

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ  
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
АВТОМОБИЛЬНЫЙ И АВТОМОТОРНЫЙ ИНСТИТУТ «НАМИ»

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ  
**ТРУДЫ НАМИ**

Выпуск № 4 (267) / 2016

Издание выходит с 1923 года

Москва  
2016

УЧРЕДИТЕЛЬ И ИЗДАТЕЛЬ

Федеральное государственное  
унитарное предприятие  
«Центральный ордена Трудового  
Красного Знамени научно-  
исследовательский автомобильный  
и автомоторный институт «НАМИ»  
(ФГУП «НАМИ»)

Свидетельство о регистрации средства  
массовой информации  
ПИ № ФС77-21162 от 30 мая 2005 г.

Периодичность: 4 выпуска в год.

РЕДАКЦИЯ

**Козловская М.А.** – канд. техн. наук,  
редактор, член Ассоциации научных  
редакторов и издателей (АНРИ)  
**Раевская Т.П.** – корректор  
**Савицкая Т.П.** – канд. филол. наук,  
перевод  
**Дунаева А.Б.** – верстка  
**Мелинковская Т.А.** – оформление  
обложки

Адрес: 125438, Российская Федерация,  
г. Москва, ул. Автомоторная, д. 2  
Тел.: (495) 456-57-02, доб. 244  
E-mail: trudy.nami@nami.ru  
Web: www.nami.ru

Подписной индекс в объединённом  
каталоге «Пресса России» **20439**  
Тираж: 200 экз.

Номер подписан в печать 29.12.2016  
Формат 60x88/8. Печ. л. 12,75

Отпечатано ООО «ТРП»: 127137, г. Москва, ул. Правды,  
д. 24, стр. 5  
www.tirazhy.ru

Сборник включён в Перечень  
рецензируемых научных изданий,  
в которых должны быть опубликованы  
основные научные результаты  
диссертаций на соискание учёной  
степени кандидата наук, на соискание  
учёной степени доктора наук по  
специальностям:  
05.04.00 – энергетическое,  
металлургическое и химическое  
машиностроение;  
05.05.00 – транспортное, горное  
и строительное машиностроение.

Издание включено в систему РИНЦ  
и в Ulrich's Periodicals Directory.

Полнотекстовые версии доступны  
на сайте <http://elibrary.ru>

При цитировании материалов  
сборника ссылка обязательна.

Перепечатка материалов допускается  
только по согласованию с редакцией и  
авторами.

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Гайсин С.В. – генеральный директор ФГУП «НАМИ» (г. Москва, Российская Федерация).

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

**Бахмутов С.В.** – д-р техн. наук, профессор,  
зам. генерального директора по науке ФГУП  
«НАМИ» – **заместитель главного редактора**  
(г. Москва, Российская Федерация).

**Кутенёв В.Ф.** – д-р техн. наук, профессор,  
председатель Экспертного совета ФГУП  
«НАМИ» – **заместитель главного редактора**  
(г. Москва, Российская Федерация).

**Нагайцев М.В.** – д-р техн. наук, советник  
генерального директора ФГУП «НАМИ» –  
**заместитель главного редактора** (г. Москва,  
Российская Федерация).

**Фисенко И.А.** – канд. техн. наук, доцент,  
ведущий эксперт Экспертного совета ФГУП  
«НАМИ» – **ответственный секретарь**  
**редакционной коллегии** (г. Москва, Российская  
Федерация).

**Альгин В.Б.** – д-р техн. наук, профессор, зам.  
генерального директора по научной работе  
Объединённого института машиностроения  
НАН Беларуси (Председатель Белорусского  
национального комитета в Международной  
федерации по теории механизмов и машин  
IFToMM, Член технического комитета Multibody  
Dynamics IFToMM, Председатель технического  
комитета по стандартизации Республики  
Беларусь ТК ВУ 33 «Надёжность в технике»,  
Эксперт МЭК) (г. Минск, Беларусь).

**Гируцкий О.И.** – д-р техн. наук, профессор,  
зам. председателя Экспертного совета ФГУП  
«НАМИ», председатель технического комитета  
по стандартизации ТК 56 (г. Москва, Российская  
Федерация).

**Девянин С.Н.** – д-р техн. наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Тракторы и  
автомобили», ФГБОУ ВО «Российский  
государственный аграрный университет – МСХА  
имени К.А. Тимирязева» (г. Москва, Российская  
Федерация).

**Демич М.** – д-р техн. наук, профессор,  
Университет г. Крагуевац, действительный член  
Академии инженерных наук Сербии, академик  
Евро-средиземноморской академии искусств  
и наук, академик Академии Транспорта РФ  
(г. Крагуевац, Сербия).

**Загарин Д.А.** – канд. техн. наук, доцент, зам.  
генерального директора ФГУП «НАМИ» –  
директор Центра испытаний, Президент  
Ассоциации автомобильных инженеров  
(г. Москва, Российская Федерация).

**Иванов А.М.** – д-р техн. наук, профессор,  
заведующий кафедрой «Автомобили», ФГБОУ  
ВПО «Московский автомобильно-дорожный  
государственный технический университет  
(МАДИ)» (г. Москва, Российская Федерация).

**Иванов В.Г.** – д-р техн. наук, профессор,  
Технический университет Ильменау  
(г. Ильменау, Германия).

**Каменев В.Ф.** – д-р техн. наук, профессор,  
ведущий эксперт Экспертного совета ФГУП  
«НАМИ» (г. Москва, Российская Федерация).

**Кисуленко Б.В.** – д-р техн. наук, профессор,  
зам. генерального директора по техническому  
регулированию ФГУП «НАМИ»,  
вице-председатель Всемирного форума  
по согласованию правил в области ТС  
(г. Москва, Российская Федерация).

**Коровкин И.А.** – канд. экон. наук,  
исполнительный директор

НП «Объединения автопроизводителей  
России» (г. Москва, Российская Федерация).

**Котиев Г.О.** – д-р техн. наук, профессор,  
заведующий кафедрой СМ-10 «Колёсные  
машины» ФГБОУ ВО «Московский  
государственный технический университет  
имени Н.Э. Баумана (национальный  
исследовательский университет)» (г. Москва,  
Российская Федерация).

**Красневский Л.Г.** – д-р техн. наук, профессор,  
главный научный сотрудник Объединённого  
института машиностроения НАН Беларуси,  
член-корреспондент Национальной академии  
наук Беларуси (г. Минск, Беларусь).

**Левит С.М.** – ведущий специалист, AVL LIST  
GmbH (г. Грац, Австрия).

**Москвин В.А.** – д-р экон. наук, профессор,  
ФГБОУ ВО «Государственный университет  
управления» (г. Москва, Российская Федерация).

**Поддубко С.Н.** – канд. техн. наук, доцент,  
генеральный директор Объединённого института  
машиностроения НАН Беларуси (г. Минск,  
Беларусь).

**Предигер В.** – д-р техн. наук, профессор,  
Университет прикладных наук (г. Оснбрюк,  
Германия).

**Рябчинский А.И.** – д-р техн. наук, профессор,  
ФГБОУ ВПО «Московский автомобильно-  
дорожный государственный технический  
университет (МАДИ)» (г. Москва, Российская  
Федерация).

**Сайкин А.М.** – д-р техн. наук, начальник  
управления «Специальные программы» ФГУП  
«НАМИ» (г. Москва, Российская Федерация).  
**Szeto Wai Yuen** – PhD (Eng), профессор,  
заместитель директора Института транспортных  
исследований Университета Гонконга (Гонконг).

**Тартаковский Л.М.** – д-р техн. наук, директор  
лаборатории двигателей внутреннего сгорания,  
Технион – Израильский технологический  
институт, председатель SAE PFL500 Committee  
on New Engines, Components, Actuators and  
Sensors (г. Хайфа, Израиль).

**Тер-Мкртчян Г.Г.** – д-р техн. наук,  
профессор, начальник управления «Топливные  
системы» ФГУП «НАМИ» (г. Москва,  
Российская Федерация).

**Тольский В.Е.** – д-р техн. наук, профессор,  
старший эксперт Экспертного совета  
ФГУП «НАМИ» (г. Москва, Российская  
Федерация).

**Faris Waleed Fekry** – PhD (Eng), профессор,  
факультет машиностроения Международного  
исламского университета Малайзии (г. Куала-  
Лумпур, Малайзия).

**Фомин В.М.** – д-р техн. наук, профессор,  
кафедра «Автомобильные и тракторные  
двигатели» ФГБОУ ВО «Московский  
политехнический университет» (г. Москва,  
Российская Федерация).

**Шаринов В.М.** – д-р техн. наук, профессор,  
советник ректора по научной работе ФГБОУ ВО  
«Московский политехнический университет»  
(г. Москва, Российская Федерация).

**Яманин А.И.** – д-р техн. наук, профессор,  
кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»  
ФГБОУ ВО «Ярославский государственный  
технический университет» (г. Ярославль,  
Российская Федерация).

ESTABLISHER  
AND PUBLISHER

Federal State Unitary Enterprise  
“Central Scientific Research  
Automobile and Automotive  
Engines Institute”  
(FSUE “NAMI”)

Certificate of mass media registration  
ПН № ФС77-21162 from 30 May 2005

Issues a year: four.

EDITORIAL STAFF

**Kozlovskaya M.A.** – PhD (Eng), editor,  
Member of the Association of Science  
Editors and Publishers (ASEP)

**Raevskaya T.P.** – proofreader

**Savitskaya T.P.** – PhD (Phil), translation

**Dunaeva A.B.** – page-proofs

**Melinkovskaya T.A.** – cover design

**Address:** 2, Automotornaya st., Moscow,  
125438, Russian Federation

**Tel.:** (495) 456-57-02, ext. 244

**E-mail:** trudy.nami@nami.ru

**Web:** www.nami.ru

Distributed by subscription.  
Circulation: 200 items.

The edition is put in press 29.12.2016  
Format 60x88/8. Press sheets 12,75

Printed in LLC “TRP”  
www.tirazhy.ru

The publication is included in List  
of the Supreme Certifying Committee  
of the Russian Federation.

The publication is included  
in Research Electronic Library  
(E-Library), included into specialized  
database Russian Citation Index (RISC)  
and Ulrich's Periodicals Directory.  
Full-text versions are available on  
<http://elibrary.ru>

For citing the publication materials  
the reference is obligatory.  
Reprinting of the materials is possible  
with the authors and the editors’  
permission only.

EDITOR-IN-CHIEF

**Gaysin S.V.** – Chief Executive Officer (CEO) of FSUE “NAMI” (Moscow, Russian Federation).

EDITORIAL BOARD

**Bakhmutov S.V.** – D.Sc. (Eng), professor, Deputy  
CEO for Science (Research) of FSUE “NAMI” –  
**deputy editor-in-chief** (Moscow, Russian  
Federation).

**Kutenev V.F.** – D.Sc. (Eng), professor, Chairman of  
Expert Council, FSUE “NAMI” – **deputy editor-in-  
chief** (Moscow, Russian Federation).

**Nagaytsev M.V.** – D.Sc. (Eng), Adviser CEO,  
FSUE “NAMI” – **deputy editor-in-chief** (Moscow,  
Russian Federation).

**Fisenko I.A.** – PhD (Eng), associate professor,  
Leading Expert of the Expert Council, FSUE  
“NAMI” – **executive secretary of the Editorial  
Board** (Moscow, Russian Federation).

**Algin V.B.** – D.Sc. (Eng), professor, Deputy General  
Director in Science Joint Institute of Mechanical  
Engineering National Academy of Sciences of  
Belarus (Chairman of Belarusian Committee  
of IFToMM Member of IFToMM Technical  
Committee for Multibody Dynamics Chairman of  
Belarusian Committee on Standardization TC BY33  
“Reliability in technique” IEC Expert from Belarus)  
(Minsk, Belarus).

**Girutskiy O.I.** – D.Sc. (Eng), professor,  
Deputy Chairman of the Expert Council, FSUE  
“NAMI”, Chairman of the Technical Committee  
for Standardization TC 56 (Moscow, Russian  
Federation).

**Devyanin S.N.** – D.Sc. (Eng), professor, Head of  
“Tractors and Automobiles” department, FSUE  
HE RSAU – MAA named after K.A. Timiryazev  
(Moscow, Russian Federation).

**Đemić M.** – D.Sc. (Eng), professor, Full Member  
of the Academy of Engineering Sciences of Serbia,  
Member of the Euro Mediterranean Academy of  
Arts and Sciences, Member of the Academy of  
Transport of the Russian Federation (Kragujevac,  
Serbia).

**Zagarin D.A.** – PhD (Eng), associate professor,  
Deputy CEO – Head of NAMI Test Centre,  
President of Association of Automobile Engineers,  
FSUE “NAMI” (Moscow, Russian Federation).

**Ivanov A.M.** – D.Sc. (Eng), professor, Head of  
“Automobiles” department, Moscow Automobile  
and Road Construction State Technical University  
(MADI) (Moscow, Russian Federation).

**Ivanov V.G.** – D.Sc. (Eng), research professor,  
Automotive Engineering Department, TU Ilmenau  
(Ilmenau, Germany).

**Kamenev V.F.** – D.Sc. (Eng), professor, Leading  
Expert of the Expert Council, FSUE “NAMI”  
(Moscow, Russian Federation).

**Kisulenko B.V.** – D.Sc. (Eng), professor, Deputy  
CEO for Technical Regulation, FSUE “NAMI”,  
Deputy Chairman of the World Forum for  
Harmonization of Vehicle Regulations (Moscow,  
Russian Federation).

**Korovkin I.A.** – PhD (Econ), Executive  
Director of the Association of Russian  
Automakers (OAR) (Moscow, Russian  
Federation).

**Kotiev G.O.** – D.Sc. (Eng), professor, Head of  
“Wheeled machines” department, Bauman Moscow  
State Technical University (Moscow, Russian  
Federation).

**Krasnevskiy L.G.** – D.Sc. (Eng), professor,  
Chief Researcher, Science Joint Institute  
of Mechanical Engineering National Academy  
of Sciences of Belarus, Corresponding Member  
of the National Academy of Sciences of Belarus  
(Minsk, Belarus).

**Levit S.M.** – Leading Specialist, AVL LIST  
GmbH (Graz, Austria).

**Moskvina V.A.** – D.Sc. (Econ), professor, State  
University of Management (Moscow, Russian  
Federation).

**Poddubko S.N.** – PhD (Eng), associate professor,  
General Director of the Science Joint Institute of  
Mechanical Engineering National Academy of  
Sciences of Belarus (Minsk, Belarus).

**Prediger V.** – D.Sc. (Eng), professor, Osnabruck  
University of Applied Sciences (Osnabruck,  
Germany).

**Ryabchinskiy A.I.** – D.Sc. (Eng), professor,  
Moscow Automobile and Road Construction State  
Technical University (MADI) (Moscow, Russian  
Federation).

**Saykin A.M.** – D.Sc. (Eng), Head of “Special  
Programs” department, FSUE “NAMI” (Moscow,  
Russian Federation).

**Szeto Wai Yuen** – PhD (Eng), associate professor,  
Deputy Director, Institute of Transport Studies, The  
University of Hong Kong (Hong Kong).

**Tartakovsky L.M.** – D.Sc. (Eng), Director  
of Internal Combustion Engines Laboratory,  
Technion – Israel Institute of Technology, Chairman  
of SAE PFL500 Committee on New Engines,  
Components, Actuators and Sensors (Haifa, Israel).

**Ter-Mkrtchyan G.G.** – D.Sc. (Eng), professor,  
Head of “Fuel systems” department, FSUE “NAMI”  
(Moscow, Russian Federation).

**Faris Waleed Fekry** – PhD (Eng), professor,  
Mechanical Engineering Department, College  
of Engineering, International Islamic University  
Malaysia (Kuala Lumpur, Malaysia).

**Tolskiy V.E.** – D.Sc. (Eng), professor,  
Senior Expert of the Expert Council,  
FSUE “NAMI”, (Moscow, Russian Federation).

**Fomin V.M.** – D.Sc. (Eng), professor,  
Department “Automobile and tractor engines”,  
Moscow Polytechnic University (Moscow, Russian  
Federation).

**Sharipov V.M.** – D.Sc. (Eng), professor, Advisor  
Rector, Moscow Polytechnic University (Moscow,  
Russian Federation).

**Yamanin A.I.** – D.Sc. (Eng), professor, Department  
“Internal combustion engines”, Yaroslavl  
State Technical University (Yaroslavl, Russian  
Federation).

# СОДЕРЖАНИЕ • CONTENTS

## ОБЗОРЫ, АНАЛИТИКА

## REVIEWS, ANALYTICS

*Бахмутов С.В.*  
Международный автомобильный научный форум  
(МАНФ-2016) «Интеллектуальные транспортные  
системы повышения энергоэффективности  
и безопасности движения»

6

*Bakhmutov S.V.*  
International Automobile Scientific Forum (IASF-2016)  
“Energy efficiency and traffic safety improving intelligent  
transport systems”

## АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ

## AUTOMOBILE DEVELOPMENT

*Кисуленко Б.В., Бочаров А.В.*  
Деятельность Всемирного форума для согласования  
правил в области транспортных средств (WP.29)  
ЕЭК ООН в сфере интеллектуальных транспортных  
средств и автоматизации управления

13

*Kisulenko B.V., Bocharov A.V.*  
Activities of the UNECE World Forum for Harmonization  
of Vehicle Regulations (WP.29) in the field of intelligent  
transport systems and automated driving

*Лихачёв Д.С., Тараторкин И.А., Харитонов С.А.*  
Особенности динамической нагруженности  
трансмиссии транспортного средства  
с комбинированной энергоустановкой

22

*Likhachev D.S., Taratorkin I.A., Kharitonov S.A.*  
Features of the dynamic loading on a vehicle transmission  
equipped with a combined power unit

*Блохин А.Н.*  
Разработки в области роботизированных  
механических трансмиссий

32

*Blokhin A.N.*  
Developments in the field of robotized mechanical  
transmission

*Дьяков А.С., Котиев Г.О.*  
Основы метода проектирования ходовых систем  
безэкипажных наземных транспортных средств

45

*Diakov A.S., Kotiev G.O.*  
Basis of the method of designing chassis systems  
of unmanned ground vehicles

**Вершинин Р.В., Харитонов С.А.**  
Особенности расчёта зубчатых зацеплений  
и повышение ресурса многоступенчатых  
автоматических коробок передач в процессе  
эксплуатации

**54**

**Vershinin R.V., Kharitonov S.A.**  
Specific features of gearing calculation and the increase  
of multistage automatic transmissions resource during  
vehicle operation

**Кириллов К.А.**  
Международный опыт оценки соответствия  
требованиям безопасности внесённых изменений  
в конструкцию транспортных средств, в том числе  
и находящихся в эксплуатации

**61**

**Kirillov K.A.**  
International experience in conformity assessment  
concerning safety requirements of vehicle design  
changes, including in operation

## **ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ**

## **ENGINE DEVELOPMENT**

**Каменев В.Ф., Пугачёв И.О.**  
Использование модельно-ориентированного  
проектирования для разработки  
системы управления дизелем с помощью  
компьютерного имитационного комплекса

**71**

**Kamenev V.F., Pugachev I.O.**  
Model-based design methods to create a new diesel  
control system with the help of a computer simulation  
complex

**Сонкин В.И.**  
Аэродинамика впускных каналов:  
винтовые каналы  
Часть 2

**85**

**Sonkin V.I.**  
Aerodynamics of intake ports:  
helical ports  
Part 2

Указатель статей,  
опубликованных в 2016 году

**97**

Index of articles  
published in 2016

*Бахмутов Сергей Васильевич, д-р техн. наук, профессор*

заместитель генерального директора по науке, ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», г. Москва 125438, Российская Федерация

E-mail: s.bakhmutov@nami.ru

Статья поступила 27.10.2016

## **МЕЖДУНАРОДНЫЙ АВТОМОБИЛЬНЫЙ НАУЧНЫЙ ФОРУМ (МАНФ-2016) «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ»**

Представлен обзор Международного автомобильного научного форума (МАНФ-2016) «Интеллектуальные транспортные системы повышения энергоэффективности и безопасности движения», который состоялся в октябре 2016 года во ФГУП «НАМИ». Участники МАНФ-2016: представители Минпромторга России, Росстандарта, зарубежные и российские автопроизводители, учёные, преподаватели, докторанты, аспиранты и ведущие специалисты профильных предприятий. Ключевым направлением форума стала глобальная проблема разработки, освоения серийного производства и эксплуатации автономных (беспилотных) автотранспортных средств (АТС). В докладе генерального секретаря – технического директора OICA Y. Van der Straaten были приведены основные мотивации использования автономных транспортных средств, указаны проблемы, возникающие при сертификации автономных автомобилей, и определён ряд предстоящих изменений для решения данных проблем. В докладах ФГУП «НАМИ» было отмечено, что предприятие ведёт разработку систем управления движением, систем технического зрения, навигации, приводов управления. В рамках контракта с Министерством образования и науки Российской Федерации создано беспилотное транспортное средство на электротяге на базе легкового автомобиля класса В. Разработана и изготовлена «мишень» для проведения дорожных испытаний беспилотных транспортных средств и систем активной безопасности. С 2016 года ФГУП «НАМИ» приступило к разработке беспилотного транспортного средства, представляющего собой автономный автобус вместимостью 10–12 пассажиров для обслуживания специальных маршрутов, а также, совместно с ПАО «КАМАЗ», беспилотного автопоезда. Второе важное направление работы форума – повышение энергоэффективности современных АТС. В рамках форума была организована тематическая выставка.

*Ключевые слова:* МАНФ-2016, интеллектуальные транспортные системы, энергоэффективность, автономное (беспилотное) автотранспортное средство, безопасность движения

Бахмутов С.В. Международный автомобильный научный форум (МАНФ-2016) «Интеллектуальные транспортные системы повышения энергоэффективности и безопасности движения» // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 6–12.

**Bakhmutov S.V., D.Sc. (Eng), professor**

Deputy CEO for Science (Research), Federal State Unitary Enterprise “Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute” (FSUE “NAMI”), Moscow 125438, Russian Federation

E-mail: s.bakhmutov@nami.ru

Received 27 October 2016

## **INTERNATIONAL AUTOMOBILE SCIENTIFIC FORUM (IASF–2016) “ENERGY EFFICIENCY AND TRAFFIC SAFETY IMPROVING INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS”**

The article presents a survey of materials of the International Automobile Science Forum (IASF–2016) “Energy efficiency and traffic safety improving intelligent transport systems” which took place in the FSUE “NAMI” in October 2016. The participants of the International Automobile Science Forum (IASF–2016) were: the representatives of the Russian Industry and Trade Ministry and Rosstandart, foreign and Russian automobile manufacturers, scientists, professors, doctoral students, graduate students and leading specialists of the profile companies. The forum focused on the global development of autonomous (unmanned) vehicles (AV), their mass production and operation. The basic motivation of autonomous vehicles use was given in the report of Y. Van der Straaten, the Secretary General and Technical Director of OICA, who stressed the problems arising at certification of autonomous vehicles and a number of upcoming changes to meet these problems. In the reports of the FSUE “NAMI” it was noted that the company had been developing traffic control systems, technical vision, navigation and drive systems of autonomous vehicles. Under the contract with the Ministry of Education and Science of the Russian Federation an unmanned electric vehicle had been created on the basis of class B vehicles. A “targeted sample” was designed and manufactured to conduct road tests of unmanned vehicles and active safety systems. Since 2016 FSUE “NAMI” has begun to develop an unmanned vehicle, which is to be a standalone bus for special service routes with a capacity of 10–12 passengers. A project of an unmanned train is being developed together with KAMAZ. The second important trend of the forum discussion was energy efficiency of modern ATS. Within the forum a thematic exhibition was organized.

*Key words:* IASF-2016, intelligent transport systems, energy efficiency, autonomous (unmanned) vehicle, traffic safety

Bakhmutov S.V. [International Automobile Scientific Forum (IASF-2016) “Energy efficiency and traffic safety improving intelligent transport systems”]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 6–12. (In Russian)

**Кисуленко Борис Викторович**, д-р техн. наук, профессор  
заместитель генерального директора по техническому регулированию<sup>1</sup>,  
Вице-председатель Всемирного форума по согласованию правил в области транспортных средств (WP.29)  
ЕЭК ООН

E-mail: kisulenko@nami.ru

**Бочаров Андрей Викторович**, канд. техн. наук  
начальник управления разработки систем оценки соответствия<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», г. Москва 125438, Российская Федерация

Статья поступила 20.10.2016

## ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ВСЕМИРНОГО ФОРУМА ДЛЯ СОГЛАСОВАНИЯ ПРАВИЛ В ОБЛАСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ (WP.29) ЕЭК ООН В СФЕРЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ

В современных условиях глобализации проводится согласование политики, осуществляемой развитыми странами в отношении продвижения интеллектуальных транспортных систем (ИТС) с целью минимизации нетарифных барьеров. В статье рассматривается актуальность разработки единого общемирового подхода к формированию нормативной правовой базы в отношении ИТС. Ведущую роль в этом играет Всемирный форум WP.29, в деятельности которого российские специалисты принимают активное участие. Рассматриваются основные результаты деятельности по продвижению ИТС в рамках Всемирного форума WP.29 ЕЭК ООН. В структуре WP.29 были созданы специальные рабочие группы по ИТС, которые взяли на себя стратегическую роль, обеспечивающую поддержку внедрения новых технологий. Они разработали ряд руководящих документов, формирующих общее понимание относительно ИТС, принципы оказания помощи водителю со стороны ИТС, а также они занимаются разработкой общих принципов обеспечения кибербезопасности транспортных средств (защита от несанкционированного доступа извне и защита от сбоев электронных систем) и предписаний в отношении функций автоматического рулевого управления (ACSF). С учётом рассмотренных проблем взаимодействия водителя и автомобиля, были разработаны основные принципы, которые должны быть учтены при создании автоматизированных систем управления. Эти принципы опубликованы в виде приложения 5 к Сводной Резолюции по конструкции транспортных средств (R.E.3). Приведён проект технических предписаний в отношении автоматизации управления транспортными средствами, который включает: классификацию ACSF; предписания к ACSF; процедуры испытаний. Приведены сведения о действующих Правилах ООН, касающиеся бортовых ИТС, статусе и перспективах нормативного регулирования технологий бортовых ИТС в России и Евразийском экономическом союзе.

*Ключевые слова:* автотранспортные средства, интеллектуальные транспортные системы (ИТС), автоматизация управления, международные требования

### Литература

1. Noy I. Harmonized research on ITS. – ITS Round Table, 18.02.2004, UNECE, Geneva.
2. Hiramatsu K. The Idea of “Driver in the Loop” in Advanced Driver Assistance Systems. – 12<sup>th</sup> ITS Informal Group Meeting within WP.29, 10.03.2006, UNECE, Geneva.
3. SAE J3016. Standard: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. Issued: 2014-01-16 – SAE International Inc., 2014.



4. Design Principles for Control Systems of ADAS. – Annex 5 to Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3). – document ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3. – 23 January 2014, UNECE, Geneva.

5. Guidelines on establishing requirements for high-priority warning signals. –document ECE/TRANS/WP.29/2011/90. – 8 April 2011, UNECE, Geneva.

6. Proposal for amendments to Regulation No. 79 to include ACSF > 10 km/h – document ACSF-03-03-Rev.1. – 3<sup>rd</sup> meeting of the GRRF informal working group on Automatically Commanded Steering Function (ACSF). – 1-3 September 2015, Munich.

Кисуленко Б.В., Бочаров А.В. Деятельность Всемирного форума для согласования правил в области транспортных средств (WP.29) ЕЭК ООН в сфере интеллектуальных транспортных средств и автоматизации управления // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 13–21.

**Kisulenko B.V., D.Sc. (Eng), professor**

deputy CEO for Technical Regulation<sup>1</sup>, Deputy Chairman of the World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29) UNECE

E-mail: kisulenko@nami.ru

**Bocharov A.V., PhD (Eng)**

head of department the development of conformity assessment systems<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal State Unitary Enterprise “Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute” (FSUE “NAMI”), Moscow 125438, Russian Federation

Received 20 October 2016

## **ACTIVITIES OF THE UNECE WORLD FORUM FOR HARMONIZATION OF VEHICLE REGULATIONS (WP.29) IN THE FIELD OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS AND AUTOMATED DRIVING**

In the current context of globalization, the coordination of policies is exercised by the developed countries is to be carried out with regard to the promotion of intelligent transport systems (ITS) in order to minimize non-tariff barriers. The article considers the current necessity of working out a global unified approach to the development of standard regulatory base with respect to ITS. The World Forum WF.29 plays the leading role in this work and the Russian experts are actively involved in it. The main results of the ITS promotion activities are considered at the World Forum WF.29 of the UNECE. Special working groups were organized within the WF.29 to determine the strategy of ITS and to provide support for the introduction of new technologies. They have also developed a number of regulatory documents to form a common understanding regarding ITS and the principles to assist the driver with the help of ITS. They are engaged in the development of common principles of cyber security of vehicles: protection against unauthorized access from the outside and against the failure of the electronic systems. They are also busy with working out recommendations concerning automatic steering functions (ACSF). The interaction problems of the driver and the vehicle were taken into account to develop the basic principles of the design and construction of automated control systems. These principles are published in Appendix 5 of the Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3). The draft technical regulations regarding transport automation control were proposed which included: a classification of ACSF; regulations to ACSF; test procedures. The data on existing UN rules relating to board ITS, the status and prospects of standard regulatory technologies of board ITS in Russia and the Eurasian Economic Union were published.

*Key words:* vehicles, intelligent transport systems (ITS), control automation, international requirements

### **References**

1. Noy I. Harmonized research on ITS. – ITS Round Table, 18.02.2004, UNECE, Geneva.
2. Hiramatsu K. The Idea of “Driver in the Loop” in Advanced Driver Assistance Systems. – 12<sup>th</sup> ITS Informal Group Meeting within WP.29, 10.03.2006, UNECE, Geneva.
3. SAE J3016. Standard: Taxonomy and Definitions for Terms Related to On-Road Motor Vehicle Automated Driving Systems. Issued: 2014-01-16 – SAE International Inc., 2014.

4. Design Principles for Control Systems of ADAS. – Annex 5 to Consolidated Resolution on the Construction of Vehicles (R.E.3). – document ECE/TRANS/WP.29/78/Rev.3. – 23 January 2014, UNECE, Geneva.

5. Guidelines on establishing requirements for high-priority warning signals. –.document ECE/TRANS/WP.29/2011/90. – 8 April 2011, UNECE, Geneva.

6. Proposal for amendments to Regulation No. 79 to include ACSF > 10 km/h – document ACSF-03-03-Rev.1. – 3<sup>rd</sup> meeting of the GRRF informal working group on Automatically Commanded Steering Function (ACSF). – 1-3 September 2015, Munich.

Kisulenko B.V., Bocharov A.V. [Activities of the UNECE World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29) in the field of Intelligent Transport Systems and Automated Driving]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 13–21. (In Russian)

**Лихачёв Дмитрий Сергеевич**

инженер-конструктор 1-й категории отдела «Коробки передач» управления «Системы, узлы и агрегаты» центра «Автомобили и тракторы», ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», г. Москва 125438, Российская Федерация

E-mail: dmitriy.likhachev@nami.ru

**Тараторкин Игорь Александрович, д-р техн. наук, профессор**

заведующий отделом ИМАШ УрО РАН, г. Екатеринбург 620049, Российская Федерация

**Харитонов Сергей Александрович, канд. техн. наук, доцент**

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»,

г. Москва 105005, Российская Федерация

Статья поступила 01.11.2016

## ОСОБЕННОСТИ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАГРУЖЕННОСТИ ТРАНСМИССИИ ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА С КОМБИНИРОВАННОЙ ЭНЕРГОУСТАНОВКОЙ

В рамках научно-исследовательской работы решается задача снижения динамической нагрузки элементов трансмиссии автомобиля с комбинированной энергоустановкой, учитывая силовое и кинематическое воздействие двигателя внутреннего сгорания (ДВС) на транспортное средство, наличие электродвигателя как дополнительного элемента динамической системы с собственными инерционно-жесткостными параметрами и особенности динамической нагрузки автоматической коробки передач без гидротрансформатора, являющегося, как правило, низкочастотным фильтром крутильных колебаний трансмиссии. Одним из путей решения такого типа задач является применение численных методов решения при компьютерном моделировании динамики различных систем автомобиля. Компьютерное моделирование численными методами позволяет многократно использовать математическую модель в однотипных численных экспериментах, по результатам которых можно оптимизировать характеристики разрабатываемого изделия, сокращая тем самым существенные затраты времени, труда и материалов на изготовление прототипов и проведение большого объема экспериментальных и доводочных работ на этапе создания конструкции. В статье представлены результаты математического моделирования динамической нагрузки механической системы «ДВС – электродвигатель (ЭД) – трансмиссия – транспортная машина», определены модальные характеристики (частота и форма собственных колебаний) системы, выполнен расчёт динамической нагрузки на установившихся режимах. Характеристики рассматриваемой динамической системы определяются на основе разложения в ряд Фурье точного численного решения уравнения динамики системы. В качестве критерия оценки допустимого уровня динамической нагрузки предложен целевой параметр – угловое ускорение инерционных масс ведущих элементов коробки передач, получаемое по результатам анализа процесса буксования фрикционных муфт и определения закладываемого в конструкции коэффициента запаса по сцеплению. Разработанная математическая модель позволяет оценивать амплитудно-частотные характеристики рассматриваемой системы, на основании которых определяются требуемые упруго-диссипативные параметры гасителя крутильных колебаний.

*Ключевые слова:* автомобильное транспортное средство, комбинированная энергоустановка, трансмиссия, гаситель крутильных колебаний

### Литература

1. Лихачёв Д.С. Обзор вариантов расположения гасителя крутильных колебаний в транспортных средствах с комбинированными энергоустановками // Труды НАМИ. – 2015. – № 4 (263). – С. 159–169.
2. Нагайцев М.М. Анализ возможности использования несинхронизированных зубчатых муфт в автоматической коробке передач // Труды НАМИ. – 2015. – № 4 (263). – С. 140–158.

3. Гимадиев А.Г., Грешняков П.И., Синяков А.Ф. LMS Imagine.Lab AMESim как эффективное средство моделирования динамических процессов в мехатронных системах [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие. – Электрон. текстовые и граф. дан. (4,8 Мбайт). – Самара: Изд-во СамНЦ РАН, 2014. – 1 эл. опт. диск (CD-ROM).
4. LMS Imagine.Lab Amesim. Integrated simulation platform for multi-domain mechatronic systems simulation. URL: <http://www.plm.automation.siemens.com> (дата обращения: 01.11.2016).
5. LMS IMAGINE.LAB AMESIM. URL: [http://novatest.ru/equipment/raschetno-eksperimentalnoe\\_modelirovanie/mehatronika\\_modelirovanie](http://novatest.ru/equipment/raschetno-eksperimentalnoe_modelirovanie/mehatronika_modelirovanie) (дата обращения: 01.11.2016).
6. ОСТ В3-5300-94 Трансмиссии ВГМ. Метод расчёта стационарных крутильных колебаний, возбуждаемых двигателем внутреннего сгорания / ВНИИТрансмаш. – Л.: 1994. (№ 035.05 Программа расчёта стационарных крутильных колебаний, возбуждаемых двигателем внутреннего сгорания / ВНИИТрансмаш. – СПб.: 2005.).
7. Калинин С.В. Основы вибрации. – М.: МЭИ (ТУ). – 20 с.
8. Лихачёв Д.С., Тараторкин И.А., Харитонов С.А. Анализ возмущающих крутящих моментов силовых установок средствами программного пакета LMS Imagine.Lab AMESim // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 83–92.
9. Проектирование полноприводных колёсных машин. Учебник для вузов. В 3-х томах / Под. общ. ред. А.А. Полунгяна. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – Т. 2. – 527 с.
10. Зельцерман И.М., Каминский Д.М., Оношко А.Д. Фрикционные муфты и тормоза гусеничных машин. – М.: Машиностроение, 1965. – 240 с.
11. Проектирование трансмиссий автомобилей: Справочник / Под общ. ред. А.И. Гришкевича. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с., ил.

Лихачёв Д.С., Тараторкин И.А., Харитонов С.А. Особенности динамической нагруженности трансмиссии транспортного средства с комбинированной энергоустановкой // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 22–31.

### ***Likhachev D.S.***

design engineer of “Gearboxes” of department “Systems, assemblies and aggregates” of Centre “Automobiles and tractors”, Federal State Unitary Enterprise “Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute” (FSUE “NAМИ”), Moscow 125438, Russian Federation

E-mail: [dmitriy.likhachev@nami.ru](mailto:dmitriy.likhachev@nami.ru)

***Taratorkin I.A., D.Sc. (Eng), professor***

head of department, Institute of Engineering Science, RAS (Ural Branch), Ekaterinburg 620049, Russian Federation

***Kharitonov S.A., PhD (Eng), associate professor***

Bauman Moscow State Technical University, Moscow 105005, Russian Federation

Received 01 November 2016

## **FEATURES OF THE DYNAMIC LOADING ON A VEHICLE TRANSMISSION EQUIPPED WITH A COMBINED POWER UNIT**

The optimum location of torsional vibration dampers in a vehicle transmission with combined power unit is determined as part of the research work. The research takes into consideration the powerful and kinematic impact of the internal combustion engine (ICE) on a vehicle, the presence of the electric motor as an additional element of a dynamic system with its own inertia and stiffness parameters, and peculiarities of the dynamic loading of the automatic transmission without hydraulic torque converter, which, is as a rule, a low-pass filter transmission of torsional vibrations. One way to solve this type of problem is the use of numerical computer methods in dynamics modeling of the various systems of the vehicle. Computer modeling by means of numerical methods makes it possible to reuse the same type of a mathematical model in numerical experiments the results of which can optimize the characteristics of the developed product, thus, reducing substantially time, labor and materials for the manufacture of the prototypes and carrying out a large amount of experimental and finishing work at the final construction stage. The article presents the mathematical modeling results dynamic loading of the mechanical system “ICE – electric motor – transmission – transport vehicle”; the modal characteristics of the system are determined (frequency and form of natural vibrations); the dynamic loading at a steady stage is calculated. The characteristics of the considered dynamic system are defined on the basis of the expansion of Fourier

row to make an exact numerical equation of dynamics system decision. As a criterion for evaluating the permissible dynamic loading level a target parameter is proposed – the angular acceleration of the inertial mass of the gearbox leading elements. The parameter is obtained as a result of analyzing the process of slipping friction clutches and is determined by a linkage safety coefficient which is an element of the design. The developed mathematical model allows to evaluate the amplitude-frequency response characteristics of the considered system, on the basis of which the required elastic and dissipative parameters of torsional vibration damper are determined.

*Key words:* vehicle, combined power unit, transmission, torsional vibration damper

## References

1. Likhachev D.S. [Overview damper layout options torsional vibrations in vehicles with combined power units]. *Trudy NAMI*, 2015, no. 4 (263), pp. 159–169. (In Russian)
2. Nagaytsev M.M. [Analysis of the possibility of using unsynchronized toothed clutch in an automatic transmission]. *Trudy NAMI*, 2015, no. 4 (263), pp. 140–158. (In Russian)
3. Gimadiev A.G., Greshnyakov P.I., Sinyakov A.F. [LMS Imagine.Lab AMESim as an effective means of dynamic processes in the modeling of mechatronic systems. Electronic textbook]. Samara, SamNTs RAN Publ., 2014. CD-ROM. (In Russian)
4. LMS Imagine.Lab Amesim. Integrated simulation platform for multi-domain mechatronic systems simulation. Available at: <http://www.plm.automation.siemens.com> (accessed 01 November 2016). (In Russian)
5. LMS IMAGINE.LAB AMESIM. Available at: [http://novatest.ru/equipment/raschetno-eksperimentalnoe\\_modelirovanie/mehatronika\\_modelirovanie](http://novatest.ru/equipment/raschetno-eksperimentalnoe_modelirovanie/mehatronika_modelirovanie) (accessed 01 November 2016). (In Russian)
6. [OST V3-5300-94 Transmissions VGM. The method of calculation of stationary torsional vibrations excited by an internal combustion engine]. Leningrad, VNIITransmash Publ., 1994. (In Russian)
7. Kalinin S.V. [Vibration bases]. Moscow, MEI (TU) Publ. 20 p. (In Russian)
8. Likhachev D.S., Taratorkin I.A., Kharitonov S.A. [Analysis of disturbing torque by means of LMS Imagine.Lab AMESim software package]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 83–92. (In Russian)
9. [Design of four-wheel drive wheeled vehicles. Textbook for high schools. The 3 volumes. Ed. Polungyan A.A.]. Moscow, MGTU im. N.E. Bauman Publ., 2008. Vol. 2. 527 p. (In Russian)
10. Zel'tserman I.M., Kaminskiy D.M., Onopko A.D. [Friction clutches and brakes tracked vehicles]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1965. 240 p. (In Russian)
11. [Design vehicles transmission: Manual. Ed. Grishkevich A.I.]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1984. 272 p. (In Russian)

Likhachev D.S., Taratorkin I.A., Kharitonov S.A. [Features of the dynamic loading on a vehicle transmission equipped with a combined power unit]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 22–31. (In Russian)

*Блохин Александр Николаевич, канд. техн. наук, доцент*

Кафедра «Автомобили и тракторы», ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», г. Нижний Новгород 603950, Российская Федерация

E-mail: a.n.blokhin@gmail.com

Статья поступила 20.10.2016

## РАЗРАБОТКИ В ОБЛАСТИ РОБОТИЗИРОВАННЫХ МЕХАНИЧЕСКИХ ТРАНСМИССИЙ

В статье представлены совместные разработки ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» и Группы «КОМ» в области роботизированных интеллектуальных механических многоступенчатых трансмиссий, выполненные в период 2008–2016 гг. Представлены технические характеристики высоко унифицированного семейства шестиступенчатых, а также восьми-, двенадцати- и шестнадцатиступенчатых коробок передач, разработанных на базе ранее выполненных работ во ФГУП «НАМИ» и Группой «КОМ». Представлены механизмы автоматического управления фрикционным сцеплением и переключения ступеней для рассмотренных семейств коробок передач. Описаны особенности разработанных трансмиссий, основными из которых являются электропневматический привод управления редукторов коробки передач и механизмов управления сцеплением; полностью автоматическое управление сцеплением и делителем (при его наличии), наличие автоматического и командного (полуавтоматического) режима переключения передач в основном редукторе; а также повышенная надёжность систем управления трансмиссией за счёт использования, помимо основной микропроцессорной системы, ещё двух дополнительных резервных систем управления, в том числе механической. Рассмотрена укрупнённая схема системы управления многоступенчатой трансмиссией, которая является программно-аппаратным комплексом, позволяющим решать задачи управления сцеплением и переключения передач во всём диапазоне режимов работы автомобиля на основе заложенного в блок управления закона, при этом связь блока управления трансмиссией с блоками управления двигателем и блоком отображения информации (индикации) в режиме автоматического интеллектуального управления осуществляется по шине CAN (протокол SAE 1939). В работе представлен специализированный стенд для многофункциональных испытаний узлов и агрегатов механических трансмиссий автомобилей с автоматическим или командным управлением, разработанный и изготовленный в ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева», на котором проводились испытания базовых модификаций коробок передач и механизмов автоматического управления сцеплением. Даны технические характеристики стенда, его назначение, возможные виды испытаний. Представлены некоторые результаты стендовых и дорожных испытаний механической шестнадцатиступенчатой коробки передач ТМ16-2000 с автоматическим и командным управлением и механизмов автоматического управления сцеплением на автомобиле КамАЗ-65117.

*Ключевые слова:* механические коробки передач, роботизированные трансмиссии, автоматическое управление

### Литература

1. Бухарин Н.А. Основы проектирования механизмов автоматического управления автомобилем. – Л.–М.: Издательство Наркомхоза РСФСР, 1941. – 164 с.
2. Айзерман М.А. Автоматика переключения передач. – М.: Машгиз, 1948. – 139 с.
3. Петров В.А. Автоматические сцепления автомобилей. – М.: Машгиз, 1961. – 278 с.
4. Петров В.А. Автоматические системы транспортных машин. – М.: Машиностроение, 1974. – 336 с.
5. Недялков А.П. Исследование процесса синхронизации в коробках передач, работающих с пневматическим приводом // Труды НАМИ. – 1965. – № 72. – С. 135–191.
6. Недялков А.П. Анализ процесса разблокировки синхронизатора коробки передач // Труды НАМИ. – 1965. – № 72. – С. 191–200.
7. Недялков А.П. Анализ работы центробежного регулятора с неустойчивой характеристикой для автоматического переключения передач // Труды НАМИ. – 1963. – № 57. – С. 41–62.

8. Недялков А.П. Система автоматического управления сцеплением // Труды НАМИ. – 1963. – № 57. – С. 30–40.
  9. Недялков А.П. Механические синхронизированные коробки передач // Труды НАМИ. – 1993. – № 214. – С. 73–85.
  10. Александров Е.Б., Недялков А.П., Трикоз А.А. Сопоставление двух вариантов блокировки планетарных демальтипликаторов многоступенчатых коробок передач по величинам усилий между звеньями и времени синхронизации при переключении диапазонов демальтипликаторов // Труды НАМИ. – 1999. – № 223. – С. 96–107.
  11. Недялков А.П., Трикоз А.А. Расчёт основных элементов синхронизаторов коробки передач // Труды НАМИ. – 2002. – № 230. – С. 160–169.
  12. Недялков А.П., Ипатов А.А. Перспективы создания типоразмерного ряда унифицированных механических ступенчатых коробок передач с автоматизированным управлением // Труды НАМИ. – 2004. – № 232. – С. 11–62.
  13. Недялков А.П., Ипатов А.А. Перспективные разработки конструкций механических коробок передач с механическим и автоматическим управлением // Труды НАМИ. – 2004. – № 232. – С. 63–89.
  14. Недялков А.П., Блохин А.Н., Маньковский В.В. Инновационные коробки передач «КОМ-НАМИ» с механическим и автоматизированным управлением // Наука и Образование: электронное научно-техническое издание. – 2011. – № 9. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/214551.html> (дата обращения: 20.10.2016).
  15. Недялков А.П., Блохин А.Н. Применение опережающих технических решений при создании механических ступенчатых коробок передач с автоматизированным управлением // Наука и Образование: электронное научно-техническое издание. – 2011. – № 2. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/165381.htm> (дата обращения: 20.10.2016).
  16. Недялков А.П., Гируцкий О.И., Маньковский В.В. Типоразмерный ряд перспективных механических коробок передач для автомобилей, автобусов, автопоездов // Труды НАМИ. – 2013. – № 253. – С. 38–69.
  17. Недялков А.П., Блохин А.Н., Кропп А.Е. Результаты стендовых испытаний шестнадцатиступенчатой коробки передач с автоматическим управлением // Наука и Образование: электронное научно-техническое издание. – 2013. – № 12. URL: <http://technomag.edu.ru/doc/671097.html> (дата обращения: 20.10.2016).
  18. Румянцев Л.А. Проектирование автоматизированных автомобильных сцеплений. – М.: Машиностроение, 1975. – 176 с.
  19. Гаспарянц Г.А. Некоторые автоматические системы автомобиля: Учебное пособие. – М.: «МАМИ», 1974. – 218 с.
  20. Есеновский-Лаишков Ю.К., Поляк Д.Г. Автоматика органов управления сцеплением // Автомобильная промышленность. – 1986. – № 2. – С. 14–15.
  21. Есеновский-Лаишков Ю.К., Поляк Д.Г. Автоматизация управления сцеплением: проблемы, перспективы, области применения // Автомобильная промышленность. – 1983. – № 8. – С. 17–19.
  22. Есеновский-Лаишков Ю.К., Поляк Д.Г. Современные концепции автоматизации механических трансмиссий грузовых автомобилей // Автомобильная промышленность. – 1996. – № 12. – С. 6–12.
  23. Гируцкий О.И., Есеновский-Лаишков Ю.К., Поляк Д.Г. Электронные системы управления агрегатами автомобиля. – М.: Транспорт, 2000. – 213 с.
  24. Руктеиель О.С. Основы проектирования систем автоматического управления агрегатами транспортного средства: Учебно-методическое пособие. – Минск: БНТУ, 2012. – 111 с.
  25. Котиев Г.О., Нагайцев М.В., Курочкин Ф.Ф. К вопросу об обеспечении требуемого «перекрытия» передач при переключении в автоматических коробках передач транспортных машин // Журнал ААИ. – 2008. – № 2. – С. 36–41.
  26. Васильев В.В., Котиев Г.О., Горбатовский А.В. Анализ конструкций коробок передач колёсных машин для эксплуатации в тяжёлых условиях // Наука и Образование: электронное научно-техническое издание. – 2015. – № 4. URL: <http://technomag.neicon.ru/doc/764202.html> (дата обращения: 20.10.2016).
  27. Котиев Г.О., Васильев В.В., Горбатовский А.В. Оценка эффективности применения автоматической трансмиссии типа «гидротрансформатор – сцепление – коробка передач» // Тракторы и сельхозмашины. – 2016. – № 2. – С. 16–20.
  28. Blokhin A., Mankovsky V., Kropp A. The study of the automatic manual truck transmission clutch performance. Proceedings of the 2015 International Conference on Electrical, Automation and Mechanical Engineering (EAME 2015). AER – Advances in Engineering Research, 2015, vol. 13, pp. 421-424.
- Блохин А.Н. Разработки в области роботизированных механических трансмиссий // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 32–44.

**Blokhin A.N., PhD (Eng), associate professor**

Department "Automobiles and Tractors", Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod 603950, Russian Federation

E-mail: a.n.blokhin@gmail.com

Received 20 October 2016

## DEVELOPMENTS IN THE FIELD OF ROBOTIZED MECHANICAL TRANSMISSION

The paper presents the joint developments in the field of intelligent robotic mechanical multistage transmissions which were made by the Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev (NNSTU) and Group "KOM" in the period from 2008 to 2016. The technical specifications of a unified family of six-, eight-, twelve- and sixteen-speed gearboxes have been described, and all of them had been developed on the basis of earlier researches performed by the FSUE "NAMI" and Group "KOM". The mechanisms of automatic friction clutch control and gear change for families of the above gearboxes were also described. The features of the worked out transmissions were defined, the main of them were: electro pneumatic control drive of the gear and clutch mechanisms; fully automatic clutch control and divider (if any); the availability of automatic and manual mode (semi-automatic) in the main gearbox; as well as the increased reliability of transmission control systems at the expense of two control reserve systems, including mechanical, in addition to the main microprocessor system. The enlarged control scheme of a multi-functional transmission unit which works as a software-hardware complex was considered. The system allows to solve control tasks of the clutch and gear shifting of the vehicle in operating conditions on the basis of the original control law laid down in the vehicle. The link of the transmission control unit with the engine and information display control unit (display) is done via the CAN (SAE, protocol 1939) in the intelligent automatic control mode. The paper presents a specialized multi-functional bench which had been developed and manufactured in the NNSTU for testing components and assemblies of mechanical transmissions, and vehicles with automatic or mechanically controlled transmission. On the stand the basic modifications of gearboxes and automatic clutch control mechanisms were tested. The technical characteristics of the stand were described as well as its purpose, and test possibilities. Some results of bench and road tests of mechanical sixteen-speed TM16-2000 gearbox with automatic and mechanical control, and the automatic control mechanisms of KamAZ-65117 clutch were presented.

*Key words:* mechanical gearbox, robotized transmission, automatic control

### References

1. Bukharin N.A. [Basis of design of automatic driving mechanism]. Leningrad, Moscow, Narkomkhoz RSFSR Publ., 1941. 164 p. (In Russian)
2. Ayzerman M.A. [Automatic gearshift]. Moscow, Mashgiz Publ., 1948. 139 p. (In Russian)
3. Petrov V.A. [Automatic vehicle clutch]. Moscow, Mashgiz Publ., 1961. 278 p. (In Russian)
4. Petrov V.A. [Automatic systems of transport vehicles]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1974. 336 p. (In Russian)
5. Nedyalkov A.P. [Research of process synchronization transmissions with pneumatically driven]. *Trudy NAMI*, 1965, no. 72, pp. 135–191. (In Russian)
6. Nedyalkov A.P. [Analysis unlocking process of gearbox synchronizer]. *Trudy NAMI*, 1965, no. 72, pp. 191–200. (In Russian)
7. Nedyalkov A.P. [Analysis of the centrifugal regulator with unstable characteristic for automatic transmission]. *Trudy NAMI*, 1963, no. 57, pp. 41–62. (In Russian)
8. Nedyalkov A.P. [Automatic control system of the clutch]. *Trudy NAMI*, 1963, no. 57, pp. 30–40. (In Russian)
9. Nedyalkov A.P. [Mechanical synchronized gearbox]. *Trudy NAMI*, 1993, no. 214, pp. 73–85. (In Russian)
10. Aleksandrov E.B., Nedyalkov A.P., Trikoz A.A. [A comparison of the two versions of the lock splitter multistage planetary gearboxes for the amount of force between links and time synchronization under switching splitter ranges]. *Trudy NAMI*, 1999, no. 223, pp. 96–107. (In Russian)
11. Nedyalkov A.P., Trikoz A.A. [Calculation of basic elements of synchronizers gearbox]. *Trudy NAMI*, 2002, no. 230, pp. 160–169. (In Russian)
12. Nedyalkov A.P., Ipatov A.A. [Prospects of standard series unified mechanical stepped gearbox with automatic control]. *Trudy NAMI*, 2004, no. 232, pp. 11–62. (In Russian)



13. Nedyalkov A.P., Ipatov A.A. [Future development of structures of mechanical gearboxes with mechanical and automatic control]. *Trudy NAMI*, 2004, no. 232, pp. 63–89. (In Russian)
  14. Nedyalkov A.P., Blokhin A.N., Mankovsky V.V. [Innovative “KOM-NAMI” gearboxes with mechanical and automatic control]. *Nauka i Obrazovanie*, 2011, no. 9. Available at: <http://technomag.neicon.ru/en/doc/214551.html> (accessed 20 October 2016). (In Russian)
  15. Nedyalkov A.P., Blokhin A.N. [The use of advanced technical solutions in the design a mechanical stepped gearbox with automatic control]. *Nauka i Obrazovanie*, 2011, no. 2. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/165381.html> (accessed 20 October 2016). (In Russian)
  16. Nedyalkov A.P., Girutskiy O.I., Mankovsky V.V. [Standard series of advanced manual transmissions for automobiles, buses, lorry convoy]. *Trudy NAMI*, 2013, no. 253, pp. 38–69. (In Russian)
  17. Nedyalkov A.P., Blokhin A.N., Kropp A.E. [Bench test results of a sixteen-step gearbox with automatic control]. *Nauka i Obrazovanie*, 2013, no. 12. Available at: <http://technomag.neicon.ru/en/doc/671097.html> (accessed 20 October 2016). (In Russian)
  18. Rumyantsev L.A. [Design of automated automobile clutches]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1975. 176 p. (In Russian)
  19. Gasparyants G.A. [Some of the automatic system of the vehicle]. Moscow, MAMI Publ., 1974. 218 p. (In Russian)
  20. Esenovskiy-Lashkov Yu.K., Polyak D.G. [Automatic clutch controls]. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 1986, no. 2, pp. 14–15. (In Russian)
  21. Esenovskiy-Lashkov Yu.K., Polyak D.G. [Automation clutch control: problems, prospects and applications]. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 1983, no. 8, pp. 17–19. (In Russian)
  22. Esenovskiy-Lashkov Yu.K., Polyak D.G. [Modern automation concepts of mechanical transmissions of trucks]. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 1996, no. 12, pp. 6–12. (In Russian)
  23. Girutskiy O.I., Esenovskiy-Lashkov Yu.K., Polyak D.G. [Electronic vehicle unit control system]. Moscow, Transport Publ., 2000, 213 p. (In Russian)
  24. Ruktshel' O.S. [Fundamentals of automatic control systems of the vehicle units]. Minsk, BNTU Publ., 2012. 111 p. (In Russian)
  25. Kotiev G.O., Nagaytsev M.V., Kurochkin F.F. [Providing required “overlap” under changing gears in automatic transmissions of transport vehicles]. *Zhurnal AAI*, 2008, no. 2, pp. 36–41. (In Russian)
  26. Vasil'ev V.V., Kotiev G.O., Gorbatovskiy A.V. [Analyzing the wheeled vehicle gearbox structures for running in harsh conditions]. *Nauka i Obrazovanie*, 2015, no. 4. Available at: <http://technomag.neicon.ru/en/doc/764202.html> (accessed 20 October 2016). (In Russian)
  27. Kotiev G.O., Vasil'ev V.V., Gorbatovskiy A.V. [Estimation of use efficiency of automatic transmission of “torque converter – coupling – gearbox” type]. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2016, no. 2, pp. 16–20. (In Russian)
  28. Blokhin A., Mankovsky V., Kropp A. The study of the automatic manual truck transmission clutch performance. Proceedings of the 2015 International Conference on Electrical, Automation and Mechanical Engineering (EAME 2015). AER – Advances in Engineering Research, 2015, vol. 13, pp. 421-424.
- Blokhin A.N. [Developments in the field of robotized mechanical transmission]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 32–44. (In Russian)

*Дьяков Алексей Сергеевич, канд. техн. наук, доцент<sup>1</sup>*

E-mail: diakov57@list.ru

*Котиев Георгий Олегович, д-р техн. наук, профессор*

заведующий кафедрой<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Кафедра «Колёсные машины», ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», г. Москва 105005, Российская Федерация

Статья поступила 21.10.2016

## ОСНОВЫ МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ХОДОВЫХ СИСТЕМ БЕЗЭКИПАЖНЫХ НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Для развития различных отраслей экономики и обеспечения обороноспособности страны особое значение имеет эффективное выполнение транспортных задач в условиях, опасных для человека. Особая роль в решении этой проблемы отводится безэкипажным наземным транспортным средствам (БНТС). Особый интерес представляют автономные высокоподвижные БНТС, так как в дистанционно управляемых присутствуют ограничения, накладываемые психофизиологическими характеристиками оператора, связанные с адекватным анализом ситуации и воздействием на органы управления. Существующие методы проектирования ходовых систем экипажных транспортных средств направлены на обеспечение управляемого движения при ограничениях по виброударным нагрузкам на экипаж и по скорости восприятия зрительной информации и воздействию на органы управления. В этой связи необходимо создание других методов проектирования ходовых систем БНТС, отличающихся отсутствием ограничений, накладываемых человеком на борту, чем существующие для наземных транспортных средств с колёсными, гусеничными и другими типами двигателей. В работе представлены основы метода проектирования ходовых систем высокоподвижных БНТС, сутью которого является научное обоснование совокупности перспективных эксплуатационных свойств БНТС, обеспечивающих качественно новый уровень подвижности за счёт отсутствия ограничений, накладываемых психофизиологическими возможностями экипажа. Перспективные показатели определяются на основе результатов имитационного математического моделирования динамики БНТС на ЭВМ с учётом «больших» перемещений отдельных элементов общей системы. Таким образом, применение нового метода проектирования ходовых систем высокоподвижных БНТС позволяет осуществить научно обоснованный выбор типа двигателя и провести оптимизацию конструктивных параметров ходовых систем при отсутствии ограничений, связанных с психофизиологическими возможностями человека.

*Ключевые слова:* безэкипажное транспортное средство, ходовая система, подвижность, математическое моделирование, динамика, оптимизация, технико-экономический анализ

### Литература

1. Батанов А.Ф., Грицынин С.Н., Муркин С.В. Робототехнические системы для применения в условиях чрезвычайных ситуаций // Специальная техника. – 2000. – № 2. – С. 16.
2. Рудянов Н.А., Хрущёв В.С. Обоснование облика боевых и обеспечивающих робототехнических комплексов сухопутных войск // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – Вып. 8. URL: <http://engjournal.ru/catalog/pribor/robot/937.html> (дата обращения: 05.09.2016).
3. Носков В.П., Рубцов И.В. Опыт решения задачи автономного управления движением мобильных роботов // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2005. – № 12. – С. 21–24.
4. Латшов В.С., Носков В.П., Рубцов И.В. Опыт создания автономных мобильных робототехнических комплексов специального назначения // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Серия: Машиностроение. – 2012. – Спец. вып. «Специальная робототехника и мехатроника». – С. 7–23.
5. Шеремет И.Б., Рудянов Н.А., Рябов А.В., Хрущёв В.С. Проблемы развития роботизированного вооружения сухопутных войск // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 3. – С. 21–24.

6. Котиев Г.О., Дьяков А.С. Метод разработки ходовых систем высокоподвижных безэкипажных наземных транспортных средств // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2016. – Т. 174. – № 1. – С. 186–197.
7. ГОСТ 31191.1-2004 (ИСО 2631-1:1997) Измерение общей вибрации и оценка её воздействия на человека. – Введ. 2008–07–01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 28 с.
8. ГОСТ Р 52302-2004 Автотранспортные средства. Управляемость и устойчивость. Технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2006–01–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 28 с.
9. ГОСТ 27435-87 Внутренний шум автотранспортных средств. Допустимые уровни и методы измерений. – Введ. 1987–09–29. – М.: Издательство стандартов, 1987. – 11 с.
10. ГОСТ Р 52280-2004 Автомобили грузовые. Общие технические требования. – Введ. 2005–07–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2005. – 15 с.
11. ГОСТ Р 51709-2001 Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. – Введ. 2002–01–01. – М.: Стандартинформ, 2002. – 41 с.
12. ГОСТ Р 51206-2004 Автотранспортные средства. Содержание загрязняющих веществ в воздухе пассажирского помещения и кабины. Нормы и методы испытаний. – Введ. 2006–01–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2006. – 12 с.
13. ГОСТ Р 50993-96 Автотранспортные средства. Системы отопления, вентиляции и кондиционирования. Требования к эффективности и безопасности. – Введ. 1997–07–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1997. – 11 с.
14. ГОСТ Р 51266-99 Автомобильные транспортные средства. Обзорность с места водителя. Технические требования. Методы испытаний. – Введ. 2000–01–01. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 27 с.
15. Груздев Н.И. Танки. Теория: учеб. пособие для академий и втузов. – Свердловск: Государственное издательство машиностроительной литературы, 1944. – 481 с.
16. Программный комплекс «Универсальный механизм». URL: <http://www.umlab.ru/pages/index.php?id=1> (дата обращения 24.02.2016).
17. Горбцов А.С., Карпов С.К., Поляков Ю.А. Особенности построения пространственных динамических моделей автомобилей с учётом больших движений твёрдых тел // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2013. – Вып. 6, ч. 1. – С. 102–115.
18. Рождественский Ю.Л., Машков К.Ю. О формировании реакций при качении упругого колеса по недеформируемому основанию в режимах бортового поворота // Труды МВТУ им. Н.Э. Баумана: Вопросы расчёта и конструирования гусеничных машин. – 1982. – № 390. – С. 80.

Дьяков А.С., Котиев Г.О. Основы метода проектирования ходовых систем безэкипажных наземных транспортных средств // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 45–53.

**Diakov A.S., PhD (Eng), associate professor<sup>1</sup>**

E-mail: diakov57@list.ru

**Kotiev G.O., D.Sc. (Eng), professor**

head of department<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department “Wheel Vehicles”, Bauman Moscow State Technical University, Moscow 105005, Russian Federation

Received 21 October 2016

## **BASIC OF THE METHOD OF DESIGNING CHASSIS SYSTEMS OF UNMANNED GROUND VEHICLES**

The effective solution of transport problems is of special importance for the development of various sectors of economy and ensuring the defense of the country in conditions dangerous for humans. A special role in solving this problem is given to unmanned ground vehicles (UGV). A highly mobile autonomous UGV is of particular interest, as a remote-controlled means is restricted by psycho-physiological characteristics of an operator and is associated with his adequate analysis of the situation and his impact on steering. The existing methods of designing vehicle chassis systems are aimed at ensuring the controlled

motion to constrain the vibro impact loads on the crew and differ in the speed of perception of visual information and the impact on steering. In this regard, it is necessary to create other designs of UGV chassis systems, that might be characterized by the absence of restrictions imposed by man on board compared to the existing wheeled vehicles, caterpillars and other propulsion types of ground vehicles. This paper presents a new method for the design of highly mobile chassis systems for unmanned vehicles (UGV), which are created on a scientifically based coordination of advanced performance properties and provide a qualitatively new level of mobility due to the absence of constraints which might be caused by psychophysiological capabilities of the crew. The perspective indicators are grounded and determined by the results of a computer mathematical modeling of UGV dynamics considering “large” movement of individual elements of the overall system. Thus, the use of a new method of designing chassis systems for highly mobile UGV allows to select a scientifically based type of propulsion and optimize design parameters of running systems without any limitations associated with psychophysiological human capabilities.

*Key words:* unmanned vehicle, chassis system, mobility, mathematical modeling, dynamics, optimization, technical and economic analysis

## References

1. Batanov A.F., Gritsynin S.N., Murkin S.V. [Robotic systems for employment in emergencies]. *Spetsial'naya tekhnika*, 2000, no. 2, p. 16. (In Russian)
2. Rudianov N.A., Khrushchev V.S. [Justification appearance of combat and support robotic systems of ground forces]. *Inzhenernyy zhurnal: nauka i innovatsii*, 2013, issue 8. Available at: <http://engjournal.ru/catalog/pribor/robot/937.html> (accessed 05 September 2016). (In Russian)
3. Noskov V.P., Rubtsov I.V. [Experience in solving the problem of autonomous control the movement of mobile robots]. *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie*, 2005, no. 12, pp. 21–24. (In Russian)
4. Lapshov V.S., Noskov V.P., Rubtsov I.V. [Experience of development of autonomous mobile robot for special purposes]. *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Seriya: Mashinostroenie*, 2012, special issue “Spetsial'naya robototekhnika i mekhatronika”, pp. 7–23. (In Russian)
5. Sheremet I.B., Rudianov N.A., Ryabov A.V., Khrushchev V.S. [Justification of combat and support a family of robots to fight in]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki*, 2013, no. 3, pp. 21–24. (In Russian)
6. Kotiev G.O., Diakov A.S. [Method of developing high-mobility suspension systems of unmanned ground vehicles]. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki*, 2016, vol. 174, no. 1, pp. 186–197. (In Russian)
7. [GOST 31191.1-2004 (ISO 2631-1:1997) Evaluation of human exposure to whole-body vibration]. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 28 p. (In Russian)
8. [GOST R 52302-2004 Road vehicles. Handling and stability. Technical requirements. Test methods]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 2005, 28 p. (In Russian)
9. [GOST 27435-87 Internal noise of motor vehicles. Permissible levels and methods of measurement]. Moscow, Izdatel'stvo standartov Publ., 1987, 11 p. (In Russian)
10. [GOST R 52280-2004 Trucks. General technical requirements]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 2005, 15 p. (In Russian)
11. [GOST R 51709-2001 Motor vehicles and their trailers. Safety requirements for technical conditions and methods of inspection]. Moscow, Standartinform Publ., 2002, 41 p. (In Russian)
12. [GOST R 51206-2004 Motor vehicles. Content of pollutants in the air of passenger compartment and cabin. Norms and test methods]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 2006, 12 p. (In Russian)
13. [GOST R 50993-96 Motor vehicles. Heating, ventilation and air conditioning systems. Requirements for efficiency and safety]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 1997, 11 p. (In Russian)
14. [GOST R 51266-99 Automobile transport facilities. Visibility from the driver's seat. Technical requirements. Test methods]. Moscow, IPK Izdatel'stvo standartov Publ., 1999, 27 p. (In Russian)
15. Gruzdev N.I. [Tanks. Theory]. Sverdlovsk, Gosudarstvennoe izdatel'stvo mashinostroitel'noy literatury Publ., 1944, 481 p. (In Russian)
16. [The software package “Universal'nyy mekhanizm”]. Available at: <http://www.umlub.ru/pages/index.php?id=1> (accessed 24 February 2016). (In Russian)
17. Gorobtsov A.S., Karpov S.K., Polyakov Yu.A. [Features of spatial dynamic models of vehicles in view of the large movements of solids]. *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki*, 2013, issue 6, part 1, pp. 102–115. (In Russian)

18. Rozhdestvenskiy Yu.L., Mashkov K.Yu. [Formation of elastic reactions rolling wheels on the ground in non-deformable onboard turn modes]. *Trudy MVTU im. N.E. Baumana: Voprosy rascheta i konstruirovaniya gusenichnykh mashin*, 1982, no. 390, p. 80. (In Russian)

Diakov A.S., Kotiev G.O. [Basis of the method of designing chassis systems of unmanned ground vehicles]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 45–53. (In Russian)

**Вершинин Роман Валерьевич**

инженер-конструктор, ООО «КАТЕ», г. Москва 125438, Российская Федерация

E-mail: roman.vershinin@nami.ru

**Харитонов Сергей Александрович**, канд. техн. наук, доцент

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана»,

г. Москва 105005, Российская Федерация

Статья поступила 13.12.2016

## ОСОБЕННОСТИ РАСЧЁТА ЗУБЧАТЫХ ЗАЦЕПЛЕНИЙ И ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В статье рассматриваются проблемы, возникающие при расчёте на усталостную долговечность современных планетарных автоматических коробок передач (АКП). В частности, затрагиваются вопросы расчёта механических элементов, таких как зубчатые колёса, ресурс которых непосредственно связан с действующим на АКП нагрузочным режимом. Рассматриваются конструкции АКП с планетарными механизмами, получившие наибольшее распространение во всех типах легковых автомобилей. В качестве примера рассматривается широко используемая сегодня планетарная АКП ZF 8HP70. В статье приведён краткий обзор научных подходов к определению нагрузочных режимов для расчёта долговечности зубчатых колёс коробок передач легковых автомобилей отечественных и зарубежных авторов и оценена его применимость к современным АКП. Рассмотрены особенности эксплуатации и область применения АКП ZF 8HP70. Приведено сравнение ездовых циклов автомобилей, в которых используется одинаковая модель АКП. Рассмотрены современные способы определения нагрузочных режимов на основе имитационного моделирования движения автомобиля с учётом стиля вождения, типа дорожных условий, класса автомобиля и его полезной нагрузки. Описан способ оценки остаточного ресурса зубчатых колёс во время непосредственной эксплуатации автомобиля за счёт возможностей современных электронных блоков управления АКП, основанный на гипотезе о накоплении повреждений. Представлен способ повышения долговечности зубчатых колёс планетарной АКП, который реализуется в результате корректировки алгоритмов управления. Это возможно вследствие большого перекрытия передач, позволяющего осуществлять движение с заданной скоростью на нескольких соседних передачах.

*Ключевые слова:* автоматическая коробка передач, электронная система управления, долговечность, карта переключений, планетарные передачи, ездовой цикл, суммирование повреждений

### Литература

1. Харитонов С.А., Федоренков А.П., Нагайцев М.М. Анализ кинематических схем автоматических коробок перемены передач JATCO и AISIN AW CO., обладающих четырьмя степенями свободы // Журнал ААИ. – 2014. – № 5 (88). – С. 34–39.
2. Харитонов С.А., Федоренков А.П., Нагайцев М.М. Анализ кинематических схем автоматических коробок перемены передач ZF, обладающих четырьмя степенями свободы // Журнал ААИ. – 2015. – № 5 (94). – С. 52–59.
3. Naunheimer H., Bertsche B., Ryborz J., Novak W. Automotive transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application: Second Edition. – Heidelberg, Dordrecht, London, New York: Springer, 2011. – 715 p.
4. Дымишиц И.И. Коробки передач / Под ред. А.А. Липгарта. – М.: Машгиз, 1960. – 360 с.: ил.
5. Цитович И.С., Каноник И.В., Вавуло В.А. Трансмиссии автомобилей. – Минск: «Наука и техника», 1979. – 256 с.
6. Бутарович Д.О., Смирнов А.А. Распределение относительных пробегов лёгких коммерческих автомобилей по результатам дорожных испытаний // Журнал ААИ. – 2013. – № 6 (83). – С. 28–32.

7. ANSI/AGMA 6002-B93. American National Standard. Design Guide for Vehicle Spur and Helical Gears.
8. DIN 3990-41:1990-05. Tragfähigkeitsberechnung von Stirnrädern; Anwendungsnorm für Fahrzeuggetriebe.
9. In allen Fahrzeugklassen gefragt: Effiziente Pkw-Automatgetriebe von ZF [Электронный ресурс]. URL: [http://www.zf.com/corporate/de\\_de/press/list/release/release\\_12936.html](http://www.zf.com/corporate/de_de/press/list/release/release_12936.html) (дата обращения: 10.07.2016).
10. Boulter, P., McCrae, I., Joumard, R., André, M., Keller, M., Sturm, P., Hausberger S., et. Ali. (2007). ARTEMIS: Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems – Final Report, Deliverable Commission Européenne. Crowthorne, UK: TRL, TRL Report UPR/IE/044/07, 333 p.
11. Альгин В.Б. Расчёт мобильной техники: кинематика, динамика, ресурс. – Минск: Беларус. навука, 2014. – 271 с.
12. Jan-Peter Müller-Kose Repräsentative Lastkollektive für Fahrzeuggetriebe. – Shaker, 2002. – 230 s.
13. ISO 6336-6:2006(E) Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 6: Calculation of service life under variable load.
14. Foulard S., Rinderknecht S., Ichchou M. Real-time and on-line lifetime monitoring system for automotive transmissions. Application to a manual transmission. The 14th IFToMM World Congress, Taipei, Taiwan, October 25-30, 2015. – DOI: 10.6567/IFToMM.14TH.WC.OS6.005.

Вершинин Р.В., Харитонов С.А. Особенности расчёта зубчатых зацеплений и повышение ресурса многоступенчатых автоматических коробок передач в процессе эксплуатации // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 54–60.

***Vershinin R.V.***

engineer, LLC “KATE”, Moscow 125438, Russian Federation

E-mail: roman.vershinin@nami.ru

***Kharitonov S.A., PhD (Eng), associate professor***

Bauman Moscow State Technical University, Moscow 105005, Russian Federation

Received 13 December 2016

**SPECIFIC FEATURES OF GEARING CALCULATION AND THE INCREASE OF MULTISTAGE AUTOMATIC TRANSMISSIONS RESOURCE DURING VEHICLE OPERATION**

The article deals with the problems that arise at the fatigue calculation of modern planetary automatic transmissions (AT). In particular, it concerns the calculation issues of such mechanical components as gears the durability of which is directly related to the current load on the AT mode. In the article the automatic planetary transmission mechanisms which are most widespread in all types of cars have been considered. A widely used today planetary AT ZF 8HP70 was taken as an example. The article gave an overview of both domestic and overseas approaches to the definition of the load conditions to calculate the durability of passenger vehicles transmissions. Also the applicability of these approaches to modern AT was evaluated. The specific operation features and application of AT ZF 8HP70 were considered. The driving cycles of the cars with the same model of transmission were compared. The modern methods of determining the load conditions of the simulated vehicle motion were based on the driving style, road conditions, vehicle class and its payload. A method based on the accumulation damage hypothesis in AT was applied to assess the residual resource life of gears in vehicle operation at the expense of capabilities of modern electronic control units. The method made it possible to increase the durability of the planetary gear AT. The method was implemented due to the adjustment of control algorithms which was possible due to the advantages of the planetary transmission design. Particularly it was done due to a large overlap of transmission, which permitted to perform a vehicle motion at a given speed on several adjacent gears.

*Key words:* automatic transmission, electronic control system, durability, shift map, planetary gear transmission, driving cycle, summing of damages

## References

1. Kharitonov S.A., Fedorenkov A.P., Nagaytsev M.M. [The analysis of kinematic schemes of automatic transmission JATCO and AISIN AW CO., possessing four degrees of freedom]. *Zhurnal AAI*, 2014, no. 5 (88), pp. 34–39. (In Russian)
  2. Kharitonov S.A., Fedorenkov A.P., Nagaytsev M.M. [The analysis of kinematic schemes of automatic transmission ZF, possessing four degrees of freedom]. *Zhurnal AAI*, 2015, no. 5 (94), pp. 52–59. (In Russian)
  3. Naunheimer H., Bertsche B., Ryborz J., Novak W. *Automotive transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application: Second Edition*. Heidelberg, Dordrecht, London, New York, Springer, 2011. 715 p.
  4. Dymshits I.I. [Gearboxes. Ed. Lipgart A.A.]. Moscow, Mashgiz Publ., 1960. 360 p. (In Russian)
  5. Tsitovich I.S., Kanonik I.V., Vavulo V.A. [Vehicles transmissions]. Minsk, Nauka i tekhnika Publ., 1979. 256 p. (In Russian)
  6. Butarovich D.O., Smirnov A.A. [Distribution of relative hauls light commercial vehicles for road test results]. *Zhurnal AAI*, 2013, no. 6 (83), pp. 28–32. (In Russian)
  7. ANSI/AGMA 6002-B93. American National Standard. Design Guide for Vehicle Spur and Helical Gears.
  8. DIN 3990-41:1990-05. Tragfähigkeitsberechnung von Stirnrädern; Anwendungsnorm für Fahrzeuggetriebe.
  9. In allen Fahrzeugklassen gefragt: Effiziente Pkw-Automatgetriebe von ZF. Available at: [http://www.zf.com/corporate/de\\_de/press/list/release/release\\_12936.html](http://www.zf.com/corporate/de_de/press/list/release/release_12936.html) (accessed 10 July 2016).
  10. Boulter, P., McCrae, I., Joumard, R., André, M., Keller, M., Sturm, P., Hausberger S., et. Ali. (2007). ARTEMIS: Assessment and reliability of transport emission models and inventory systems – Final Report, Deliverable Commission Européenne. Crowthorne, UK: TRL, TRL Report UPR/IE/044/07, 333 p.
  11. Algin V.B. [Calculation of mobile machines: kinematics, dynamics, resource]. Minsk, Belarus. Navuka Publ., 2014. 271 p. (In Russian)
  12. Jan-Peter Müller-Kose Repräsentative Lastkollektive für Fahrzeuggetriebe. Shaker, 2002. 230 s.
  13. ISO 6336-6:2006(E) Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 6: Calculation of service life under variable load.
  14. Foulard S., Rinderknecht S., Ichchou M. Real-time and on-line lifetime monitoring system for automotive transmissions. Application to a manual transmission. The 14th IFToMM World Congress, Taipei, Taiwan, October 25-30, 2015. DOI: 10.6567/IFToMM.14TH.WC.OS6.005.
- Vershinin R.V., Kharitonov S.A. [Specific features of gearing calculation and the increase of multistage automatic transmissions resource during vehicle operation]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 54–60. (In Russian)



**Кириллов Кирилл Александрович**

заместитель директора Некоммерческой организации Межотраслевого фонда «Поддержка технических инициатив автовладельцев», руководитель ИЛ «ПТИА-АВТО», эксперт по сертификации продукции автомобилестроения, г. Москва 127434, Российская Федерация  
E-mail: ptiafond@mail.ru

Статья поступила 08.09.2016

## **МЕЖДУНАРОДНЫЙ ОПЫТ ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ТРЕБОВАНИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ ВНЕСЁННЫХ ИЗМЕНЕНИЙ В КОНСТРУКЦИЮ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, В ТОМ ЧИСЛЕ И НАХОДЯЩИХСЯ В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Материалы статьи были представлены 21.07.2016 на круглом столе «О совершенствовании государственного надзора в части технического состояния транспортных средств» в докладе автора статьи «Международный опыт регулирования внесённых изменений в конструкцию транспортных средств» в Государственной Думе Федерального Собрания Российской Федерации. Представлен международный обзор национального законодательства в сфере технического регулирования в автомобилестроении, а именно: привлечение аккредитованных испытательных лабораторий к оценке соответствия при внесении изменений в конструкцию транспортных средств в мировом сообществе. Рассматривается вопрос повышения безопасности дорожного движения на стадии эксплуатации в рамках экспертной оценки воздействий, оказывающих влияние на безопасность дорожного движения, на транспортные средства после выпуска в обращение. Обосновывается позиция, основанная на мировой практике, что в подобном случае к данному процессу необходимо относиться как к институту – регулировать и контролировать. В статье собрана и проанализирована международная практика по процедурам подтверждения соответствия требованиям безопасности при внесении изменений в конструкцию транспортных средств в Германии, Великобритании, Австралии, Новой Зеландии, Республике Казахстан и Республике Беларусь. Международный опыт имеет ряд положительных моментов в части методического подхода, который можно использовать в условиях Российской Федерации. Анализ информации ставит ряд вопросов к классификации и определению критериев изменений, а также необходимости разработки упрощённых унифицированных методик с последующим принятием стандартов. Упоминаются мировые тюнинг-ателье и международные выставки компонентной базы для подготовки транспортных средств к различным условиям выполнения транспортной работы. Обосновывается утверждение о существовании проблемы с легализацией уже выполненных изменений конструкции в Российской Федерации. Представлена уточнённая позиция автора по вопросу разъяснения процедуры оценки соответствия при внесении изменений в конструкцию транспортных средств в мире и предложены возможные пути совершенствования нормативно-правового регулирования.

*Ключевые слова:* техническое регулирование, безопасность транспортного средства, внесение изменений в конструкцию, тюнинг, индивидуальное техническое творчество

### **Литература**

1. Кисуленко Б.В., Гусаков Н.В., Бочаров А.В., Щепкин А.И., Миронов А.А., Аникеев С.А. Техническое регулирование в автомобилестроении. Процедуры оценки соответствия. – Москва, 2015. – 256 с.
2. Информационная система «Техэксперт: 6 поколение» Интранет. URL: <http://lab2.cntd.ru/> (дата обращения: 08.09.2016).
3. Кириллов К.А. Перспективы нормативно-правового регулирования и некоторые результаты деятельности по контролю за конструкцией и техническим состоянием автотранспортных средств, находящихся в эксплуатации // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 66–75.

4. Кириллов К.А. Регламентация требований к безопасности автотранспортных средств (АТС) в Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС), при внесении изменений в конструкцию // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 63–72.

5. Heribert Konitzer, Joachim Wehrmeister. § 19 StVZO Änderungen am Fahrzeug und Betriebserlaubnis. 4 Auflage. – Kirschbaum Verlag Bonn, 2009. – 317 p. – ISBN: 978-3-7812-1710-2.

6. DVSA services and information. URL: <https://www.gov.uk/government/organisations/vehicle-and-operator-services-agency> (дата обращения: 08.09.2016).

7. Vehicle modifications. URL: <http://www.tmr.qld.gov.au/Safety/Vehicle-standards-and-modifications/Vehicle-modifications> (дата обращения: 08.09.2016).

8. VicRoads. URL: <https://www.vicroads.vic.gov.au/> (дата обращения: 08.09.2016).

9. Modifying your vehicle. URL: <http://www.nzta.govt.nz/vehicles/warrants-and-certificates/modifying-your-vehicle> (дата обращения: 08.09.2016).

10. Переоборудование автотранспортных средств в Республике Казахстан. URL: [http://mvd.gov.kz/portal/page/portal/kdp/kdp\\_pages/kdp\\_TechNadzor/E4E1976B2A8F38D8E044002655122E6A](http://mvd.gov.kz/portal/page/portal/kdp/kdp_pages/kdp_TechNadzor/E4E1976B2A8F38D8E044002655122E6A) (дата обращения: 08.09.2016).

11. Регистрация переоборудования в Республике Беларусь. URL: <http://mvd.gov.by/main.aspx?guid=272683> (дата обращения: 08.09.2016).

Кириллов К.А. Международный опыт оценки соответствия требованиям безопасности внесенных изменений в конструкцию транспортных средств, в том числе и находящихся в эксплуатации // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 61–70.

### ***Kirillov K.A.***

Deputy Director “PTIA-FOND”, head of vehicle safety laboratory “PTIA-AVTO”, the expert on certification of automotive industry products, The noncommercial organization Interbranch fund “Supporting the technical initiatives of vehicles owners”, Moscow 127434, Russian Federation

E-mail: [ptiafond@mail.ru](mailto:ptiafond@mail.ru)

Received 08 September 2016

## **INTERNATIONAL EXPERIENCE IN CONFORMITY ASSESSMENT CONCERNING SAFETY REQUIREMENTS OF VEHICLE DESIGN CHANGES, INCLUDING IN OPERATION**

The materials were presented 21.07.2016 at the round table “Improving of the state supervision of the technical condition of vehicles” in the report of the author of the article “International experience of regulation changes in vehicle design” in the State Duma of the Federal Convocation of the Russian Federation. The paper presents an international review of national legislation in the sphere of technical regulation in the automotive industry, namely: the involvement of accredited testing laboratories of the world community for security conformity assessment when making changes in vehicle design. The issue of increasing road safety at the vehicle operational phase is considered within the expert assessment of impacts affecting traffic safety after the vehicle release. According to the international practice it is necessary to treat the similar cases as the objects of a regulatory and controlling institution. The paper collected and analyzed international practice on the procedures of conformity assessment of safety requirements for the changes in the vehicle design made in the Germany, Great Britain, Australia, New Zealand, Republic of Kazakhstan and Belarus. International experience has a number of positive ideas in terms of methodological approach, which are to be known in order to use them in our conditions. The analysis of the information causes a number of issues concerning classification and definition of changes criteria, as well as the need to develop simplified unified methodologies which are to be followed by the adoption of standards. The world leading tuners and international components exhibitions are to be mentioned to prepare vehicles for various conditions of the transport operation implementation. The existence of the legalization problem of the already made design changes in the Russian Federation has been substantiated. The author’s detailed position regarding the world conformity assessment procedure when making changes to vehicle design is presented and possible ways to improve the regulatory and legal regulation are suggested.

*Key words:* technical regulation, vehicle safety, changes in the design, tuning, individual technical creativity

## References

1. Kisulenko B.V., Gusakov N.V., Bocharov A.V., Shechepkin A.I., Mironov A.A., Anikeev S.A. [Technical regulation in the automotive industry. Conformity assessment procedures]. Moscow, 2015. 256 p. (In Russian)
2. [Information system “Tekhekspert: 6 pokolenie” Intranet]. Available at: <http://lab2.cntd.ru/> (accessed 08 September 2016). (In Russian)
3. Kirillov K.A. [Regulatory prospects and some monitoring results of a vehicle design and its technical condition in operation]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 265, pp. 66–75. (In Russian)
4. Kirillov K.A. [Regulation of the requirements for the transport vehicle safety in the Eurasian Economic Union (EAEU) in case of design modifications]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 63–72. (In Russian)
5. Heribert Konitzer, Joachim Wehrmeister § 19 StVZO Änderungen am Fahrzeug und Betriebserlaubnis. 4 Auflage. Kirschbaum Verlag Bonn, 2009. 317 p. ISBN: 978-3-7812-1710-2.
6. DVSA services and information. Available at: <https://www.gov.uk/government/organisations/vehicle-and-operator-services-agency> (accessed 08 September 2016).
7. Vehicle modifications. Available at: <http://www.tmr.qld.gov.au/Safety/Vehicle-standards-and-modifications/Vehicle-modifications> (accessed 08 September 2016).
8. VicRoads. Available at: <https://www.vicroads.vic.gov.au/> (accessed 08 September 2016).
9. Modifying your vehicle. Available at: <http://www.nzta.govt.nz/vehicles/warrants-and-certificates/modifying-your-vehicle> (accessed 08 September 2016).
10. [Conversion of motor vehicles in the Republic of Kazakhstan]. Available at: [http://mvd.gov.kz/portal/page/portal/kdp/kdp\\_pages/kdp\\_TechNadzor/E4E1976B2A8F38D8E044002655122E6A](http://mvd.gov.kz/portal/page/portal/kdp/kdp_pages/kdp_TechNadzor/E4E1976B2A8F38D8E044002655122E6A) (accessed 08 September 2016). (In Russian)
11. [Register of conversion in the Republic of Belarus]. Available at: <http://mvd.gov.by/main.aspx?guid=272683> (accessed 08 September 2016). (In Russian)

Kirillov K.A. [International experience in conformity assessment concerning safety requirements of vehicle design changes, including in operation]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 61–70. (In Russian)

**Каменев Владимир Фёдорович**, *д-р техн. наук, профессор*

ведущий эксперт Экспертного совета<sup>1</sup>

E-mail: vladimir.kamenev@nami.ru

**Пугачёв Игорь Олегович**

инженер-исследователь<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», г. Москва 125438, Российская Федерация

Статья поступила 28.09.2016

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛЬНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЕМ С ПОМОЩЬЮ КОМПЬЮТЕРНОГО ИМИТАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

В статье рассматривается перспективное направление использования методов модельно-ориентированного проектирования при создании системы управления новым дизелем с помощью компьютерного имитационного комплекса. Представлен состав компьютерного имитационного комплекса, принципы его работы и используемое в нём программное обеспечение (ПО). Приведена структурная схема и описание компьютерного комплекса для моделирования процессов электронного управления дизелем и его антиоксидантными устройствами. Предложена поэтапная стратегия разработки электронного блока управления (ЭБУ) для электронной системы управления дизелем (ЭСУД), обеспечивающая получение высоких мощностных показателей и топливную экономичность при условии выполнения экологических норм Евро-5 и Евро-6. Первый этап – разработка компьютерно-имитационного моделируемого стендового комплекса для испытаний и доводки опытных образцов ЭБУ и оптимизации алгоритмов и ПО. Второй этап – разработка и отладка алгоритмов управления ЭСУД в среде Simulink. Третий и четвёртый этапы предполагают проведение MIL и SIL тестирований в процессе проектирования системы ЭСУД. Эти этапы являются конечной стадией и используются при создании отечественной ЭСУД, адаптированной под условия эксплуатации в Российской Федерации. Использование MIL тестирования позволяет на ранних этапах процесса проектирования проверить соответствие систем управления необходимым функциональным требованиям. Это обеспечивает работоспособность ПО контроллера на этапе проверки и позволяет сократить время на калибровку за счёт проведения предварительной калибровки на основе модели. Предварительная калибровка ПО управления на базе компьютерного комплекса для моделирования процессов электронного управления дизелем и его антиоксидантными устройствами является экономичным способом выполнения на ранних стадиях процесса разработки ЭСУД, что в конечном счёте позволит повысить качество изделия.

*Ключевые слова:* дизель, электронная система управления, модельно-ориентированное проектирование, компьютерный имитационный комплекс

### Литература

1. SIEMENS. Решения LMS для моделирования и проведения испытаний. URL: [Siemens.com/plm/lms](http://Siemens.com/plm/lms) (дата обращения: 28.09.2016).
2. NATIONAL INSTRUMENTS. Решения для автомобильной отрасли. URL: [ni.com/russia](http://ni.com/russia) (дата обращения: 28.09.2016).
3. Тер-Мкртчян Г.Г., Мазинг М.В., Ветошников А.Г. Обеспечение малотоксичного рабочего процесса форсированных перспективных дизельных двигателей // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. URL: [www.science-education.ru/111-10237](http://www.science-education.ru/111-10237) (дата обращения: 28.09.2016).
4. Системы управления дизельными двигателями. Узлы и агрегаты: пер. с нем. / BOSCH; Пер. Ю.Г. Грудского, А.Г. Иванова. – Москва: За рулём, 2004. – 478 с.

5. Каменев В.Ф., Тер-Мкртчян Г.Г., Пугачёв И.О. Системы управления современных дизелей коммерческих автомобилей // Труды НАМИ. – 2015. – № 1 (260). – С. 41–57.

6. Яманин А.И., Кутенёв В.Ф., Тер-Мкртчян Г.Г. Расчёт быстропеременных процессов в среде ANSYS/LS-DYNA: Учебное пособие. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2011. – 92 с.

7. Яманин А.И., Кутенёв В.Ф., Тер-Мкртчян Г.Г. Интегрированные системы автоматизированного проектирования: Учебное пособие. – Ярославль: Изд-во ЯГТУ, 2011. – 76 с.

Каменев В.Ф., Пугачёв И.О. Использование модельно-ориентированного проектирования для разработки системы управления дизелем с использованием компьютерного имитационного комплекса // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 71–84.

**Kamenev V.F., D.Sc. (Eng), professor**

leading expert of Expert Council<sup>1</sup>

E-mail: vladimir.kamenev@nami.ru

**Pugachev I.O.**

research engineer<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal State Unitary Enterprise “Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute” (FSUE “NAMI”), Moscow 125438, Russian Federation

Received 28 September 2016

## MODEL-BASED DESIGN METHODS TO CREATE A NEW DIESEL CONTROL SYSTEM WITH THE HELP OF A COMPUTER SIMULATION COMPLEX

The article considers a promising trend of using model-based design methods to create a new diesel control system with the help of a computer simulation complex. The structure of the computer simulation complex has been described as well as the principles of its work and the software (SW) used. The structural diagram and the description of the complex were presented for modeling electronic control processes of the diesel and its antitoxic units. A gradual strategy to develop an electronic control unit (ECU) for an electronic diesel control module (EDCM) was proposed, which could ensure a higher power performance and fuel economy indicators provided Euro-5 and Euro-6 environmental standards were kept. The first phase was to develop a computer-simulated stand complex for the testing and debugging of advanced computer models and optimizing algorithms and SW. The second stage was to develop and debug EDCM algorithms in the Simulink environment. The third and fourth stages involved conducting MIL and SIL testing within the designing of EDCM system. These stages are the final steps and are used to create the domestic EDCM adapted to the operating conditions in the Russian Federation. The use of MIL testing allows to verify the compliance of the control systems with the necessary functional requirements at the early stages of the design processes. The pre-calibration of the SW control which is based on the described complex and purposed to model electronic control processes of the diesel and its antitoxic units is an economical way to develop EDCM at the early stages of the process that ultimately improves the quality of the product.

*Key words:* diesel, electronic control system, model-based design, computer simulation complex

### References

1. [SIEMENS. LMS Solutions for simulation and testing]. Available at: [Siemens.com/plm/lms](http://Siemens.com/plm/lms) (accessed 28 September 2016). (In Russian)
2. [NATIONAL INSTRUMENTS. Solutions for the automotive industry]. Available at: [ni.com/russia](http://ni.com/russia) (accessed 28 September 2016). (In Russian)
3. Ter-Mkrтч'yan G.G., Mazing M.V., Vetoshnikov A.G. [Providing the clean burn process of advanced high-power diesel engines]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2013, no. 5. Available at: [www.science-education.ru/111-10237](http://www.science-education.ru/111-10237) (accessed 28 September 2016). (In Russian)
4. [BOSCH. Diesel engine control system. Components and assemblies: translated from German by Grudskiy Yu.G., Ivanov A.G.]. Moscow, Za rulem Publ., 2004. 478 p. (In Russian)

5. Kamenev V.F., Ter-Mkrtich'yan G.G., Pugachev I.O. [Control systems for the commercial vehicles diesel engines]. *Trudy NAMI*, 2015, no. 1 (260), pp. 41–57. (In Russian)
6. Yamanin A.I., Kutenev V.F., Ter-Mkrtich'yan G.G. [Calculation of rapidly varying processes in the environment ANSYS/LS-DYNA: Textbook]. Yaroslavl, YaGTU Publ., 2011. 92 p. (In Russian)
7. Yamanin A.I., Kutenev V.F., Ter-Mkrtich'yan G.G. [Integrated computer aided design: Textbook]. Yaroslavl, YaGTU Publ., 2011. 76 p. (In Russian)

Kamenev V.F., Pugachev I.O. [Model-based design methods to create a new diesel control system with the help of a computer simulation complex]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 71–84. (In Russian)

**Сонкин Валерий Иосифович, инженер**

заведующий научно-исследовательским отделом ДВС с искровым зажиганием центра «Энергоустановки»,  
ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», г. Москва 125438, Российская Федерация

E-mail: val.sonkin2010@yandex.ru

Статья поступила 06.09.2016

## **АЭРОДИНАМИКА ВПУСКНЫХ КАНАЛОВ: ВИНТОВЫЕ КАНАЛЫ**

### **Часть 2**

Впускной канал, расположенный в головке цилиндров, является одним из ключевых элементов конструкции двигателя внутреннего сгорания с искровым зажиганием. Находясь на стыке двух систем, впуска и сгорания, канал оказывает сложное влияние на мощностные, экономические и экологические показатели. Как часть системы впуска, канал влияет на наполнение и мощность двигателя, а как часть системы сгорания – на смесеобразование, сгорание, детонацию, тепловые потери и, в конечном счёте, на расход топлива и вредные выбросы через формирование турбулентного поля течения в цилиндре. В статье обобщён опыт ФГУП «НАМИ» по профилированию и оценке характеристик винтовых каналов, создающих в цилиндре двигателя осевой вихрь, по результатам экспериментальных исследований в стационарных условиях. Рассмотрены особенности вихревого движения заряда в цилиндре и, на основе проведённых ранее исследований, даны рекомендации по выбору интенсивности осевого вихря на этапе проектирования. Приведён краткий обзор конструктивных способов формирования вихревого движения в цилиндре. На основе применения закона сохранения момента количества движения к течению в винтовом канале определены основные геометрические параметры канала, влияющие на интенсивность осевого вихря. Предложена методика оценки аэродинамического совершенства винтовых каналов по результатам испытаний в стационарных условиях. Экспериментально исследовано влияние геометрических параметров винтового канала и формы отдельных его участков (спиральной камеры, подводящего участка, клапанной щели) на сопротивление, аэродинамическое совершенство и интенсивность создаваемого вихря. Даны рекомендации по построению профиля винтового канала на стадии проектирования.

*Ключевые слова:* двигатель внутреннего сгорания с искровым зажиганием, винтовой канал, клапан, осевой вихрь, радиальный вихрь, турбулентность, сгорание, коэффициент сопротивления, вихревое число

### **Литература**

1. Сонкин В.И. Аэродинамика впускных каналов: нейтральные каналы. Часть 1 // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 93–103.
2. Семёнов Е.С., Соколик А.С. Исследование турбулентности в цилиндре поршневого двигателя // Сгорание и смесеобразование в дизелях – Сб. докладов конференции. – М.: АН СССР, 1958. – С. 321–360.
3. Rask R.B. Laser Doppler Anemometer Measurements in a Internal Combustion Engine // SAE Paper. – 1979. – № 790094.
4. Lumley J.L. Engines – an Introduction. – Cambridge University Press, 1999. – 272 с.
5. Вахошин Л.И., Маркова И.В. Повышение показателей двигателей с искровым зажиганием // Труды НАМИ. – 1969. – № 111. – С. 3–14.
6. Heywood J.B. Internal Combustion Engine Fundamentals. – McGraw-Hill Inc., 1988. – 930 с.
7. Reuss D.L., Kuo T.-W., Khalighi B., Haworth D., Rosalik M. Particle Image Velocimetry Measurements in a High-Swirl Engine Used for Evaluation of Computational Fluid Dynamics Calculations // SAE Paper. – 1995. – № 952381.

8. *Kuwahara K., Watanabe T., Takemura J., Omori S., Kume T., Ando H.* Optimization of In-cylinder Flow and Mixing for a Center-Spark Four-Valve Engine Employing the Concept of Barrel-Stratification // SAE Paper. – 1994. – № 940986.

9. *Мазинг В.Е.* О заширмлении впускных клапанов быстроходного дизеля // Сборник докладов конференции. – М.: АН СССР, 1958. – С. 156–177.

10. *Хи Н.* Some Critical Technical Issues on the Steady Flow Testing of Cylinder Heads // SAE Paper. – 2001. – № 2001-01-1308.

11. *Вихерт М.М., Грудский Ю.Г.* Конструирование впускных систем быстроходных дизелей. – М.: Машиностроение, 1982. – 152 с.

12. *Сонкин В.И.* Аэродинамика впускных каналов четырёхклапанного бензинового двигателя // Труды НАМИ. – 2000. – № 226. – С.117–142.

13. *Кошкин В.К., Муравьёв В.Д., Романенко Ю.П., Ивлёв В.П., Вахошин Л.И., Карницкий В.В., Сонкин В.И.* Рабочий процесс с вихревым движением заряда в двигателе ЗИЛ-130 // Автомобильная промышленность. – 1985. – № 3. – С. 6–9.

14. *Горячий Я.В., Вахошин Л.И., Литвин Л.Я., Бунзульян Б.З., Коробченко С.В., Сонкин В.И.* Улучшение топливной экономичности двигателя АЗЛК-412 // Автомобильная промышленность. – 1986. – № 9. – С. 8–10.

15. *Озимов П.Л.* Экспериментальное исследование безлопаточных входных аппаратов // Труды НАМИ. – 1970. – № 124. – С. 20–31.

Сонкин В.И. Аэродинамика впускных клапанов: винтовые каналы. Часть 2 // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 85–96.

### ***Sonkin V.I., engineer***

head of the Research department for spark ignition engines  
of Center power plant Federal State Unitary Enterprise

“Central Scientific Research Automobile and Automotive Engines Institute” (FSUE “NAMI”),  
Moscow 125438, Russian Federation

E-mail: val.sonkin2010@yandex.ru

Received 06 September 2016

## **AERODYNAMICS OF INTAKE PORTS: HELICAL PORTS PART 2**

The intake port disposed in the cylinder head, is one of the key elements of the internal combustion engine (ICE) with spark ignition. Located at the junction of the two systems, intake and combustion, the port has a complex effect on the power, economical and environmental indicators. As part of the intake system, the port affects the filling and power of the engine. Being part of the combustion system, it affects mixture formation, combustion, detonation, thermal loss and, ultimately, fuel consumption and emissions as a result of a turbulent flow field within the cylinder. Basing on the results of experimental studies in stationary conditions the author of the article has generalized the experience of FSUE “NAMI” in the field of profiling and evaluating the helical port characteristics creating swirl in the engine cylinder. The paper considers the peculiarities of the swirl motion charge in the cylinder and, on the basis of previous studies, gives recommendations on the choice of the intensity of the swirl at the design stage. A brief review of constructive ways to form a swirl motion in the cylinder has been made. The basic geometric parameters of the port affecting the intensity of the swirl were determined on the basis of applying the law of angular momentum conservation of the flow in the helical port. As a result of stationary tests the evaluation method of aerodynamic perfection of helical ports was proposed. The influence of the geometric parameters of the helical port and the shape of its individual parts (the spiral chamber, the portions of supply, and the valve gap) on resistance, aerodynamic perfection and intensity of the created swirl was experimentally investigated. Recommendations were given for the construction of the helical port profile at the design stage.

*Key words:* an internal combustion engine (ICE) with spark ignition, helical port, valve, swirl, tumble, turbulence, combustion, resistance coefficient, swirl number



## References

1. Sonkin V.I. [Aerodynamics of intake ports: neutral ports. Part 1]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 93–103. (In Russian)
  2. Semenov E.S., Sokolik A.S. [The study of turbulence in the cylinder piston engine]. [Combustion and mixture formation in diesels: collection of conference reports]. Moscow, AN SSR Publ., 1958, pp. 321–360. (In Russian)
  3. Rask R.B. Laser Doppler Anemometer Measurements in a Internal Combustion Engine. *SAE Paper*, 1979, no. 790094.
  4. Lumley J.L. *Engines – an Introduction*. Cambridge University Press, 1999. 272 p.
  5. Vakhoshin L.I., Markova I.V. [Improving characteristics spark ignition engines]. *Trudy NAMI*, 1969, no. 111, pp. 3–14. (In Russian)
  6. Heywood J.B. *Internal Combustion Engine Fundamentals*. McGraw-Hill Inc., 1988. 930 p.
  7. Reuss D.L., Kuo T.-W., Khalighi B., Haworth D., Rosalik M. Particle Image Velocimetry Measurements in a High-Swirl Engine Used for Evaluation of Computational Fluid Dynamics Calculations. *SAE Paper*, 1995, no. 952381.
  8. Kuwahara K., Watanabe T., Takemura J., Omori S., Kume T., Ando H. Optimization of In-cylinder Flow and Mixing for a Center-Spark Four-Valve Engine Employing the Concept of Barrel-Stratification. *SAE Paper*, 1994, no. 940986.
  9. Mazing V.E. [About screened of intake ports of high-speed diesel]. [Combustion and mixture formation in diesels: collection of conference reports]. Moscow, AN SSR Publ., 1958, pp. 156–177. (In Russian)
  10. Xu H. Some Critical Technical Issues on the Steady Flow Testing of Cylinder Heads. *SAE Paper*, 2001, no. 2001-01-1308.
  11. Vikhert M.M., Grudskiy Yu.G. [Designing the intake systems of high-speed diesels]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1982. 152 p. (In Russian)
  12. Sonkin V.I. [Aerodynamics of intake ports of four inlets valve engine with spark ignition]. *Trudy NAMI*, 2000, no. 226, pp.117–142. (In Russian)
  13. Koshkin V.K., Murav'ev V.D., Romanenko Yu.P., Ivlev V.P., Vakhoshin L.I., Karnitskiy V.V., Sonkin V.I. [The operating process with a vortex motion of the charge in the engine ZIL-130]. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 1985, no. 3, pp. 6–9. (In Russian)
  14. Goryachiy Ya.V., Vakhoshin L.I., Litvin L.Ya, Bunzul'yan B.Z., Korobchenko S.V., Sonkin V.I. [Improving fuel economy of AZLK-412 engine]. *Avtomobil'naya promyshlennost'*, 1986, no. 9, pp. 8–10. (In Russian)
  15. Ozimov P.L. [Experimental study of input devices without blade]. *Trudy NAMI*, 1970, no. 124, pp. 20–31. (In Russian)
- Sonkin V.I. [Aerodynamics of intake ports: helical ports. Part 2]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 85–96. (In Russian)

**УКАЗАТЕЛЬ СТАТЕЙ,  
ОПУБЛИКОВАННЫХ В 2016 ГОДУ**

**INDEX OF ARTICLES  
PUBLISHED IN 2016**

№ 1 (264) – 2016

**АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ**

**AUTOMOBILE DEVELOPMENT**

Гайсин С.В. О проблемных вопросах объективной оценки конструктивной безопасности автотранспортных средств // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 4–26.

Gaysin S.V. [An objective assessment of the issues of concern structural safety of vehicles]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 4–26. (In Russian)

Гируцкий О.И., Кичжи А.С. Развитие конструкций городских автобусов // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 27–47.

Girutskiy O.I., Kichzhi A.S. [Development of the designs of buses]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 27–47. (In Russian)

Васильев А.В. Разработка методики оценки выбросов ТЧ автомобилями от износа протектора шин, тормозных механизмов и дорожного покрытия для конкретных условий эксплуатации // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 48–64.

Vasil'ev A.V. [Development of methods for estimating emissions of PM from car tire tread wear, brake and road surface for the specific operating conditions]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 48–64. (In Russian)

Романенко С.Ю., Плиев И.А., Маев С.А., Адамчук А.И. Разработка методики сравнительной оценки тактико-технических характеристик шасси самоходных роботов // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 65–78.

Romanenko S.Yu., Pliev I.A., Maev S.A., Adamchuk A.I. [Development of the method of comparative evaluation of tactical and technical characteristics of the chassis for selfpropelled robot]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 65–78. (In Russian)

Громов С.П., Корнилов В.И., Соколенко В.Н., Пантелеев А.Л., Наумов В.Н. Испытания наземных робототехнических комплексов военного назначения за рубежом // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 79–91.

Gromov S.P., Kornilov V.I., Sokolenko V.N., Panteleev A.L., Naumov V.N. [Tests of ground robotic systems for military use abroad]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 79–91. (In Russian)

Хрящёв Ю.Е., Дойников К.В., Тихомиров М.В. Управление коробкой передач большегрузных автомобилей // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 92–101.

Khryashchev Yu.E., Doynikov K.V., Tikhomirov M.V. [Transmission of heavy vehicles management]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 92–101. (In Russian)

Загарин Д.А. Организация и функционирование малых форм хозяйствования в промышленности по сетевому принципу (постановка задачи) // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 102–115.

Zagarin D.A. [The organization and operation of small-scale enterprises in the industry on network-centric principle (problem formulation)]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 102–115. (In Russian)

Шкель А.С. Анализ отечественного и зарубежного опыта применения сменных технологических надстроек на базе шасси грузовых автомобилей сельскохозяйственного назначения // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 116–131.

Shkel' A.S. [The analysis of domestic and foreign operational experience of the replaceable technological superstructures on the basis of a specialized agricultural vehicle]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 116–131. (In Russian)

**ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ**

Яманин А.И. Особенности динамики траверсных преобразующих механизмов V-образных двигателей с переменными степенью сжатия и ходом поршня // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 132–141.

Тольский В.Е. Экспериментальное исследование вибрации автомобилей при работе двигателя внутреннего сгорания // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 142–159.

Евдокимов В.Д., Сайкин А.М., Серебров С.В. Новые представления о переносе энергии молекулами газа, уточняющие теорию теплопроводности и дающие возможность создания нетрадиционных тепловых двигателей и систем теплоснабжения // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 160–177.

Терентьев Н.Г., Кондаков С.В. Моделирование процессов теплопередачи в компаундах и влияние их свойств на тепловое состояние корпуса электромашин // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 178–188.

**ENGINE DEVELOPMENT**

Yamanin A.I. [Characteristics of dynamics of drive mechanisms V-type engines with variable compression ratio and piston hub]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 132–141. (In Russian)

Tol'skiy V.E. [Experimental study of vibration of vehicles in the internal combustion engine]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 142–159. (In Russian)

Evdokimov V.D., Saykin A.M., Serebrov S.V. [New concepts of energy transfer gas molecules qualifying heat conduction theory and making it possible to create a non-traditional heat engines and heating systems]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 160–170. (In Russian)

Terent'ev N.G., Kondakov S.V. [Research of thermal stress of the electric motor with various compounds]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 178–188. (In Russian)

**СТУДЕНТЫ, АСПИРАНТЫ**

Карпухин К.Е., Кондрашов В.Н., Гребёнкин В.А., Карпухина Е.С. История и направления развития современных транспортных средств с комбинированной энергоустановкой и электромобилей // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 189–204.

Шмаков А.Ю. Обучение применению системного подхода в курсовом проектировании вальной коробки передач быстроходных гусеничных машин // Труды НАМИ. – 2016. – № 1 (264). – С. 205–215.

**STUDENTS, POSTGRADUATES**

Karpukhin K.E., Kondrashov V.N., Grebenkin V.A., Karpukhina E.S. [History and trends of development of modern vehicles with a combined power plant and electric vehicles]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 189–204. (In Russian)

Shmakov A.Yu. [Education use a systematic approach to course design Shaft transmission of high-speed tracked vehicles]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 1 (264), pp. 205–215. (In Russian)

**№ 2 (265) – 2016****АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ**

Гайсин С.В., Бахмутов С.В., Ендачёв Д.В., Мезенцев Н.П. Развитие интеллектуальных систем помощи водителю (ADAS) в Российской Федерации // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 6–12.

**AUTOMOBILE DEVELOPMENT**

Gaysin S.V., Bakhmutov S.V., Endachev D.V., Mezentsev N.P. [The development of advanced (intellectual) driver assistance systems (ADAS) in the Russian Federation]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 6–12. (In Russian)

Гируцкий О.И., Кичжи А.С. Развитие конструкций городских автобусов. Часть 2 // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 13–24.

Сарач Е.Б., Котиев Г.О. Определение оптимальных параметров упругого элемента подвески быстроходной гусеничной машины // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 25–28.

Фисенко И.А., Васильев А.В. Определение дефектов системы переключения автоматических коробок передач // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 29–35.

Загарин Д.А. Разработка концепции промышленной площадки сетцентрического типа регионального покрытия // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 36–43.

Бузников С.Е., Ёлкин Д.С., Шабанов Н.С., Струков В.О. Задача безопасного автоматического торможения беспилотного автомобиля // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 44–52.

Куликов И.А., Бахмутов С.В., Барашков А.А. Исследование динамических характеристик автомобиля с системами активной безопасности посредством виртуальных и дорожных испытаний // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 53–65.

Кириллов К.А. Перспективы нормативно-правового регулирования и некоторые результаты деятельности по контролю за конструкцией и техническим состоянием автотранспортных средств, находящихся в эксплуатации // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 66–75.

Шкель А.С. Сравнительные расчетные исследования эксплуатационных показателей грузовых автомобилей, применяемых в сельском хозяйстве // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 76–85.

Girutsky O.I., Kichzhi A.S. [Development of design of buses. Part 2]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 13–24. (In Russian)

Sarach E.B., Kotiev G.O. [Determination of the optimal parameters of the resilient suspension element of a speedy-tracked machine]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 25–28. (In Russian)

Fisenko I.A., Vasil'ev A.V. [Automatic transmissions switching system defects' determination]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 29–35. (In Russian)

Zagarin D.A. [The development of industrial platform as network-centric model with regional coverage]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 36–43. (In Russian)

Buznikov S.E., Elkin D.S., Shabanov N.S., Strukov V.O. [Secure automatic braking as an autonomous vehicle task]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 44–52. (In Russian)

Kulikov I.A., Bakhmutov S.V., Barashkov A.A. [An investigation of vehicle dynamics concerning active safety systems by simulations and driving tests]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 53–65. (In Russian)

Kirillov K.A. [Regulatory prospects and some monitoring results of a vehicle design and its technical condition in operation]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 66–75. (In Russian)

Shkel' A.S. [Comparative estimated investigations of operational characteristics of agricultural vehicles]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 76–85. (In Russian)

## ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ

## ENGINE DEVELOPMENT

Козлов А.В., Теренченко А.С., Зуев Н.С. Экспериментальные исследования показателей дизеля с аккумуляторной системой топливоподачи при работе на биодизельном топливе // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 86–92.

Kozlov A.V., Terenchenko A.S., Zuev N.S. [Experimental studies of a diesel engine indicators working on biodiesel]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 86–92. (In Russian)

Ендачев Д.В., Конев А.Д. Задачи и проблемы применения микропроцессоров на автомобилях // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 93–99.

Endachev D.V., Konev A.D. [Challenges and use of automobile microprocessors]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 93–99. (In Russian)

#### СТАТЬИ МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

#### ARTICLES OF YOUNG SCIENTISTS

Екимов А.В. Магистральный локомобильный транспорт // Труды НАМИ. – 2016. – № 2 (265). – С. 100–104.

Ekimov A.V. [Magistral locomobile transport]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 2 (265), pp. 100–104. (In Russian)

#### № 3 (266) – 2016

#### АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ

#### AUTOMOBILE DEVELOPMENT

Гайсин С.В. Об оптимизации нормативных требований по пассивной и активной безопасности к конструкции автотранспортных средств // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 6–14.

Gaysin S.V. [Optimization of active and passive safety standard requirements for the design of motor vehicles]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 6–14. (In Russian)

Бяков К.Е., Наумов В.Н., Машков К.Ю., Чижов Д.А. Разработка методики расчёта и выбор рациональных параметров эластомеханического роторно-винтового движителя транспортно-технологического средства // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 15–24.

Byakov K.E., Naumov V.N., Mashkov K.Yu., Chizhov D.A. [Development and choice of calculation method rational parameters for elastomechanical rotary screw propulsion unit of transport and technological vehicles]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 15–24. (In Russian)

Михайлов В.Г., Мишута Д.В. Расчётное исследование влияния параметров подвески сиденья на вибронегативность рабочего места водителя грузового автомобиля // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 25–34.

Mikhailov V.G., Mishuta D.V. [Estimated study the effect of seat suspension parameters on the load vibration of a truck driver working seat]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 25–34. (In Russian)

Бузунов Н.В., Котиев Г.О., Падалкин Б.В. Особенности реализации «обратной связи» для различных систем рулевого управления колёсных машин // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 35–44.

Buzunov N.V., Kotiev G.O., Padalkin B.V. [The peculiarities of “feedback” implementation in different steering systems of wheeled vehicles]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 35–44. (In Russian)

Дубин Д.А., Наказной О.А., Смирнов И.А., Шлеев А.Н. Экспериментальное определение кинематических и силовых параметров нагружения элементов системы поддрессирования быстроходной гусеничной машины // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 45–54.

Dubin D.A., Nakaznoi O.A., Smirnov I.A., Shleev A.N. [Experimental determination of kinematic and power parameters of loading the suspension system elements of a high-mobility tracked machine]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 45–54. (In Russian)

Тараторкин А.И., Харитонов С.А., Дроздов П.А., Нагайцев М.М. Виды разрушения фрикционных дисков, используемых в планетарных коробках передач в качестве элементов управления // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 55–62.

Taratorkin A.I., Kharitonov S.A., Drozdov P.A., Nagaytsev M.M. [Types of destruction of friction discs used as control elements in a planetary gearbox]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 55–62. (In Russian)

Кириллов К.А. Регламентация требований к безопасности автотранспортных средств (АТС) в Евразийском экономическом союзе (ЕАЭС) при внесении изменений в конструкцию // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 63–72.

Kirillov K.A. [Regulation of the requirements for the transport vehicle safety in the Eurasian Economic Union (EAEU) in case of design modifications]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 63–72. (In Russian)

Шкель А.С. К вопросу об эффективном использовании технологических надстроек в составе автомобиля Урал-432065 сельскохозяйственного назначения // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 73–82.

Shkel' A.S. [To the problem of the effective use of technological superstructures in Ural-432065 for agricultural purposes]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 73–82. (In Russian)

#### ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ

#### ENGINE DEVELOPMENT

Лихачёв Д.С., Тараторкин И.А., Харитонов С.А. Анализ возмущающих крутящих моментов силовых установок средствами программного пакета LMS Imagine.Lab AMESim // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 83–92.

Likhachev D.S., Taratorkin I.A., Kharitonov S.A. [Analysis of disturbing torque by means of LMS Imagine.Lab AMESim software package]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 83–92. (In Russian)

Сонкин В.И. Аэродинамика впускных каналов: нейтральные каналы. Часть 1 // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 93–103.

Sonkin V.I. [Aerodynamics of intake ports: neutral ports. Part 1]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 93–103. (In Russian)

Конев А.Д. Выбор алгоритмов микропроцессорного управления силовым агрегатом автомобиля // Труды НАМИ. – 2016. – № 3 (266). – С. 104–110.

Konev A.D. [Microprocessor controlling system of a vehicle power unit]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 3 (266), pp. 104–110. (In Russian)

#### № 4 (267) – 2016

#### ОБЗОРЫ, АНАЛИТИКА

#### REVIEWS, ANALYTICS

Бахмутов С.В. Международный автомобильный научный форум (МАНФ-2016) «Интеллектуальные транспортные системы повышения энергоэффективности и безопасности движения» // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 6–12.

Bakhmutov S.V. [International Automobile Scientific Forum (IASF-2016) “Energy efficiency and traffic safety improving intelligent transport systems”]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 6–12. (In Russian)

#### АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЕ

#### AUTOMOBILE DEVELOPMENT

Кисуленко Б.В., Бочаров А.В. Деятельность Всемирного форума для согласования правил в области транспортных средств (WP.29) ЕЭК ООН в сфере интеллектуальных транспортных средств и автоматизации управления // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 13–21.

Kisulenko B.V., Bocharov A.V. [Activities of the UNECE World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29) in the field of Intelligent Transport Systems and Automated Driving]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 13–21. (In Russian)

Лихачёв Д.С., Тараторкин И.А., Харитонов С.А. Особенности динамической нагруженности трансмиссии транспортного средства с комбинированной энергоустановкой // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 22–31.

Likhachev D.S., Taratorkin I.A., Kharitonov S.A. [Features of the dynamic loading on a vehicle transmission equipped with a combined power unit]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 22–31. (In Russian)

Блохин А.Н. Разработки в области роботизированных механических трансмиссий // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 32–44.

Дьяков А.С., Котиев Г.О. Основы метода проектирования ходовых систем безэкипажных наземных транспортных средств // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 45–53.

Вершинин Р.В., Харитонов С.А. Особенности расчёта зубчатых зацеплений и повышение ресурса многоступенчатых автоматических коробок передач в процессе эксплуатации // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 54–60.

Кириллов К.А. Международный опыт оценки соответствия требованиям безопасности внесённых изменений в конструкцию транспортных средств, в том числе и находящихся в эксплуатации // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 61–70.

Blokhin A.N. [Developments in the field of robotized mechanical transmission]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 32–44. (In Russian)

Diakov A.S., Kotiev G.O. [Basis of the method of designing chassis systems of unmanned ground vehicles]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 45–53. (In Russian)

Vershinin R.V., Kharitonov S.A. [Specific features of gearing calculation and the increase of multistage automatic transmissions resource during vehicle operation]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 54–60. (In Russian)

Kirillov K.A. [International experience in conformity assessment concerning safety requirements of vehicle design changes, including in operation]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 61–70. (In Russian)

#### **ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ**

#### **ENGINE DEVELOPMENT**

Каменев В.Ф., Пугачёв И.О. Использование модельно-ориентированного проектирования для разработки системы управления дизелем с использованием компьютерного имитационного комплекса // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 71–84.

Сонкин В.И. Аэродинамика впускных клапанов: винтовые каналы. Часть 2 // Труды НАМИ. – 2016. – № 4 (267). – С. 85–96.

Kamenev V.F., Pugachev I.O. [Model-based design methods to create a new diesel control system with the help of a computer simulation complex]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 71–84. (In Russian)

Sonkin V.I. [Aerodynamics of intake ports: helical ports. Part 2]. *Trudy NAMI*, 2016, no. 4 (267), pp. 85–96. (In Russian)

---