова [1].

Классификация видов красок:

1. Краски на основе растворителей;
2. Краски на водяной основе [3, 4].

В зависимости от количества наносимых слоев существует классификация ЛКП:

1. Покрытие в один слой;
2. Покрытие в два слоя;
3. Трехслойное покрытие [5-10].

К однослойному покрытию предъявляются требования по стойкости, прочности и наличию блеска. Такой вид ЛКП предусматривает один слой эмали – универсальную краску.

При двухслойном покрытии базовая эмаль определяет цвет лакокрасочного покрытия. Стойкость, прочность и блеск обеспечивается слоем прозрачного лака. Данный вид ЛКП позволяет создавать эффекты «перламутр» и «металлик». Качество ЛКП зависит от слоя прозрачного лака и подложки.

Трехслойное покрытие включает в себя слой перламутровой краски, эмаль базового цвета, подложечный грунт.

К функциям ЛКП относятся:

1. Защита поверхности кузова от воздействий окружающей среды;
2. Защита от мелкий царапин и повреждений;
3. Защита от коррозии;
4. Обеспечение привлекательного внешнего вида автомобиля [11].

В состав красок входят:

1. Несущая основа. Предназначена для придания прочности ЛКП. От несущей основы зависит процесс высыхания краски, качество ЛКП, долговечность, адгезия.

2. Пигменты. Они позволяют определить цвет и светопроницаемость краски [12].

Эмаль может включать в себя различные пигменты, которые могут изменять цветность и создавать определенные эффекты. Классификация пигментов представлена на рисунке 2.

Достоинствами покрывных пигментов является невыгорание и отсутствие возможности пропускать свет. Покрывные элементы включают в себя минеральные и органические вещества. По цвету бывают красные, синие, белые и зеленые.

Пигменты «металлик» позволяют создать металлический эффект отражения, т.к. включают в себя алюминиевые пластинки. При смешивании пигментов «металлик» и

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

покрывных пигментов образуется краска «металлик» красного или синего цветов. Пигменты «металлик» серебристого цвета.

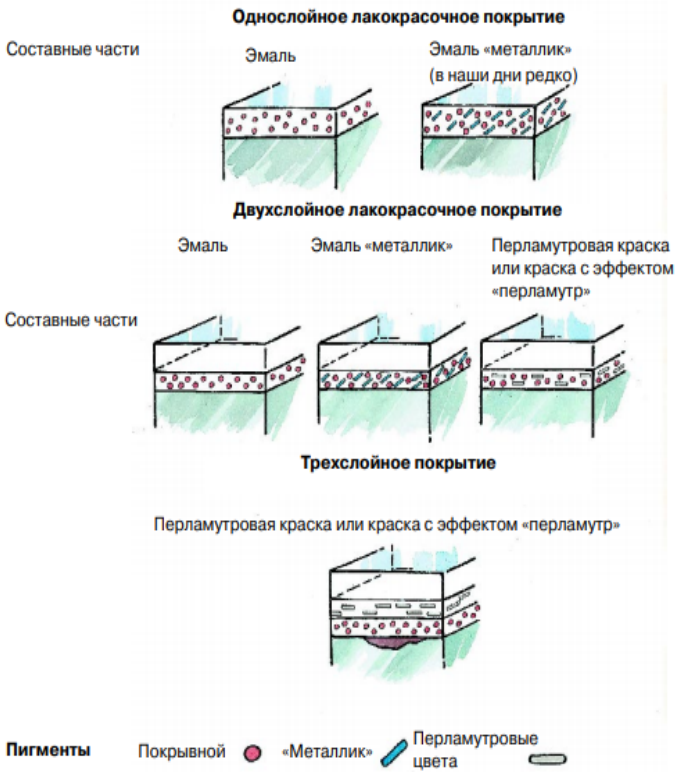



**Рис. 1 – Виды лакокрасочного покрытия**

Перламутровые оттенки получают из пластмассы, покрытой окисью титана и железа, но при этом зерна пигментов прозрачны. Пигменты «перламутр» могут быть красными, белыми, фиолетовыми и золотыми цветами. При использовании такого пигмента требуется смешение с покрывными пигментами, в противном случае подложка может изменить перламутровый эффект.




**Рис. 2 – Классификация пигментов**

Добавки позволяют повысить качество ЛКП. Виды и назначение добавок:

1. Отвердители (укрепление краски);
2. Наполнители (определяют шероховатость поверхности);
3. Эластификаторы (определяют пластичность ЛКП);

4. Загустители (предотвращают подтеки и наплывы);
5. Смачиватели (гомогенизация);
6. Дисперсаторы (предотвращают образование комков в краске);
7. Антиседиментаторы (предотвращают выпадение пигментов в осадок);
8. Эмульгаторы (улучшаю процесс смешивания красок) [6,7].

Для проведения кузовного ремонта и окрашивания кузова требуется наличие необходимого оборудования, инструмента и вспомогательных средств для выполнения всех операций.

Для получения качественного выполненного ремонта и качественного окрашивания кузовных элементов необходимо правильно подбирать окрасочные камеры, компрессоры, краскопульты, вентиляторы, шлифовальные машинки и др.

Для проведения окрашивания кузовных элементов требуется наличие следующего оборудования:

1. Шлифовальные машинки;
2. Краскопульты;
3. Оборудование для смешивания красок;
4. Ручной инструмент;
5. Вспомогательное оборудование;
6. Окрасочные камеры;
7. Оборудование для сушки;
8. Оборудования для шлифования и грунтования [8].

Лучшее качество нанесения ЛКП на поврежденные кузовные детали достигается в окрасочной камере, которая представляет собой закрытое помещение, в которой располагаются поврежденный кузов и его элементы. В камере обязательно должна предусмотрена циркуляция воздуха и фильтра очистки, задерживающие краску [3].

Окрасочная камера должна иметь равномерное освещение по всему периметру камеры.

Наиболее часто применяют комбинированные окрасочно-сушильные камеры.

Оборудование для смешивания красок включает в себя:

1. Стеллаж с красками;
2. Весы;
3. Мерные линейки;
4. Измерительные приборы;
5. Приборы для просмотра микрофильмов [8].

К инструментам и вспомогательным средствам следует отнести:

1. Пневмопистолет, предназначенный для подачи сжатого воздуха. Он позволяет удалять отходы от шлифования.

2. Пылеудалительные салфетки, позволяющие удалять пыль с поверхности. Очистка пылеудалительными салфетками производится непосредственно перед окрашиванием.

3. Установки для мойки краскопультов, представляющие камеру, в которую помещаются использованный инструмент и оборудование и посредством подачи насосом с пневмоприводом растворителя производится чистка.

4. Компрессоры, служащий для подачи воздуха в окрасочный цех.

5. Фильтр и регулировочный манометр. С помощью фильтра производится очистка сжатого воздуха, подводимого к пневмопистолетам и краскопультам.

6. Установки для отсоса шлифовальной и грунтовочной пыли. Позволяют отсасывать отходы шлифования и грунтовочную пыль [9].

Процесс шлифования служит для подготовки поверхности кузова под окраску [5].

Шлифование позволяет удалять частиц посторонних веществ с поверхности металла. Для шлифования применяют такие материалы как:

1. Наждак;
2. Корунд;
3. Карборунд (карбид кремния).

Для облегчения процесса шлифования могут применяться окислы бария, известь. В процессе шлифования особое внимание уделяется такому показателю как твердость.

К формам шлифовальных материалов относятся:

1. Лист;
2. Круг;
3. Рулон.

Наибольшее распространение имеют лист и круг. При использовании специального шлифовального оборудования с пылеудалением применяется бумага с отверстиями (перфорированная).

К шлифовальному инструменту относятся:

1. Шлифовальная шкурка;
2. Шлифовальная машинка [13,14].

Шлифовальные шкурки относятся к ручному инструменту шлифования. Также к ручному инструменту можно отнести бруски и рубанки.

Крепление шлифовальных шкурок может быть представлено:

1. Зажим;
2. Крепление фальцами;
3. Рукой;
4. Самопристающей обратной стороной бумаги;
5. Прихват.

Шкурка крепится к подвижному башмаку. Формы подвижных башмаков:

1. Жестко закрепленный башмак. Применяется в основном на ровных поверхностях;
2. Гибко закрепленный башмак. Применяется для окончательной обработки поверхности.

Классификация шлифовальных машинок и их краткая характеристика указаны в таблице 1. Классификация шлифовальных машинок по характеру осуществляемого ими движения представлена в таблице 2.

Таблица 1

**Классификация шлифовальных машинок по типу их привода**

| Шлифовальные машинки | |
|---|---|
| С пневмоприводом | С электроприводом |
| Возможность регулирования скорости действия.<br>Малый вес.<br>Отсутствие нагревания при длительной работе.<br>Необходимо наличие системы подачи сжатого воздуха. | Невозможность регулирования скорости действия.<br>Большой вес.<br>Нагревание при длительной работе.<br>Нет необходимости в специальном цеховом оборудовании.<br>Необходимость соблюдения мер безопасности при работе с электроинструментом. |

Таблица 2

**Классификация шлифовальных машинок по характеру осуществляемого ими движения**

| | |
|---|---|
| Шлифовальные машинки с вращательным движением | |
| Преимущества | Возможно очень агрессивное шлифование Идеальна для грубого шлифования<br>Возможно ускоренное шлифование |
| Применение | Удаление старой краски.<br>Подготовка металла под шпатлевание.<br>Удаление ржавчины. |
| Недостатки | Большое нагревание.<br>Затрудненное шлифование ровных поверхностей |
| Шлифовальные машинки с колебательным движением | |
| Преимущества | Идеальна для грубых и ровных поверхностей.<br>Большая площадь шлифования. |
| Применение | Шлифование ровных поверхностей.<br>Шлифование полиэфирной шпатлевки. |
| Недостатки | На закругленных поверхностях неприменима.<br>Возникновение вибрации при неплотном прилегании башмака.<br>Невозможно применение башмака с гибким креплением. |
| Шлифовальные машинки с вращательно-колебательным движением | |
| Преимущества | Хорошая управляемость при высокой производительности.<br>Небольшое нагревание. |
| Применение | Шлифование слоя краски.<br>Хорошо подходит для окончательной обработки грунта. |
| Недостатки | Башмак следует при шлифовании вести параллельно относительно поверхности, иначе остаются глубокие риски.<br>Не подходит для шлифования шпатлевки на ровных поверхностях. |

**Выводы**

Проведен анализ материалов для предварительной обработки поверхности кузова и окрашивания. Выделены функции ЛКП. К материалам предварительной обработки относят шпатлевку, грунтовку, наполнители. К материалам окрашивания относят эмали, краски, лаки, тонирующие материалы.

Рассмотрены группы пигментов и виды добавок в краски. Установлено: пигменты позволяют определить цвет и светопроницаемость краски, повысить удельную плотность ЛКП и антикоррозионную стойкость. добавки позволяют повысить качество ЛКП.

Проведен анализ, материалов необходимых для процесса шлифования поверхности кузова. Установлено: в основном используется наждак, корунд и карборунд. Проведен анализ форм шлифовальных материалов, к которым относятся лист, круг, рулон.

Представлены преимущества и недостатки шлифовальных машинок, а также область их применения.

**Список литературы**

**1. Гольдберг, М.М. Материалы для лакокрасочных покрытий / М.М. Гольдберг. - М.: Химия, 2008. - 344 с.**

**2. Дидюков, З. С. Лакокрасочные покрытия / З.С. Дидюков. - М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной и судостроительной литературы, 1995. - 216 с.**

**3. Даражио Г.Н. Технология окраски автомобилей и тракторов за рубежом. Обзор. М. 1986 г., 153 с.;**

**4. Кац А.М. Окраска автомобилей на АТП. - М.: Транспорт, 1986 г. - 170 с.;**

**5. Кручер И.Л. Способы подготовки поверхности кузова автомобиля при ремонтном восстановлении формообразующими клеевыми составами / И.Л. Кручер // Интернет-журнал Науковедение. 2017. Т. 9. № 3. С. 48;**

**6. Лакокрасочные материалы. Сырье и полупродукты. - М.: Государственное научно-техническое издательство химической литературы, 1986. - 506 с.**

**7. Мельников, Илья Деревообработка. Лакокрасочные материалы / Илья Мельников. - Москва: СИНТЕГ, 2012. - 849 с.**

**8. Морозова // В сборнике: Ижиниринг технологического оборудования и процессов Сборник научных трудов студентов и аспирантов НИТУ "МИСиС". Под редакцией С.М. Горбатюка. Киров, 2018. С. 106-107;**

**9. Новоселова, Ирина Материалы, технология и оборудование лакокрасочных покрытий древесины / Ирина Новоселова. - М.: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. - 546 с.**

**10.Основные способы, позволяющие выполнить покраску автомобиля [Электронный ресурс]: – Режим доступа: http://sam-avtomalyar.ru/sposoby_pokraski_avtomobilya/;**

**11.Панкин Б.А. Кузовной ремонт автомобиля / Б.А. Панкин, А.А. Генералова // В сборнике: Инновации технических решений в машиностроении и транспорте сборник статей II Всероссийской научно-технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием. Пензенский государственный университет; Межотраслевой научно-информационный центр. 2016. С. 63-65;**

**12.Программа самообучения 214 Окраска автомобилей – окончательное окрашивание [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://www.autodela.ru/assets/files/books/VW/1/215_Okonchatelnoe%20okrashivanie.pdf;**

**13.Программа самообучения 214 Окраска автомобилей – подготовительные операции [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://www.autodela.ru/assets/files/books/VW/1/214_Podgotovka%20k%20okraske.pdf;**

**14.Технология покраски автомобиля [Электронный ресурс]: – Режим доступа: https://pokrasymavto.ru/texnologiya-pokraski-avtomobilya/.**

**Семикіна А.С., Нажиганов А.В., Омельянюк Д.Т., Загородній Н.А. Аналіз матеріалів та обладнання для фарбування кузова автомобілів**

***Анотація.*** *У даній статті проведено аналіз матеріалів і необхідного обладнання для здійснення фарбування кузова автомобіля. Розглянуто групи пігментів. Представлені переваги і недоліки шліфувальних машинок, а також область їх застосування. Встановлено: без попереднього підбору матеріалів і обладнання для усунення дефектів кузова автомобіля домогтися якісного відновлення функцій і зовнішнього вигляду неможливо.*

***Ключові слова:*** *кузов, кузовний ремонт, фарбування кузова автомобіля, матеріали та обладнання для фарбування кузова автомобіля.*

**Semykina A.S., Nazhiganov A.V., Omelyanyuk D.T., Zagorodniy N.A. Analysis of materials and equipment for car body painting**

***Abstract.*** *This article analyzes the materials and equipment required for painting the car body. Groups of pigments are considered. The advantages and disadvantages of sanding machines, as well as their application area, are presented. It is established that it is impossible to achieve high-quality restoration of functions and appearance without preliminary selection of materials and equipment to eliminate defects in the car body.*

***Keywords:*** *bodywork, body repair, car body painting, materials and equipment for car body painting.*

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

| | |
|---|---|
| **Постановка проблеми**<br>де відображається історія предмету дослідження, актуальність та сучасний стан проблеми;<br>**Аналіз останніх досліджень**<br>на які спирається автор, виділення невирішених раніше аспектів загальної проблеми, яким присвячується означена стаття;<br>**Мета статті**<br>(постановка задачі);<br>**Основний розділ**<br>(можливі підрозділи);<br>**Висновки**<br>де стисло та чітко підсумовуються основні результати, що були одержані автором (-ами). | Назви розділів напівжирним шрифтом без крапки наприкінці.<br>Таблиці повинні мати тематичні назви та порядкові номера (без знаку №), на які даються посилання у тексті.<br>Рисунки та графіки повинні бути пронумеровані в порядку посилання у тексті. Кожний розміщується в окремому файлі (формати **.bmp, .jpg, .tiff**). Кольорові та фонові рисунки не приймаються. Перелік рисунків з номерами та підписами рисунків пишуться в окремому документі.<br>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.<br>Нумерація формул дається арабськими цифрами в круглих дужках праворуч.<br>Посилання на джерела беруться у квадратні дужки. |
| Пустий рядок | |
| **Список літератури**<br>**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.<br>Текст списка:<br>Шрифт: 11пт, курсив;<br>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<br>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***<br>***Abstract.*** *Переклад анотації на англій- ську мову.*<br>***Keywords:*** *Переклад ключових слів на англійську мову* | Шрифт: 12пт, курсив<br>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**
№ 1, 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. 4,6. 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**
№ 1 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. 4,6. 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**
№ 1, 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 4,6. 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