

УДК 629.114.012:УДК 629.114.6:629.114.5

А.Н. БЛОХИН, канд. техн. наук

доцент кафедры «Автомобили и тракторы»

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

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия

*Поступила в редакцию 14.09.2016.*

## РОБОТИЗИРОВАННЫЕ МЕХАНИЧЕСКИЕ ТРАНСМИССИИ ДЛЯ КОММЕРЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА И СПЕЦТЕХНИКИ

*В работе представлены совместные разработки Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева (НГТУ), Группы «КОМ» и ФГУП «НАМИ» в области роботизированных интеллектуальных механических ступенчатых трансмиссий, выполненные в период 2008–2016 годов. Представлены технические характеристики разработанных коробок передач и механизмов автоматического управления фрикционным сцеплением. Описаны особенности разработанных трансмиссий, рассмотрена укрупненная схема системы управления многоступенчатой трансмиссией. Представлен специализированный стенд многофункциональных испытаний узлов и агрегатов механических трансмиссий автомобилей с автоматическим или командным управлением, разработанный в НГТУ, на котором проводились испытания базовых модификаций коробок передач и механизмов автоматического управления сцеплением. Представлены некоторые результаты стендовых и дорожных испытаний разработанных коробок передач и механизмов автоматического управления сцеплением на автомобиле КамАЗ-65117.*

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

**Введение.** Одним из направлений повышения энергоэффективности и безопасности движения является создание автоматических интеллектуальных трансмиссий. Для создания автоматических интеллектуальных трансмиссий наряду с использованием гидромеханических и планетарных коробок передач применяются роботизированные ступенчатые синхронизированные коробки, обладающие такими положительными качествами, как малый вес и габариты, низкая стоимость, высокая надежность, простота ремонта и обслуживания, высокий КПД. Исследования в области автоматизации управления ступенчатыми механическими коробками передач ведутся с 40-х годов XX в. Наиболее значимыми являются работы Н.А. Бухарина, М.А. Айзермана, В.А. Петрова, А.П. Недялкова, Ю.К. Есеновского-Лашкова, Д.Г. Поляка, О.И. Гируцкого, О.С. Руктешеля, Г.О. Котиева, А.В. Горбатовского и других, проводимые в ФГУП «НАМИ», Белорусском национальном техническом университете, Московском государственном техническом университете им. Н.Э. Баумана и на ПАО «КАМАЗ».

С 2004 года ФГУП «НАМИ» совместно с Группой «КОМ» (г. Набережные Челны, Россия) начали разработки автоматических интеллектуальных многоступенчатых трансмиссий с микропроцессорным управлением. С 2008 года к этой работе подключились специалисты НГТУ им. Р.Е. Алексеева. К 2016 году разработано несколько типоразмерных рядов перспективных механических ко-

робок передач для следующих классов транспортных средств (рисунок 1):

- LCV, CV и автобусов малого и среднего класса с передним расположением двигателя;
- автобусов с задним поперечным расположением двигателя;
- НCV, автопоездов и строительно-дорожных машин;
- вездеходных транспортных средств и транспортных средств многоцелевого назначения.

В целом разработано 17 модификаций коробок передач и 4 разновидности механизмов автоматического управления фрикционным сцеплением.

**Основные характеристики разработанных узлов и агрегатов.** В таблице 1 приведены основные характеристики коробок передач для автомобилей классов LCV, CV и автобусов малого и среднего класса с передним и задним расположением двигателя. Это трехвальные коробки передач (исключением является модификация М6У-700, имеющая два вала и угловой редуктор), 6-ступенчатые, полностью синхронизируемые. Отдельные особенности данных коробок передач описаны в публикациях [1, 3, 8–10, 15].

На рисунке 2 представлен внешний вид изготовленных экспериментальных образцов коробок передач модификаций М6-300 и М6-700.

В таблице 2 приведены основные характеристики коробок передач для тяжелых грузовых автомобилей класса НCV, автопоездов и специальной техники, которые ранее были опубликованы в работах [1, 3,



Рисунок 1 — Разработанные механические роботизированные ступенчатые трансмиссии

Таблица 1 — Основные параметры коробок передач для автомобилей классов LCV, CV и автобусов малого и среднего класса

№	Модель коробки передач	Крутящий момент на входе, Нм	Число передач	Диапазон	Длина коробки, мм	Межосевое расстояние, мм	Масса, кг
1	М6-300	350	6	9,25	295	100	51,5
2	М6-550	550	6	7,12	342	115	80
3	М6-700	750	6	7,12	380	135	120
4	М6У-700*	750	6	9,06	886	135	140
5	М6-800	850	6	7,00	380	135	120
6	М6-1100	1300	6	9,10	460	165	205

Примечание: \* — для автобусов с задним расположением двигателя.

8–10, 15]. Следует отметить, что по своим техническим характеристикам представленные коробки передач не уступают лучшим зарубежным аналогам ZF 16S220, ZF 16S181, Mercedes-Benz G180-11,9, Volvo SR-2000 [10, 15, 16].

Представленные в таблице 2 коробки передач являются высоко унифицированными агрегатами (коэффициент унификации 60...95 %), выполненными по трехвальной схеме, имеющие основной редуктор, демультипликатор и делитель (для 12- и 16-ступенчатых модификаций). Указанные изделия рассчитаны для транспортных средств с двигателями мощностью от 300 до 750 кВт (от

400 до 1000 л. с.) и крутящим моментом от 1650 до 3500 Нм.

На рисунке 3 представлен внешний вид изготовленных экспериментальных образцов коробок передач модификаций ТМ8-2700 и ТМ16-2000.

Для обеспечения командного и автоматического режимов работы разработаны, изготовлены и экспериментально исследованы механизмы автоматического управления фрикционным сцеплением (МАУС) для 6-, 8- и 16-ступенчатых коробок передач. На рисунке 4 представлен МАУС-16 для 16-ступенчатой трансмиссии ТМ16-2000.

Разработанные многоступенчатые коробки передач с автоматическим и командным управлением позволяют:

- упростить и облегчить процесс управления транспортным средством;
- улучшить показатели топливной экономичности за счет выбора оптимальных передач;
- улучшить разгонные и тяговые характеристики транспортного средства;
- позволяют решить вопрос дистанционного управления трансмиссией для любой компоновочной схемы транспортного средства;

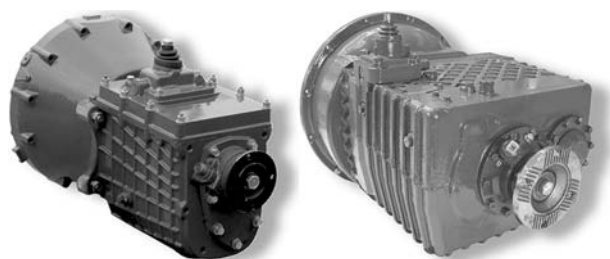


Рисунок 2 — Экспериментальные образцы коробок передач для автомобилей классов LCV, CV: а — М6-300; б — М6-700

Таблица 2 — Основные технические характеристики коробок передач для тяжелых грузовых автомобилей

№	Модель коробки передач	Крутящий момент на входе, Нм	Число передач	Диапазон	Длина коробки, мм	Межосевое расстояние, мм	Масса кг
1	TM8-1300	1650	8	12,38	460	135	160
2	TM8-2000/1	2200	8	13,77	485	170	245
3	TM8-2700/2	2700	8	13,77	485	170	245
4	TM8-3500	3500	8	14,16	520	170	275
5	TM12-1800/1	1800	12	15,05	500	170	270
6	TM12-2200/2	2200	12	15,15	500	170	270
7	TM16-2000	2200	16	17,04	570	170	300
8	TM16-3000	3000	16	16,87	570	170	300
9	TM16-3500	3500	16	16,87	615	170	325

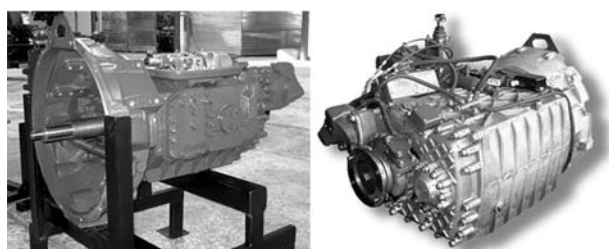


Рисунок 3 — Экспериментальные образцы коробок передач для тяжелых грузовых автомобилей: а — TM8-2700; б — TM16-2000

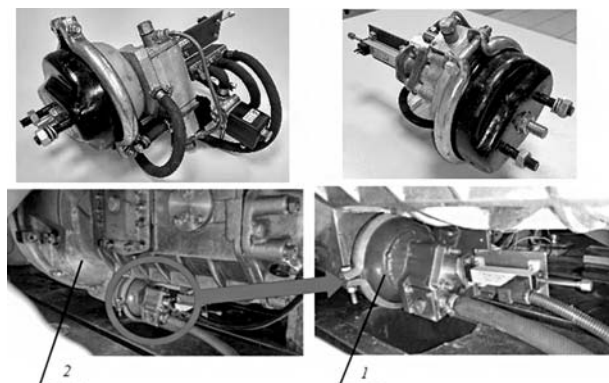


Рисунок 4 — Внешний вид и установка механизма МАУС-16 (поз. 1) на коробке передач TM16-2000 (поз. 2)

- снизить психофизические нагрузки на водителя, что способствует повышению безопасности дорожного движения;
- уменьшить шум и вибрацию в кабине водителя за счет исключения деталей механического привода;
- исключить ошибки водителя при включении передач, что приведет к повышению ресурса работы и качества функционирования транспортного средства;
- значительно повысить ресурс работы сцепления за счет уменьшения времени буксования сцепления;
- заменить импортные аналоги на рынке и способствуют развитию экспортного потенциала продукции.

Общими особенностями всех разработанных трансмиссий является:

- электропневматический привод управления редукторов коробки передач и механизмов управления сцеплением;

- автоматическое управление сцеплением (две педали: газ, тормоз);
- автоматический и командный режим переключения передач в основном редукторе;
- автоматическое переключение передач в делителе и демультипликаторе (при их наличии);
- повышенная надежность систем управления за счет использования помимо основной микропроцессорной еще двух дополнительных резервных систем управления, в том числе механической.

**Описание системы управления многоступенчатыми трансмиссиями.** На рисунке 5 представлена общая укрупненная схема системы управления многоступенчатой трансмиссией. Система управления трансмиссией является программно-аппаратным комплексом, позволяющим решать задачи управления сцеплением и переключения передач во всем диапазоне режимов работы автомобиля на основе заложенного в блок управления закона.

Центральный микроконтроллер блока управления трансмиссией на основе заложенного в него закона автоматического переключения передач в основном редукторе, делителе и демультипликаторе, а также сигналов с датчиков частот вращения двигателем и валов коробки передач, датчика углового положения педали газа, датчика положения штока вилки выключения сцепления вырабатывает управляющие сигналы в модуль управления сцеплением, в модуль управления переключением передач и в блок управления двигателем. В модуле управления сцеплением в режиме реального времени происходит отслеживание расстояния между фрикционными дисками сцепления и на основе команд центрального процессора реализуется плавное и четкое включение/выключение сцепления в зависимости от положения педали газа и изменения оборотов двигателя при трогании транспортного средства и при переключении передач. В модуле управления переключением передач исполнительными механизмами включаются/выключаются передачи основного редуктора, делителя, демультипликата-





Рисунок 5 — Схема системы управления многоступенчатой трансмиссией

тора в соответствии с законом автоматического переключения передач. На информационном табло с помощью светодиодов и индикации определенных символов водитель получает визуальную информацию о включение той или иной передачи в основном редукторе, делителе и демультипликаторе, а также о состоянии сцепления (включено/выключено). Модуль работы с устройством отображения информации имеет собственный микроконтроллер, который по шине CAN осуществляет постоянный обмен данными с центральным микроконтроллером блока управления трансмиссией. Контроллер является задатчиком передачи для движения и может быть установлен водителем в положение, соответствующее командному или автоматическому переключению передач.

Управление многоступенчатой трансмиссией в режиме автоматического интеллектуального управления требует наличия программных средств, связывающих по шине CAN (протокол SAE 1939) работу центрального микроконтроллера блока управления трансмиссией с блоком управления двигателем.

**Экспериментальные исследования многоступенчатых трансмиссий.** Базовые роботизированные трансмиссии М6-700, ТМ8-2700, ТМ16-2000, Русак 3993-8×8-М6 (см. рисунок 1) в НГТУ им. Р.Е. Алексеева прошли полноценные лабораторные экспериментальные исследования на специализированном стенде (рисунок 6) для многофункциональных испытаний узлов и агрегатов механических трансмиссий автомобилей с автоматическим или командным управлением (патенты РФ на полезную модель № 154871, № 154102), <http://its.ntnu.ru/sciense/nots>. Кроме этого, коробки

передач ТМ16-2000 прошли стендовые испытания в НАМИ в 2004 году в объеме, эквивалентном 700 000 км пробега [10, 15].

На стенде проводятся следующие работы по специально разработанным методикам:

- испытания узлов и агрегатов механических трансмиссий транспортных средств: фрикционного сцепления, многоступенчатых коробок передач, коробок отбора мощности, раздаточных коробок и их приводов, имеющие механическое, командное или автоматическое управление с пневмосистемой;
- исследования динамических нагрузок в узлах и агрегатах при переключении передач в автоматическом или командном режимах управления;
- исследования работоспособности систем автоматического интеллектуального привода фрик-

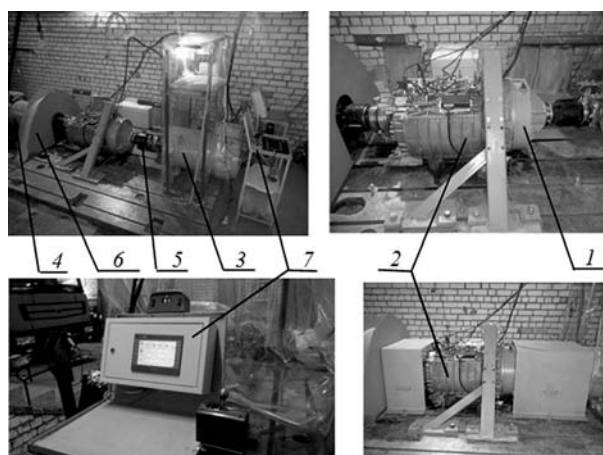
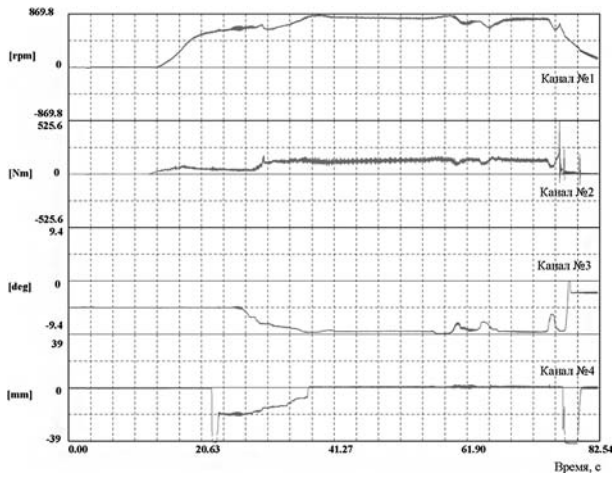


Рисунок 6 — Внешний вид стенда для многофункциональных испытаний: 1 — механизм управления сцеплением; 2 — многоступенчатая коробка передач; 3 — приводной двигатель; 4 — генератор; 5 — карданная передача; 6 — инерционная масса; 7 — пульт управления стендом



**Рисунок 7** — Результаты экспериментальных исследований имитации процесса трогания транспортного средства с места, 16-ступенчатая трансмиссия ТМ16-2000, автоматическое управление сцеплением: канал № 1 — частота вращения вала двигателя; канал № 2 — момент двигателя; канал № 3 — положение педали газа; канал № 4 — положение штока вилки сцепления

ционного сцепления и имитации процесса трогания автомобиля с места в разных условиях;

- проведения работ по отладке алгоритмов интеллектуального управления узлами и агрегатами в автоматическом и командном режимах;
- валидация и верификация роботизированных узлов и агрегатов трансмиссий, сравнение показателей работоспособности с данными теоретических исследований.

Результаты работы системы автоматического интеллектуального управления многоступенчатых коробок на стенде подробно описаны в публикациях [2, 4, 5, 7, 11–14]. Для примера, на рисунке 7 представлены результаты имитации процесса трогания транспортного средства с места, имеющего шестнадцать ступенчатую трансмиссию ТМ16-2000.

При экспериментальных исследованиях на стенде определялись основные параметры процесса переключения передач: общее время переключения передачи в трансмиссии, время включения/выключения сцепления, время нарастания давления в силовых цилиндрах основного редуктора, делителя и демультипликатора, величины динамических моментов на входном и выходном валу коробки передач, угловые скорости входного и выходного валов коробки передач. Для 16-ступенчатой коробки передач ТМ16-2000 время выключения сцепления в среднем составляет 0,15 с, а время включения сцепления 0,30–0,35 с, полное время переключения передач 0,7–0,8 с, что является приемлемым для тяжелых коммерческих грузовых автомобилей и автобусов.

После удовлетворительных результатов стендовых испытаний трансмиссии устанавливались на автомобили для продолжения исследований в дорожных условиях на основе методик, разработанных в НГТУ им. Р.Е. Алексеева. На рисун-

ке 8 показан автомобиль КамАЗ-65117 с установленной 16-ступенчатой трансмиссией ТМ16-2000, а на рисунке 9 — автомобиль Русак-5354 с роботизированной 6-ступенчатой трансмиссией М6-700. На рисунке 10, для примера, представлены результаты экспериментальных исследований трогания с места автомобиля КамАЗ-65117 с 16-ступенчатой трансмиссией ТМ16-2000 в режиме автоматического управления. На канале № 1 (рисунке 10) представлены давления в силовой полости механизма автоматического управления сцеплением. Максимальная величина этих давлений порядка 8 атм. Давление, при котором обеспечивается регулирование положения сцепления, соответствует 2–2,2 атм. На канале № 2 — давление в ускорительном механизме управления сцеплением. Максимальное давление чуть большее 8 атм, давление в клапанах при регулировании положения сцепления 2,6–2,8 атм.

На третьем канале (см. рисунок 10) представлено перемещение штока вилки выключения сцепления. В момент включения сцепления для плавного трогания транспортного средства фрикционные диски сцепления расходятся на величину 70–80 % от их максимального хода. На канале № 4 представлены данные по времени срабатывания микровыключателя («концевика») сцепления, на основе анализа которого определяются время включения/выключения сцепления и полное время переключения передач (в среднем порядка 0,7–0,8 с).

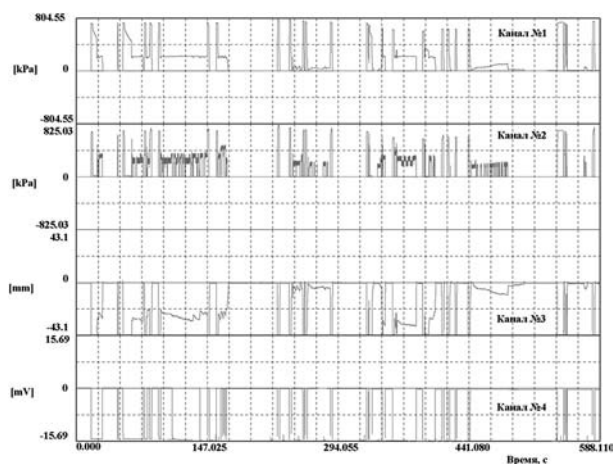


**Рисунок 8** — Установка роботизированной трансмиссии ТМ16-2000 на автомобиле КамАЗ-65117



**Рисунок 9** — Установка роботизированной трансмиссии М6-700 на автомобиле Русак-5354





**Рисунок 10** — Результаты экспериментальных исследований трогания с места автомобиля КамАЗ-65117 с 16-ступенчатой трансмиссией ТМ16-2000 в режиме автоматического управления: канал № 1 — давление в силовой полости механизма автоматического управления сцеплением; канал № 2 — давление в ускорительном механизме управления сцеплением; канал № 3 — перемещение штока вилки выключения сцепления; канал № 4 — время срабатывания механизма выключения сцепления

Результаты проведенных дорожных экспериментальных исследований показали количественное и качественное соответствие данных стендовым испытаниям и теоретическим расчетам. Расхождение в данных не превышает 10–25 %. На основе результатов экспериментальных исследований опытных образцов трансмиссий можно рекомендовать их к серийному производству.

**Закключение.** Таким образом, специалистами НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Группы «КОМ» и ФГУП «НАМИ» разработаны:

- 17 модификаций коробок передач и 4 разновидности механизмов автоматического управления фрикционным сцеплением, не уступающих по своим характеристикам импортным аналогам. Разработанные узлы и агрегаты являются импортозамещающими, их производство способствует развитию экспортного потенциала отечественных интеллектуальных трансмиссий для грузовых автомобилей, автобусов, автопоездов и транспортных средств специального назначения в диапазоне мощностей двигателя 75–750 кВт (100–1000 л. с.);

- базовые модификации роботизированных коробок передач М6-700, ТМ8-2700, ТМ16-2000, Русак 3993-8×8-М6-550 с автоматическим интеллектуальным управлением прошли полноценные лабораторные испытания в НГТУ им. Р.Е. Алексеева на специализированном стенде для многофункциональных испытаний узлов и агрегатов механических трансмиссий автомобилей с автоматическим или командным управлением. При этом для 16-ступенчатой коробки передач ТМ16-2000 время выключения сцепления в среднем составляет 0,15 с, а время включения сцепления 0,30–0,35 с, полное время переключения передач 0,7–0,8 с, что является приемлемым для тяжелых коммерческих грузовых автомобилей и автобусов.

- базовые модификации роботизированных коробок М6-700, ТМ8-2700, ТМ16-2000, Русак 3993-8×8-М6-550 с автоматическим интеллектуальным управлением в 2015–2016 годах прошли дорожные испытания в составе транспортных средств Русак-5354 (4×2), КамАЗ-65117 (6×4), Русак-3993 (8×8). Результаты проведенных дорожных экспериментальных исследований показали количественное и качественное соответствие данных стендовым испытаниям и теоретическим расчетам. Расхождение в данных не превышает 10–25 %. На основе результатов экспериментальных исследований опытных образцов трансмиссий можно рекомендовать их к серийному производству.

*Работы проводились при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014–2020 годы», Соглашение № 14.577.21.0080 от 05.06.2014, уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57714X0080.*

#### Список литературы

1. Blokhin, A. The Automatic Control System of the Multistage Manual Transmission / A. Blokhin // *Advances in Engineering Research: Proc. of the 2015 International Conference on Electrical, Electronics and Mechatronics*. — 2015. — Vol. 34. — Pp. 147–151.
2. Research of the Friction Clutch Automatic Control Performance at the Stand / A. Blokhin [et al.] // *Advances in Engineering Research: Proc. of the 2015 International Conference on Electrical, Electronics and Mechatronics*. — 2015. — Vol. 34. — Pp. 142–146.
3. Standard Series of Multispeed Mechanical Transmissions with Automatic Control for Advanced Trucks. / A. Blokhin [et al.] // *Advances in Engineering Research: Proceedings of the 2015 International Conference on Advanced Manufacturing and Industrial Application*. — 2015. — Vol. 33. — Pp. 123–128.
4. The Study of the Automatic Manual Truck Transmission Clutch Performance. / A. Blokhin [et al.] // *Advances in Engineering Research: Proc. of the 2015 International Conference on Advanced Manufacturing and Industrial Application*. — 2015. — Vol. 33. — Pp. 65–68.
5. Blokhin, A. The study of the automatic manual truck transmission clutch performance. / A. Blokhin, V. Mankovsky, A. Kropp // *Advances in Engineering Research: Proceedings of the 2015 International Conference on Electrical, Automation and Mechanical Engineering*. — 2015. — Vol. 13. — Pp. 421–424.
6. The Study of the Synchronization Process in the Gearbox with Automatic Control / A. Blokhin [et al.] // *Applied Mechanics and Materials*. — 2015. — Vol. 763. — Pp. 71–77.
7. Electromechanical Complex of Test Loading Stand of Multistage Transmissions with Automatic Control / A. Blokhin [et al.] // *Applied Mechanics and Materials*. — 2015. — Vol. 763. — Pp. 78–85.
8. Perspective dimension-types range of mechanical multiple-speed gearboxes with automatic control system. / A. Blokhin [et al.] // *VTI 2012: Proc. of 2012 International Conference on Advanced Vehicle Technologies and Integration, Changchun, China, July 16–19, 2012*. — Pp. 480–484.
9. Недеялков, А.П. Типоразмерный ряд перспективных унифицированных синхронизированных многоступенчатых коробок передач с автоматизированным управлением. / А.П. Недеялков, А.Н. Блохин, В.Ю. Тумреев // *Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси*. — 2012. — Вып. 1. — С. 216–221.
10. Блохин, А.Н. Инновационные коробки передач «КОМ-НАМИ» с механическим и автоматизированным управлением.

- рванием. / А.Н. Блохин, В.В. Маньковский, А.П. Недялков // Наука и Образование: электрон. науч.-техн. издание. — 2011. — №9. — Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/214551.html>.
11. Блохин, А.Н. Результаты стендовых испытаний шестнадцатиступенчатой коробки передач с автоматическим управлением. / А.Н. Блохин, А.П. Недялков, А.Е. Кропп // Наука и образование: электрон. науч.-техн. издание. — 2013. — № 12. — Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/671097.html>.
  12. Результаты расчетно-экспериментальных исследований работоспособности многоступенчатой механической коробки передач с автоматическим управлением / А.Н. Блохин [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси. — 2013. — Вып. 2. — С. 171–178.
  13. Блохин, А.Н. Разработка и оценка работоспособности электропневматического механизма управления сцеплением транспортного средства / А.Н. Блохин, А.П. Недялков // Механика и процессы управления: материалы XXXXIV Всерос. симпозиума, посвящ. 90-летию со дня рождения акад. В.П. Макеева, Москва, 2014 г. / РАН. — М., 2014. — Т. 2. — С. 51–62.
  14. Блохин, А.Н. Моделирование процесса управления сцеплением многоступенчатой трансмиссии с пневмоприводом / А.Н. Блохин // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси. — 2014. — Вып. 2. — С. 139–143.
  15. Недялков, А.П. Применение опережающих технических решений при создании механических ступенчатых коробок передач с автоматизированным управлением. / А.П. Недялков, А.Н. Блохин // Наука и Образование: электрон. науч.-техн. издание. — 2011. — Вып. 2. — Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/165381.htm>.
  16. Недялков, А.П. Аналитическое исследование вариантов кинематических схем планетарных демультипликаторов многоступенчатых коробок передач и выбор оптимальных параметров планетарного механизма. / А.П. Недялков, Е.Б. Александров, А.Н. Блохин // Вестн. ИжГТУ. — 2011. — № 2(50). — С. 39–43.

**BLOKHIN Aleksandr N., Ph. D. in Eng.**

Associate Professor of the Department “Automobiles and Tractors”

E-mail: [a.n.blokhin@gmail.com](mailto:a.n.blokhin@gmail.com)

Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia

*Received 14 September 2016.*

## ROBOTIZED MECHANICAL TRANSMISSIONS FOR COMMERCIAL AND SPECIAL VEHICLES

*The paper presents the cooperative development of the Nizhny Novgorod State Technical University n. a. R.E. Alekseev, KOM Groups and the Central research and development automobile and engine institute NAMI in the field of intelligent automatic mechanical multistage transmissions developed in the period 2008–2016. The paper shows basic parameters of the developed transmissions and automatic clutch control mechanism. The article describes design solutions of the developed transmissions. It considers the scheme of multistage transmission control system. It presents special stand for testing transmissions with automatic and command control, manufactured in the NNSTU n. a. R.E. Alekseev. The article contains the results of experimental research performed both on the test stand and on the road on the vehicle KAMAZ-65117.*

**Keywords:** gearbox, transmissions, automatic mechanical transmissions, automatic control

### References

1. Blokhin A. The Automatic Control System of the Multistage Manual Transmission. *Proc. 2015 Int. Conf. on Electrical, Electronics and Mechatronics “AER — Advances in Engineering Research”*. Vol. 34, pp. 147–151.
2. Blokhin A., Barakhtanov L., Koshurina A., Taratorkin A., Lubichev P. Research of the Friction Clutch Automatic Control Performance at the Stand. *Proc. 2015 Int. Conf. on Electrical, Electronics and Mechatronics “AER — Advances in Engineering Research”*. Vol. 34, pp. 142–146.
3. Blokhin A., Barakhtanov L., Nedyalkov A., Koshurina A., Taratorkin A. Standard Series of Multispeed Mechanical Transmissions with Automatic Control for Advanced Trucks. *Proc. 2015 Int. Conf. on Advanced Manufacturing and Industrial Application “AER — Advances in Engineering Research”*. Vol. 33, pp. 123–128.
4. Blokhin A., Kropp A., Barakhtanov L., Taratorkin A., Koshurina A. The Study of the Automatic Manual Truck Transmission Clutch Performance. *Proc. 2015 Int. Conf. on Advanced Manufacturing and Industrial Application “AER — Advances in Engineering Research”*. Vol. 33, pp. 65–68.
5. Blokhin A., Mankovsky V., Kropp A.. The study of the automatic manual truck transmission clutch performance. *Proc. 2015 Int. Conf. on Electrical, Automation and Mechanical Engineering “AER — Advances in Engineering Research”*. Vol. 13, pp. 421–424.
6. Blokhin A., Denisenko E., Kropp A., Nedyalkov A. The Study of the Synchronization Process in the Gearbox with Automatic Control. *Journal of Applied Mechanics and Materials*, vol. 763(2015), pp. 71–77.
7. Blokhin A., Dobryaev S., Plekhov A., Titov V. Electromechanical Complex of Test Loading Stand of Multistage Transmissions with Automatic Control. *Journal of Applied Mechanics and Materials*, vol. 763(2015), pp. 78–85.
8. Blokhin A., Tumasov A., Nedyalkov A., Mankovsky V. Perspective dimension-types range of mechanical multiple-speed gearboxes with automatic control system. *Proc. 2012 Int. Conf. on Advanced Vehicle Technologies and Integration*. Changchun, 2012, pp. 480–484.
9. Nedyalkov A.P., Blokhin A.N., Tumreev V.Ju. Tiporazmernyj rjad perspektivnyh unificirovannyh sinhronizirovannyh mnogostupenchatykh korobok peredach s avtomatizirovannyim upravleniem [Standard series of advanced unified synchronized multi-stage gearboxes with automated control]. *Trudy OIM NAN Belarusi “Aktualnye voprosy mashinovedeniya: sb. nauch. tr.”* [Proc. of the Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus “Topical Issues of Mechanical

- Engineering: collection of scientific articles”], Minsk, 2012, no. 1, pp. 216–221.
10. Blokhin A.N., Mankovsky V.V., Nedyalkov A.P. Innovacionnye korobki peredach “KOM-NAMI” s mehanicheskim i avtomatizirovannym upravleniem [Innovative “KOM-NAMI” gear boxes with mechanical and automatic control]. *Nauka i Obrazovanie: jelektronnoe nauchno-tehnicheskoe izdanie: technomag.edu.ru* [Science and Education: an electronic science and technology publication technomag.edu.ru], 2011, no. 9. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/214551.html/>.
  11. Blokhin A.N., Nedyalkov A.P., Kropp A.E. Rezultaty stendovyh ispytanij shestnadcati stupenchatoj korobki peredach s avtomaticheskim upravleniem [The results of bench tests of sixteen speed gear box with automatic control]. *Nauka i Obrazovanie: jelektronnoe nauchno-tehnicheskoe izdanie: technomag.edu.ru* [Science and Education: an electronic science and technology publication technomag.edu.ru], 2013, no. 12. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/671097.html/>.
  12. Blokhin A.N., Nedyalkov A.P., Tumasov A.V., Noskov A.M. Rezultaty raschetno-jeksperimentalnyh issledovanij rabotosposobnosti mnogostupenchatoj mehanicheskoy korobki peredach s avtomaticheskim upravleniem [The results of computational and experimental studies of efficiency multistage mechanical gearbox with automatic control]. *Trudy OIM NAN Belarusi “Aktualnye voprosy mashinovedenija: sb. nauch. tr.”* [Proc. of the Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus “Topical Issues of Mechanical Engineering: collection of scientific articles”], Minsk, 2013, no. 2, pp. 171–178.
  13. Blokhin A.N., Nedyalkov A.P. Razrabotka i ocenka rabotosposobnosti jelektropnevmaticheskogo mehanizma upravlenija scepneniem transportnogo sredstva [Development and evaluation of performance of electro-pneumatic vehicle’s clutch control mechanism]. *Materialy XXXIV Vserossijskogo simpoziuma, posvjashhennogo 90-letiju so dnja rozhdenija akademika V.P. Makeeva “Mehanika i processy upravlenija”* [Proc. XXXIV All-Russian Symp. on the 90th anniversary of the birth of Academician V.P. Makeev “Mechanics and control processes”], Moscow, 2014, pp. 51–62.
  14. Blokhin A.N. Modelirovanie processa upravlenija scepneniem mnogostupenchatoj transmissii s pnevmoprivodom [Modeling of a clutch control process of multi-stage gear box with pneumatic drive]. *Trudy OIM NAN Belarusi “Aktualnye voprosy mashinovedenija: sb. nauch. tr.”* [Proc. of the Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus “Topical Issues of Mechanical Engineering: collection of scientific articles”], Minsk, 2014, pp. 139–143.
  15. Nedyalkov A.P., Blokhin A.N. Primenenie operezhajushhih tehnicheskikh reshenij pri sozdanii mehanicheskikh stupenchatych korobok peredach s avtomatizirovannym upravleniem [The use of advanced technical solutions when creating a mechanical stepped gearbox with automatic control]. *Nauka i Obrazovanie: jelektronnoe nauchno-tehnicheskoe izdanie: technomag.edu.ru* [Science and Education: an electronic science and technology publication technomag.edu.ru], 2011, no. 2. Available at: <http://technomag.edu.ru/doc/165381.html/>.
  16. Nedyalkov A.P., Alexandrov E.B., Blokhin A.N. Analiticheskoe issledovanie variantov kinematicheskikh shem planetarnyh demultiplikatorov mnogostupenchatych korobok peredach i vybor optimal’nyh parametrov planetarnogo mehanizma [Analytical study of variants of kinematic schemes of planetary demultipliers of multistage gear boxes and a optimum parameters selection of the planetary gear]. *Vestnik IzhGTU* [News of the Kalashnikov Izhevsk State Technical University], 2011, no. 2(50), pp. 39–43.