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

ВІСНИК ДОНЕЦЬКОЇ АКАДЕМІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

VÌSNIK DONEC′KOÏ AKADEMÌÏ AVTOMOBÌL′NOGO TRANSPORTU

№3
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:
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 № 1 від 30.08.2020 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

№3
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:
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 № 1 от 30.08.2020 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 «Україніка 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

№3
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:
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 1 of 30.08.2020

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

Єфименко А.М., Маренич А.С., Каравацкій А.О. **Дослідження руху транспортних засобів в програмному середовищі Carsim** 10

Калінін О.В., Рибаченко О.В. **Ефективність логістичної системи перевезень тарно-штучних вантажів** 21

Лашко А.А. **Система управління транспортним виробництвом при здійсненні мультимодальних перевезень** 31

Мойся Д.Л., Куплінов А.В., Маркелов Р.І. **Метод аналізу функціонального резонансу в системі «людина-автомобіль-організація»** 38

Сидоренко К.І. **Особливості керування транспортним підприємством в умовах цифровізації** 43

Шевченко С.В., Шевченко А.В. **Аналіз інноваційних технологій, що впроваджуються в автомобільній сфері з метою збереження життя на дорогах** 51

Правила подання та оформлення статей 60

Порядок рецензування статей 62

СОДЕРЖАНИЕ

Транспортные технологии

Ефименко А.Н., Маренич А.С., Каравацкий А.О. **Исследование движения транспортных средств в программной среде Carsim** 10

Калинин А.В., Рыбаченко О.В. **Эффективность логистической системы перевозок тарно-штучных грузов** 21

Лашко А.А. **Система управления транспортным производством при осуществлении мультимодальных перевозок** 31

Мойся Д.Л., Куплинов А.В., Маркелов Р.И. **Метод анализа функционального резонанса в системе «человек-автомобиль-организация»** 38

Сидоренко К.И. **Особенности управления транспортным предприятием в условиях цифровизации** 43

Шевченко С.В., Шевченко А.В. **Анализ инновационных технологий, внедряемых в автомобильной сфере с целью сохранения жизни на дорогах** 51

Правила представления и оформления статей 60

Порядок рецензирования статей 62

CONTENTS

Transport technology

Yefymenko A.N., Marenich A.S., Karavatsky A.O. **Research of vehicle movement in the Carsim software environment** 10

Kalinin O.V., Rybachenko O.V. **Efficiency of the logistics system of transportation of tarn-piece cargo** 21

Lashko A.A. **The control system of the transport industry in the implementation of multimodal transportation** 31

Moisya D.L., Kuplinov A.V., Markelov R.I. **Method for analysis of functional resonance in the «human-car-organization» system** 38

Sidorenko K.I. **Features of management of the transport enterprise in the conditions of digitalization** 43

Shevchenko S.V., Shevchenko A.V. **Analysis of innovative technologies implemented in the automotive sphere in order to preserve life on the road** 51

Submission rules and guidelines 60

The order of reviewing articles 62

УДК 338

КАЛИНИН А.В, ст.пр.; РЫБАЧЕНКО О.В., магистрант
Донецкая академия транспорта, г. Донецк

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНО-СКЛАДСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье рассмотрены приоритетные пути повышения эффективности транспортно-складской деятельности предприятия. Рассмотрены понятие, основные этапы и ключевые взаимозависимости в ходе реализации транспортно-складского процесса. Определена роль новейших программных продуктов в управлении транспортно-складской деятельностью предприятия. предложено инструментарий для повышения эффективности транспортно-складской деятельности предприятия.
Ключевые слова: *транспортно-складская деятельность, логистика, цепи поставок, процесс.*

Постановка задачи

Вопрос снабжения предприятий сырьем и комплектующими материалами, а также сбыт готовой продукции важны в деятельности любой организации. При этом, транспортно-складские расходы существенно влияют на себестоимость продукции, представляя собой прямые накладные расходы на эту продукцию.

Транспортно-складская логистика является важным фактором повышения конкурентоспособности фирмы. В основе транспортно-складских процессов компании лежат суммарные затраты на весь комплекс транспортно-складских услуг на пути грузов от поставщика к их использованию у потребителя. В зависимости от рода груза, способа транспортировки и хранения, суммарные затраты на транспортно-складские операции составляют от 7 к 30% себестоимости продукции, и наблюдается тенденция их увеличения.

Современная транспортно-складская логистическая система представляет собой комплекс взаимосвязанных автоматизированных транспортных и складских устройств для погрузки, разгрузки, укладки, хранения, транспортировки, временного накопления предметов труда, инструментов и технологической оснастки.

Цель работы

Заключается в поиске путей повышения эффективности транспортно-складской деятельности предприятия.

Основная часть

В период смены типов экономических отношений оживляется интерес к продуктивным методам организации хозяйственной деятельности, актуализируются процессы взаимодействия материально-технического и информационного обеспечения, транспорта и коммуникационной инфраструктуры. На передний план выдвигается не формальное, а экономически обоснованное совершенствование прямых и косвенных хозяйственных связей, при которых значительно повышается роль регулирования материальных и информационных потоков с учетом положительных и отрицательных явлений внутреннего и внешнего характера, входит в круг задач, которые решаются логистикой.

Однако локальные изменения расходов в одном из направлений функциональной

деятельности фирмы могут предоставлять неадекватный влияние на совокупные функциональные процессы предприятия. Системный и комплексный подходы, будучи примененными к оптимизации деятельности хозяйствующего субъекта в целом приводят к выводу о необходимости оптимизации широкого комплекса взаимосвязей и взаимозависимостей.

С целью оптимального соотношения затрат и доходов поиск экономических компромиссов следует искать на стратегическом, организационном и оперативном уровнях. Осуществленные на основании логистического подхода, экономические компромиссы позволяют минимизировать суммарные затраты и повышают в конечном итоге прибыль фирмы.

В связи с этим все большего внимания заслуживают предприятия, применяющие в своей деятельности опыт координации закупок, сбыта и перевозок, основанный, главным образом, на концентрации взаимосвязанных функций по складированию и транспортировке в единые службы, под единым руководством. В отличие от старых методов изолированного управления грузовыми перевозками и складским хозяйством, в этих фирмах осуществляется переход к объединенному или скоординированному управлению грузопотоками [3].

Основной целью управления транспортно-складской деятельностью в цепях поставок является повышение качества обслуживания клиентов при условии оптимизации транспортных, складских и других связанных с ними расходов.

При этом, транспортно-складская деятельность предприятия базируется на соблюдении ключевых принципов логистики в ходе обслуживания цепей поставок, благодаря чему достигается реализация оптимального уровня транспортно-складских процессов и операций, интеграция операторов логистического рынка. Это, в свою очередь, создает синергетический эффект, который находит свое отражение в повышении показателей эффективности транспортно-складской деятельности.

Таким образом, транспортно-складской процесс представляет собой сложную совокупность взаимосвязанных логистических операций, которые должны выполняться в определенной последовательности при соблюдении ключевых принципов логистики.

Транспортная логистика решает большой круг задач, среди которых в качестве основных можно выделить [2-7] выбор способа транспортировки и транспортного средства, определение рациональных маршрутов доставки, совместное планирование транспортных процессов на различных видах транспорта (в случае смешанных перевозок), процедуру транспортировки.

На крупных и средних промышленных и торговых предприятиях приобретают возрастающее значение структурные подразделения, реализующие логистические подходы в управлении, а именно по управлению материалопотоками, коммерческой логистики, распределения и логистики, логистики маркетинга и т. Д. На практике многие компании осуществляют перестройку всего управления по целью адаптации организационной структуры к многопрофильной функции логистики.

Развитие транспортных коммуникаций и транспортных средств, повышение роли складских предприятий в управлении потоковыми процессами, осложнения рыночных отношений и динамичность внешней среды обусловливают создание транспортно-складских логистических систем, которые отличаются высокой комплексностью услуг и быстрой адаптацией к конъюнктуре рынка [3].

Основные этапы транспортно-складского процесса приведены на рис. 1

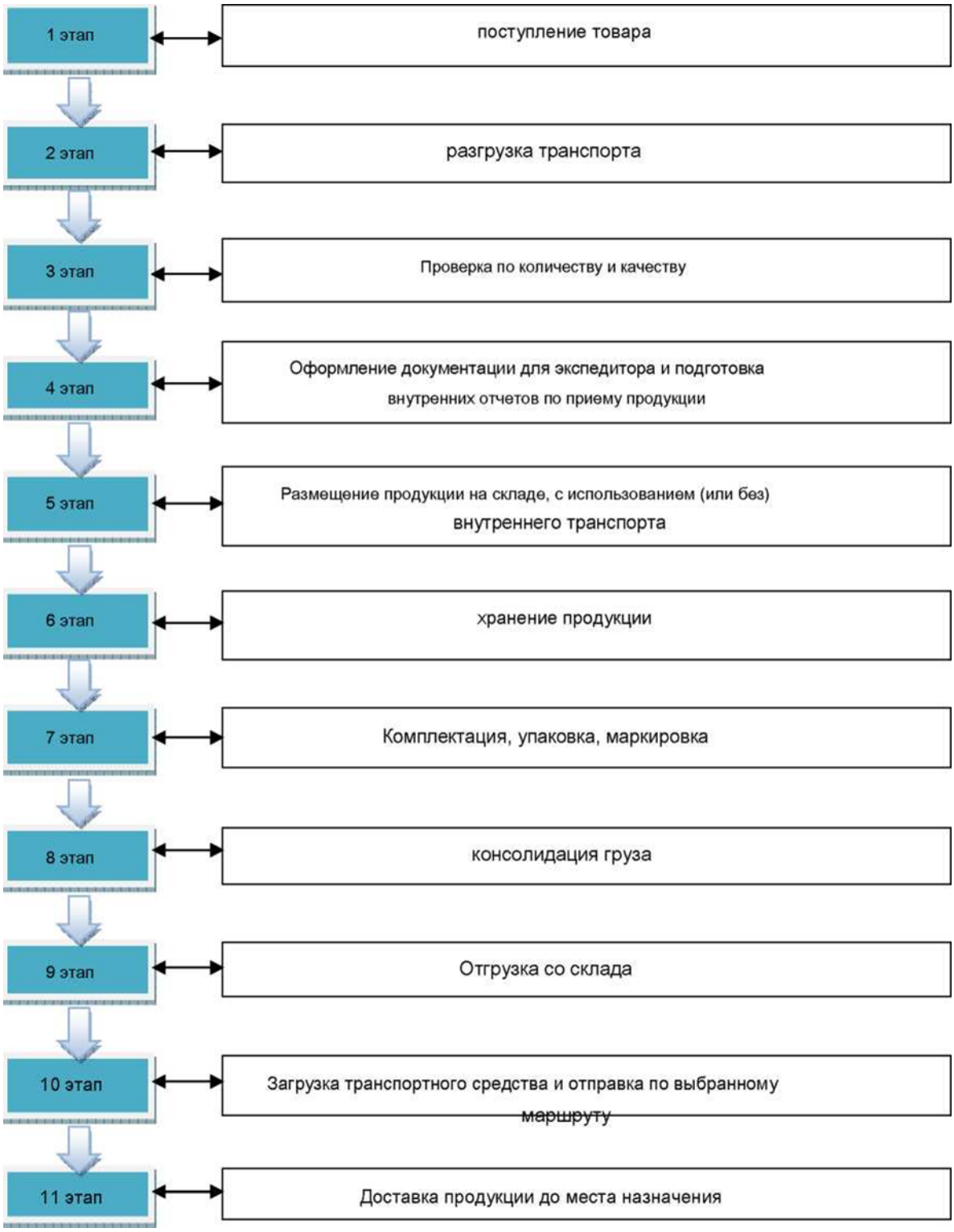


Рис. 1. Основные этапы транспортно-складского процесса предприятия

Таким образом, можно констатировать, что транспортно-складской процесс включает в себя 11 этапов. Критериями эффективности транспортно-складской деятельности является полное удовлетворение заявок по списку и проведения срочных отгрузок.

Отбор товаров проводят комплектовщики и другие работники склада после получения письма комплектации. Комплектующее листок составляется с учетом складской специфики, что значительно ускоряет отбор товаров. На большом складе при механизированном отборе

укомплектован груз снимается с места упаковки и передвигается в зону отгрузки. При ручном способе набора и отпуске небольшого количества товар выкладывается на ручные тележки и перемещается в зону комплектации.

Применение портативных терминалов позволяет проводить инвентаризацию, не останавливая работу склада. После выбора товара партию упаковывают. Благодаря транспорту, процесс товародвижения (начиная от поставщиков сырья и материалов, включая разного рода посредников, и заканчивая потребителями готовой продукции) трансформируется в конкретный логистическую цепь, а транспорт становится неотъемлемой частью единого транспортно-складского процесса. В этой цепи основные функции транспорта заключаются в перемещении грузов и их хранении.

Выделению транспорта в самостоятельную область логистики способствуют следующие основные факторы [2]:

- способность транспорта реализовать основную идею логистики - создать надежно, устойчиво и оптимально функционирующую систему «поставки - производство - складирования - распределение - потребления;

- неизбежность решения целого ряда сложных транспортных проблем при выборе каналов распределения сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в рамках логистической системы;

- высокая доля транспортных расходов, максимальный размер которых достигает 50% в общих логистических затратах на продвижение товара от первичного источника сырья до конечного потребителя готовой продукции;

- наличие большого числа транспортно-экспедиционных предприятий, играющих большую роль в организации оптимальной доставки товаров, как во внутренних перевозках, так и в международных сообщениях.

Самым эффективным методом сокращения расходов является применение автоматизированных информационных систем, новых технологий и оборудования, позволяющих оптимизировать и рационализировать управленческие функции на каждом этапе транспортно-складского процесса на предприятии.

Использование современных программных продуктов дает возможность существенно повысить оперативность принятия управленческих решений и их качество, способствуют своевременной идентификации потенциальных проблем и незапланированных отклонений по всей длине логистической цепи. Одним из важных аспектов применения автоматизации является их реализация в условиях складских операций, позволяет улучшить качество технологических процессов и обеспечить четкие и взвешенные решения. Это дает основания утверждать, что финансирование процессов, связанных с автоматизацией и использования новейших программных решений, продуктов, технологий и оборудования является залогом повышения эффективности транспортно-складской деятельности предприятия.

По нашему мнению, уместно применение в учете транспортно-складской деятельности предприятия программного обеспечения, которое будет способствовать сокращению времени проведения всех складских операций, сокращению количества ложных складских операций, повышении точности учета товара и уменьшении зависимости от «человеческого фактора».

Выводы

Повышение эффективности транспортно-складской деятельности предприятия является актуальным вопросом сегодня, связанную с налаживанием оптимального товародвижения в контексте управления цепями поставок. Оно напрямую связано с использованием

современных программных продуктов и адаптированных управленческих решений, согласно устоявшихся принципов логистической деятельности. При этом достижение синергетического эффекта возможно в результате комплексного воздействия новейших подходов и средств к системам управления транспортно-складскими операциями и материальными потоками на соответствующие процессы по отношению ко всей логистической цепи.

Список литературы

1. Миротин, Л. Б. Логистика. Управление в грузовых транспортно-логистических системах / Л.Б. Миротин. - М.: Юристъ, 2002. - 414 с.

2. Афанасьев, Л. Л. и др. Единая транспортная система и автомобильные перевозки: Учебник для студентов вузов / Л. Л. Афанасьев, Н. Б. Островский, С. М. Цукерберг. - второй изд., Перераб. и доп. - М.: Транспорт, 1984. - 333 с.

3. Сарафанова, Е. В. Грузовые автомобильные перевозки / Е.В. Сарафанова, А.А. Евсеева, Б.П. Копцев. - М.: ИКЦ «МарТ», 2006. - 480 с.

4. Горев, А. Э. Грузовые автомобильные перевозки: учеб. пособие для студ. высш. учеб. Заведите. / А. Э. Горев. - второй изд. - М.: Академия, 2004. - 288 с.

5. Заборский, Л. А. Методические основы организации транспортно-технологических процессов в системах доставки грузов: автореф. дис. на получение наук. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.01 «Транспортные системы». - Одесса Одесская. нац. морск. ун-т, 2008. - 20 с.

6. Воркут, А. И. Автомобильные перевозки партионных грузов /А. И. Воркут А.И.. - М.: Высшая школа, 1974. - 184 с.

7. Логистика: учебное пособие: Рек. МОН Украины / А. Н. Тридед [и др.]. - Киев: Знание, 2008. - 566 с. - (Высшее образование XXI века).

Калінін О.В., Рыбаченко О.В. Підвищення ефективності транспортно-складської діяльності підприємства

Анотація. *У статті розглянуті пріоритетні шляхи підвищення ефективності транспортно-складської діяльності підприємства. Розглянуто поняття, основні етапи та ключові взаємозалежності в ході реалізації транспортно-складського процесу. Визначено роль новітніх програмних продуктів в управлінні транспортно-складської діяльності підприємства. запропоновано інструментарій для підвищення ефективності транспортно-складської діяльності підприємства.*

Ключові слова: *транспортно-складська діяльність, логістика, ланцюги поставок, процес.*

Kalinin O. V., Rybachenko O. V. improving the efficiency of transport and warehouse activities of the enterprise

Abstract. *The article considers priority ways to improve the efficiency of transport and warehouse activities of the enterprise. The concept, main stages and key interdependencies in the implementation of the transport and warehouse process are considered. The role of the latest software products in the management of transport and warehouse activities of the enterprise is determined. Tools for improving the efficiency of transport and warehouse activities of the enterprise are proposed.*

Keywords: *transport and warehouse activities, logistics, supply chains, process.*

УДК 351.81

ЭНГЛЕЗИ И.П., к.т.н.
Донецкая академия транспорта, г. Донецк
БЕЛОВ Ю.В., к.т.н., профессор
Донецкое высшее общевойсковое командное училище, г. Донецк

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО РАЗВИТИЮ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРОДА ДОНЕЦК

В статье рассматривается существующее состояние транспортной системы Донецкой Народной республики. Сформулированы предложения по ее развитию, такие как завершение работ по формированию Комплексной схемы организации дорожного движения, реконструкция Автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД), совершенствование Транспортной схемы Донецка, совершенствование анализа аварийности и повышение безопасности дорожного движения.
Ключевые слова: *транспортная система, автоматизированная система управления дорожным движением, аварийность, интеллектуальные транспортные системы.*

Постановка задачи

Развитие геополитической обстановки в регионе за последние 5 лет привело к изменениям конфигурации транспортной системы, перераспределению пассажирских и транспортных потоков. Единая (всемирная) транспортная система, состоящая из региональных или национальных систем и не имеющая границ в обычных условиях (с учетом выполнения таможенных процедур), в условиях ведения боевых действий претерпевает существенные изменения. Работа транспорта в зоне боевых действий становится опасной и нестабильной, а линия разграничения конфликтующих сторон превратилась в непреодолимое препятствие и практически разрывает транспортные связи на основных существующих транспортных коридорах. Из видов транспорта, формирующих транспортную систему Донецкой области, после начала вооруженного конфликта работают только железнодорожный и автомобильный, при этом последний является преобладающим в силу своей специфики. Основные автомагистрали области (М-03, М-04 и М-14), совпадающие с международными транспортными коридорами потеряли свое транзитное значение.

Цель работы

Проведение анализа существующего состояния транспортной системы Донецкой Народной республики и разработка предложения по ее развитию.

Основная часть

Размещение линии разграничения конфликтующих сторон на границах города Донецка привело к существенному изменению и Транспортной схемы г. Донецка. Из 6-ти основных направлений автотранспортных входов в столицу Донецкой Народной Республики (Горловское, Макеевское, Старобешевское, Мариупольское, Запорожское, Красноармейское) реально работают только два – Макеевское и Старобешевское, при этом Макеевское и по интенсивности движения, и по качеству дорожных условий является основным.

Существующие дорожные условия в центральной части г. Донецка, характеризуются

высокой интенсивностью транспортных потоков в условиях сложившейся застройки. Стесненные условия существующей улично-дорожной сети (УДС), морально устаревшее оборудование светофорных объектов и других технических средств ОДД, в совокупности с общим ростом уровня автомобилизации и отсутствием транспортных коридоров внутригородского транзитного движения, приводят к образованию заторовых ситуаций и, как следствие, к снижению качества транспортного обслуживания, увеличению аварийности. Однако изменение геометрических параметров проезжей части существующих улиц центральной части города невозможно ввиду того, что резервы свободных зон в пределах «красных линий» исчерпаны.

Произошедшие изменения геополитической обстановки, а также развитие транспортных технологий и внедрение интеллектуальных транспортных систем [1], требуют от специалистов транспорта принятия решений по развитию транспортной системы Донецкой Народной Республики. На наш взгляд, необходима разработка Концепции, а затем и Программы развития транспортной системы Республики.

Анализ существующего состояния транспортной системы Донецкой Народной Республики позволяет предложить основные возможные направления её развития:

1. Завершение и актуализация работ по формированию Комплексной схемы организации дорожного движения (КСОД).

2. Завершение реконструкции Автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД) г. Донецка с реализацией решений Генерального плана г. Донецка по введению одностороннего движения в центральной части города. Необходимо завершить строительство центрального управляющего пункта АСУДД, а также определить конфигурацию и сроки проведения реконструкции периферийного оборудования – светофорных объектов на УДС города.

3. Строительство автовокзала в районе «Мотеля» (Макеевское шоссе).

4. Строительство транспортной магистрали непрерывного движения вокруг центральной части города, ввод которой позволит значительно снизить интенсивность транспортных потоков по улицам Щорса, Университетской, Артема, Челюскинцев, Киевскому проспекту и других основных магистральных улиц центральной части г. Донецка.

5. Реконструкция подъездных ж/д путей промпредприятий с целью создания кольцевого маршрута железнодорожных пассажирских перевозок.

6. Оптимизация маршрутной пассажирской сети г. Донецка, создание условий для приоритетного движения городского пассажирского транспорта. Объединение в единую сеть троллейбусного сообщения г. Донецка и г. Макеевка в направлении Макеевское шоссе – Донецкое шоссе (в районе окружной дороги).

7. Введение на городском пассажирском транспорте системы мониторинга и создание Автоматизированной системы диспетчерского управления транспортом в центральном управляющем пункте АСУДД с целью совершенствования управления и повышения качества транспортного обслуживания. Адаптация системы мониторинга в Единый информационно-телематический комплекс «БЕЗОПАСНЫЙ ГОРОД».

8. Повышение безопасности дорожного движения и совершенствования анализа аварийности на УДС за счёт внедрения проекта по углубленному исследованию ДТП (DIDAS).

Рассмотрим более подробно некоторые из этих направлений.

Работы по формированию КСОД г. Донецка были проведены в 2010-2012 гг. Научно-исследовательским и проектным институтом транспортных технологий Донецкой академии

транспорта. Разработанная КСОД представляет собой большой объем различных картографических материалов и проектной документации на бумажных носителях. В связи с изменением Транспортной схемы города необходимо внести соответствующие изменения в КСОД. В современных условиях этот материал желательно применять с использованием ГИС-технологий, т.е. актуальным является создание транспортной составляющей Геоинформационной системы г. Донецка.

Параллельно с разработкой КСОД проводились работы по созданию в Донецке современной АСУДД [2, 3]. В 2012 году Донецкой академией транспорта был разработан Проект центра управления дорожным движением, учитывающий возможность подключения всех светофорных объектов по различным каналам связи (телефонная линия, радиосвязь, оптиковолокно, WAN и др.) для управления их работой [3]. На основе разработанного проекта, Днепропетровской фирмой «СЭА Электроникс» разработана рабочая документация, поставлено и смонтировано оборудование Центрального управляющего пункта АСУДД. Следующим этапом формирования КСОДД должны были стать работы по реконструкции периферийного оборудования - светофорных объектов (СО). Было проведено обследование и инвентаризация всех технических средств регулирования дорожного движения г. Донецка и разработана концепция поэтапного развития АСУДД с учетом характеристик оборудования 177 СО города [2].

Для реализации данной концепции предложено произвести полную реконструкцию 110-ти и частичную реконструкцию 30-ти СО г. Донецка, установить 105 детекторов транспорта и 42 камеры видеонаблюдения на улично-дорожной сети города. Эти работы до сих пор не выполнены. В настоящий момент АСУДД г. Донецка управляет из Центрального управляющего пункта работой только 42-х СО на двух магистральных улицах – Артема и Университетской.

На сегодняшний день г. Донецк имеет единственный автовокзал – АВ «Южный», расположенный в центре города. Стесненные условия центра не позволяют реализацию нормативных требований на существующей площадке, поэтому современному Донецку необходим новый автовокзал, который предлагается разместить с учетом основного вектора перевозок - в восточной части города в районе «Мотеля» (Макеевское шоссе).

Для улучшения Транспортной схемы г. Донецка на перспективу предлагаем строительство транспортной магистрали непрерывного движения вокруг центральной части города (рис. 1). Миллионный город на сегодня не имеет улиц и дорог непрерывного движения. Центральная часть УДС г. Донецка эксплуатируется с высокими уровнями загрузки движением т.к. существующая Транспортная схема предполагает движение транзитного транспорта по направлениям «восток-запад» и «север-юг» через центральную часть города.

Предлагаемую транспортную магистраль непрерывного движения можно разделить на семь участков, некоторые из которых предполагают реконструкцию существующей УДС, другие – новое строительство, в т. ч. тоннеля под площадью Ленина. Можно выделить следующие участки:

1-й – по линии железной дороги от пр. Ленинского до ул. Панкратовой (новое строительство дороги по существующему основанию);

2-й – от ул. Панкратовой до ул. Жмуры (новое строительство дороги);

3-й – по ул. Жмуры и пр. Партизанскому (реконструкция проезжей части УДС);

4-й – вдоль правого берега р. Кальмиус от Партизанского просп. до ул. П.Поповича (новое строительство дороги);

5-й – по пр. 75-летия ФК «Шахтер» от ул. П.Поповича до пр. Мира (существующая

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

УДС);

6-й – по ул. Набережной от пр. Мира до пр. Ильича (реконструкция проезжей части ул. Набережной);

7-й – в подземном тоннеле под площадью Ленина, ул. Артема, ул. Университетской, ул. Щорса, ул. Р.Люксембург, пр. Гринкевича от пересечения пр. Ильича и ул. 50 лет СССР с выходом на 1-й участок данной магистрали (строительство тоннеля).



Рис. 1. Предлагаемая транспортная магистраль непрерывного движения вокруг центральной части города Донецка

На пересечениях данной магистрали с существующими УДС для организации непрерывного движения транспорта предлагается выполнить строительство 9-ти транспортных развязок в двух уровнях. На 1-ом участке предлагаемой транспортной магистрали для данных развязок можно использовать существующие путепроводы над линией железной дороги (на пересечениях с пр. Б.Хмельницкого, пр. Ленинским, ул. Артема).

Также для развития Транспортной схемы г. Донецка считаем возможным выполнить предпроектные работы по изучению подъездных ж/д путей промпредприятий. Многие из них последние годы практически не работают, являются мало востребованными и могут рассматриваться как элементы кольцевого маршрута железнодорожных пассажирских перевозок после соответствующей реконструкции. Это даст возможность с минимальными затратами существенно улучшить транспортное обслуживание населения.

Эффективность пассажирских перевозок во многом определяется соответствием применяемых технологических решений характеристикам реальных пассажирских и транспортных потоков. В часы «пик» время доставки пассажиров из удаленных районов города может существенно сокращаться при введении режима движения «экспресс» и реализации приоритетного права движения этих транспортных средств на пересечениях основных магистралей города [4]. Реализация данной задачи возможна при введении на городском пассажирском транспорте системы мониторинга и создание в центральном управляющем пункте АСУДД Автоматизированной системы диспетчерского управления транспортом.

Для повышения безопасности на транспорте нами предлагается использовать передовой опыт анализа аварийности – создание в Республике проекта по углубленному исследованию ДТП «DIDAS» (Donbas In-Depth Accident Study) с привлечением ученых и специалистов в области транспорта, Управления ГАИ МВД, Министерства транспорта, Министерства здравоохранения и Министерства по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий Республики. Опыт Германии показывает, что в результате внедрения такого проекта количество смертельных случаев в ДТП и степень тяжести последствий снижается в десятки раз.

Реализация разработанных предложений по совершенствованию транспортной системы должна осуществляться с использованием передового опыта внедрения интеллектуальных транспортных систем (ITS) [5].

Выводы

Проведен анализа существующего состояния транспортной системы Донецкой Народной Республики. Предложены основные направления ее развития, среди которых наибольшее значение имеют вопросы, направленные на улучшение организации дорожного движения и повышение его безопасности в столице Донецкой Народной Республики – городе Донецке. Детализация данных предложений должна быть раскрыта в Программе развития транспортной системы Республики с учетом необходимости цифровизации экономики и использования передового опыта внедрения интеллектуальных транспортных систем.

Список литературы

1. Белов Ю.В., Полетайкин А.Н. Совершенствование системы управления транспортом на основе концепции интеллектуальной транспортной системы // Весник ДААТ. – Донецк: ДААТ, 2015, №2 – с.4-9.

2. НИР 11-06. Разработка концепции развития автоматизированной системы управления

дорожным движением (АСУДД) и проект центра управления дорожным движением. Том 1. Разработка концепции развития автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД)-Донецк, ДААТ, 2012. – 67 с.

3. НИР 11-06. Разработка концепции развития автоматизированной системы управления дорожным движением (АСУДД) и проект центра управления дорожным движением. Том 2. Проект центра управления дорожным движением. - Донецк, ДААТ, 2012. – 165 с.

4. Белов Ю.В., Науменко А.В., Яблуновская И.А. Совершенствование организации дорожного движения городского пассажирского транспорта г. Донецка на основе концепции интеллектуальной транспортной системы (ITS) // Весник ДААТ. – Донецк: ДААТ, 2017, №4 – с.10-15.

5. Хаханов В.И., Энглези И.П., и др. Облачная инфраструктура мониторинга и управления дорожным движением // Радіоелектронні і комп'ютерні системі. – Харьков: ХНУРЭ, 2013, №5(64). – с. 106 – 111.

Енглезі І.П., Бєлов Ю.В. Пропозиції щодо розвитку транспортної системи Донецької Народної Республіки

Анотація. *У статті розглядається існуючий стан транспортної системи Донецької Народної Республіки. Сформульовано пропозиції щодо її розвитку, такі як завершення робіт з формування Комплексної схеми організації дорожнього руху, реконструкція Автоматизованої системи управління дорожнім рухом (АСУДР), вдосконалення Транспортної схеми Донецька, вдосконалення аналізу аварійності та підвищення безпеки дорожнього руху.*

Ключові слова: *транспортна система, автоматизована система управління дорожнім рухом, аварійність, інтелектуальні транспортні системи.*

Englezi I.P., Belov Yu.V. Proposals for the development of the Transport system of the Donetsk People's Republic

Abstract. *The existing state of the transport system of the Donetsk people's Republic is considered. Proposals for its development are formulated, such as the completion of work on the formation of a Comprehensive road traffic management scheme, the reconstruction of the Automated Traffic Management System, improving the Transport scheme of Donetsk, improving the analysis of accidents and improving road safety.*

Keywords: *Transport system, automated traffic management system, accident rate, intelligent transport system*

УДК 629.113.

МОЙСЯ Д.Л., к.т.н.; КУПЛИНОВ А.В., ст.пр.; МАРКЕЛОВ Р.И.; ГУКОВ З.В.; ИЛЬИНОВ Я.А.
Донецкая академия транспорта, г. Донецк

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ С УЧЕТОМ ВЗАИМОВЛИЯНИЯ ПРОДОЛЬНЫХ И ПОПЕРЕЧНЫХ СИЛ В ПЯТНЕ КОНТАКТА КОЛЕС

Решена задача моделирование динамики легкового автомобиля с учетом взаимовлияния продольных и поперечных сил в пятне контакта колес. Рассмотрены вопросы зависимости относительного проскальзывания в продольном направлении и суммарного относительного проскальзывания, которое учитывает продольную и поперечную составляющие, а также влияние параметров управления на кинематические параметры неустановившихся режимов движения модели легкового автомобиля.
Ключевые слова: *математическая модель, легковой автомобиль, пятно контактна.*

Постановка задачи

Построить математическую модель легкового автомобиля, которая учитывает продольное проскальзывание колеса в пятне контакта с опорной поверхностью. Путем исследования математической модели рассмотреть влияния этого факта на кинематические параметры различных режимов движения легкового автомобиля.

Цель работы

Численная апробация математической модели легкового автомобиля, которая учитывает продольное проскальзывание колеса в пятне контакта с опорной поверхностью и оценка влияния этого факта на кинематические параметры неустановившихся режимов движения модели легкового автомобиля.

Основная часть

Рассмотрим плоскопараллельное движение автомобиля без учета перераспределения вертикальных реакций по осям и бортам. В пятне контакта колес с опорной поверхностью действуют продольные силы $\overline{X}_{i,j}$, $(i=1,2;\ j=1,2)$ (тормозные или тяговые), поперечные $\overline{Y}_{i,j}$, $(i=1,2;\ j=1,2)$ (силы увода) и пяточный момент $M_{i,j}$, $(i=1,2;\ j=1,2)$, который представляет главный момент системы элементарных сил отвода, которые действуют в пятне контакта.

Согласно модели E.Fiala определение взаимовлияния продольных и поперечных сил в пятне контакта реализуется через некоторый эффективный коэффициент трения скольжения, что является функцией полного относительного проскальзывания:

$$\mu_{11} = \mu_0 - x_1 \cdot (\mu_0 - \mu_1); \tag{1}$$

Продольная сила Xi:

$$X_i = \frac{a \cdot \left| Sx_i \right| \cdot Z_i}{\sqrt{1 + \left(\frac{Sx_i - b}{b} \right)^2}} \tag{2}$$

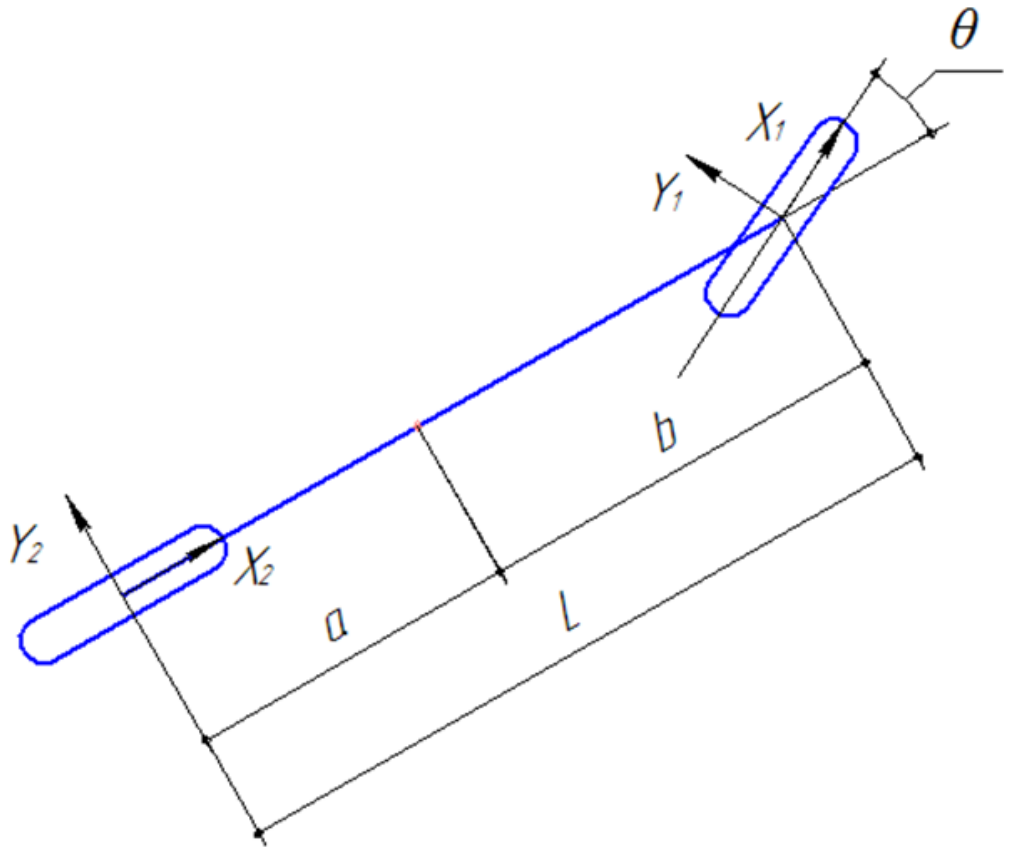


Рис. 1. Действие продольных и поперечных сил в пятне контакта колес с дорогой в “велосипедной” модели автомобиля

Относительное проскальзывание колеса в продольном направлении (за счет разности линейной скорости автомобиля и угловой колеса):

$$Sx_i = 1 - \frac{R \cdot \omega \cdot l}{v} \tag{3}$$

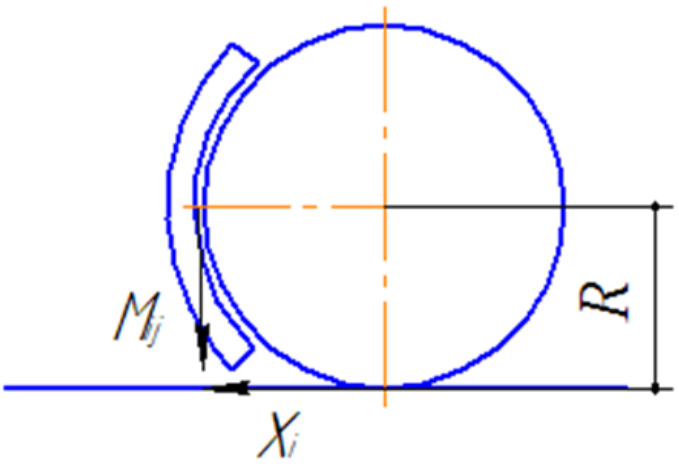


Рис. 2. Взаимодействие продольной силы X_i и тормозного момента M_{ij} в колесе

Коэффициент сцепления в продольном направлении:

$$\phi_i = \frac{a \cdot |Sx_i|}{\sqrt{1+\left(\frac{Sx_i - b}{b}\right)^2}} \tag{4}$$

При малом продольном проскальзывании продольные силы меняются по линейному закону, при проскальзывании большему зависимость имеет существенным образом нелинейный характер - имеет явным образом выраженный максимум и ниспадающий (рис. 3).

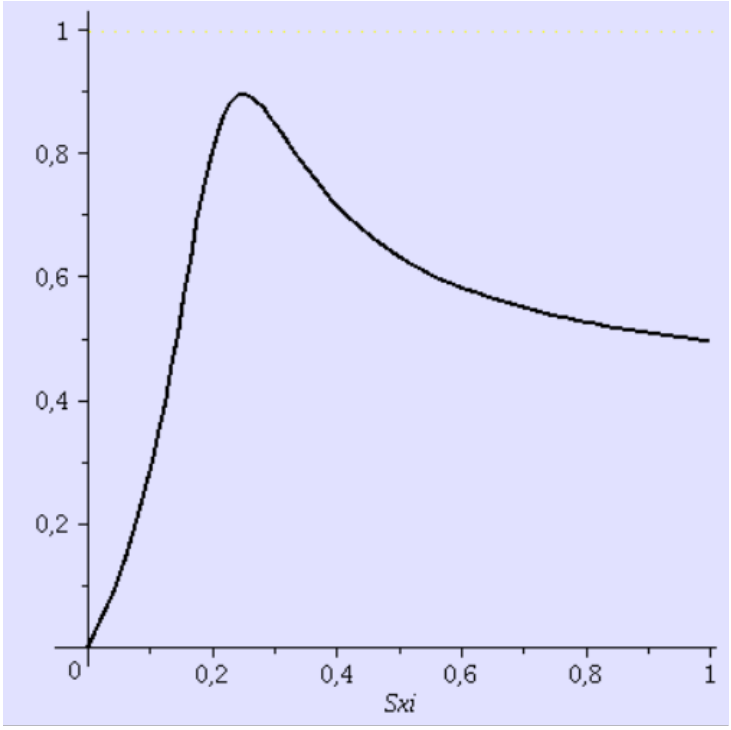


Рис. 3. Зависимость коэффициента сцепления как функции проскальзывания колеса в продольном направлении φ(Sx_i).

Определим основные показатели геометрических характеристик коэффициента сцепления как функции проскальзывания колеса в продольном направлении:

Продифференцируем выражение (4):

$$\phi_i' = \frac{a \cdot |Sx_i|}{\sqrt{1+\left(\frac{Sx_i - b}{b}\right)^2}} - \frac{a \cdot Sx_i \cdot (|Sx_i| - b)}{\sqrt[1.5]{1+\left(\frac{Sx_i - b}{b}\right)^2} \cdot b^2} \tag{5}$$

Откуда получим угол наклона линейной части графика зависимости φ(Sx_i):

$$k_{\phi i} = \frac{a}{\sqrt{2}} \tag{6}$$

Границы монотонного изменения функции лежат в диапазоне: 2b, -2b;

Определяем максимум функции:

$$\frac{2a \cdot b}{\sqrt{1+\left(\frac{2|b|-b}{b}\right)^2}} \tag{7}$$

Или

$$\phi_{мах} = ab\sqrt{2} \tag{8}$$

При проскальзывании колеса S_{xi}=1 коэффициент сцепления φ имеет значение:

$$\phi_i = \frac{a}{\sqrt{1+\left(\frac{1-b}{b}\right)^2}} \tag{9}$$

Поперечная сила (сила увода) взаимодействия колеса с опорной поверхностью в пятне контакта:

$$Y_i = \mu_{11} \cdot Z_i \cdot (1 - H_i^3) \cdot \operatorname{sgn} \delta_i \tag{10}$$

$$H_i = 1 - \frac{k_i |\delta_i|}{3 \cdot \mu_{11} \cdot Z_i} \tag{11}$$

Проскальзывание в поперечном направлении определяется как:

$$S_{yi} = \frac{v_{cyi}}{v_{ci}}; \tag{12}$$

Или в виде функции угла отвода:

$$S_{yi} = (1 - S_{xi}) \cdot \tan(\delta_i). \tag{13}$$

Сила увода является нелинейной функцией угла увода, «сменный» эффективный коэффициент трения скольжения μ_{ii} реализует взаимовлияние «конкурирующих» продольных и поперечных сил.

Дифференциальное уравнение плоскопараллельного движения велосипедной модели автомобиля по *v* (скорость в продольном направлении):

$$\dot{v} = \frac{1}{m}\left(m \cdot \omega \cdot u + X_1 \cos\theta + X_2 \cos\theta_2 - Y_1 \sin\theta - Y_2 \sin\theta_2\right) \tag{14}$$

Дифференциальное уравнение плоскопараллельного движения велосипедной модели автомобиля по *u*:

$$\dot{u} = \frac{1}{m}\left(-m \cdot \omega \cdot v + X_1 \sin\theta + X_2 \sin\theta_2 + Y_1 \cos\theta + Y_2 \cos\theta_2\right) \tag{15}$$

Дифференциальное уравнение плоскопараллельного движения велосипедной модели автомобиля по ω:

$$\dot{\omega} = \frac{1}{J}\left(a \cdot (X_1 \sin\theta + Y_1 \cos\theta) - b \cdot (X_2 \sin\theta_2 + Y_2 \cos\theta_2)\right) \quad (16)$$

Уравнение вращательного движения переднего и заднего соединенных колес:

$$\dot{\omega}_1 = \frac{-M_{11} + \dfrac{a \cdot |Sx_1| \cdot Z_1 \cdot R}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{Sx_1 - b}{b}\right)^2}}}{Jk} \quad (17)$$

$$\dot{\omega}_2 = \frac{-M_{22} + \dfrac{a \cdot |Sx_2| \cdot Z_2 \cdot R}{\sqrt{1 + \left(\dfrac{Sx_2 - b}{b}\right)^2}}}{Jk} \quad (18)$$

Дальше приводятся результаты численного моделирования динамики легкового автомобиля с учетом взаимовлияния продольных и поперечных сил в пятне контакта колес.

Физические параметры модели: g = 9.81 м/с^2; a = 2.3 м; b = 2.7 м; k_1 = 23000 Н/советов; k_2 = 15000 Н/советов; m = 1317 кг; J = 0.4·m·a·b; mk = 15 кг; Jk = 1+0.5mkr^2; R = 0.287 г.

Изменение продольной скорости центра масс автомобиля при начальных управляющих параметрах: θ_2 = 0 рад; θ = 3·0.0175 рад; v_0=20 м/с;

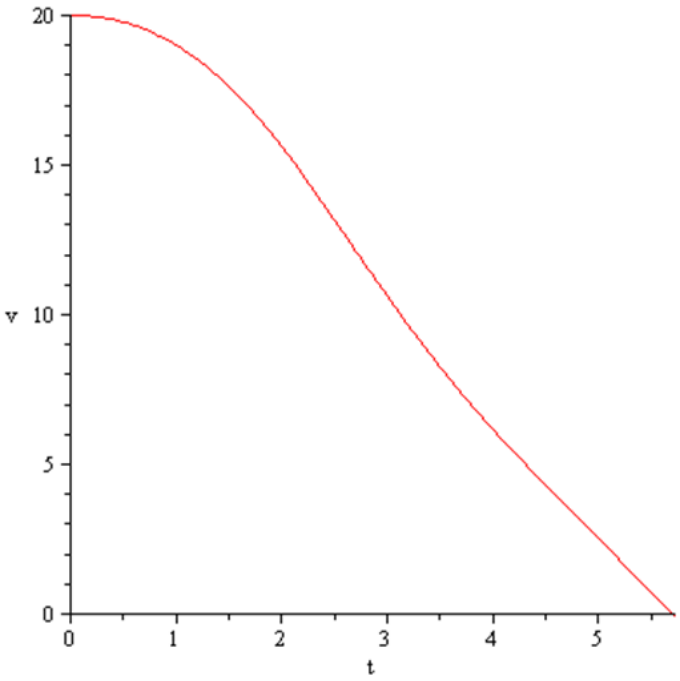


Рис. 4. Зависимость *v(t)* при фиксированном угле поворота управляемых колес θ = 3° и начальной скорости автомобиля v_0 = 20 м/с

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

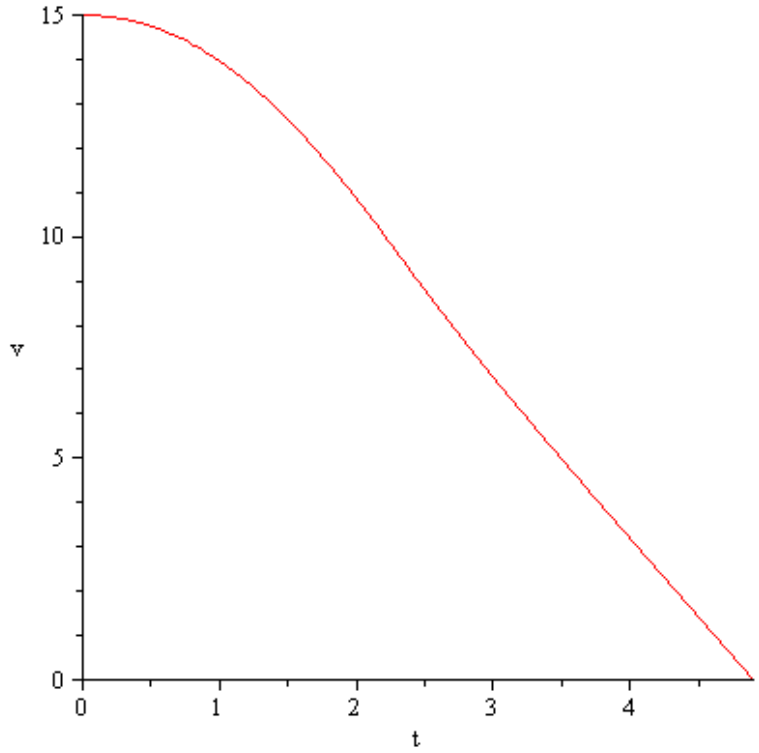


Рис. 5. Зависимость *v(t)* при фиксированном угле поворота управляемых колес θ = 5° и начальной скорости автомобиля v_0 = 15 м/с

Изменение поперечной скорости центра масс автомобиля

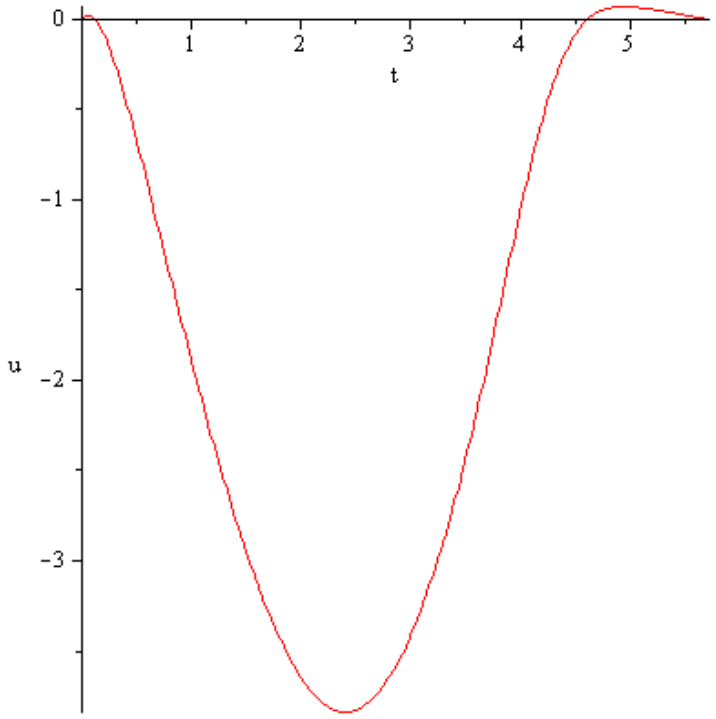


Рис. 6. Зависимость *u(t)* при фиксированном угле поворота управляемых колес θ = 3° и начальной скорости автомобиля v_0 = 20 м/с

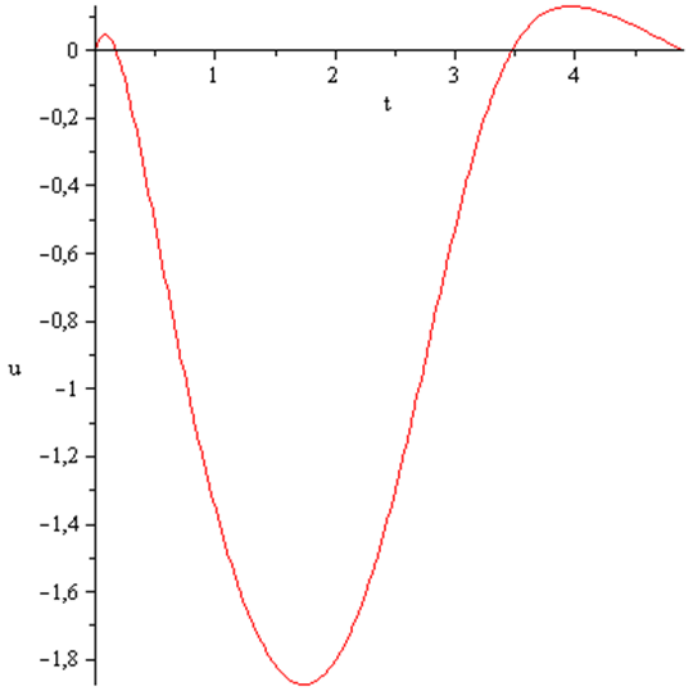


Рис. 7. Зависимость *u(t)* при фиксированном угле поворота управляемых колес θ = 5° и начальной скорости автомобиля v_0 = 15 м/с

Зависимость относительного проскальзывания в продольном направлении и суммарного относительного проскальзывания, которое учитывает продольную и поперечную составляющие, приведенная ниже:

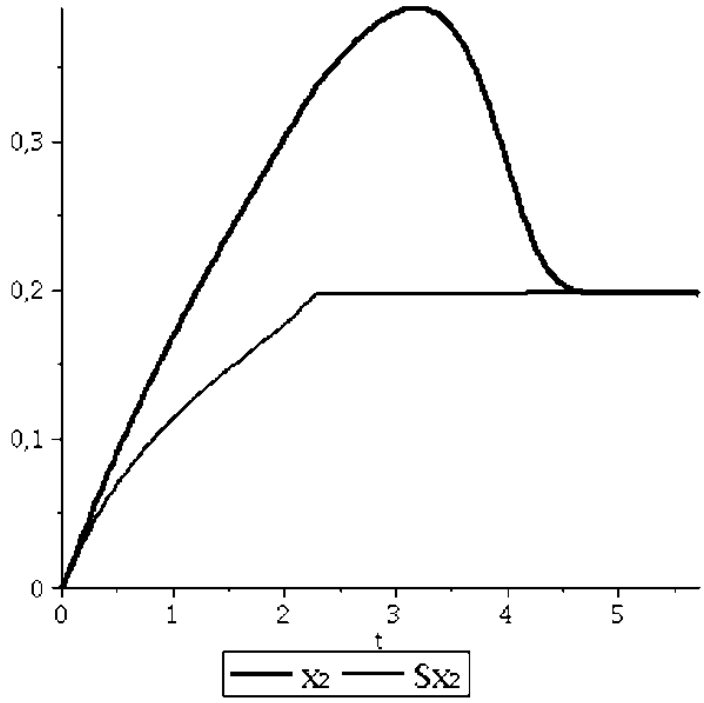


Рис. 8. Зависимость $x_2(t)$, $Sx_2(t)$ при фиксированном угле поворота управляемых колес θ = 3° и начальной скорости автомобиля v_0 = 20 м/с

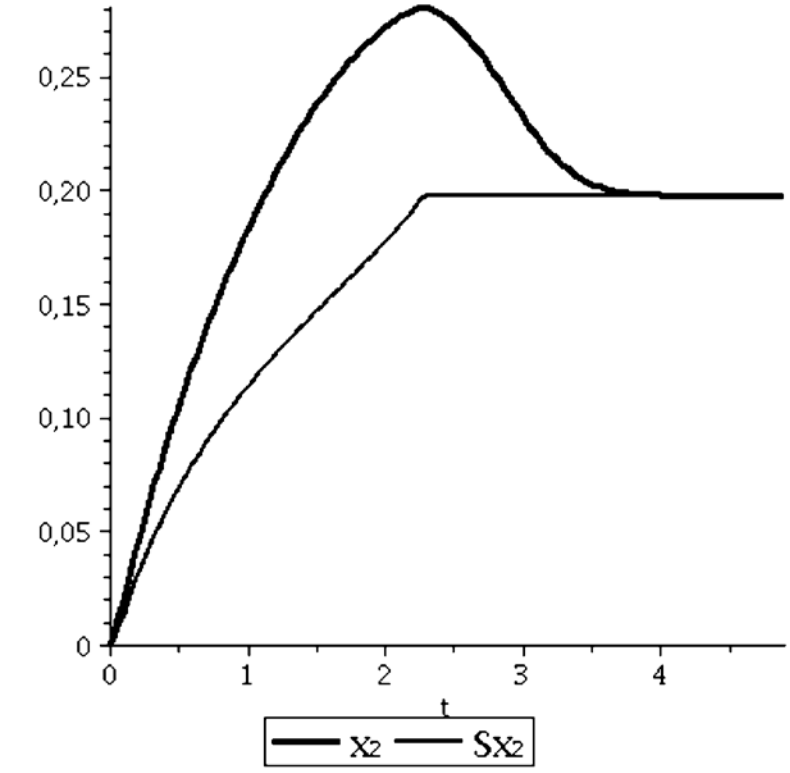


Рис. 9. Зависимость $x_2(t)$, $Sx_2(t)$ при фиксированном углу поворота управляемых колес $\theta = 5°$ и начальной скорости автомобиля $v_0 = 15$ м/с

Анализируя графики 8, 9, следует отметить существенное взаимовлияние продольных и поперечных сил в пятне контакта колес за счет эффективного коэффициента трения скольжения μ_{ii}.

Выводы

Использование экспериментальных зависимостей тормозного момента как функции времени, а также коэффициента сцепления в продольном направлении, как функции относительного проскальзывания в продольном направлении позволит в дальнейшем получить более адекватную математическую модель неустановившихся режимов движения автомобиля. Данная модель будет учитывать взаимовлияние продольных и поперечных сил в пятне контакта колес, а также перераспределение вертикальных сил по осям и бортам автомобиля.

Список литературы

1 Арнольд В.И. Теория катастроф. – 3-е изд., доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – С. 128

2 Волохов А.С., Вербицкий В.Г., Макаров В.А. Построение математической модели легкового автомобиля с учетом взаимовлияния продольных и поперечных сил в пятне контакта колес. – Донецк: Вестник ДИАТ, 2007, №4. с. 38-43.

3 Волохов А.С. Моделирование динамики легкового автомобиля с учетом взаимовлияния продольных и поперечных сил в пятне контакта колес. Вісник східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля №7(125) 2008. – С.176-179.

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

5 Певзнер Я.М. Теория устойчивости автомобиля. – М.: Машгиз, 1947. – 156с.

6 V.G. Verbitskii, V.A. Makarov, V.P. Sakhno, “Influence of the asymmetry of cornering forces

on the static stability of two-axle vehicle," International Applied Mechanics, 40, No.11, 1304-1309 (2004).

7 Fiala, E. Seitenkrafte am rollenden Luftreifen. VDI – Zeitschrift 96, 973, 1954.

Мойся Д.Л., Куплінов А.В., Маркелов Р.І., Гуков З.В., Ільїнов Я.А. Моделювання динаміки легкового автомобіля з урахуванням взаємовпливу поздовжніх і поперечних сил в зоні контакту коліс

Анотація. *Розв'язана задача моделювання динаміки легкового автомобіля з урахуванням взаємовпливу поздовжніх і поперечних сил в зоні контакту коліс. Розглянуто питання залежності відносного прослизання в поздовжньому напрямку і сумарного відносного проковзування, яке враховує поздовжню і поперечну складові, а також вплив параметрів управління на кінематичні параметри невстановлених режимів руху моделі легкового автомобіля.*

Ключові слова: *математична модель, легковий автомобіль, пляма контакта.*

Moisya D.L., Kuplinov A.V., Markelov R.I., Gukov Z.V., Ilyinov Ya.A. Modeling the dynamics of a passenger car taking into account the interaction of longitudinal and longitudinal forces in the wheel contact spot

Abstract. *The problem of modeling the dynamics of a passenger car, taking into account the mutual influence of longitudinal and transverse forces in the contact patch of the wheels, has been solved. The questions of the dependence of the relative slip in the longitudinal direction and the total relative slip, which takes into account the longitudinal and transverse components, as well as the influence of control parameters on the kinematic parameters of unsteady modes of movement of a car model are considered.*

Keywords: *mathematical model, passenger car, contact spot.*

.

УДК 669.15-194

МОЙСЯ Д.Л., к.т.н.; КУПЛИНОВ А.В., ст.пр.; СОНИНА С.Д.; ЕРШОВА К.А.
Донецкая академия транспорта, г. Донецк

ВЛИЯНИЕ ЗНАКОПЕРЕМЕННЫХ СИЛОВЫХ ПОЛЕЙ НА СТРУКТУРУ ВЫСОКОМАРГАНЦЕВОЙ СТАЛИ Г13Л

Приведены результаты исследования влияния знакопеременных силовых полей, создаваемых в сварочной ванне при взаимодействии тока дуги и внешнего магнитного поля в диапазоне частот $f = (1 \div 20)$ *Гц и магнитной индукции* $B = (2 \div 20)$ *mT при наплавке образцов из высокомарганцевой стали Г13Л.*

Показано влияние на макро-микроструктуру наплавленного металла частоты индукции вида тока и отрицательной температуры (-15^{0}С). выявлены оптимальные режимы частоты и индукции магнитного поля.

Ключевые слова: *структура металла, срок службы, наплавка, износ, сварочный шов.*

Постановка задачи

Известно, что в ряде отраслей промышленности используются детали из высокомарганцевой стали Г13Л (зубья ковшей и трапов гусениц карьерных экскаваторов, железнодорожные крестовины стрелочных переводов и др.). Одним из путей продления срока службы этих деталей является наплавка и зношенных поверхностей.

Цель работы

Исследовать влияние знакопеременных силовых полей, создаваемых в сварочной ванне при взаимодействии тока дуги и внешнего магнитного поля.

Основная часть

Исследованиями установлено, что структура наплавленного металла характеризуется физически неоднородным столбчатым строением с наличием разного рода внутренних дефектов, что приводит к пониженной сопротивляемости, стали ударным воздействиям и повторным циклическим нагружениям.

Очевидно, физически однородная мелкозернистая структура обеспечивает более высокие значения технологической прочности металла, сопротивляемости отрыву и отколу, степени упрочнения при пластической деформации и высокую трещиноустойчивость.

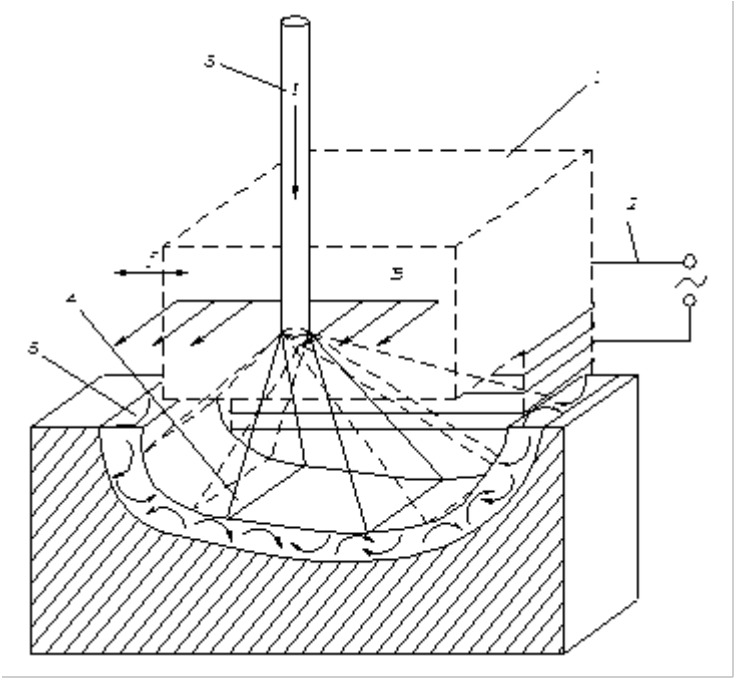
В данной работе приведены результаты исследований влияния знакопеременного силового поля, создаваемого в сварочной ванне при взаимодействии тока дуги и внешнего магнитного поля, на структуру наплавленного металла для деталей из марганцевой стали Г13Л.

Для создания знакопеременного силового поля в металле сварочного шва могут быть применены устройства с продольным или поперечным магнитным полем [1].

Схема использованного устройства с поперечным магнитным полем показана на рис. 1.

Магнитопровод 1 с катушкой возбуждения 2 расположены так, что магнитные силовые линии направлены перпендикулярно току дуги и сварочной ванне. За счет взаимодействия тока дуги I_c с наложением магнитного поля с индукцией $\overline{B}$ в сварочной дуге возникают электромагнитные силы $\overline{f} = \overline{j} \times \overline{B}$ (где j - плотность тока). При питании катушки

возбуждения переменным током эти силы носят знакопеременный характер и приводят к колебаниям дуги вдоль сварочной ванны.



1 – магнитопровод; 2 – катушка возбуждения; 3 – сварочный электрод; 4 – электрическая дуга; 5 – сварочная ванна

Рис. 1. Схема сварки в магнитном поле

Кроме того, вследствие неоднородности магнитного поля и плотности тока в сварочной ванне возникают знакопеременные силы вихревого характера, которые приводят к перемешиванию расплава.

Свойство сварочной дуги отклоняться в магнитном поле и возникновение в жидком металле сварочной ванны вихревых знакопеременных сил позволяют значительно улучшить структуру металла, приводят к ослаблению перегрева околошовной зоны, что, по-видимому приведет к повышению сопротивляемости к образованию трещин и хрупких разрушений.

Наплавку производили на литые термообработанные образцы размерами 30х30х30 мм вручную электродами марки ЦНИИН-4 при напряжении дуги $U = 23 - 28$ В как на постоянном ($I_{св} = 115 - 120$ А), так и на переменном токе ($I_{св} = 125 - 135$ А), т. е. как по обычной технологии, а также при наличии знакопеременного силового поля в диапазоне частот $f = (1 \div 20)$ Гц и магнитной индукции $B = (2 \div 20)$ mT.

Поскольку детали из стали Г13Л в условиях промышленной эксплуатации работают при постоянном наклепе, то наплавляемые образцы предварительно подвергались наклепу в наличии 10-15 с на 1 см^2.

Исследованиями установлено, что наложение знакопеременного силового поля на сварочную ванну приводит к измельчению дендритной структуры металла. Если для образцов, наплавленных по обычной технологии, структура носит крупнозернистый характер (рис. 2), то при наличии знакопеременного силового поля происходят некоторые подавления дендритной структуры.

Однако влияние частоты и индукции магнитного поля на подавление дендритов неодинаково. Если увеличение частот от 1 Гц до 10 Гц при постоянной магнитной индукции B=2 mT привело к измельчению $\approx 50\%$ дендритов, то увеличение магнитной индукции от B=2 mT до B=10 mT при постоянной частоте $f = 10$ Гц привело к измельчению 60 % дендритов. При этом наиболее эффективное подавление дендритной структуры (> 80%) наблюдалось при частоте $f = 8 - 10$ Гц и магнитной индукции B=20 mT.

Также установлено, что область сплавления характеризуется наличием переходной зоны небольшой толщины, имеющей структуру ледебуритного типа. Толщина этого слоя и характер его структуры от режима сварки практически не изменяется.

Величину зерна аустенита определяли по ГОСТ 5639-82 визуальным сравнением видимых под микроскопом зерен с эталонным изображением шкал. Величину зерна определяли в основном металле (точки 1, рис.2), в зоне сплавления (точки 2, 3, рис.2) и в наплавленном металле (точки 4-6, рис.2).

Установлено, что основной металл имеет величину зерна в пределах №№ 2-4. Со стороны ненаклепанного металла к переходной зоне (рис. 2, точка 2), как правило, указанные значения величины зерна сохраняются.

Влияние наклепа проявляется в наличии линий скольжения в аустенитных зернах. При этом интенсивность линий скольжения в образцах различна, что, по-видимому, связано с различной степенью наклепа образцов.

Исследовали также влияние рода тока (постоянный, переменный) на макроструктуру металла. Установлено, что при равных условиях наплавки в случае постоянного тока подавляемы 50% дендритов, в случае переменного тока подавляемы 80 % дендритов.

При этом дендритная структура преимущественно имеет место в зоне сплавления, т. е. характерна для начальной стадии кристаллизации первого наплавленного слоя во всех образцах, наплавленных на постоянном токе.

В образцах, наплавленных на переменном токе, дендритная структура в зоне сплавления выражена гораздо слабее.

При этом разориентированность дендритов в этой зоне составляет 5-10 %, в то время как по мере удаления

Исследования образцов стали показали, что структура металла образцов, наплавленных в обычных условиях, носит крупнозернистый дендритный характер, что объясняется большой склонностью стали Г13Л к образованию крупнозернистой структуры при кристаллизации из-за пониженной теплопроводности этой стали.

Наложение знакопеременного силового поля приводит к определенному подавлению дендритной структуры наплавленного металла. При этом наиболее сильное подавление дендритной структуры наблюдается у образцов, наплавленных при частоте $f = 10$ Гц и магнитной индукции $B = 20$ mT. У ряда образцов у зоны сплавления имеет место аустенитная вытянутая структура, затем маловыраженная разориентированная дендритная структура и участки мелкозернистой структуры.

Исследовали также влияние условий наплавки, в частности, отрицательной температуры (-15^0C). В этом случае подавление дендритной структуры происходит менее интенсивно, чем при наплавке в условиях положительной температуры. Это явление, по-видимому, можно объяснить более быстрым охлаждением сварочной ванны. Поэтому для получения физически однородной структуры с учетом устойчивого горения дуги следует использовать более высокие значения магнитной индукции.

Определенное влияние на структуру наплавленного металла оказывает и вид тока.

Установлено, что при одних и тех же режимах частоты и индукции у образцов, наплавленном на постоянном токе, подавление дендритной структуры в 1,5-2 раза меньше, чем у образцов, наплавленных на переменном токе.

Изучение микроструктуры металла выполнено в точках образца в соответствии со схемой, показанной на рис. 2.

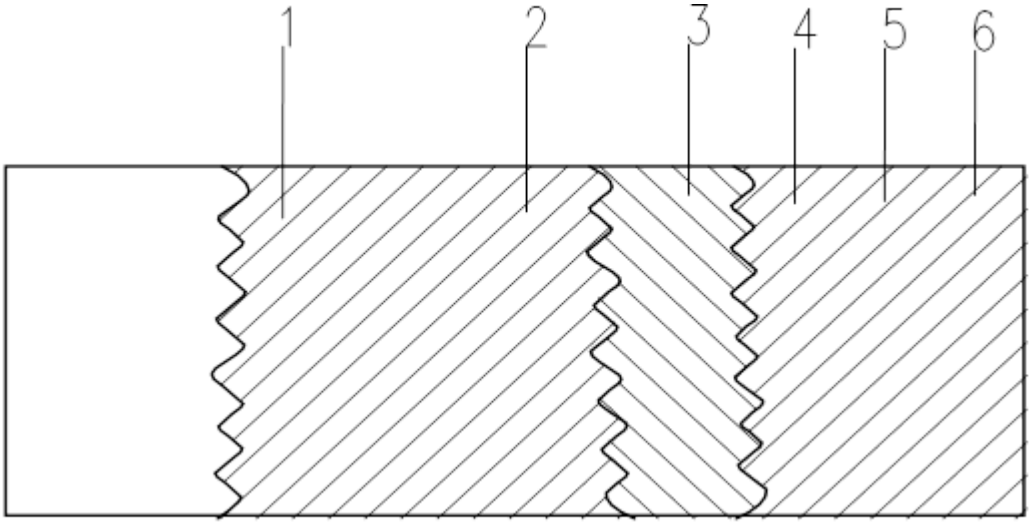


Рис. 2. Схема вырезки образцов

Исследованиями установлено, что основной металл (точка 1) имеет аустенитную структуру с величиной зерна в пределах № 1-4. В зоне термического влияния (точки 2-4) зерно очень крупное – здесь оно достигает №1-2.

В наплавленном слое (точки 5,6) величина зерна составляет, в основном, № 6,7, в отдельных образцах № 7,8.

Исследовали также микротвердость металла в трех точках образцов основного металла (точки 1, 2), зоны сплавления (точка 3) и наплавленном металле (точки 4-6).

Установлено, что если в переходной зоне микротвердость металла обычного образца составляет 0,37 от микротвердости основного металла.

Для наплавленного металла эти показатели соответственно равнялись $0{,}27 \div 0{,}85$ для обычного образца и $0{,}64 \div 1$ для опытного образца. Положительной особенностью опытного образца является повышение микротвердости в зоне сплавления и выравнивание этого показателя по всей исследуемой области.

Таким образом, наложение на сварочную ванну знакопеременного силового поля приводит к образованию более физически однородной структуры металла, характеризуется раздробленной макроструктурой и небольшой величиной зерна.

Позднее работами сотрудников ДонИЖТа и службы пути Донецкой железной дороги было показано, что применение этой технологии позволяет увеличить эксплуатационную способность деталей из сталей Г13Л, восстанавливаемых наплавкой.

Выводы

Выполненными исследованиями установлена принципиальная возможность улучшения качества изделий из высокомарганцевой стали Г13Л, восстанавливаемую наплавкой.

Определены оптимальные режимы частот и магнитной индукции, при которых достигается наибольшее подавление дендритной структуры и измельчение зерна

наплавленного металла.

Необходимо продолжить исследования в направлениях совершенствования установки и технологии наплавки в условиях знакопеременного силового поля.

Список литературы

1. Черныш В.П. Сварка с электромагнитным перемешиванием. – К.: Техніка, 1992. – 214с.

Мойся Д.Л., Куплінов А.В., Соніна С.Д ., Єршова К.А. Вплив знакозмінних силових полів на структуру високомарганцевої сталі Г13Л

Анотація. *Наведено результати дослідження впливу знакоперемінних силових полів, створюваних у зварювальній ванні при взаємодії струму дуги і зовнішнього магнітного поля в діапазоні частот* $f = (1 \div 20)$ *Гц і магнітної індукції* $B = (2 \div 20)$ *mT при наплавці зразків з високомарганцевої сталі Г13Л.*

Показано вплив на макро-мікроструктуру наплавленого металу частоти індукції виду струму і негативної температури (-15^{0}C). Знайдені оптимальні режими частоти й індукції магнітного поля.

Ключові слова: *структура металу, термін служби, наплавка, знос, зварювальний шов.*

Moisya D.L., Kuplinov A.V., Sonina S.D., Ershova K.A. Influence of characteristic force fields on the structure of high manganese steel G13L

Abstract. *The results of research of influencing of the alternative power fields created in welding bath at co-operation of current of arc and external magnetic field in the range of frequencies of f=(1/20) Hertzs and magnetic induction of V= (2/20) mT at evaporation of standards from the high-manganese steel G13L are presented.*

The influencing on makro-microstructure of evaporated metal of frequency of induction of type of current and negative temperature (-150C) is shown. The optimum modes of frequency and induction of the magnetic field are exposed.

Keywords: *metal structure, service life, surfacing, wear, weld.*

УДК 629.424.1

ПРИЛЕПСКИЙ Ю.В., к.т.н., доцент; ТКАЧЕВ С.А., магистрант
Донецкая академия транспорта, г. Донецк

ОБКАТОЧНЫЙ СТЕНД С СИСТЕМОЙ ВИБРОДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

В статье рассмотрена возможность создания специализированного обкаточного стенда, оснащенного системой вибродиагностики автомобильных двигателей внутреннего сгорания с учетом специфических требований, предъявляемых к оборудованию подобного класса. Проанализированы конструкции существующих стендов для холодной и горячей обкатки двигателей внутреннего сгорания, представлены их достоинства и недостатки. Выбраны материалы для каркаса стенда с повышенной демпфирующей способностью, осуществлен расчет усилий в стенде, разработан эскизный проект, выбрано и опробовано на ДВС основное вибродиагностическое оборудование.

Ключевые слова: *двигатель внутреннего сгорания, диагностика, стенд обкаточный, обкатка холодная, обкатка горячая, рама опорная, датчики вибрационные, осциллограммы вибросигнала.*

Постановка задачи

Комплексная диагностика автотранспортных средств – залог качественного планирования и проведения обслуживания и ремонтов с наименьшими затратами [1]. Современные автомобили оснащены бортовыми системами диагностики, которые регистрирует основные технологические параметры и их изменения в процессе эксплуатации. Бортовые средства диагностики дополняются стационарным диагностическим оборудованием автотранспортных предприятий и станций технического обслуживания. Одним из самых сложных агрегатов автомобиля является двигатель внутреннего сгорания. Вместе с тем, многие процессы, происходящие в двигателях внутреннего сгорания, остаются не контролируемыми средствами бортовой диагностики и могут быть исследованы на сложных диагностических комплексах в условиях АТП и СТО. В частности, это касается процессов сгорания топлива и формирования рабочего тела в цилиндрах двигателя.

Существующие конструкции стендов для холодной и горячей обкатки двигателей внутреннего сгорания проблематично использовать для вибродиагностики, поскольку стальной каркас предопределяет устойчивый резонанс упругих колебаний в элементах каркаса, а на стендах с жестким бетонным основанием создает наводки (шумы) от работающего технологического оборудования. Все это в значительной мере искажает показания вибродатчика и снижает точность результатов анализа.

В настоящее время коллективом кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» Донецкой академии транспорта создается стенд, специализированный под вибрационную диагностику автомобильных двигателей внутреннего сгорания [2].

Цель работы

Основная цель создания стенда – детальное изучение физической природы возникновения упругих колебаний в цилиндрах двигателя при формировании рабочего тела и реализации энергии в такте расширения, а также изучения влияния различных факторов на параметры вибросигнала.

Основная часть

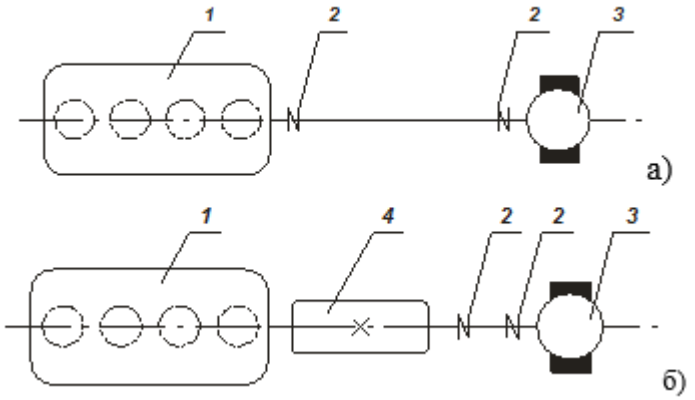
При выборе компоновки стенда для вибродиагностики исходили из следующих предпосылок:

- стенд должен обеспечивать холодную и горячую обкатку автомобильных двигателей, прошедших капитальный ремонт;
- горячую и холодную обкатку должны проходить разные типы автомобильных двигателей;
- двигатель внутреннего сгорания должен крепиться на станине, изготовленной из материала, обладающего повышенными демпфирующими свойствами в частотном диапазоне упругих колебаний 2000 … 8000 Гц. Повышенная демпфирующая способность необходима для устранения посторонних упругих колебаний;
- конструкция стенда должна обеспечивать быструю переналадку на определённый тип автомобильного двигателя.

При выборе материала станины было определено, что с точки зрения демпфирующей способности в диапазоне частот 2000 … 8000 Гц и механических характеристик наиболее приемлемой оказалась древесина. Вместе с тем, древесина пожароопасным материалам. Для снижения пожароопасности древесину предполагается обрабатывать специальными растворами, предотвращающими возгорание.

Для предотвращения непосредственного упругого контакта с напольным покрытием помещения, опорная часть станины стенда должна иметь демпфирующую прослойку.

Два варианта кинематической схемы привода стенда приведены на рис. 1.



1 – двигатель внутреннего сгорания; 2 – муфты карданные (либо с эластичными вставками); 3 – генератор (двигатель) электрический; 4 – коробка переменных передач а) схема с непосредственной передачи крутящего момента от ДВС к электрическому генератору (двигателю); б) схема передачи крутящего момента через коробку переменных передач

Рис. 1. Кинематические схемы привода, реализуемые на стенде

Как следует из приведенного рисунка, стенд должен обеспечивать обкатку и вибродиагностику двигателей внутреннего сгорания с передачей крутящего момента от выпуска коленчатого вала непосредственно на вал электрического генератора (двигателя) и иметь возможность передачи крутящего момента через штатную коробку переменных

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

передач. Последний вариант позволяет оценить с помощью вибродиагностики качество работы передач зацеплением в коробке переменных передач.

За прототип проектируемого стенда взят стенд холодной и горячей обкатки КС-276-032, позиционируемый как универсальный стенд для обкатки всех типов двигателей внутреннего сгорания - ДВС (дизельных, бензиновых) легковых и грузовых автомобилей, автобусов, тракторов, специальной и строительной техники.

Стенд позволяет выполнять приработку и испытание ДВС различных марок грузовых и легковых автомобилей, автобусов, тракторов:

- в холодном режиме;
- в горячем без нагрузки;
- в горячем под нагрузкой.

Для проектируемого стенда полностью подходят технические параметры, состав и компоновка технологического оборудования. Вместе с тем, наличие стальной каркасной рамы может вызывать резонанс упругих колебаний на повышенных частотах, что вызовет искажения и «шум» при виброанализе ДВС.

Определение энергосиловых параметров стенда осуществляли на основании принятых методик холодной и горячей обкатки. Рекомендуемые режимы холодной обкатки ДВС приведены в табл. 1.

Таблица 1

Типовые режимы холодной обкатки ДВС

Продолжительность обкатки (мин)	Частота вращения коленчатого вала	
	мин$^{-1}$	с$^{-1}$
2	600	10
2	800	13,3
3	1000	16,7
5	1200	20
5	1400	23,3

Для горячей обкатки двигателей внутреннего сгорания, как правило, используются режимы без нагрузки и под нагрузкой. Пример режимов горячей обкатки представлен в табл. 2.

Таблица 2

Пример режимов горячей обкатки ДВС

Продолжительность обкатки двигателя (мин)	Частота вращения коленчатого вала			Нагрузка, Н*м
	в % от номинальных	мин$^{-1}$	с$^{-1}$	
30	48-57	2688-3192	44,8-53,2	0
30	57 -67	3192-3752	53,2-62,5	16
30	67 -75	3752-4200	62,5-70	33
30	75-90	4200-5040	70-84	50
30	90-95	5040-5320	84-88,7	65
30	95 - 100	5320-5600	88,7-93,3	80

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

Основным силовым показателем, определяющим дополнительную нагрузку на раму стенда в процессе обкатки, является крутящий момент между ДВС и электрической машиной. В процессе холодной обкатки этот момент будет определяться, в основном, моментом сопротивления кручению коленчатого вала при неработающем ДВС:

$$M_c = 390 \cdot V_h \left(\varepsilon + 6\sqrt{\delta_h} + k_m \left(1 + \frac{\delta_h^2}{8} \right) \sqrt{2\pi \cdot \nu \cdot n_{np}} \right), \quad (1)$$

где V_h - рабочий объем цилиндров ДВС. м^3;

ε - степень сжатия;

δ_h - коэффициент неравномерности вращения коленчатого вала;

$k_м$ - коэффициент, равный 3,8 для бензиновых двигателей и 2,8 для дизельных;

ν - кинематическая вязкость масла двигателя в начале обкатки, $С_т$;

$n_{пр}$ - средняя частота вращения коленчатого вала в режиме установившегося прокручивания, с$^{-1}$.

Коэффициент неравномерности вращения коленчатого вала в режиме установившегося прокручивания принимаем равным: δ_h = 1,3.

Для определения кинематической вязкости моторного масла использовали графическую зависимость, представленную на рис. 2.

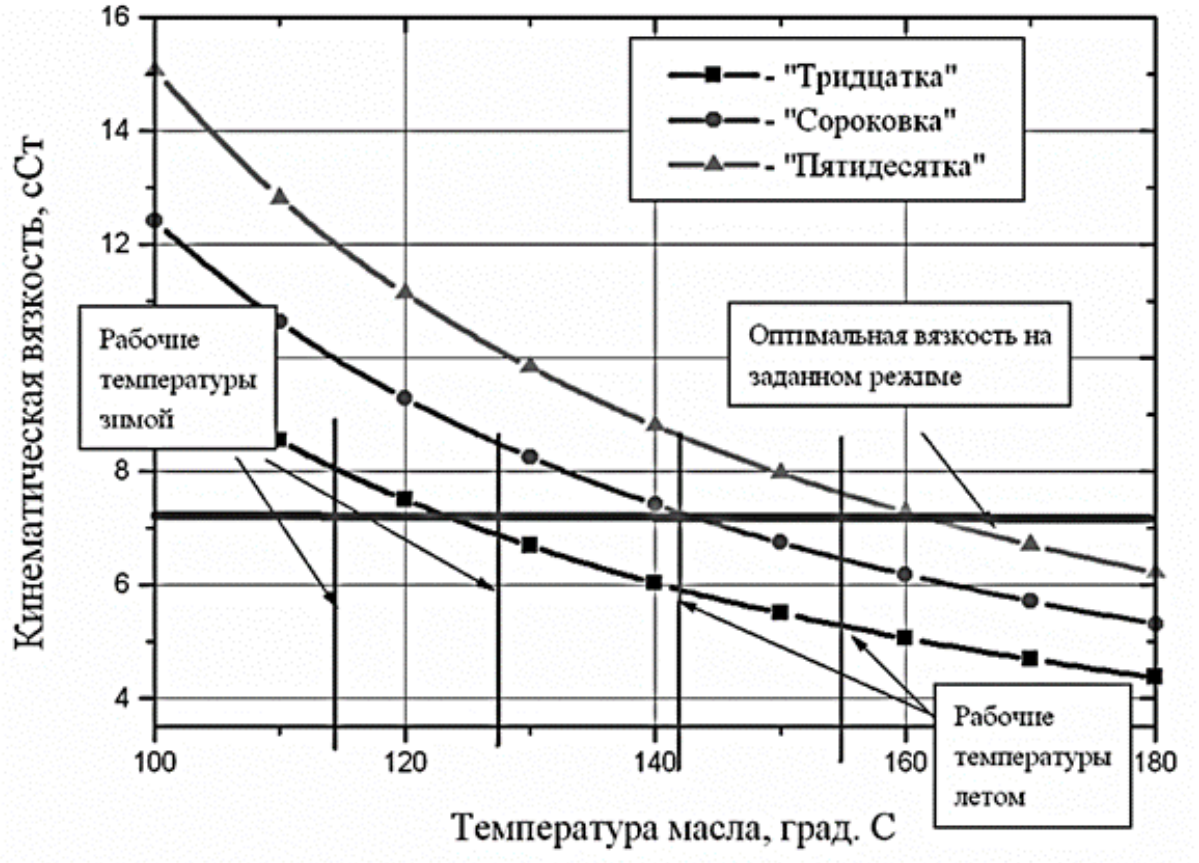


Рис. 2. Зависимость кинематической вязкости моторного масла от температуры

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

При определении вязкости моторного масла исходили из того, что холодная обкатка ДВС осуществляется в производственном помещении, где температура не опускается ниже +10 ^{0}С. Для расчетов использовали моторное масло 10W40 (на графике – «сороковка», см. рис. 2).

С помощью редактора «Excel» перестроили представленную зависимость в виде отдельного графика (см. рис. 3), определили линию тренда и полиномиальную зависимость вязкости моторного масла от температуры.

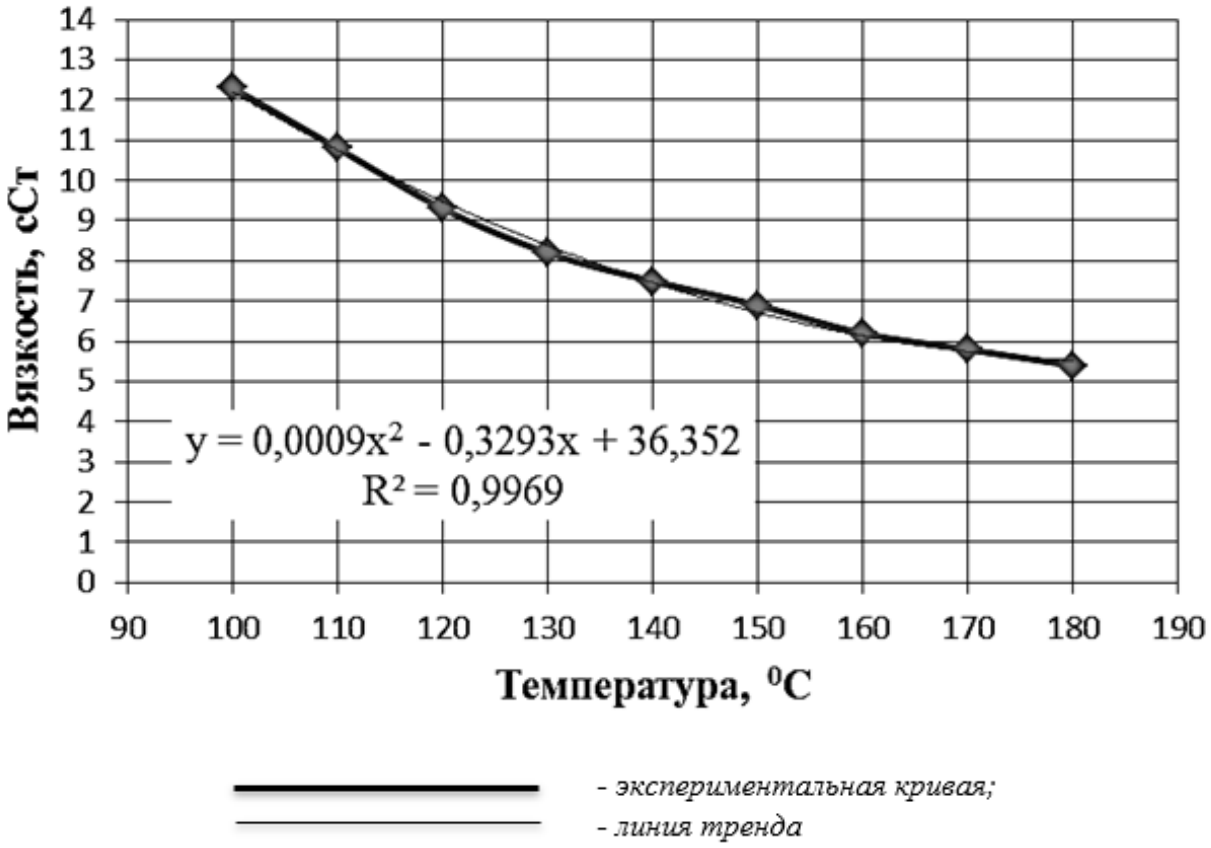


Рис. 3. Зависимость вязкости моторного масла 10W40 от температуры

С помощью полученной полиномиальной зависимости методом экстраполяции определили, что при температуре окружающей среды +10 ^{0}С, вязкость моторного масла 10W40 составляет ν = 33,959 сСт ≈ 0,34 Ст.

Используя скоростные режимы холодной обкатки по формуле 1 определили крутящий момент, передаваемый от электрического двигателя стенда на коленчатый вал испытуемого двигателя внутреннего сгорания.

Необходимую мощность для обеспечения крутящего момента на показанных частотах коленчатого вала определяли по формуле:

$$P = 2 \cdot \pi \cdot n \cdot T \text{ , Вт,} \qquad (2)$$

где n – частота вращения коленчатого вала ДВС;

Т – крутящий момент, подводимый к коленчатому валу ДВС, Н*м.

Величины крутящего момента и мощности при различных частотах холодной обкатки ДВС:

частота вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$	600	800	1000	1200	1400
крутящий момент, Н*м	18,71	20,38	21,85	23,17	24,4
мощность, кВт	1,18	1,71	2,29	2,91	3,58

Определение силовых и энергетических параметров при горячей обкатке осуществляли на основании данных табл. 2. Мощность нагрузочного (тормозного) момента рассчитывали по формуле 2. Результаты расчетов энергетических параметров привода стенда при горячей обкатке ДВС приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты расчетов энергетических параметров привода стенда при горячей обкатке ДВС

Частота вращения коленчатого вала, с$^{-1}$	Тормозной (нагрузочный) момент, Н*м	Мощность	
		Вт	кВт
53,2	0	0	0
62,5	16	6283	6,28
70	33	14514	14,51
84	50	26389	26,39
88,7	65	36226	36,23
93,3	80	46898	46,9

В качестве электрической нагрузочной машины для стенда выбираем двигатель (генератор) постоянного тока. Выбор машины постоянного тока вызван следующими причинами: электрические машины постоянного тока не имеют самоограничения по току ввиду отсутствия индуктивного сопротивления и могут кратковременно выдерживать значительные токовые перегрузки, что важно для реализации высокодинамичных переходов на различные режимы; легкость реализации фазоимпульсного и широтно-импульсного управления; относительно малые по сравнению с машинами переменного тока энергетические потери. На основании проведенного анализа выбор остановили на электрическом двигателе постоянного тока 4ПФ180М. Характеристики выбранной электрической машины приведены в табл. 4.

Габаритные размеры и масса выбранной электрической машины приведены в таблице 5 и на рис. 4.

Таблица 4

Технические характеристики электрического двигателя постоянного тока 4ПФ180М

Наименование параметра	Един. изм.	Значение параметра
Мощность	кВт	60
Напряжение питания	В	440
Номинальная частота вращения якоря	мин$^{-1}$	4000
Тип возбуждения	—	независимое

Эскиз опорной рамы для проектируемого стенда приведен на рис. 5.

На основании предложенной конструкции рамы стенда была разработана схема силового воздействия от масс испытуемого двигателя внутреннего сгорания, электрической машины и от крутящего момента между ДВС и электрической машиной. Схема силового воздействия в вертикальной плоскости представлена на рис. 6, а. На рис. 6, б представлена расчетная схема силовых воздействий в горизонтальной плоскости рамы стенда.

Таблица 5

Габаритные размеры и масса электрического двигателя постоянного тока 4ПФ180М

Размеры, мм																			Масса, кг
l_{10}	l_{20}	l_{30}	l_{31}	l_{38}	b_1	b_{10}	b_{30}	b_{31}	d_1	d_{10}	d_{20}	d_{22}	d_{25}	h	h_1	h_5	h_{10}	h_{31}	
450	5	1340	121	745	10	279	420	235	55	15	300	19	230	180	10	59	15	495	359

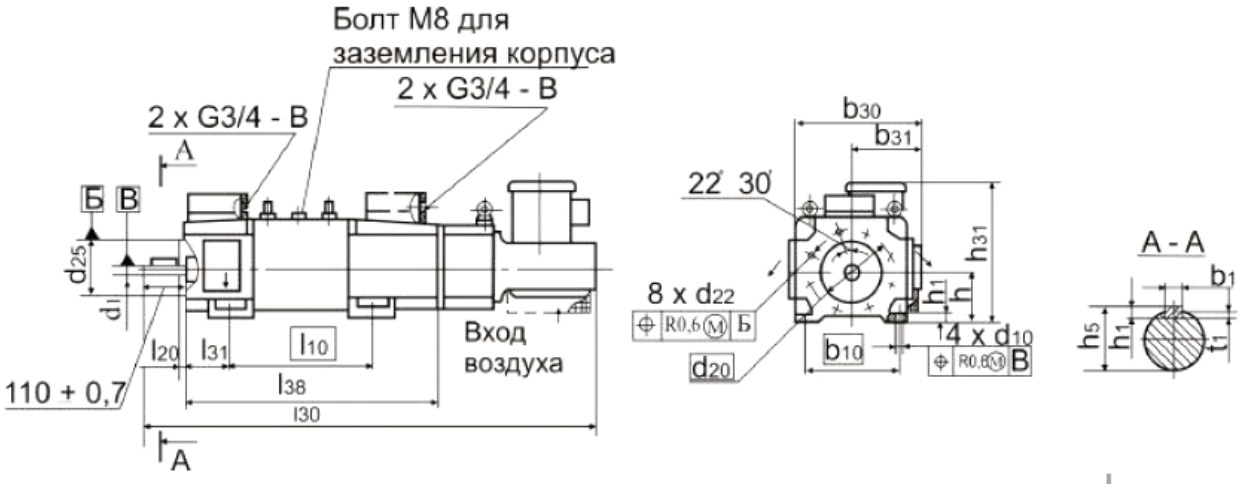
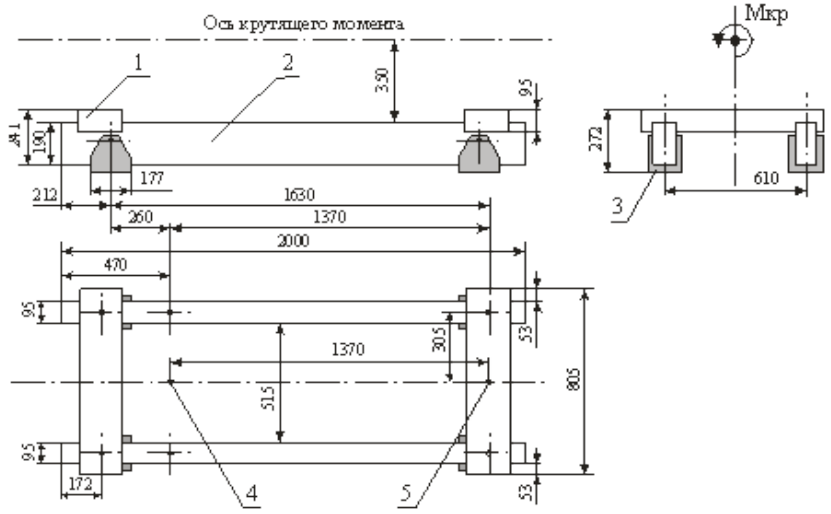


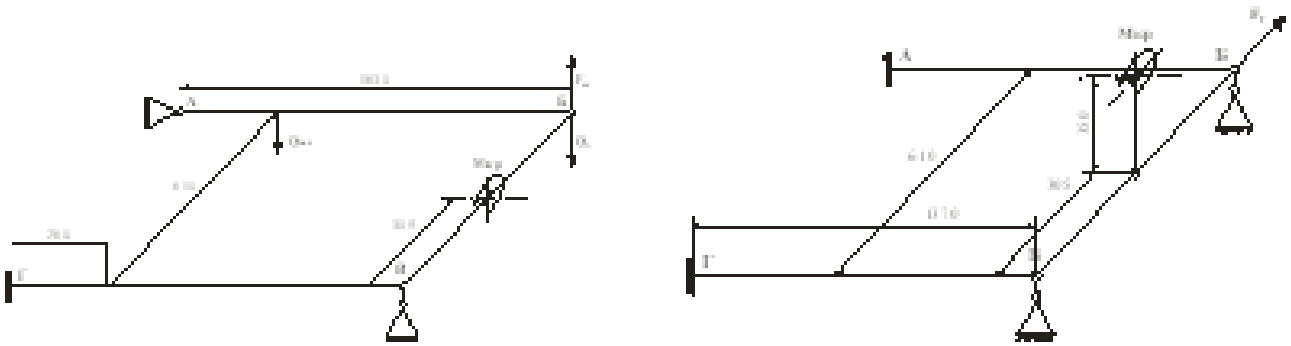
Рис. 4. Технологические размеры электрической машины 4ПФ180М



1 – поперечный брус рамы; 2 – продольный брус рамы; 3 – демпфирующая резиновая опора; 4 – проекция центра массы ДВС; 5 - проекция центра массы электрической машины

Рис. 5. Эскиз опорной рамы вибродиагностического стенда

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



а) б)

Рис. 6. Расчетная схема усилий в вертикальной (а) и горизонтальной (б) плоскости в опорной раме стенда

Расчетами показано, что возникающие в раме стенда силовые нагрузки недостаточны для реализации эффекта опрокидывания, а запас прочности балок рамы на изгиб составляет 853.

Из трех типов датчиков вибрации (смещения, скорости и ускорения) были выбраны датчики ускорения (акселерометры) 18.3855 и Д14.507 (см. рис. 7) для фиксации вибросигнала на частотах 2000 – 8000 Гц.



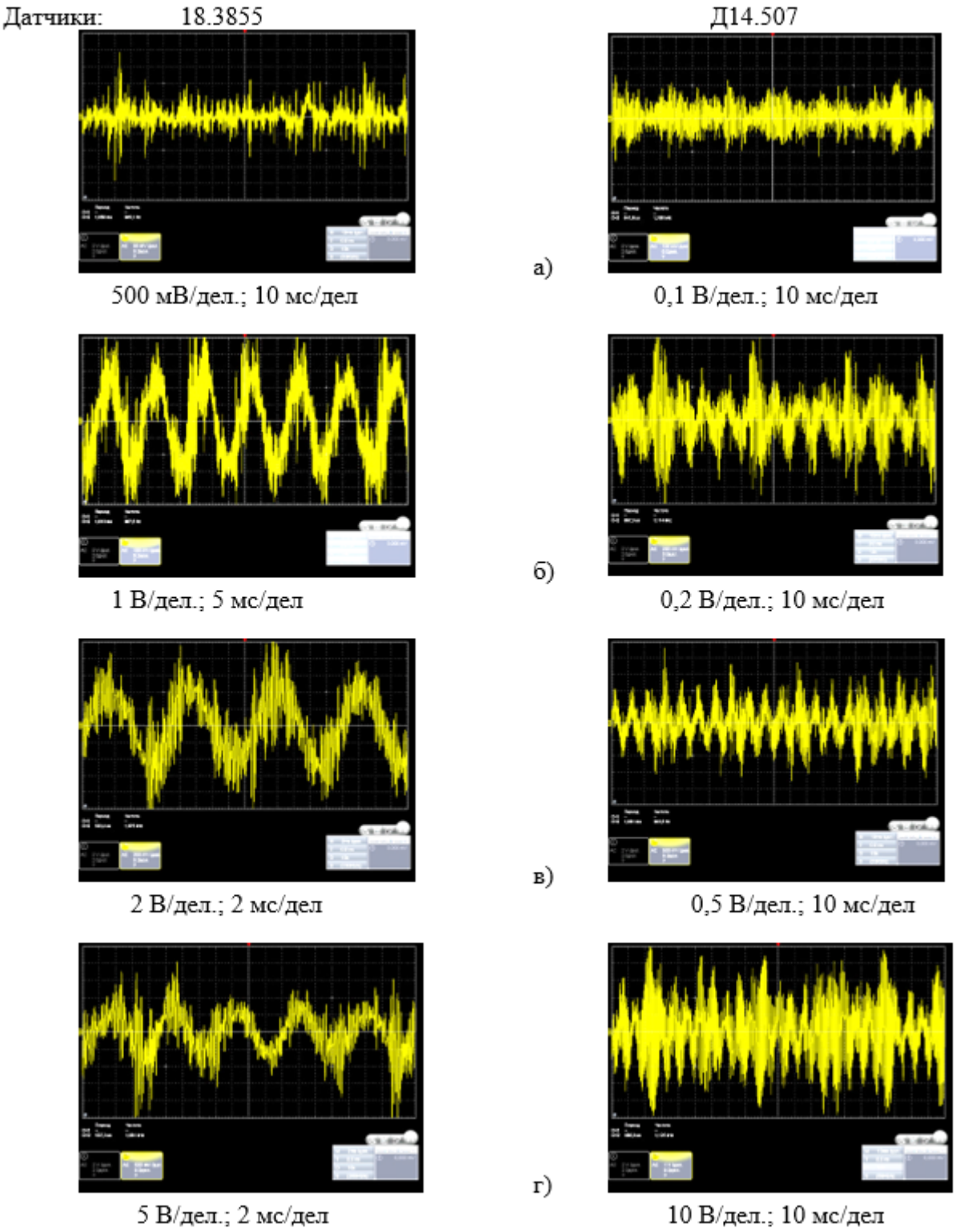
а) б)

Рис. 7. Внешний вид датчиков 18.3855 (а) и Д14.507 (б) с соединительными экранированными проводами

Наблюдение и запись вибросигнала осуществлялась с помощью USB осциллографа «VDS1022i» с последующей передачей данных на Netbook «Aser». Записи осциллограмм осуществляли при частотах вращения коленчатого вала ДВС GM20E 980, 2000, 3000 и 4000 об/мин без нагрузки (см. рис. 8).

При опробовании акселерометров наилучшие показатели были выявлены у датчика 18.3855 как более чувствительного и с более широким частотным диапазоном. Помимо приемлемых технических характеристик, датчик широко распространен и используется в качестве индикатора детонации в автомобильных двигателях внутреннего сгорания [3].

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



а) – 980 об/мин.; б) – 2000 об/мин.; в) – 3000 об/мин.; г) – 4000 об/мин.

Рис. 8. Осциллограммы вибросигналов ДВС GM20E

На основе записанных осциллограмм исследованы влияния технологических параметров на характеристики вибросигнала:

- стабильность амплитуды вибросигнала в пределах последовательных циклов работы на

установившемся режиме работы ДВС GM20E № 0203957.

- влияние удаленности цилиндра от вибродатчика на амплитуду вибросигнала;
- влияние скорости вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания на амплитуду вибросигнала.

Стабильность амплитуды оценивали по 10 последовательным циклам, по их значениям для первого цилиндра. Первый цилиндр, находящийся рядом с закрепленным на головке блока цилиндров вибродатчиком, генерирует вибросигнал с наибольшей амплитудой на записанной осциллограмме.

Всего было осуществлено 10 последовательных измерений, на основании которых рассчитаны среднее значение размаха амплитуды вибрации от первого цилиндра и среднеквадратическое отклонение в представленной совокупности измерений. Данные приведены в табл. 6.

Таблица 6

Результаты замеров размаха амплитуды вибросигнала датчика 18.3855 от первого цилиндра при частоте вращения коленчатого вала 980 об/мин

Текущие величины сигнала вибродатчика, U_m, В	
3,18	3,06
3,12	3,14
2,93	3,08
3,03	3,1
3,11	3,13
Показатели стабильности вибросигнала	
$\overline{U} = \frac{\sum U_m}{n} = 3{,}088$	$\sigma_{n-1} = \sqrt{\frac{1}{n-1} \cdot \sum \left(Um - \overline{U} \right)^2} = 0{,}0697$

Зависимость величины амплитуды вибрации от частоты вращения коленчатого вала оценивали по величине амплитуды вибросигнала от первого цилиндра на частотах вращения коленчатого вала 980, 2000, 3000 и 4000 об/мин по записанным осциллограммам датчика 18.3855 (см. рис. 8). Анализ осуществляли по 10 последовательным циклам при установившейся работе ДВС GM20E на показанных выше частотах вращения коленчатого вала.

Результаты определения амплитуды вибросигнала приведены в табл. 7. В графическом виде зависимость амплитуды вибросигнала от частоты вращения коленчатого вала представлена на рис. 9.

Исследования влияния удаленности цилиндра от датчика вибрации проводились для частоты вращения коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания 9800 об/мин. Записанная осциллограмма была аналогичной изображенной на рисунке 8 (для датчика 18.3855). При замерах учитывали порядок работы цилиндров двигателя внутреннего сгорания GM20E: 1-3-4-2.

Значение для первого цилиндра определяли по максимальному амплитудному значению в пределах цикла, а амплитуды остальных цилиндров – согласно порядку их работы. Значения амплитуд по цилиндрам осуществляли по пяти последовательным циклам. Результаты определения амплитудных значений вибросигнала по цилиндрам ДВС приведены в таблице 8

Таблица 7

Зависимость амплитуды вибросигнала первого цилиндра от частоты вращения коленчатого вала ДВС GM20E

Частота вращения коленчатого вала, об/мин	Значение амплитуды вибросигнала, В
980	3,09
2000	6,83
3000	15,36
4000	37,77

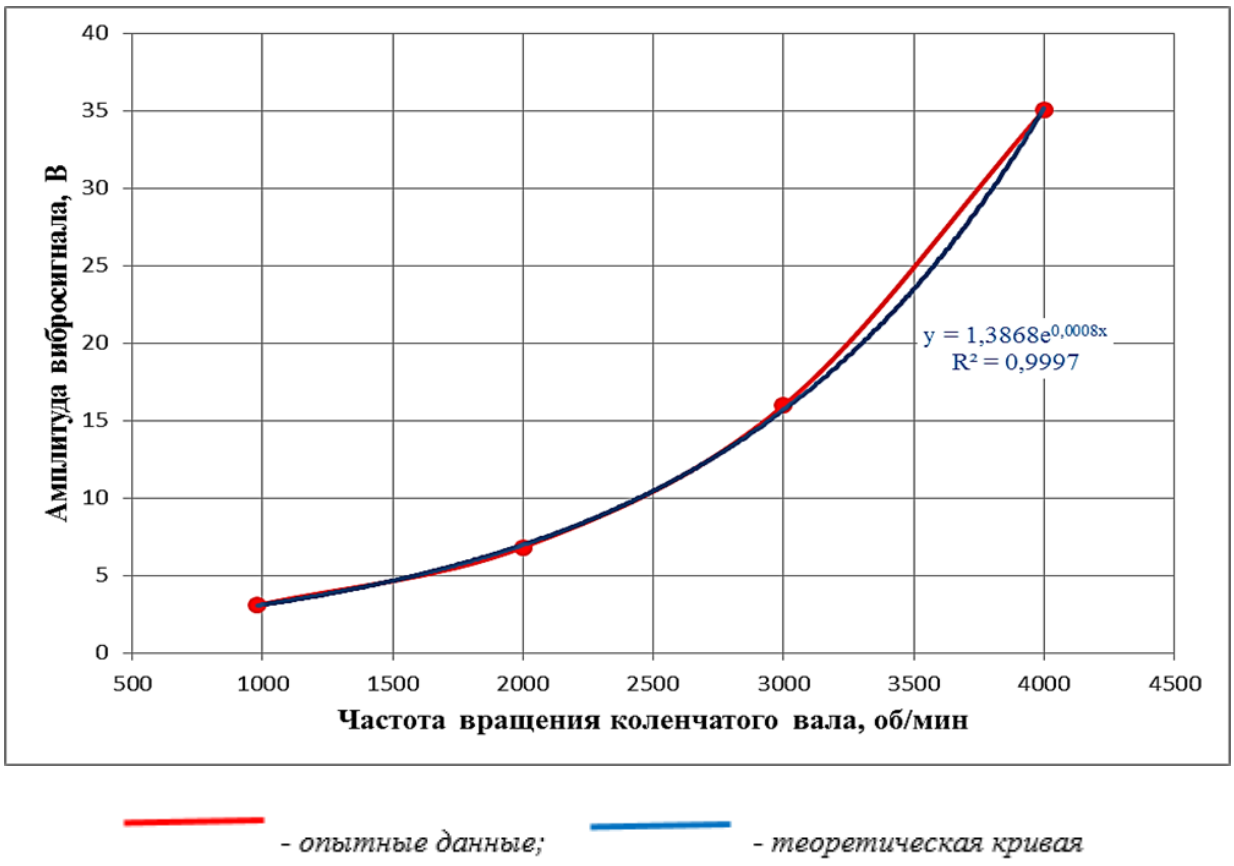


Рис. 9. Зависимость амплитуды вибросигнала от частоты вращения коленчатого вала

В графическом виде зависимость амплитуды вибросигнала от удаленности цилиндра представлена на рисунке 10.

Таблица 8

Амплитудные значения вибросигнала по цилиндрам ДВС GM20E при частоте вращения коленчатого вала 980 об/мин

Номер цилиндра ДВС	Амплитудное значение вибросигнала, В
1	3,09
2	2,202
3	1,578
4	1,176

Полученные результаты не противоречат известным данным по вибродиагностике агрегатов автомобилей [4].

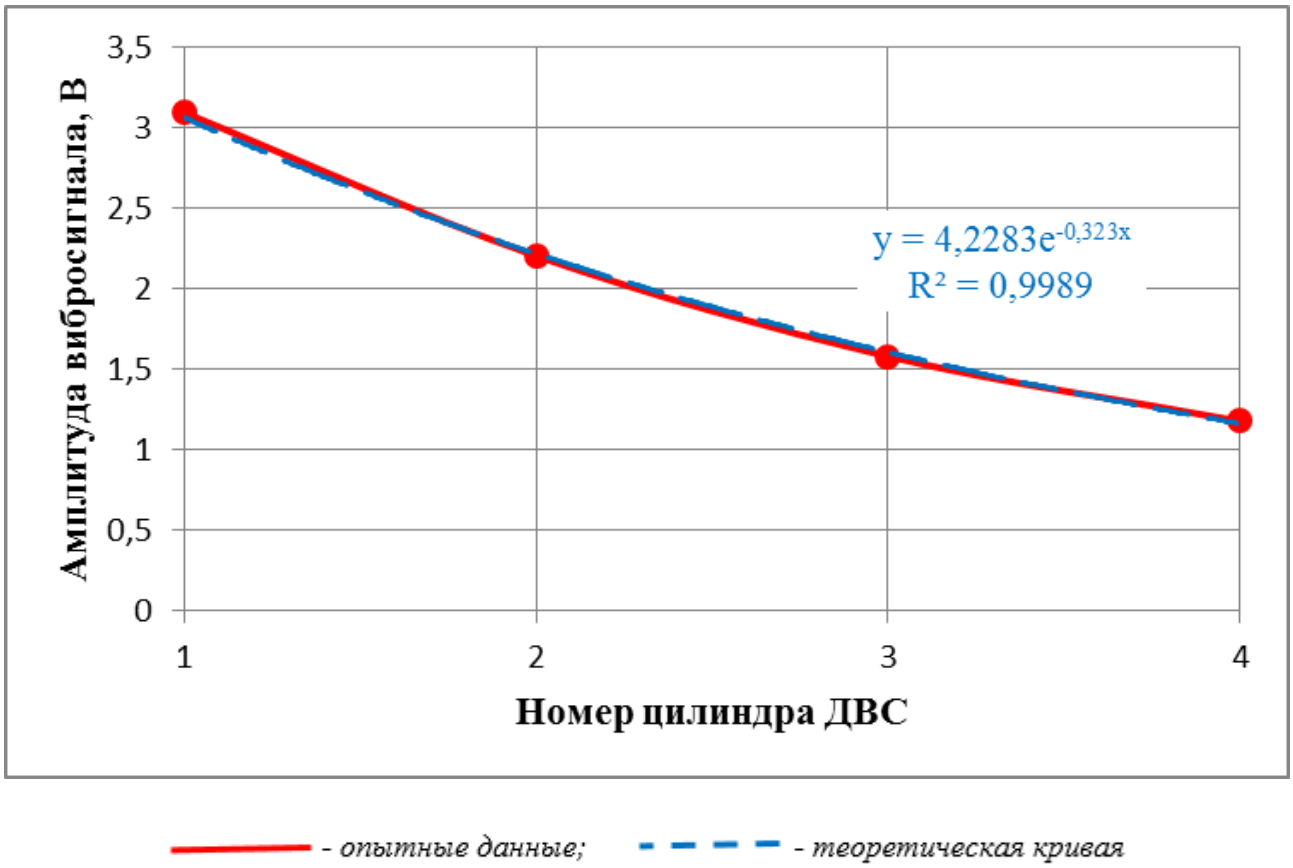


Рис. 10. Зависимость амплитуды вибросигнала от удаленности цилиндра

Выводы

Проведенный анализ возможности диагностики с помощью регистрации упругих колебаний при работе двигателей внутреннего сгорания позволил рассчитать параметры стенда для обкатки автомобильных двигателей, специализированного под виброанализ.

Для обеспечения высокой демпфирующей способности в качестве материала рамы стенда решено использовать древесину, а для исключения посторонних акустических наводок от технологического оборудования между рамой и основанием решено поместить резиновую прослойку.

Опробование вибродатчиков позволило выбрать в качестве основного датчик ускорения (акселерометр) 18.3855.

В настоящее время изготовлена рама стенда, приобретено технологическое и измерительное оборудование, осуществляется компоновка и наладка стенда. Стенд позволит детально изучить влияние технологических факторов работы двигателя на параметры вибросигнала и включить виброанализ в систему управления двигателем.

Опробование системы вибродиагностики позволило удостовериться в ее стабильности и точности ее показаний.

На основании полученных с помощью стенда данных предполагается создание бортовых систем контроля технического состояния автомобильных двигателей в процессе их эксплуатации с возможностью экстраполяции качественных показателей на последующие

периоды, что даст возможность планировать сроки технического обслуживания и ремонтов и снизит затраты на их проведение.

Список литературы

1. А.Н. Борисенко Современные информационно–измерительные системы вибродиагностики ДВС [Текст] / П.С. Обод, О.В. Лавриненко // Вестник Харьковского ХПИ. – 2010. - №39. – С. 132-137.

2. Прилепский Ю.В. Опробование датчиков для вибродиагностики на бензиновом двигателе внутреннего сгорания [Текст] / Ю.В. Прилепский, А.С. Маренич, С.А. Ткачев // М-лы IV Международной науч.-практической конференции «Научно-технические аспекты инновационного развития транспортного комплекса».- Донецкая академия транспорта, г. Донецк, 2018. – С. 147-152.

3. Измерительная и анализирующая аппаратура [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: http://masters.donntu.org/2006/mech/ bychkov/library/rab6/index.htm.

4. 12. Волков В.П. Направление использования вибродиагностики в автосервисе / В.П. Волков, В.М. Мищенко // Вісті Автомобільно–дорожнього інституту. – 2007. – Вып. № 2. с 31–35.

Прилепський Ю.В., Ткачов С.А. Обкатний стенд з системою вібродіагностики автомобільних двигунів внутрішнього згоряння

Анотація. *У статті розглянуто можливість створення спеціалізованого обкатного стенду, оснащеного системою вібродіагностики автомобільних двигунів внутрішнього згоряння з урахуванням специфічних вимог, що пред'являються до обладнання подібного класу. Проаналізовано конструкції існуючих стендів для холодної і гарячої обкатки двигунів внутрішнього згоряння, представлені їх переваги і недоліки. Обрані матеріали для каркаса стенду з підвищеною демпфуючою здатністю, здійснено розрахунок зусиль в стенді, розроблений ескізний проект, вибрано і випробувано на ДВС основне вібродіагностичне обладнання.*

Ключові слова: *двигун внутрішнього згоряння, діагностика, стенд обкатувальний, обкатка холодна, обкатка гаряча, рама опорна, датчики вібраційні, осцилограми вібросигналу.*

Prilepskyi Yu.V., Tkachov S.A. Rolling stand with vibration diagnostics system for automobile internal combustion engines

Abstract. *The article considers the possibility of creating a specialized rolling stand equipped with a vibration diagnostics system for automobile internal combustion engines, taking into account the specific requirements for equipment of this class. The designs of existing stands for cold and hot running-in of internal combustion engines are analyzed, their advantages and disadvantages are presented. The materials selected for the frame of the stand with high damping capacity, settlement efforts in the stand, developed a conceptual design is selected and tested on the engine the basic vibro-diagnostic equipment.*

Keywords: *internal combustion engine, diagnostics, run-in stand, cold run-in, hot run-in, support frame, vibration sensors, vibration signal waveforms.*

ПРАВИЛА ПОДАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ

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

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

Для публікації наукової статті в редакцію необхідно представити наступні документи:

– текст статті у 2-х форматах;

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

– експертний висновок про можливість відкритого публікування;

– завірену рецензію доктора наук або члена редакційної колегії;

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

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

Вимоги до рукописів

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

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

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

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

Структура статті

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

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

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

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

ПОРЯДОК РЕЦЕНЗУВАННЯ СТАТЕЙ

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

2. Форми рецензування статей:

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

– внутрішня (рецензування рукописів статей членами редакційної колегії).

3. У зовнішній рецензії повинні бути висвітлені наступні питання:

– чи відповідає зміст статті заявленій в назві темі;

– наскільки стаття відповідає сучасним досягненням у зазначеній галузі;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Рецензент коментує якість рукопису за такими пунктами, як:

наукова новизна,

обґрунтваність результатів,

начимість результатів,

ясність викладання,

якість оформлення;

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

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

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

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

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

Наукове видання

ВІСНИК ДОНЕЦЬКОЇ АКАДЕМІЇ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ
№ 3, 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. 7,2. 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
№ 3 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. 7,2. 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
№ 3, 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 7,2. 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