



ISSN 1993-3495 online

СОВРЕМЕННОЕ ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО  
СУЧАСНЕ ПРОМИСЛОВЕ ТА ЦИВІЛЬНЕ БУДІВНИЦТВО  
MODERN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION

2023, ТОМ 19, НОМЕР 3, 87–98

EDN: KXVKSB

УДК 629.1

## РАЦИОНАЛЬНЫЙ ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ГИДРООБЪЕМНОГО ТОРМОЗНОГО УСТРОЙСТВА СТЕНДА С БЕГОВЫМИ БАРАБАНАМИ

**Н. В. Савенков<sup>1</sup>, С. А. Чекулаев<sup>2</sup>, В. И. Гапонов<sup>3</sup>**

*ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,*

*Российская Федерация, Донецкая Народная Республика,*

*286123, г. о. Макеевский, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2.*

*E-mail: <sup>1</sup> n.v.savenkov@donnasa.ru, <sup>2</sup> stasryzhavsk@gmail.com, <sup>3</sup> garonovaiakovlieva81@mail.ru*

*Получена 04 сентября 2023; принята 22 сентября 2023.*

**Аннотация.** В данной статье приводится методика расчета гидрообъемного нагрузочного устройства в конструкции стенда с беговыми барабанами для определения тягово-скоростных свойств автомобилей категорий  $N_1$  и  $M_1$ . Рассмотрены конструктивные особенности современных стендов с силовыми беговыми барабанами (СББ). Приведен анализ применяемой схемы передачи усилия в колесно-барабанных парах, выполнен обзор схем и характеристик нагрузочного оборудования; дан анализ компоновки трансмиссионного стенда, оснащенного СББ; описано оборудование и приборы контрольно-измерительного комплекса при испытаниях на СББ; представлен расчет рабочего процесса гидрообъемных нагрузочных устройств в конструкции стенда и предложена соответствующая методика для выбора рациональных параметров нагрузочного устройства в зависимости от характеристик автотранспортных средств и выбираемых для проведения испытаний испытательных режимов.

**Ключевые слова:** стенд с беговыми барабанами, гидрообъемное нагрузочное устройство, мощность, тягово-скоростные свойства, рабочий процесс, анализ.

## РАЦИОНАЛЬНИЙ ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ГІДРООБ'ЄМНОГО ГАЛЬМІВНОГО ПРИСТРОЮ СТЕНДА З БІГОВИМИ БАРАБАНАМИ

**М. В. Савенков<sup>1</sup>, С. А. Чекулаев<sup>2</sup>, В. І. Гапонов<sup>3</sup>**

*ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,*

*Російська Федерація, Донецька Народна Республіка,*

*286123, м. о. Макіївський, м. Макіївка, вул. Державіна, буд. 2.*

*E-mail: <sup>1</sup> n.v.savenkov@donnasa.ru, <sup>2</sup> stasryzhavsk@gmail.com, <sup>3</sup> garonovaiakovlieva81@mail.ru*

*Отримана 04 вересня 2023; прийнята 22 вересня 2023.*

**Анотація.** У даній статті наводиться методика розрахунку гідрооб'ємного навантажувального пристрою в конструкції стенда з біговими барабанами для визначення тягово-швидкісних властивостей автомобілів категорії  $N_1$  і  $M_1$ . Описано конструктивні особливості сучасних силових барабанів (СББ). Наведено аналіз застосовуваної схеми передачі зусилля в колісно-барабаних парах, виконано огляд схем та характеристик навантажувального обладнання; дано аналіз компонування трансмісійного стенду, оснащеного СББ; описано устаткування та прилади контрольно-вимірювального комплексу при випробуваннях на СББ; наведено розрахунок робочого процесу гідрооб'ємних навантажувальних пристроїв у конструкції стенду та запропоновано відповідну методику для вибору раціональних параметрів навантажувального пристрою в залежності від характеристик автотранспортних засобів та обирають-ся для проведення випробувань випробувальних режимів.

**Ключові слова:** стенд із біговими барабанами, гідрооб'ємний навантажувальний пристрій, потужність, тягово-швидкісні властивості, робочий процес, аналіз.



## RATIONAL CHOICE OF PARAMETERS OF THE HYDROVOLUME BRAKING DEVICE OF THE STAND WITH RUNNING DRUMS

Nikita Savenkov<sup>1</sup>, Stanislav Chekulaev<sup>2</sup>, Vladislav Gaponov<sup>3</sup>

FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,  
Russian Federation, 286123, Makeevka, Derzhavin st., 2.

E-mail: <sup>1</sup> n.v.savenkov@donnasa.ru, <sup>2</sup> stasryzhavsk@gmail.com, <sup>3</sup> gaponovaiakovlieva81@mail.ru

Received 04 September 2023; accepted 22 September 2023.

**Abstract.** This article provides a method for calculating a hydrostatic loading device in the design of a stand with running drums to determine the traction and speed properties of cars of categories  $N_1$  and  $M_1$ . The design features of modern stands with power running drums (SDR) are considered. An analysis of the applied force transmission scheme in wheel-drum pairs is given, a review of the diagrams and characteristics of loading equipment is carried out; an analysis of SBS transmission stand equipped with a safety guard is given; the equipment and instruments of the control and measuring complex during tests on SSB are described; the calculation of the working process of hydrostatic loading devices in the design of the stand is presented and an appropriate methodology is proposed for selecting rational parameters of the loading device depending on the characteristics of vehicles and the test modes selected for testing.

**Keywords:** power plant, driving cycle, power balance, variation series, vehicle speed, driving time, algorithm, option, interval.

### Постановка проблемы

**Основные преимущества стендов с беговыми барабанами.** Использование стендов с беговыми барабанами при проведении испытаний имеет преимущество перед дорожными испытаниями, заключающееся в отсутствии влияния климатических условий и характеристик опорной поверхности на результаты измерений. Это обеспечивает повторяемость и сопоставимость условий для различных автотранспортных средств. Однако среди недостатков можно отметить необходимость наличия специального оборудования, которое создает эквивалентное эксплуатационному сопротивление движению, а также соответствующего регистрирующего и измерительного комплекса. Стенды разных конструкций, кроме того, отличаются условиями взаимодействия колес с опорной поверхностью и должны обеспечивать необходимый нагрузочно-скоростной диапазон. СББ позволяют проводить диагностирование и испытания автомобилей на предмет определения: тягово-скоростных, топливно-экономических и тормозных эксплуатационных свойств, а также экологических качеств (например, по ГОСТ Р 41.101–99 [1]).

**Достоинства и недостатки нагрузочных устройств различных типов.** В качестве нагрузочных устройств в конструкции современных стендов

применяются: механические инерционные, электрические, гидравлические тормозные устройства.

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 № 101 [1], № 83 [2], № 84 [3].

Электрические тормозные устройства подразделяются на синхронные, асинхронные, постоянного тока, электроиндукционные.

Синхронные и асинхронные электрические машины переменного тока с фазовым ротором имеют аналогичную между собой конструкцию. Различаются схемами коммутации. Преимущества асинхронных тормозных устройств – простота конструкции, автоматический переход из двигательного режима в тормозной при преодолении синхронной частоты вращения ротора [4]. Основные недостатки асинхронных машин при работе с постоянной частотой электрической сети – относительно узкие диапазоны регулирования по частоте вращения как в двигательном, так и в тормозном режиме. Это накладывает определенные ограничения на эксплуатацию таких СББ без редукторов с изменяемым передаточным

отношением. Синхронные машины, при прочих равных, в тормозном режиме имеют вдвое больший рабочий диапазон по частоте вращения, но при этом обладают практически вдвое меньшим тормозным моментом. Недостатком синхронного нагрузочного устройства является необходимость в частотном регулировании (при организации его работы в двигательном режиме).

Электрические машины постоянного тока отличаются относительно высокой стоимостью и меньшим ресурсом работы. Эти машины широко применяются в исследовательских целях.

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

**Основная цель статьи**

Цель данного исследования – это рациональный выбор параметров гидрообъемного тормозного устройства стенда с беговыми барабанами.

**Основной материал исследования**

Гидравлические нагрузочные устройства подразделяются на: гидродинамические и гидрообъемные.

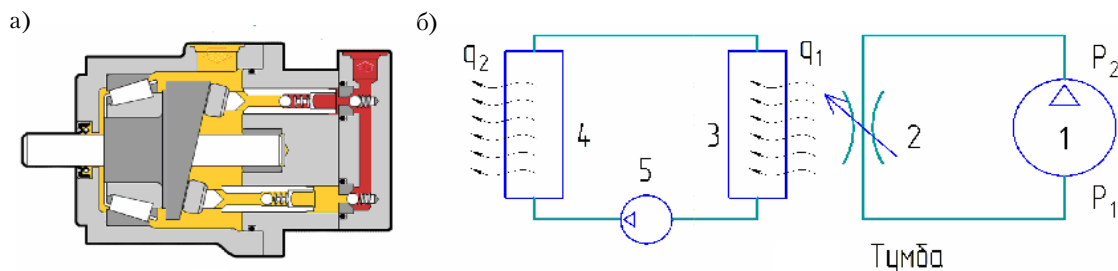
Гидродинамические нагрузочные устройства являются относительно распространёнными,

имеют сравнительно простую конструкцию, работают исключительно в тормозном режиме.

Гидрообъемные нагрузочные устройства состоят, как правило, из гидрообъемного насоса и гидравлической системы для его подключения к соответствующим агрегатам и узлам, которые обеспечивают отбор развиваемой насосом мощности, а также ее передачу окружающей среде в виде тепловой энергии (рис. 1). Преимущества гидрообъемных нагрузочных устройств: высокая удельная тормозная мощность, высокая стойкость к перегрузкам, отсутствие электрической части. Основные недостатки: сложность организации работы в двигательном режиме, высокое давление в трубопроводах, необходимость наличия достаточно сложного комплекса вспомогательного оборудования (трубопроводы, дроссель, фильтр, бак, радиатор, устройства контроля и автоматики).

Многие испытательные тормозные стенды содержат в своей конструкции гидрообъемные нагрузочные устройства. В качестве примера рассмотрим стенд DYNAPACK DAQPLUS «SMART CONTROL» [5] (рис. 2). Характеристики соответствующего модификационного ряда приведены в таблице 1 [5].

В рассматриваемых стендах для отбора мощности от ведущих колес испытуемого АТС используются специальные фланцы, которые крепятся к ступицам автомобиля – такой способ позволяет уменьшить потери мощности до измерительного устройства стенда. Эти относительные потери могут составлять от 10 % для АТС с приводом на одну ось до 15 % для полноприводных АТС. Основные преимущества применения таких стендов: простота эксплуатации, отсутствие необходимости дополнительного фиксирования



**Рисунок 1** – Гидрообъемное аксиально-плунжерное нагрузочное устройство: а) поперечный разрез; б) схема с жидкостным охлаждением и регулируемым дросселем: 1 – гидрообъемный аксиально-плунжерный насос (тормоз), 2 – дроссель, 3, 4 – теплообменники, 5 – насос системы охлаждения;  $q_1$ ,  $q_2$  – соответственно теплота, отбираемая от дросселя и теплота выделяющаяся в окружающую среду.

самого автомобиля и, как следствие, повышение безопасности проведения испытаний.

В таблице 2 представлены сравнения удельной мощности нагрузочных устройств различных типов.

**Обоснование принципа расчета гидрообъемного нагрузочного устройства при его применении в конструкциях СББ.**

Определим потери мощности в трансмиссии стенда.

На рисунке 3 приведены: схема гидравлического тормозного устройства, эпюра распределения

крутящего момента в трансмиссии стенда и схема составляющих мощности в трансмиссии и нагрузочном устройстве СББ.

Определение составляющих мощности в трансмиссии стенда:

$N_k$  – мощность на ведущем колесе автомобиля, кВт:

$$N_k = \frac{M_k \cdot n_k}{9550}, \quad (1)$$

где  $n_k$  – частота вращения колеса автомобиля,  $мин^{-1}$ :



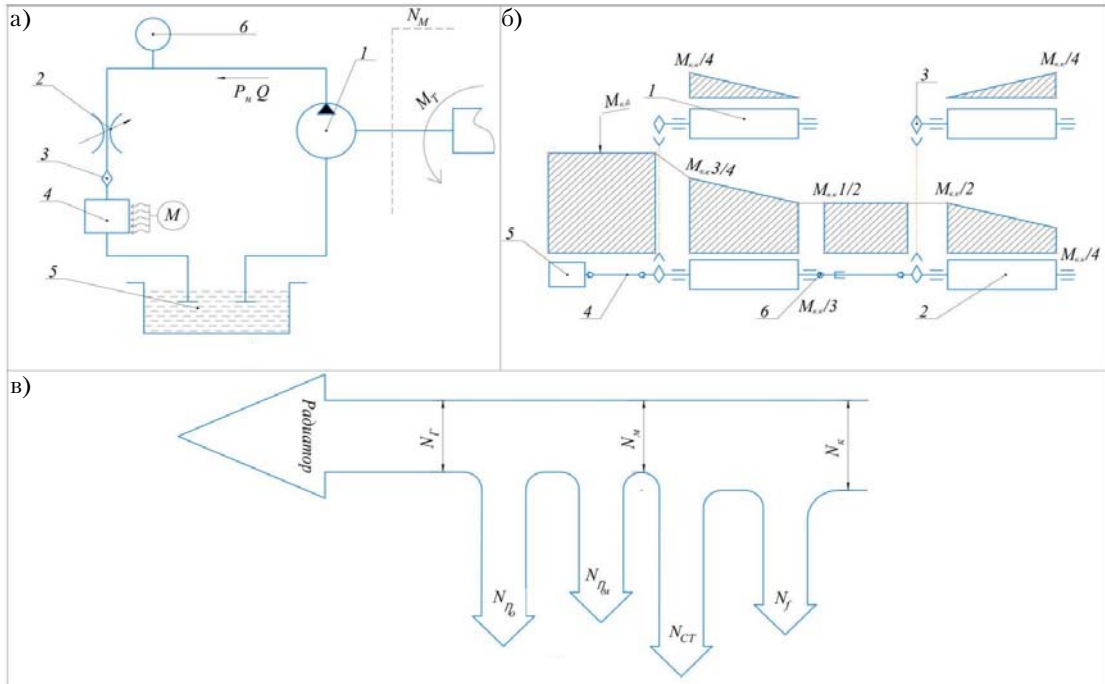
Рисунок 2 – Гидрообъемный ступичный стенд DYNAPACK DAQPLUS «SMART CONTROL».

Таблица 1. Технические характеристики модификационного ряда стендов модели DYNAPACK

DAQPLUS «SMARTCONTROL» 2WD, для привода на одну ось АТС				
Модели 2WD	DAQ2	DAQ3	DAQ4	DAQ5
Мощность, л. с (кВт)	402(300)	925(690)	1 233(920)	1 390(1 036)
Крутящий момент, Нм	2 000	3 000	4 000	4 500
DAQPLUS «SMART CONTROL» 4WD, для полноприводных АТС				
Модели 4WD	DAQ22	DAQ32	DAQ33	DAQ42
Мощность, л. с (кВт)	804(600)	1 544(1 152)	1 850(1 380)	1 743(1 300)
Крутящий момент, Нм	4 000	5 000	6 000	6 000
DAQPLUS «SMART CONTROL» 4WD, для полноприводных АТС				
Модели 4WD	DAQ43	DAQ44	DAQ52	DAQ53
Мощность, л. с (кВт)	2 158(1 610)	2 466(1 840)	2 000(1 497)	2 317(1 728)
Крутящий момент, Нм	7 000	8 000	6 500	7 500

Таблица 2. Сравнения удельной мощности нагрузочных устройств различных типов

Модель нагрузочного устройства	Тип нагрузочного устройства	Удельная мощность нагрузочного устройства, кВт/кг
КИ – 5 542 [6]	Асинхронный тормоз	0,147
ДПМ – 2,5 – 110 – Д09 [7]	Электрический тормоз постоянного тока	0,0735
KAS33 [8]	Электромагнитный тормоз «dyno»	1,40
DYNAPACK 2 000 [9]	Гидрообъемный тормоз	0,461



**Рисунок 3** – Особенности конструкции и рабочего процесса стенда с беговыми барабанами и гидрообъемным нагрузочным устройством: а) схема гидрообъемного тормозного устройства: 1 – насос, 2 – дроссель, 3 – фильтр, 4 – радиатор, 5 – бак, 6 – манометр,  $M_T$  – тормозной момент на приводном валу гидрообъемного насоса;  $N_M$  – механическая мощность на валу гидрообъемного насоса; б) эпюра распределения крутящего момента в трансмиссии стенда: 1 – барабан передний, 2 – барабан задний, 3 – цепная передача, 4 – карданная передача, 5 – нагрузочное устройство, 6 – шарниры неравных угловых скоростей (Гука),  $M_{к.к.}$  – максимальный крутящий момент на колесе,  $M_{к.б.}$  – максимальный крутящий момент на барабане; в) схема составляющих мощностей в трансмиссии и нагрузочном устройстве СББ, величины потерь  $N_k, N_p, N_{CT}, N_M, N_T$ .

$$n_k = \frac{V_{max} \cdot 30}{r_k \cdot \pi}, \tag{2}$$

где  $V_{max}$  – максимальная скорость АТС, м/с;

$r_k$  – радиус колеса АТС, м;

$N_f$  – мощность, затрачиваемая на преодоление сопротивления качению ведущих колес:

$$N_f = \frac{f_a \cdot m_u \cdot K \cdot g \cdot V_{max}}{10^3}, \text{ кВт}, \tag{3}$$

где  $f_a$  – коэффициент сопротивления качению колес:

$$f_a = f_o \cdot (1 + 57 \cdot 10^{-5} \cdot V_{max}^2), \tag{4}$$

где  $f_o$  – коэффициент трения качения шины по поверхности барабана;

$f_o = 0,03$ , (для стального барабана);

$m_u$  – испытательная масса автомобиля, кг [1,10];

$K$  – доля вертикальной нагрузки, приходящей на испытуемую ось;

$N_{CT}$  – мощность потерь в механизмах стенда кВт.

$$N_{CT} = \frac{1,4 + 2,8 \cdot 10^{-3} \cdot n_o}{1,36}, \tag{5}$$

где  $n_o$  – частота вращения бегового барабана,  $мин^{-1}$ :

$$n_o = \frac{r_k}{r_o} \cdot n_k, \tag{6}$$

где  $r_o$  – радиус барабана, м;

$N_M$  – механическая мощность на валу гидрообъемного насоса, кВт:

$$N_M = N_k - N_f - N_{CT}; \tag{7}$$

$Q_{max}$  – подача масла в гидравлическую систему с помощью гидрообъемного насоса,  $м^3/с$ :

$$Q_{max} = \frac{\eta_v \cdot V_p \cdot n_o}{60 \cdot 1000}, \tag{8}$$

где  $V_p$  – рабочий объем насоса, л;

$\eta_v$  – объемный КПД гидрообъемного насоса.

$N_T$  – гидравлическая мощность создаваемая гидрообъемным насосом, кВт.

$$N_{\Gamma} = P_H \cdot Q_{\max} = N_M \cdot \eta_M \cdot \eta_V; \quad (9)$$

$N_{H-\text{Нагрев}}$  – мощность нагрева фильтра, Вт:

$$N_{H-\text{Нагрев}} = Q_{\max} \cdot (P_H - \Delta P_{\phi}), \quad (10)$$

где  $P_H$  – максимальное допустимое давление в гидрообъемном насосе, МПа;

$\Delta P_{\phi}$  – давление открытия перепускного клапана при максимальном перепаде давления в масляном фильтре, МПа.

$M_T$  – тормозной момент на приводном валу гидрообъемного насоса, Н·м:

$$M_T = \frac{V_P \cdot P_M \cdot 10^3}{2 \cdot \eta_V \cdot \eta_M \cdot \pi}, \quad (11)$$

где  $P_M$  – давление в гидравлической системе, определенное с помощью манометра, МПа;

$h_M$  – механический КПД гидрообъемного насоса.

Исходные данные для выполнения расчетов приведены в таблице 3.

Фактор обтекаемости автомобиля  $W$ , кг/м:

$$W = \frac{\rho}{2} \cdot C_x \cdot F, \quad (12)$$

где  $\rho$  – плотность воздуха, кг/м<sup>3</sup>;

$C_x$  – коэффициент лобового сопротивления;

$F$  – лобовая площадь автомобиля, определяемая формулой:

$$F = H \cdot B \cdot \alpha, \quad (13)$$

где  $\alpha$  – определяется как коэффициент заполнения площади автомобиля [21].

Таблица 3. Исходные данные для выполнения расчетов

№ группы АТС	Марка и модель АТС	Максимальная скорость АТС, $V_{\max}$ , м/с	Испытательная масса АТС, $m_u^*$ , кг	Габаритные размеры АТС (ВхН), м	Фактор обтекаемости АТС $W$ , $\frac{\text{кг}}{\text{м}}$	Радиус качения колеса АТС $r_k$ , м
1	Aston Martin DB9 [11]	85	1 800	1,88 x 1,27	0,37	0,33
2	Opel Omega Caravan 1.8 SLS [12]	49	1 510	1,77 x 1,445	0,34	0,28
3	Toyota Corolla (E210) [13]	54	1 585	1,78 x 1,48	0,40	0,30
4	Mazda RX-8 1.3 [14]	62	1 605	1,77 x 1,34	0,34	0,31
5	BMW 728i (E23) [15]	56	1 765	1,8 x 1,43	0,37	0,29
6	ГАЗ 3302 [16]	32	2 730	2,38 x 2,12	1,46	0,33
7	ИЖ-2715 [17]	33	1 315	1,825 x 1,59	0,45	0,28
8	ГАЗ 33025 [18]	29	2 690	2,066 x 2,12	1,74	0,25
9	IVECO Daily 35C15 [19]	25	2 850	2,28 x 2	1,34	0,36
10	УАЗ 3302 [20]	31	2 457	2,1 x 2,355	1,70	0,36

$m_u^*$  – испытательная масса (для условий ездовых циклов) АТС категорий  $N_1$  и  $M_1$  сумма снаряженной массы и половина грузоподъемности (но не менее 180 кг) [1; 10].

Расчет мощности на ведущем колесе АТС, необходимой для движения с постоянной (в т. ч. с максимальной) скоростью, а также в условиях ездового цикла (рис. 4):

$$N_k = \frac{V_{\max} \times ((\psi + i) \times (m_u \times g) + (W \times V_{\max}^2))}{1000}, \text{ кВт}, \quad (14)$$

где  $\psi$  – коэффициент сопротивления качению;

$i$  – тангенс угла продольного уклона дороги (относительный продольный уклон дороги);

$j$  – продольное ускорение автомобиля, м/с<sup>2</sup>.

В таблице 4 представлена мощность на ведущих колесах выбранных АТС.

Зависимость частоты вращения колеса от времени движения в ездовом цикле,  $n_k, \text{мин}^{-1}$ :

$$n_k = f(t) = \frac{V_n(t) \cdot 30}{r_k \cdot \pi}, \quad (15)$$

где  $V_n = f(t)$  – функция скорости автомобиля от времени движения  $t$  в ездовом цикле.

Крутящий момент на ведущем колесе при максимальной скорости,  $M_k, \text{Нм}$ .

$$M_k = \frac{N_K}{n_{k \max}} \cdot 9550, \quad (16)$$

В таблице 5 представлены частоты вращения колес и крутящий момент выбранных АТС.

В таблице 6 приведены параметры и показатели стенда, оснащенного СББ и гидрообъемным тормозным устройством, определенные на основе рассмотренной выше расчетной методики (1–10).

В таблице 7 представлены технические характеристики различных моделей гидрообъемных насосов фирмы «Ретсо», которые могут быть применены в конструкции рассматриваемых стендов.

Таблица 4. Мощность на ведущих колесах АТС

№ группы АТС	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Мощность на ведущем колесе АТС при максимальной скорости, $N_K, \text{кВт}$	252	50	77	96	79	61	24	55	32	60
Максимальная мощность на ведущем колесе АТС в ездовом цикле UDC, $N_K, \text{кВт}$	18	15	16	16	18	30	14	30	31	28

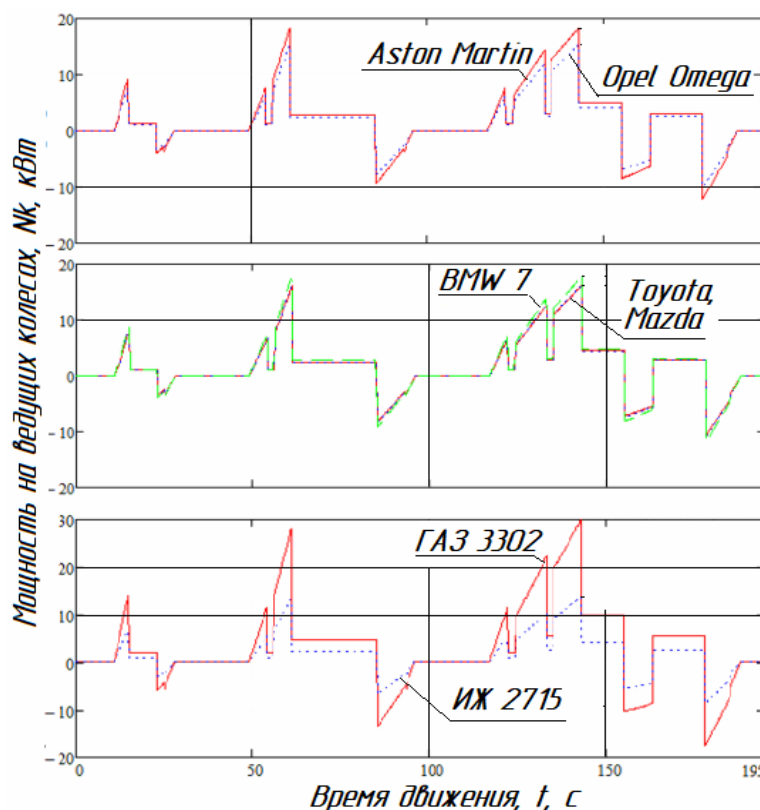


Рисунок 4 – Графики мощности на ведущих колесах испытуемых АТС для элементарного участка ЕСЕ-15 городского ездового цикла UDC.

Таблица 5. Частоты вращения колес и крутящий момент выбранных для исследований АТС

№ группы АТС	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Максимальная частота вращения колеса при максимальной скорости / максимальная частота вращения в ездовом цикле, UDC, $n_k$ , мин <sup>-1</sup>	2 484/ 402	1 647/ 474	1 735/ 442	1 919/ 428	1 816/ 458	930/ 402	1 122/ 474	1 097/ 531	673/ 369	822/ 369
Крутящий момент на ведущем колесе при максимальной скорости / максимальный крутящий момент на ведущем колесе в ездовом цикле UDC, $M_k$ , Нм	968/ 732	291/ 516	423/ 582	477/ 610	417/ 624	629/ 1 105	202/ 451	483/ 827	456/ 1 260	699/ 1 085

Таблица 6. Результаты определения параметров стендов под параметры испытуемых АТС

№ группы АТС	Максимальная частота вращения бегового барабана при максимальной скорости / в ездовом цикле, UDC, $n_0$ , мин <sup>-1</sup>	Мощность на валу при максимальной скорости / в ездовом цикле UDC, $N_m$ , кВт	Подача масла в гидравлическую систему при max скорости / в ездовом цикле UDC, $Q_{max}$ , м <sup>3</sup> /с	Гидравлическая мощность создаваемая гидрообъемным насосом при максимальной скорости / в ездовом цикле UDC, $N_r$ , кВт	Габаритные размеры радиатора стенда для испытуемых АТС	
					Гидравлическая мощность создаваемая гидрообъемным насосом при максимальной скорости / в ездовом цикле UDC, $N_r$ , кВт	Высота при максимальной скорости / Высота в ездовом цикле UDC, Н, м
1	7 251/1 173	114/30	0,00713/0,00115	98/26	3,3/0,5	0,0425
2	4 147/1 193	12/25	0,00408/0,00117	10/22	1,9/0,5	
3	4 621/1 177	29/27	0,00455/0,00116	25/23	2,1/0,5	
4	5 284/1 178	33/27	0,00520/0,00116	28/23	2,4/0,6	
5	4 763/1 202	24/30	0,00469/0,00118	21/25	2,2/0,5	
6	2 725/1 178	33/46	0,00268/0,00116	28/39	1,2/0,6	
7	2 843/1 202	4/22	0,00280/0,00118	4/19	1,3/0,6	
8	2 488/1 205	31/45	0,00245/0,00119	26/39	1,1/0,5	
9	2 133/1 170	11/48	0,00210/0,00115	10/41	1,0/0,5	
10	2 607/1 170	35/41	0,00256/0,00115	30/35	1,2/0,5	

Таблица 7. Основные технические характеристики насосов фирмы «Permco»

Параметры	Обозначение	Ед. измерения	Модель			
			Permco 197 [22]	Permco 460 [23]	Permco 2 100 [24]	Permco 5 000/5 100 [25]
Рабочий объём	$V_p$	м <sup>3</sup>	$150 \cdot 10^{-6}$	$200 \cdot 10^{-6}$	$6,56 \cdot 10^{-6}$	$110 \cdot 10^{-6}$
Максимальное давление	$P_n$	МПа	27,58	31	20,685	20,68
Максимальная частота вращения вала	$n_N$	мин <sup>-1</sup>	2 400	2 400	2 400	2 000

## Вывод

В работе был проведен анализ стендов, оснащенных беговыми барабанами, на примере отдельных компонентов и устройств, относящихся к

наиболее распространенным серийным моделям. Обоснована конструкция стендов, оснащенных гидрообъемными нагрузочными устройствами – рассмотрены преимущества и недостатки.



Разработана и предложена для применения соответствующая методика для выбора рациональных параметров нагрузочного устройства в зависимости от параметров автотранспортных средств и испытательных режимов. Материал может быть полезен как в образовательных

целях, так и для решения научно-исследовательских задач, что позволит более рационально подбирать параметры как существующего технологического оборудования, так и проектируемого в зависимости от конкретной программы и условий испытаний.

## Литература

1. 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 : Государственный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 26 мая 1999 г. № 184 : введен впервые : дата введения 2000-07-01 / разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации и сертификации в машиностроении (ВНИИНМАШ). – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1999. – Текст : непосредственный.
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 : Государственный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 9 марта 2004 г. № 126-ст : введен впервые : дата введения 2005-01-01 / разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации и сертификации в машиностроении (ВНИИНМАШ) и научно-техническим центром по испытаниям и доводке автотехники (НИЦИАМТ). – Москва : ИПК Издательство стандартов, 2004. – Текст : непосредственный.
3. 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 : Государственный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 26 мая 1999 г. № 184 : введен впервые : дата введения 2005-01-01 / разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом стандартизации и сертификации в машиностроении (ВНИИНМАШ). – Москва : ИПК Издательство стандартов, 1999. – Текст : непосредственный.

## References

1. GOST R 41.101-99. UNECE Regulation № 101 : Uniform provisions concerning the approval of passenger cars equipped with an internal combustion engine with regard to the measurement of carbon dioxide emissions and fuel consumption, and vehicles of category M(1) and N(1) equipped with electric drive, in regarding the measurement of electricity consumption and power reserve : State Standard of the Russian Federation : official edition : approved and put into effect by the Decree of the State Standard of Russia dated May 26, 1999 № 184 : introduced for the first time : introduction date 2000-07-01 / developed by the All-Russian Research Institute standardization and certification in mechanical engineering (VNIINMASH). – Moscow : IPK Standards Publishing House, 1999. – Text : direct. (in Russian)
2. GOST R 41.83-2004. UNECE Regulation № 83 : Uniform regulations regarding the certification of vehicles for emissions of harmful substances depending on the fuel required for engines : State Standard of the Russian Federation: official edition : approved and put into effect by the Decree of the State Standard of Russia dated March 9, 2004 № 126-st : introduced for the first time : introduction date 2005-01-01 / developed by the All-Russian Research Institute for Standardization and Certification in Mechanical Engineering (VNIINMASH) and the Scientific and Technical Center for Testing and Fine-tuning Automotive Equipment (NICIAMT). – Moscow : IPK Standards Publishing House, 2004. – Text : direct. (in Russian)
3. GOST R 41.84-99. UNECE Regulation № 84 : Uniform provisions concerning the approval of road vehicles equipped with an internal combustion engine in relation to the measurement of fuel consumption : State Standard of the Russian Federation : official edition: approved and put into effect by the Decree of the State Standard of Russia dated May 26, 1999 № 184 : introduced for the first time: introduction date 2005-01-01 / developed by the All-Russian Research Institute for Standardization and Certification in Mechanical Engineering (VNIINMASH). – Moscow : IPK Standards Publishing House, 1999. – Text : direct. (in Russian)
4. Gorozhankin, S. A.; Savenkov, N. V.; Skripkar, V. G. Use of an asynchronous electric machine as a braking device in determining the performance of

4. Горожанкин, С. А. Применения асинхронной электрической машины в качестве тормозного устройства при определении показателей автомобильного ДВС на неустановившихся режимах работы / С. А. Горожанкин, Н. В. Савенков, В. Г. Скрипкарь. – Текст : непосредственный // Научно-производственный журнал «Автотранспортное предприятие». – Москва : НПП «Транснavigация». – 2016. – № 9 – С. 49–62.
5. Мощностные стенды серии DYNAPACK DAQ с отбором мощности ступиц автомобиля. – Текст : электронный // Интернет-магазин Барклай Холдинг : [сайт]. – 1993–2023. – URL: [https://barclay.ru/catalog/moshchnostnoy\\_stend/moshchnostnye\\_stendy\\_serii\\_dynapack\\_daq\\_s\\_otborom\\_moshchnosti\\_sostupits\\_avtomobilya/](https://barclay.ru/catalog/moshchnostnoy_stend/moshchnostnye_stendy_serii_dynapack_daq_s_otborom_moshchnosti_sostupits_avtomobilya/) (дата обращения: 09.01.2020).
6. Учебное пособие : Стенд обкаточно-тормозной KI-5543-ГОСНИТИ // Техническое описание и инструкция по эксплуатации 5542 ТО. – Москва : Госкомсельхозтехника. – 1979. – 24 с. – Текст : непосредственный.
7. Электродвигатель постоянного тока типа ДПМ-2,5-110-Д09. – Текст : электронный // Интернет-магазин Западприбор : [сайт]. – 2005–2023. – URL: <https://zapadpribor.com/dpm-25-110-d09/> (дата обращения: 10.01.2020).
8. Электромагнитный тормоз дупо. – Текст : электронный // Интернет-магазин Alibaba : [сайт]. – 1999–2023. – URL: <https://russian.alibaba.com/product-detail/electromagnetic-brake-dyno-retarder-same-astelma62420920899.html?spm=a2700.8699010.29.116.150e261dFfiMx> (дата обращения: 10.01.2020).
9. Specifications for Dynapack models. – Текст : электронный // Интернет-магазин Dynapack : [сайт]. – 1999–2023. – URL: <http://www.dynapackusa.com/specs.htm> (дата обращения: 10.01.2020).
10. ГОСТ 22576-90. Правила ЕЭК ООН № 68 : Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний : Государственный стандарт Союза ССР : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 20.12.1990 г. № 3204 : введен впервые : дата введения 1992-01-01 / разработан Министерством автомобильного и сельскохозяйственного машиностроения СССР. – Москва : Издательство стандартов, 1991. – Текст : непосредственный.
11. Технические характеристики транспортного средства Aston Martin DB9. – Текст : электронный // Интернет-энциклопедия Wikipedia : [сайт]. – 2001–2023. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Aston\\_Martin\\_DB9](https://en.wikipedia.org/wiki/Aston_Martin_DB9) (дата обращения: 26.04.2020).
12. Технические характеристики транспортного средства Opel Omega A – caravan 1.8 S LS. – Текст : электронный // Информативный веб-сайт carsopedia : [сайт]. – 2000–2023. – URL: <https://carsopedia.com/ru/catalog/opel/omega/a-caravan/1-8-s-ls-1986-16777/> (дата обращения: 26.04.2020).
- an automobile internal combustion engine in unsteady operating modes. – Text : direct. – In: *Scientific and production journal «Motor transport enterprise»*. – Moscow : NPP «Transnavigacion». – 2016. – № 9 – P. 49–62. (in Russian)
5. Power benches of the DYNAPACK DAQ series with power take-off of vehicle hubs. – Text : electronic // Barclay Holding Online Store : [site]. – 1993–2023. – URL: [https://barclay.ru/catalog/moshchnostnoy\\_stend/moshchnostnye\\_stendy\\_serii\\_dynapack\\_daq\\_s\\_otborom\\_moshchnosti\\_sostupits\\_avtomobilya/](https://barclay.ru/catalog/moshchnostnoy_stend/moshchnostnye_stendy_serii_dynapack_daq_s_otborom_moshchnosti_sostupits_avtomobilya/) (date of the access: 09.01.2020). (in Russian)
6. Textbook : Break-in brake stand KI-5543-GOSNITI // Technical description and operating instructions 5542 TO. – Moscow : Goskomselkhoztehnika. – 1979. – 24 p. – Text : direct. (in Russian)
7. DC motor type DPM-2.5-110-D09. – Text : electronic // Internet store Zapadpribor : [site]. – 2005–2023. – URL: <https://zapadpribor.com/dpm-25-110-d09/> (date of access: 10.01.2020). (in Russian)
8. Dyno electromagnetic brake. – Text : electronic // Alibaba Online Store : [site]. – 1999–2023. – URL: <https://russian.alibaba.com/product-detail/electromagnetic-brake-dyno-retarder-same-astelma62420920899.html?spm=a2700.8699010.29.116.150e261dFfiMx> (date of access: 10.01.2020). (in Russian)
9. Specifications for Dynapack models. – Text : electronic // Dynapack Online Store : [site]. – 1999–2023. – URL: <http://www.dynapackusa.com/specs.htm> (date of access: 10.01.2020). (in Russian)
10. GOST 22576-90. UNECE Regulation № 68 : Motor vehicles. speed properties. Test methods : State Standard of the USSR : official edition : approved and put into effect by the Decree of the USSR State Committee for Product Quality Management and Standards of December 20, 1990 № 3204 : introduced for the first time : introduction date 1992-01-01 / developed by the Ministry of Automobile and agricultural engineering of the USSR. – Moscow : Standards Publishing House, 1991. – Text : direct. (in Russian)
11. Technical characteristics of the vehicle Aston Martin DB9. – Text : electronic // Internet Encyclopedia Wikipedia : [site]. – 2001–2023. – URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Aston\\_Martin\\_DB9](https://en.wikipedia.org/wiki/Aston_Martin_DB9) (date of access: 26.04.2020). (in Russian)
12. Technical characteristics of the vehicle Opel Omega A-caravan 1.8 S LS. – Text : electronic // Informative website CarsoPedia : [site]. – 2000–2023. – URL: <https://carsopedia.com/ru/catalog/opel/omega/a-caravan/1-8-s-ls-1986-16777/> (date of access: 26.04.2020). (in Russian)
13. Technical characteristics of the vehicle Toyota Corolla (E210). – Text : electronic // Autoblog Avtonam : [site]. – 2020–2023. – URL: <https://avtonam.ru/tech-toyota/char-corolla-e210/> (date of access: 26.04.2020). (in Russian)
14. Technical characteristics of the vehicle Mazda RX-8 1.3. – Text : electronic // Internet store Autonet :

13. Технические характеристики транспортного средства Toyota Corolla (E210). – Текст : электронный // Автоблог avtonam : [сайт]. – 2020–2023. – URL: <https://avtonam.ru/tech-toyota/char-corolla-e210/> (дата обращения: 26.04.2020).
14. Технические характеристики транспортного средства Mazda RX-8 1.3. – Текст : электронный // Интернет-магазин autonet : [сайт]. – 1999–2023. – URL: <http://www.autonet.ru/auto/ttx/mazda/rx-8/289583> (дата обращения: 26.04.2020).
15. Технические характеристики транспортного средства BMW 728i (E23). – Текст : электронный // Интернет-магазин avtomarket : [сайт]. – 2000–2023. – URL: <https://avtomarket.ru/catalog/BMW/7-seriya/3077/> (дата обращения: 26.04.2020).
16. Технические характеристики транспортного средства ГАЗ-3302. – Текст : электронный // Интернет-магазин avtoexpress : [сайт]. – 2001–2023. – URL: <https://autoexpress37.azgaz.ru/models/sobol-business/features/Gaz-3302-RUS.pdf> (дата обращения: 26.04.2020).
17. Технические характеристики транспортного средства ИЖ-2715. – Текст : электронный // Информационный сайт fb.ru : [сайт]. – 2001–2023. – URL: <https://fb.ru/article/324505/ij-tehnicheskie-harakteristiki-opisanie-modifikatsii> (дата обращения: 26.04.2020).
18. Технические характеристики транспортного средства Газель 33025. – Текст : электронный // Интернет-магазин 26avto.ru : [сайт]. – 2020–2023. – URL: <http://www.26auto.ru/gaz/lmg/gmd04/gaz3302/> (дата обращения: 26.04.2020).
19. Технические характеристики транспортного средства IVECO Daily 35C15. – Текст : электронный // Интернет-магазин truck-and-bus.ru : [сайт]. – 2005–2023. – URL: [https://truck-and-bus.ru/catalog/iveco-daily/iveco\\_daily\\_35c15v/](https://truck-and-bus.ru/catalog/iveco-daily/iveco_daily_35c15v/) (дата обращения: 26.04.2020).
20. Технические характеристики транспортного средства УАЗ-3302. – Текст : электронный // Информационный сайт fb.ru : [сайт]. – 2001–2023. – URL: <https://fb.ru/article/336197/uaz--opisanie-tehnicheskie-harakteristiki> (дата обращения: 26.04.2020).
21. Горожанкин, С. А. Расчет тягово-скоростных и топливно-экономических свойств автомобилей в современных эксплуатационных условиях : учебное пособие по дисциплине «Теория эксплуатационных свойств» для студентов направления подготовки 23.03.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» / С. А. Горожанкин, А. Д. Бумага, Н. В. Савенков. – Донецк : РА ДОН, 2019. – 244 с. – Текст : непосредственный.
22. Small / Medium Displacement Sleeve Bushing Pumps 197 Series. – Текст : электронный // Интернет-магазин PERMCO : [сайт]. – 2000–2023. – URL: <https://www.permco.com/wp-content/uploads/2016/01/197-Tech-Spec-2015.pdf> (дата обращения: 07.02.2020).
23. High Pressure, Large Displacement Sleeve Bushing Pumps 460 Series. – Текст : электронный // Интернет- [site]. – 1999–2023. – URL: <http://www.autonet.ru/auto/ttx/mazda/rx-8/289583> (date of access: 26.04.2020). (in Russian)
15. Technical characteristics of the vehicle BMW 728i (E23). – Text : electronic // Avtomarket online store : [site]. – 2000–2023. – URL: <https://avtomarket.ru/catalog/BMW/7-seriya/3077/> (date of access: 26.04.2020). (in Russian)
16. Technical characteristics of the vehicle GAZ-3302. – Text : electronic // Avtoexpress online store : [site]. – 2001–2023. – URL: <https://autoexpress37.azgaz.ru/models/sobol-business/features/Gaz-3302-RUS.pdf> (date of access: 26.04.2020). (in Russian)
17. Technical characteristics of the vehicle IZH-2715. – Text : electronic // Information site fb.ru : [site]. – 2001–2023. – URL: <https://fb.ru/article/324505/ij--tehnicheskie-harakteristiki-opisanie-modifikatsii> (date of access: 26.04.2020). (in Russian)
18. Technical characteristics of the vehicle Gazelle 33025. – Text : electronic // Internet store 26avto.ru : [site]. – 2020–2023. – URL: <http://www.26auto.ru/gaz/lmg/gmd04/gaz3302/> (date of the application: 26.04.2020). (in Russian)
19. Technical characteristics of the vehicle IVECO Daily 35C15. – Text : electronic // Online store truck-and-bus.ru : [site]. – 2005–2023. – URL: [https://truck-and-bus.ru/catalog/iveco-daily/iveco\\_daily\\_35c15v/](https://truck-and-bus.ru/catalog/iveco-daily/iveco_daily_35c15v/) (date of access: 26.04.2020). (in Russian)
20. Technical characteristics of the vehicle UAZ-3302. – Text : electronic // Information site fb.ru : [site]. – 2001–2023. – URL: <https://fb.ru/article/336197/uaz--description-tehnicheskie-harakteristiki> (date of access: 26.04.2020). (in Russian)
21. Gorozhankin, S. A.; Bumaga, A. D.; Savenkov, N. V. Calculation of traction-speed and fuel-economic properties of cars in modern operating conditions : a textbook on the discipline «Theory of performance properties» for students of the training direction 03.23.03 «Operation of transport-technological machines and complexes». – Donetsk : RA DON, 2019. – 244 p. – Text : direct.
22. Small / Medium Displacement Sleeve Bushing Pumps 197 Series. – Text : electronic // Permco online store : [site]. – 2000–2023. – URL: <https://www.permco.com/wp-content/uploads/2016/01/197-Tech-Spec-2015.pdf> (date of access: 07.02.2020).
23. High Pressure, Large Displacement Sleeve Bushing Pumps 460 Series. – Text : electronic // Permco online store : [site]. – 2000–2023. – URL: [https://www.permco.com/wp-content/uploads/2019/01/460-Tech-Spec-Brochure\\_01.19\\_V1.1-web.pdf](https://www.permco.com/wp-content/uploads/2019/01/460-Tech-Spec-Brochure_01.19_V1.1-web.pdf) (date of access: 07.02.2020).
24. Small Displacement Roller Bearing Pumps 2100 Series. – Text : electronic // Permco online store : [site]. – 2000–2023. – URL: [https://www.permco.com/wp-content/uploads/2017/06/2100-Tech-Spec-Brochure\\_2017.pdf](https://www.permco.com/wp-content/uploads/2017/06/2100-Tech-Spec-Brochure_2017.pdf) (date of access: 07.02.2020).
25. 5000 / 5100 Series. – Text : electronic // Permco online store : [site]. – 2000–2023. – URL: [https://www.permco.com/permco\\_products/5100-series](https://www.permco.com/permco_products/5100-series) (date of access: 07.02.2020).

- магазин PERMCO : [сайт]. – 2000–2023. – URL: [https://www.permco.com/wp-content/uploads/2019/01/460-Tech-Spec-Brochure\\_01.19\\_V1.1-web.pdf](https://www.permco.com/wp-content/uploads/2019/01/460-Tech-Spec-Brochure_01.19_V1.1-web.pdf) (дата обращения: 07.02.2020).
24. Small Displacement Roller Bearing Pumps 2100 Series. – Текст : электронный // Интернет–магазин PERMCO : [сайт]. – 2000–2023. – URL: [https://www.permco.com/wp-content/uploads/2017/06/2100-Tech-Spec-Brochure\\_2017.pdf](https://www.permco.com/wp-content/uploads/2017/06/2100-Tech-Spec-Brochure_2017.pdf) (дата обращения: 07.02.2020).
25. 5000 / 5100 Series. – Текст : электронный // Интернет–магазин PERMCO : [сайт]. – 2000–2023. – URL: [https://www.permco.com/permco\\_products/5100-series](https://www.permco.com/permco_products/5100-series) (дата обращения: 07.02.2020).

**Савенков Никита Владимирович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: топливная экономичность автомобилей на неустановившихся режимах движения.

**Чекулаев Станислав Анатольевич** – магистрант кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: испытательные стенды автомобилей с беговыми барабанами.

**Гапонов Владислав Игоревич** – магистрант кафедры автомобильного транспорта, сервиса и эксплуатации ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: характеристики двигателя внутреннего сгорания.

**Савенков Микита Володимирович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: паливна економічність автомобілів на несталіх режимах руху.

**Чекулаєв Станіслав Анатолійович** – магістрант кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: випробувальні стенди автомобілів з біговими барабанами.

**Гапонов Владислав Ігорович** – магістрант кафедри автомобільного транспорту, сервісу та експлуатації ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: характеристики двигунів внутрішнього згорання.

**Savenkov Nikita** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Head of the Department of Motor Transport, Service and Operation FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: fuel efficiency of cars in unsteady driving modes.

**Chekulaev Stanislav** – master's student of the Department of Motor Transport, Service and Operation FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: test benches for vehicles with running drums.

**Gaponov Vladislav** – master's student of the Department of Motor Transport, Service and Operation FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture». Scientific interests: characteristics of the internal combustion engine.