УДК 629.1+621.31

АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК СОВРЕМЕННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЯГОВО-СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЕЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Н.В. Савенков, В.В. Понякин*, С.А. Чекулаев, В.В. Бутенко
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, Донецкая Народная Республика
**ponyakinvv@mail.ru*

АННОТАЦИЯ

Введение. *В настоящее время стенды с беговыми барабанами широко применяются для проведения различных видов испытаний. Особую роль при этом составляют мощностные стенды, которые отбирают от ведущих колес автомобиля развиваемую мощность. При этом моделируется процесс движения автотранспортного средства в эксплуатационных условиях. Такое оборудование имеет различающуюся конструкцию, принцип действия и рабочие характеристики, применяется в разных по назначению, этапам разработки и видам испытаниях: исследовательских, контрольных, сертификационных и т.д. с целью определения тягово-скоростных, топливно-экономичных и экологических эксплуатационных свойств.*

Материалы и методы. *В данной статье выполнен обзор относительно распространенных на внутреннем рынке предложений мощностных стендов с беговыми барабанами, проведен анализ основных конструкционных решений: схем передачи усилия в паре колесо–барабан, применяемых типов нагрузочных устройств, схем компоновки трансмиссии и особенностей контрольно-измерительного комплекса. Рассмотрены соответствующие достоинства и недостатки, рекомендованы сферы применения и приведены параметры и характеристики рабочего процесса агрегатов, узлов и оборудования.*

Выводы. *Изложенный в работе материал направлен на критическую оценку существующих моделей стендов с беговыми барабанами, а также для предоставления первичной информации, полезной при выборе серийных моделей, либо предшествующей разработке технического задания на проектирование или модернизацию создаваемого оборудования.*

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *динамометрический стенд, беговой барабан, транспортное средство, тормоз-замедлитель, крутящий момент, мощность, тягово-скоростные свойства, устройство для измерения крутящего момента, испытания.*

© Н.В. Савенков, В.В. Понякин, С.А. Чекулаев, В.В. Бутенко

Контент доступен под лицензией
Creative Commons Attribution 4.0 License.

MODERN EQUIPMENT FOR DETERMINING TRACTOR-SPEED PROPERTIES OF THE VEHICLE: CHARACTERISTICS' ANALYSIS IN LABORATORY CONDITIONS

N.V. Savenkov, V.V. Ponyakin*, S.A. Chekulaev, V.V. Butenko
Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture,
Makeevka, Donetsk People's Republic
**ponyakinvv@mail.ru*

ABSTRACT

Introduction. *At present, stands with running drums are widely used for various types of tests. Power stands play a special role. Such stands take the mechanical power from the driving wheels of the car. This simulates the process of movement of the vehicle under operating conditions. Such equipment has various designs, principles of operation and performance. It is also used in tests that are different by purpose, development stages and types: research, control, certification, etc. Therefore, it is necessary in order to determine the traction-speed, fuel-efficient and environmental performance characteristics.*
Materials and methods. *The paper provides the overview of the power stands with running drums, which are widespread on the domestic market. The authors carried out the analysis of the main structural solutions: schemes of force transfer between the wheel and the drum; types of loading devices; transmission layout schemes and features of the control and measuring complex. The authors also considered corresponding advantages and disadvantages, recommended spheres of application, demonstrated parameters and characteristics of the units' workflow, presented components and equipment.*
Discussion and conclusions. *The authors critically evaluate existing models of stands with running drums. Such information is useful for choosing serial models of stands and for developing technical tasks for designing or upgrading the equipment.*

KEYWORDS: *dynamometer, chassis drum, vehicle, retarder, torque, power, traction and speed properties, device for torque measuring, testing.*

© N.V. Savenkov, V.V. Ponyakin, S.A. Chekulaev, V.V. Butenko

Content is available under the license
Creative Commons Attribution 4.0 License.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время с целью экспериментального определения тягово-скоростных и топливно-экономичных свойств колесных транспортных средств (ТС), а также их экономичности все большее распространение получают испытания на стендах с беговыми барабанами (СББ).

Основным преимуществом таких испытаний по отношению к полигонным является отсутствие влияния на результаты измерений изменчивости климатических условий и характеристик опорной поверхности. Это обеспечивает хорошую повторяемость и сопоставимые условия проведения испытаний для различных образцов техники. Среди недостатков следует отметить необходимость в наличии оборудования, обеспечивающего создание эквивалентного эксплуатационного сопротивления движению, а также соответствующего регистрирующему и измерительному комплексу. Кроме того, стенды разных конструкций отличаются условиями взаимодействия колес с опорной поверхностью и должны обеспечивать необходимый нагрузочно-скоростной диапазон.

Основная цель настоящей публикации – на основании анализа конструкционных особенностей и характеристик узлов и агрегатов серийных тормозных стендов с беговыми барабанами дать рекомендации по рациональному применению рассмотренного оборудования в соответствии с видами испытаний.

Для достижения поставленной цели выполнены следующие задачи: выбор в качестве примера характеристик относительно распространенных моделей СББ, анализ преимуществ и недостатков схем передачи усилия между колесом и беговым барабаном (ББ), применяемых типов нагрузочных устройств, компоновочных решений, оборудования и способов для определения тягово-скоростных свойств.

Приведенные в работе результаты направлены на обеспечение рационального выбора серийных моделей СББ в соответствии с видами и назначением испытаний либо для рационального конфигурирования СББ при их производстве и модернизации.

Конструкция и характеристики современных мощностных СББ в настоящей работе рассмотрены на примере следующих, относительно распространённых, моделей: СДМ 2-3500.200, DYNOMAX 4000 AWD BR, VT-2/B1, FPS2700, MAHA MSR 1000 (рисунок 1). Стенд динамический, барабанный СДМ 2-3500.200 предназначен для определения тягово-скоростных свойств и тормозных качеств двухосных автомобилей, а также для оценки состояния узлов, агрегатов и систем силовой установки. Оборудование позволяет

Таблица 1
Основные технические характеристики серийных мощностных стендов с беговыми барабанами

Table 1
Main technical characteristics of the serial power stand with running drums

Модель	СДМ 2-3500.200	DYNOMAX 4000 AWD BR	VT-2/B1	MAHA MSR 1000	FPS2700
Габариты д×ш×в, мм, (д×ш) мм	8320x4800x x9700	5500×3800	1200× x3300	4400-5400×4100× x890	4000×1100× x1000
Диаметр барабанов, мм	500	250	250	762	217
Допустимая вертикальная нагрузка на ось, кг	2000	3000	3000	2400	2700
Количество осей	4	5	2	1	2
Способ и режим торможения	инерционный, силовой, при постоянной частоте вращения				
Тормозные устройства: (количество/тип, модель)	2/асинхронное 180 кВт	1/индукционное	1/индукци-он-ное	2/электро-двигателя (30кВт)	1/электродина-ми-ческое
Максимальная скорость испытуемого АТС, км/ч	200	250	300	320	200
Точность измерения мощности	±1 %	±2 %	±1 %	± 2 %	±3 %

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

воспроизводить движение по дорогам с твердым покрытием [1]. Стенд динамометрический DYNOMAX 4000 AWD BR предназначен для измерения мощности, крутящего момента и скорости автомобиля с приводом на одну или обе оси [2]. Динамометрический стенд VT-2/B1 предназначен для измерения мощности и крутящего момента автомобилей с одной ведущей осью на режимах движения с постоянной скоростью, а также по заданному циклу [3]. Основная сфера применения стенда MAHA MSR 1000 – испытания легковых автомобилей с колесной формулой 4×4, 4×2 или 2×4 [4]. Стенд модели FPS2700 предназначен для испытаний автомобилей с одной ведущей осью в условиях станций технического обслуживания на предмет определения тягово-скоростных свойств, а также с целью выполнения диагностики двигателя [5].

Основные технические характеристики рассмотренного оборудования приведены в таблице 1.



Рисунок 1, а – СДМ 2-3500.200

Figure 1, a – СДМ 2-3500.200



Рисунок 1, б – DYNOMAX 4000 AWD BR

Figure 1, b – DYNOMAX 4000 AWD BR

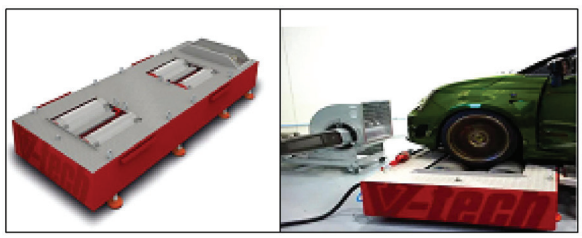


Рисунок 1, в – VT-2/B1

Figure 1, c – VT-2/B1



Рисунок 1, г – MAHA MSR 1000

Figure 1, d – MAHA MSR 1000



Рисунок 1, д –FPS2700

Figure 1, e – FPS2700

АНАЛИЗ ПРИМЕНЯЕМЫХ СХЕМ ПЕРЕДАЧИ УСИЛИЯ В ПАРЕ КОЛЕСО–БАРАБАН

С целью передачи усилия в паре колесо – беговой барабан в настоящее время применяют следующие кинематические варианты:

1) стенды с опорой колеса на один барабан (рисунок 2,а); такая схема содержит меньшее количество подвижных элементов, а также характеризуется сниженными потерями в пятне контакта шины с барабаном [6]; большая инерционная мощность такого конструкционного решения является одновременно его преимуществом и недостатком (это зависит от режимных параметров выполняемых испытаний);

2) стенды с опорой колеса на два барабана (рисунок 2,б) относительно рассмотренных ранее имеют меньшую металлоёмкость и характеризуются большой устойчивостью испытуемого автомобиля; однако режим испытаний на таком стенде сопровождается повышенной деформацией шин – это влечет их интенсивный нагрев и изнашивание;

3) стенды с 4-барабанной компоновкой (на одну ось автомобиля приходится 2 оси барабанов), рисунок 2,в, позволяют проводить испытания как с одной ведущей осью, так и с двумя; такая компоновочная схема является универсальной [7]; основной недостаток – относительно высокая стоимость.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

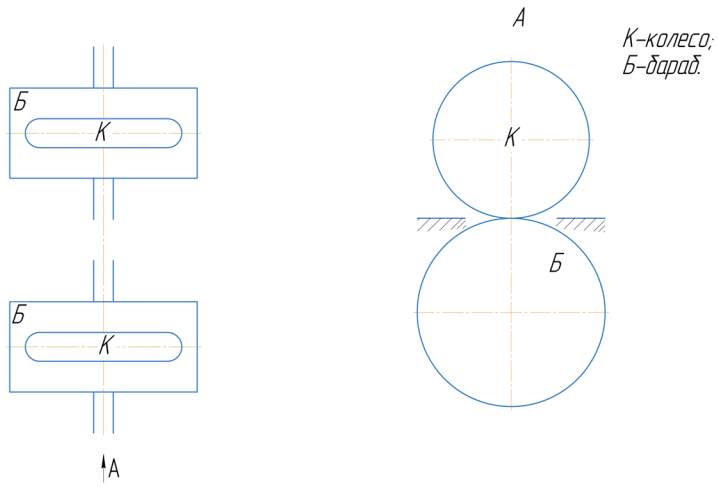


Рисунок 2, а – Однобарабанная схема

Figure 2, a – Single-drum circuit

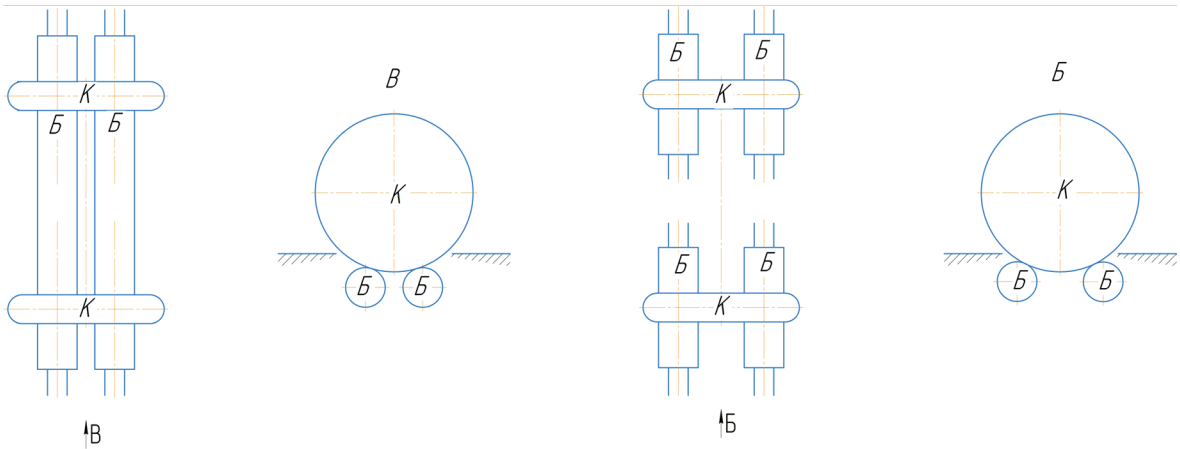


Рисунок 2, б – Двухбарабанная схема под колеса ведущей оси и двухбарабанная схема под каждое колесо ведущей оси

Figure 2, b – Two-drum driving axle and two-drum circuit for each wheel of the drive axle

Таким образом, схема передачи усилия между колесом и ББ обуславливается колесной формулой испытуемого автомобиля, удельным усилием в пятне контакта и условиями испытаний. Форма пятна контакта шины с поверхностью барабана в значительной степени отличается от результатов исследования качения колеса в различных режимах по горизонтальной поверхности [6]. При тяговых испытания отношение диаметра барабана к диаметру колеса обычно составляет 0,4…0,5. Меньшие значение влекут уменьшение коэффициента сцепления в пятне контакта.

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ И ХАРАКТЕРИСТИКИ НАГРУЗОЧНЫХ УСТРОЙСТВ

В качестве нагрузочных устройств в конструкции современных мощностных стендов применяются электрические, гидравлические и механические тормозные устройства.

Электрические нагрузочные устройства

Электрические машины обладают гибкостью регулирования относительно стабильным крутящим моментом, а некоторые их типы могут быть обратимы – при определенных

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

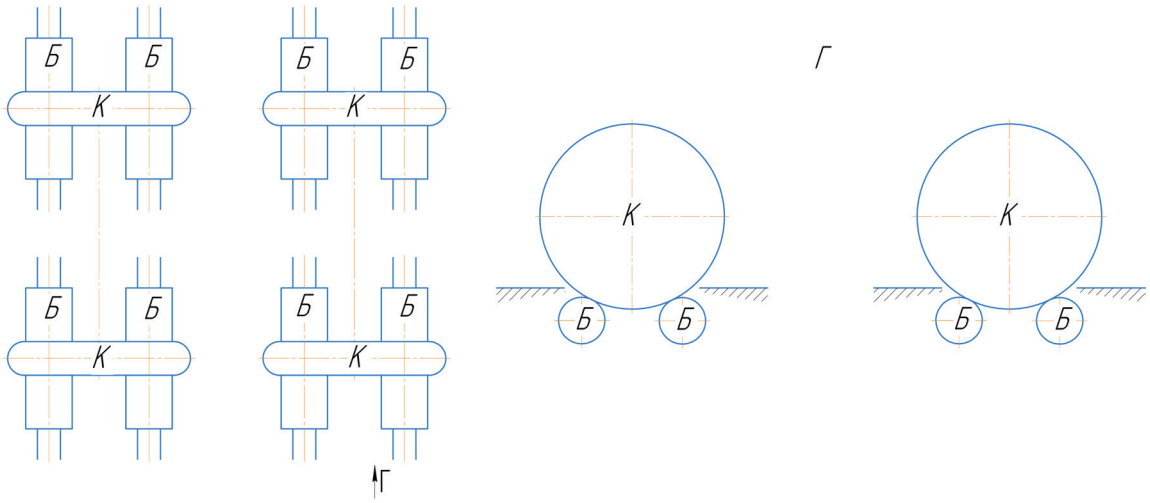


Рисунок 2, в – Четерехбарабанная схема для автомобилей с двумя ведущими осями

Figure 2, c – Four-drum circuit for cars with two driving axles

условиях переходить из тормозного в двигательный режим. На рисунках 3 и 4 показаны конструкции, схемы подключения и основные характеристики машин переменного и постоянного тока соответственно.

Синхронные и асинхронные электрические машины переменного тока с фазовым ротором имеют аналогичную между собой конструкцию. Различаются схемами коммутации. Преимущества асинхронных тормозных устрйств – простота конструкции, автоматический переход из двигательного режима в тормозной при преодолении синхронной частоты вращения ротора. В тормозном режиме часть отбираемой мощности рекуперируется в питающую сеть, а другая часть расходуется в тепло на реостате (рисунок 3,б)[1]. Основные недостатки асинхронных машин – относительно узкие диапазоны регулирования по частоте вращения как в двигательном, так и в тормозном режиме. Это накладывает определеные ограничения на эксплуатацию таких СББ без редукторов с изменяемым передаточным соотношением. Также к недостаткам относится трудоемкость обслуживания жидкотного реостата и инерционность его регулирования. Синхронные машины, при прочих равных, в тормозном режиме имеют вдвое больший рабочий диапазон, но при этом обладают практически вдвое меньшим тормозным моментом [8]. Вся отбираемая мощность расходуется в тепло на батарее резисторов (рисунок 3,в). Недостатком синхронного нагрузочного устройства является частотное регулировании при необходимости организации его работы в двигательном режиме.

Электрические машины постоянного тока отличаются относительно высокой стоимостью и меньшим ресурсом, однако имеют хорошую плавность хода и широкие пределы регулирования. Для обеспечения режимов работы, рассмотренных в таблице 2, не требуют микропроцессорного управления. Эти машины находят широкое применение для исследовательских целей.

Электроиндукционные нагрузочные устройства (рисунок 5) имеют относительно простую конструкцию, компактны, долговечны, просты в управлении, обладают высокой удельной мощностью и высокой предельной частотой вращения ротора. В некоторых быстроходных конструкциях ротор имеет жидкостное охлаждение. Электроиндукционные тормозные устройства применяются при длительных испытаниях, например на предмет определения надежности и безотказности. Главным недостатком этих агрегатов является невозможность организации двигательного режима.

[1] Техническое описание и инструкция по эксплуатации 5543 ТО. Стенд обкаточно-тормозной КИ-5543-ГОСНИТИ. Госкомсельхозтехника УССР,1979. 24 с.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

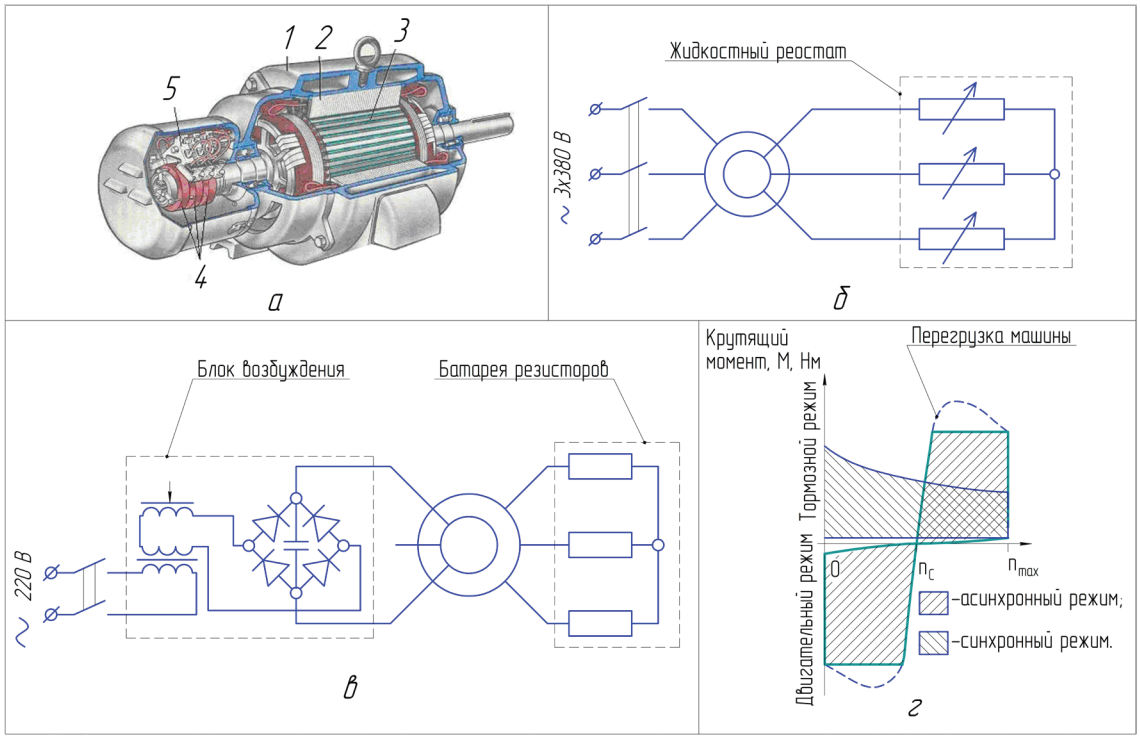


Рисунок 3 – Машина переменного тока:
а – конструкция машины: 1 – статор, 2 – обмотка статора, 3 – фазовый ротор, 4 – токосъемники;
б – схема подключения в асинхронном режиме; в – схема подключения в синхронном режиме;
г – механическая характеристика в асинхронном и синхронном режимах

Figure 3 – AC machine:
a – machine structure: 1 – stator, 2 – stator winding, 3 – phase rotor,
4 – current collectors; b – wiring diagram in asynchronous mode; c – wiring diagram in synchronous mode;
d – mechanical characteristic in asynchronous and synchronous modes

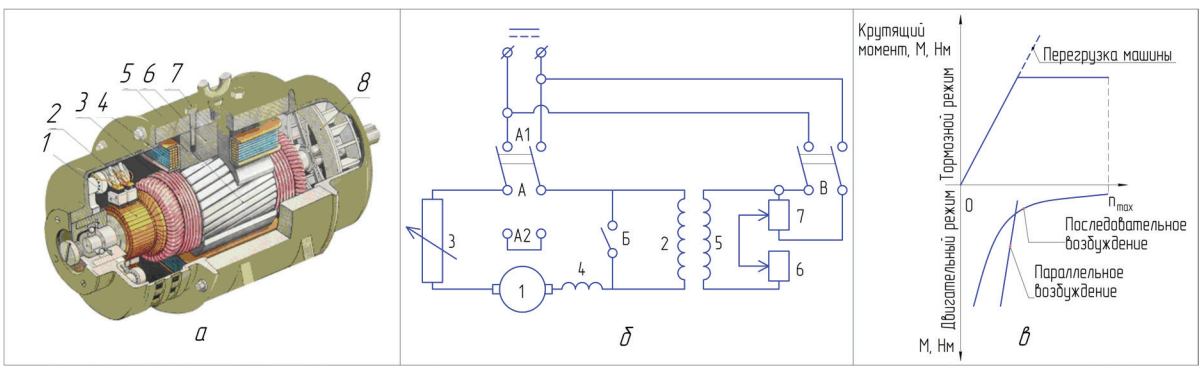


Рисунок 4 – Машина постоянного тока:
а – эскиз машины: 1 – коллектор, 2 – щеточный узел, 3 – обмотка ротора, 4 – полюсная катушка, 5 – ротор, 6 –сердечник полюса возбуждения,7 – корпус, 8 – система охлаждения; б – схема подключения: А – переключатель между двигательным (А1) и тормозным (А2) режимами, Б – рубильник для замыкания накоротко последовательной обмотки возбуждения 2, В – рубильник для включения параллельной обмотки возбуждения 5, 1 – обмотка ротора, 3 – нагрузочный реостат, 4 – обмотка дополнительных полюсов, 6, 7 – реостат и потенциометр параллельной обмотки возбуждения; в – механическая характеристика на различных режимах работы

Figure 4 – DC machine:
a – machine sketch: 1 – collector, 2 – brush unit, 3 – rotor winding, 4 – pole coil, 5 – rotor, 6 – core of the excitation pole, 7 – housing, 8 – cooling system; b – connection diagram: A – switch between the motor (A1) and brake (A2) operation modes, B – switch for shorting the 2 series excitation winding, B – switch to turn on the 5 parallel excitation winding, 1 – rotor winding, 3 – load rheostat, 4 – winding additional poles, 6, 7 – rheostat and potentiometer of the parallel field winding; c – mechanical characteristic of the DC machine in various operating modes

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Таблица 2
Рекомендации по применению различных режимов коммутации

Table 2
Recommendations for the use of various switching modes

Режим работы машины постоянного тока		Положение переключателей (см.рисунок 4)			Особенности режима и рекомендации по применению
		А	Б	В	
Двигательный режим	Режим последовательного возбуждения	А1	откл.	откл.	Машина имеет наибольший пусковой момент, «мягкую» механическую характеристику, частота вращения ротора обратно пропорциональна крутящему моменту
	Режим параллельного возбуждения	А1	вкл.	вкл.	Машина имеет «жесткую» механическую характеристику. Режим предпочтителен для холодной обкатки ДВС, определения потерь в силовой установке и тормозных свойств
	Режим смешанного возбуждения	А1	откл.	вкл.	Режим является промежуточным между последовательным и параллельным возбуждением
Тормозной режим		А2	вкл.	вкл.	Применяется для определения тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и экологичности в различных нагрузочно-скоростных режимах

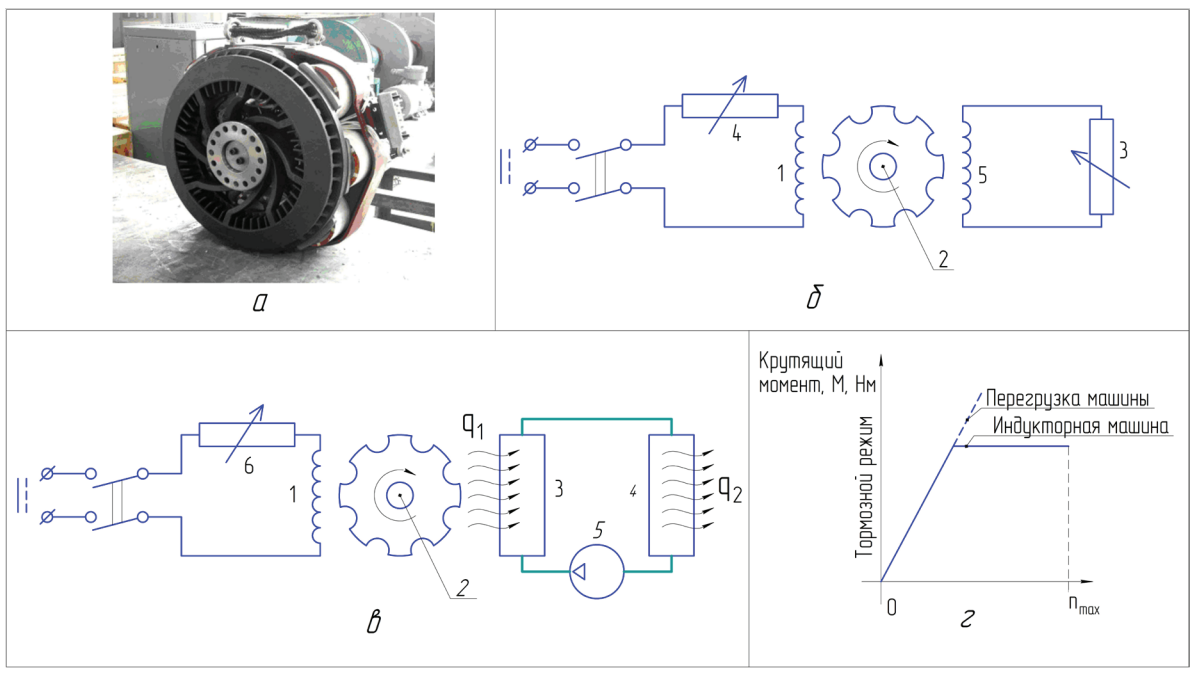


Рисунок 5 – Индукционный тормоз:
а – внешний вид; б – схема подключения: 1 – обмотка возбуждения, 2 – ротор, 3, 4 – реостаты, 5 – дополнительная якорная обмотка; в – схема подключения с двумя обмотками: 1 – обмотка возбуждения, 2 – ротор, 3, 4 – теплообменники, 5 – водяной насос, 6 – устройство для регулирования тормозного усилия, q_1 и q_2 –теплота, выделяемая при работе тормоза; г – механическая характеристика

Figure 5 – Induction machine:
a – braking device; b – wiring diagram: 1 – the excitation winding, 2 – rotor, 3, 4 – rheostats; 5 – additional anchor winding; c – wiring diagram with 2 windings: 1 – excitation winding, 2 – rotor, 3, 4 – heat exchangers, 5 – water pump, 6 – device brake force control, q_1 and q_2 – heat released in the process of slowing down the rotation; d – mechanical characteristic

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile and Highway Industry Journal

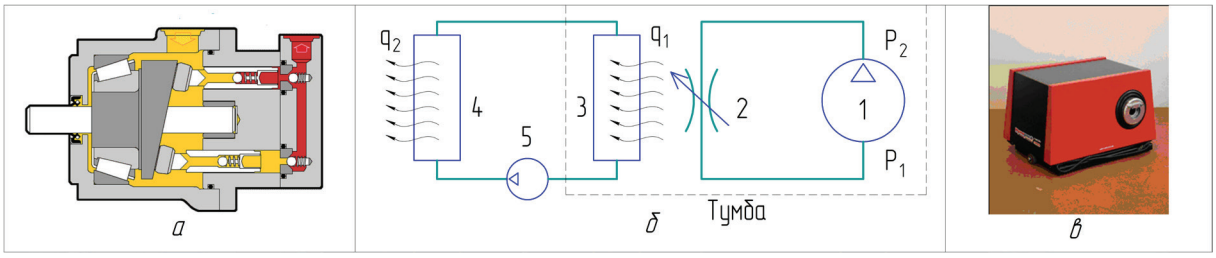


Рисунок 6 – Гидрообъёмное аксиально-плунжерное нагрузочное устройство:
а – эскиз поперечного разреза; б – схема с жидкостным охлаждением и регулируемым дросселем:
1 – гидрообъёмный аксиально-плунжерный насос (тормоз), 2 – дроссель, 3, 4 – теплообменники, 5 –насос системы охлаждения, q_1 – теплота, отбираемая от дросселя, q_2 – теплота, выделяющаяся в окружающую среду;
в – гидрообъёмное тормозное устройство фирмы «DynaPack»

Figure 6 – Hydrostatic axially plunger load device:
a – sketch of the transverse section; b – circuit with liquid cooling and an adjustable choke: 1 – axial-plunger pump (brake), 2 – throttle, 3, 4 – radiators, 5 – pump, q_1 – heat taken from the choke, q_2 – heat released into the environment;
c – hydro-volume brake device of the firm "DynaPack"

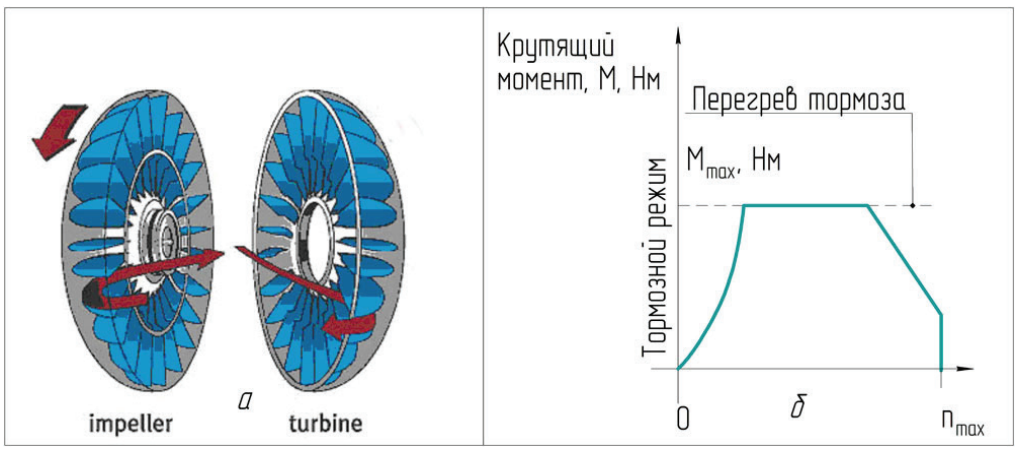


Рисунок 7 – Гидродинамическое тормозное устройство:
а – основные элементы: подвижное насосное колесо (импеллер) и неподвижное колесо (турбинное);
б – механическая характеристика

Figure 7 – Hydraulic brake device:
a – the main elements: a movable pumping wheel (impeller) and a fixed wheel (turbine);
b – mechanical characteristic

Гидравлические нагрузочные устройства

Гидравлические нагрузочные устройства представлены объёмными и динамическими машинами.

В гидрообъёмных агрегатах тормозной эффект создается за счет разницы давлений рабочего тела. Наиболее распространенными устройствами этого типа являются аксиально-плунжерные насосы, схема применения которых в конструкции стендов показана на рисунке 6.

Основные преимущества гидрообъёмных тормозных устройств: компактность, высокая удельная мощность, возможность работы в двигательном режиме, относительная простота регулировки, стабильность, широкий нагрузочно-скоростной диапазон регулирования.

Гидродинамические нагрузочные устройства (рисунок 7) являются относительно распространёнными, имеют сравнительно простую конструкцию, работают в тормозном режиме.

Механические тормоза

Механические тормозные устройства условно подразделяются на колодочные и инерционные. Эти агрегаты имеют относительно простую конструкцию и работают только в тормозном режиме. Их эксплуатация сопряжена с рядом особенностей.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

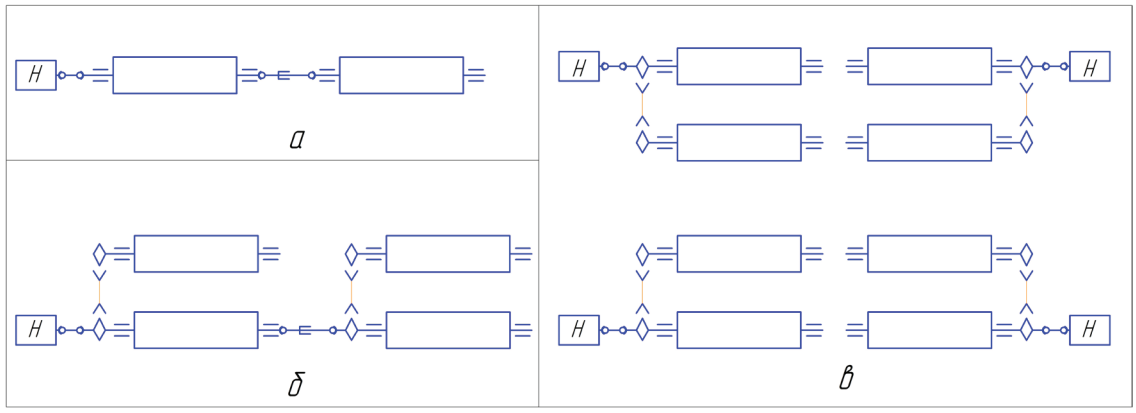


Рисунок 8 – Кинематические схемы трансмиссий мощностных стендов с ББ:
а – с опорой колеса на один барабан;
б – с опорой колеса на два барабана с одним нагрузочным устройством;
в – с опорой колеса на два барабана с отдельными нагрузочными устройствами

Figure 8 – Kinematic transmission schemes of power stands with running drums:
a – with wheel support on one drum;
b – with wheel support on two drums with one load device;
c – with wheel support on two drums with different load devices

Колодочные тормоза характеризуются нестабильной величиной крутящего момента ввиду изменчивости условия трения на различных нагрузочно-скоростных режимах, а также склонностью к перегреву. Эти устройства не предусматривают применения для динамических испытаний.

Инерционные тормоза представляют собой вращающуюся маховую массу. Создание тормозного момента осуществляется только при наличии положительной величины углового ускорения на валу (в соответствии со вторым законом Ньютона). Применение такого типа нагрузочных устройств в частности регламентируется правилами ЕЭК ООН №83[2], №101[3], №84[4] и ГОСТ 22576–90[5]. Механические тормозные устройства в ряде серийных моделей стендов с ББ (см. таблицу 1) применяются в сочетании с другими типами тормозных устройств, обеспечивая при этом комбинированный способ торможения.

АНАЛИЗ КОМПОНОВОК ТРАНСМИССИЙ СТЕНДОВ С БЕГОВЫМИ БАРАБАНАМИ

Различные схемы трансмиссии стендов с ББ приведены на рисунке 8.

Схема (рисунок 8,а) характеризуется относительно лучшей передачей крутящего момента от колеса к барабану. Жесткая связь и наличие одного нагрузочного устройства упрощает процесс управления таким стендом.

Трансмиссия (рисунок 8,б) аналогичным образом характеризуется относительной простотой управления. Наличие двух пятен контакта колеса с барабаном вызывает повышенный износ шин.

Мощностные стенды, построенные по схеме (рисунок 8,в), имеют высокую удельную

[2] ГОСТ Р 41.83–2004 (Правила ЕЭК ООН №83). Единообразные предписания, касающиеся сертификации транспортных средств в отношении выбросов вредных веществ в зависимости от топлива, необходимого для двигателей. М. : ИПК Издательство стандартов, 2004.

[3] ГОСТ Р 41.101–99 (Правила ЕЭК ООН №101). Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения легковых автомобилей, оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения объема выбросов диоксида углерода и расхода топлива, а также транспортных средств категории М(1) и N(1), оборудованных электроприводом, в отношении измерения расхода электроэнергии и запаса хода. М. : ИПК Издательство стандартов, 1999.

[4] ГОСТ Р 41.84–99 (Правила ЕЭК ООН №84). Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения дорожных транспортных средств, оборудованных двигателем внутреннего сгорания, в отношении измерения потребления топлива. М. : ИПК Издательство стандартов, 1999.

[5] ГОСТ 22576–90. Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний, М. : Издательство стандартов. 1990. 15 с.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

тормозную мощность, способны реализовать по сцеплению значительную величину крутящего момента, однако требуют относительно сложной системы по согласованию управления нагрузочными устройствами.

Стенды, обладающие трансмиссией данного типа, позволяют моделировать режимы движения автомобилей по поверхности с низким коэффициентом сцепления, а также движение по криволинейной траектории.

УСТРОЙСТВО, ПРИБОРЫ И АППАРАТУРА КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА

Как правило, основной задачей измерительного комплекса и регистрирующей аппаратуры является определение частоты вращения барабана (барабанов) и соответствующей величины крутящего момента с последующим расчетом поглощаемой (тормозной режим) либо развиваемой (двигательный режим) механической мощности.

Частота вращения определяется достаточно просто – бесконтактным датчиком (индукционным, магнитным, оптическим и т.д.) или путем контроля параметров рабочего процесса нагрузочного устройства (величины электрических параметров, пульсаций давления рабочей жидкости и т.д.). Процесс измерения крутящего момента обычно является более сложным. Для его определения могут применяться специальные устройства либо методики косвенного расчета.

Устройства, предназначенные для измерения крутящего момента, по принципу работы можно разделить на 4 класса: балансирные динамометры, торсионные приборы, трансмиссионные динамометры и преобразователи для измерения по вторичным параметрам.

Балансирные динамометры (реактивные динамометры, мотор – весы, тормозные динамометры) имеют достаточно простую конструкцию и устанавливаются на подвесном остове нагрузочного устройства. Основной недостаток – влияние относительно большой инерционной массы на результаты измерения в режимах разгона (замедления)[6], а также необходимость учета КПД трансмиссии такого стенда[7].

Торсионные приборы (относятся к приборам активного типа) устанавливаются непосредственно в разрез либо на самом трансмиссионном валу. Подразделяются на тензометрические и крутильные. Тензометрические содержат мостовую схему с тензодатчиками, которая размещена на валу совместно с монтажным блоком, аккумулятором и радиопередатчиком; основное назначение устройств – определение направления в напряжении материала вала и эквивалентного значения крутящего момента [9, 10].

Крутильные устройства представлены множеством типов: временные, фазовые, нониусные, разностные, фотоэлектрические[8]. Эти приборы уступают тензометрическим в размерах и точности, однако более просты, надежны, имеют меньшую стойкость и чувствительность к вибрации; основным элементом является торсионный вал, который скручивается пропорционально величине предаваемого крутящего момента. Система измерений предназначена для определения угла скручивания и последующего расчета соответствующего значения крутящего момента[9] [11].

Рекомендации по рациональному применению рассмотренного оборудования в соответствии с видами испытаний приведены в таблице 3.

ВЫВОДЫ

В работе выполнен обзор различных типов стендов с беговыми барабанами на примере отдельных узлов и агрегатов относительно распространенных серийных моделей.

Приведенный материал может быть полезен как в образовательных, так и научно-инженерных целях и позволит более рационально осуществлять выбор типа стенда с беговыми барабанами в соответствии с конкретной программой и условиями испытаний.

Основное внимание в статье уделено преимуществу особенностей: конфигурации трансмиссии, типа тормозного устройств, барабанов и способа определения показателей тягово-скоростных свойств.

---

[6] Работа автомобильного двигателя на неустановившемся режиме / Е.М. Акатов [и др.]. М.Л. : Манщгиз,1960. 282с.

[7] ГОСТ 14846–81. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. М. : Изд-во стандартов, 2003. 42 с.

[8] Фролов Л.Б. Измерения крутящего момента. М. : Энергия,1967. 176 с.

[9] Пат. №72893 Україна, МПК G 01 L 3/10. Пристрій для виміру крутного моменту на обертовому валу з мінливою частотою / заявники та патентовласники: Горожанкін С.А., Криволап В.В., Савенков М.В., Валевач А.С. (Украина); заявл. 03.04.12 ; опубл. 27.08.12, Бюл. № 4. 4с.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

Таблица 3
Рекомендации по выбору и конфигурированию стендов с беговыми барабанами

Table 3
Recommendations for the choise and configuration of stands with running drums

Предмет испытаний	Нагрузочное устройство (приоритетный порядок)	Компоновка трансмиссии стенда
Ресурс и безотказность	1) электроиндукционный тормоз; 2) гидродинамический тормоз; 3) асинхронная машина; 4) синхронная машина	С опорой колеса на два барабана; отдельные или общие нагрузочные устройства
Тягово-скоростные и тормозные свойства	1) электрическая машина постоянного тока; 2) инерционное устройство	С опорой колеса на два барабана с одним нагрузочным устройством
Топливная экономичность и экологичность в ездовом цикле и тормозные свойства	Инерционное устройство (ЕЭК ООН №83, №101 ,№84), синхронная машина	С опорой колеса на один или два барабана с общим нагрузочным устройством
Скоростные свойства (ГОСТ 22576–90)	1) синхронная электрическая машина; 2) электроиндукционный тормоз; 3) электрическая машина постоянного тока; 4) инерционное устройство	С опорой колеса на два барабана с одним нагрузочным устройством
Опорно-сцепная проходимость, тормозные свойства	1) электрическая машина постоянного тока; 2) синхронная электрическая машина	С опорой колеса на два барабана с отдельными нагрузочными устройствами
Потери в агрегатах трансмиссии	1) асинхронная машина; 2) синхронная машина	С опорой колеса на один или два барабана с общим нагрузочным устройством
Холодная обкатка силовой установки	1) асинхронная машина; 2) синхронная машина; 3) гидрообъемное нагрузочное устройство	
Все рассмотренные в таблице типы нагрузочных устройств можно рассматривать как комбинированные, т.к. воздействие маховых масс вращающихся элементов и в особенности беговых барабанов идентично работе механического инерционного тормозного устройства		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Научно-производственная фирма «МЕТА». Стенд динамический мощностной СДМ 2-3500.2000. Паспорт М 108.000.00.00 ПС.

2. Динамометрический инерционно-нагрузочный стенд DYNOMAX 4000 AWD BR [Электронный ресурс]. URL: https://centr-to.ru/good-4887-dinamometricheskiy-inercionno-nagruzochnyy-stend-dynomax-4000-awd-br# (дата обращения: 10.01.2019).

3. Modular Dynamometer VT-2/B1 [Электронный ресурс]. URL: https://hitechperformance.co.uk/vtech/vt-2-b1 (дата обращения: 15.01.2019).

4. MSR 1000. “Single Roller Dynamometer” [Электронный ресурс]. URL: http://www.maha.co.za/single-roller-dynamometer-msr-1000.htm (дата обращения: 18.01.2019).

5. FPS 2700 [Электронный ресурс]. URL: https://www.maha.de/function-tester-fps-2700.htm (дата обращения 21.01.2019).

6. Бумага А.Д., Яценко А.Г., Криволап В.В., Савенков Н.В., Скрипкарь В.Г. Стенд для исследования пятна контакта шин с опорной поверхностью // Автомобильная промышленность. 2016. № 6. С. 30–32.

7. Захаров А.Ю., Шмаков А.Ю. Методика имитации дорожных условий при испытаниях автомобилей с дифференциальной и блокированной схемами трансмиссий на стендах с беговыми барабанами // Наукоёмкие технологии. 2017. т.18. № 3. С.47–50.

8. Горожанкин С.А., Савенков Н.В., Скрипкарь В.Г. Применения асинхронной электрической машины в качестве тормозного устройства при определении показателей автомобильного ДВС на неустановившихся режимах работы // Научно-производственный журнал «Автотранспортное предприятие», Москва, 2016. № 9. С.49 – 62.

9. Krimmel W.: Evolution and future of torque measurement technology // Sensors & Transducers Magazine. 2006. № 65(3). pp. 500–508.

10. Гуринов А.С. Измерение крутящего момента на вращающихся валах // Инженерный вестник Дона, СКНЦ ВШ ЮФУ.2012. № 2. С. 9 –14.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

11. Горожанкин С.А., Бабанин А.Я., Савенков Н.В., Понякин В.В. Измерение крутящего момента поршневого ДВС колесной машины при его работе на неустановившемся режиме с помощью торсионного крутильного динамометр // Журнал «Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева». Нижний Новгород : НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2018. №1(120). С.138 – 147.

REFERENCES

1. Scientific production company “META”. Stand dynamic power SDM 2-3500.2000. Passport M 108.000.00.00 PS.

2. Dynamo inertial load stand DYNOMAX 4000 AWD BR. Available at: https://centr-to.ru/good-4887-dinamometricheskiy-inercionno-nagruzochnyy-stend-dynomax-4000-awd-br#.

3. VT-2/B1 Modular Dynamometer. Available at: https://hitechperformance.co.uk/vtech/vt-2-b1.

4. MSR 1000. “Single Roller Dynamometer” Available at: http://www.maha.co.za/single-roller-dynamometer-msr-1000.htm.

5. FPS 2700. Available at: https://www.maha.de/function-tester-fps-2700.htm.

6. Bumaga A.D., Yatsenko A.G., Krivolap V.V., Savenkov N.V., Skripkar V.G., Ctend dlya issledovaniya pyatna kontakta shin s opornoy poverhnostyu [Stand for the spot research of the tires’ contact with a basic surface]. Avtomobil’naja promyshlennost’, 2016; 6: 30–32 (in Russian).

7. Zaharov A.Yu., Shmakov A.Yu., Metodika imitatsii dorozhnyih usloviy pri ispyitaniyah avtomobiley s differentsialnoy i blokirovannoy shemami transmissiy na stendah s begovyimi barabanami [Methods of simulating road conditions when testing vehicles with differential and blocked transmission schemes on stands with cross-country drums]. Naukojomkie tehnologii, 2017; 3(18): 47–50 (in Russian).

8. Gorozhankin S.A., Savenkov N.V., Skripkar V.G. Primeneniya asinhronnoy elektricheskoy mashinyi v kachestve tormoznogo ustroystva pri opredelenii pokazateley avtomobilnogo DVS na neustanovivshihsya rezhimah rabotyi. [Applications of the asynchronous electric machine as a brake device when determining the position of the automobile engine in unsteady operating modes]. Avtotransportnoe predprijatie, 2016; 9: 49–62 (in Russian).

9. Krimmel, W. Evolution and future of torque measurement technology. Sensors and Transducers Magazin,. 2006; 65(3): 500–508.

10. Gurinov A.S. Izmerenie krutyaschego momenta na vraschayuschihsya valah [Measurement of torque on rotating shafts]. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012; 2: 9–14 (in Russian).

11. Gorozhankin S.A., Babanin A. Ya., Savenkov N.V., Ponyakin V.V. Izmerenie krutyaschego momenta porshnevogo DVS kolesnoy mashinyi pri ego rabote na neustanovivshemsya rezhime s pomoschyu torsionnogo krutilnogo dinamometra [Measurement of the torque of a piston internal combustion engine of the wheeled machine during its operation in unsteady mode with the help of the torsion dynamometer]. Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva, 2018; 1(120): 138–147 (in Russian).

Поступила 22.03.2019, принята к публикации 21.06.2019.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах. Конфликт интересов отсутствует.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Савенков Никита Владимирович – канд. техн. наук, доц. кафедры «Техническая эксплуатация и сервис автомобилей, технологических машин и оборудования», ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», Донецкая Народная Республика, 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2; N.V.Savenkov@donnasa.ru. ORCID ID: 0000-0003-3803-9528.

Понякин Виктор Владиславович – ассистент кафедры «Техническая эксплуатация и сервис автомобилей, технологических машин и оборудования», ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», Донецкая Народная Республика, 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2; PonyakinVV@mail.ru. ORCID ID: 0000-0002-0475-5051

Чекулаев Станислав Анатольевич – магистрант кафедры «Техническая эксплуатация и сервис автомобилей, технологических машин и оборудования», ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», Донецкая Народная Республика, 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2; stasryzhavsk@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-9352-5153.

Бутенко Виталий Викторович – магистрант кафедры «Техническая эксплуатация и сервис автомобилей, технологических машин и оборудования», ГОУ ВПО «Донбас-

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal

ская национальная академия строительства и архитектуры», Донецкая Народная Республика, 286123, г. Макеевка, ул. Державина, 2; ButenkoVV@yandex.com. ORCID ID: 0000-0003-2155-8479.

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Nikita V. Savenkov – Candidate of Philosophy, Assistant Professor of the Department of Technical Operation and Service of Cars, Technological Machines and Equipment, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, ORCID ID: 0000-0003-3803-9528 (286123, Donetsk People Republic, Makeevka, 2 Derzhavina St., e-mail: N.V.Savenkov@donnasa.ru).

Victor V. Ponyakin – Assistant of the Department of Technical Operation and Service of Cars, Technological Machines and Equipment, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, ORCID ID: 0000-0002-0475-5051 (286123, Donetsk People Republic, Makeevka, 2 Derzhavina St., e-mail: PonyakinVV@mail.ru).

Stanislav A. Chekulaev – Undergraduate Student of the Department of Technical Operation and Service of Cars, Technological Machines and Equipment, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, ORCID ID: 0000-0001-9352-51532 (286123, Donetsk People Republic, Makeevka, 2 Derzhavina St., e-mail: stasryzhavsk@gmail.com).

Vitaly V. Butenko – Undergraduate Student of the Department of Technical Operation and Service of Cars, Technological Machines and Equipment, Donbass National Academy of Civil Engineering and Architecture, ORCID iD: 0000-0003-2155-8479(286123, Donetsk People Republic, Makeevka, 2 Derzhavina St., e-mail: ButenkoVV@yandex.com).

ВКЛАД СОАВТОРОВ

Авторы совместно работали над подготовкой материала публикации. Вклад каждого из соавторов составляет 25%.

AUTHORS' CONTRIBUTION

The authors have equal contribution to all sections of the paper.

© 2004–2019 Вестник СибАДИ
The Russian Automobile
and Highway Industry Journal