

УДК (UDC) 62-253

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УПРУГИХ И ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ КОЛЁС ПОВЫШЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

EXPERIMENTAL EVALUATION OF SPRING AND DAMPING PROPERTIES HIGH-SAFETY WHEELS

Мазур В.В.

Mazur V.V.

Братский государственный университет (Братск, Россия)
Bratsk State University (Bratsk, Russian Federation)

Аннотация. Известный недостаток пневматических шин, заключающийся в потере их работоспособности при сквозных механических повреждениях, вынуждает применять для повышения безопасности гражданских автомобилей и живучести колёсной бронетехники колёса с внутренними дополнительными опорами. Такие колёса не только сохраняют подвижность колёсной машины, но и обеспечивают длительное устойчивое и управляемое её движение с высокой скоростью даже при потере избыточного давления воздуха в нескольких пневматических шинах. Однако потеря избыточного давления воздуха даже в одной пневматической шине приводит к заметному ухудшению большинства эксплуатационных свойств, особенно при движении по дорогам с неровными поверхностями или в условиях бездорожья. Возрастающая интенсивность колебаний приводит к повышению уровня вибронегруженности водителя, пассажиров и перевозимых автотранспортным средством грузов, снижению показателей тягово-скоростных свойств, топливной экономичности, устойчивости и управляемости колёсной машины. В Братском государственном университете разработана конструкция и изготовлены натурные образцы колёс повышенной безопасности с внутренними дополнительными опорами из эластичных полиуретанов отечественного производства для легкового автомобиля малого класса. В лабораторных условиях были определены выходные параметры упругих и демпфирующих свойств созданных натурных образцов, влияющие на колебания и плавность хода автотранспортного средства. Результаты экспериментальных исследований могут быть востребованы изготовителями гражданских и военных автомобилей, колёсной бронетехники и спецавтотранспорта.

Ключевые слова: безопасные колёса, система поддрессоривания, плавность хода, коэффициент нормальной жёсткости, коэффициент неупругого сопротивления, эллиптически-степенная модель.

Дата принятия к публикации: 14.03.2019
Дата публикации: 25.03.2019

Abstract. A well-known disadvantage of pneumatic tires is the loss of work ability with mechanical damage through and forces the use of wheels with internal additional supports to improve the safety of civilian vehicles and the survivability of wheeled armored vehicles. These wheels retain the mobility of the wheeled vehicle and provide long steady and controlled movement at high speed even with the loss of excess air pressure in several pneumatic tires. However, the loss of excess air pressure even in one pneumatic tire leads to a noticeable deterioration in most of the performance properties, especially when driving on roads with uneven surfaces or in off-road conditions. Intensive oscillations lead to an increase in the vibration level of the driver, passengers and goods transported by the vehicle, reducing the performance of high-speed properties, fuel efficiency, stability and controllability of the wheeled vehicle. The Bratsk State University has developed a design and made full-scale models of high-safety wheels with internal additional supports made of elastic polyurethane of domestic production for a car. Under laboratory conditions, the output parameters of the spring and damping properties of the created full-scale models were determined, which affect the oscillations and smooth running of the motor vehicle. The results of experimental studies can be claimed by manufacturers of civil and military vehicles, wheeled armored vehicles and special machines.

Keywords: safe wheels, springing system, smooth running, normal springiness coefficient, non-spring resistance coefficient, elliptical exponent model.

Date of acceptance for publication: 14.03.2019
Date of publication: 25.03.2019

Сведения об авторе:

Мазур Владимир Викторович – кандидат технических наук, доцент по кафедре автомобильного транспорта, доцент, кафедра машиностроения и транспорта, Братский государственный университет, e-mail: mazurvv@yandex.ru.

ORCID: 0000-0001-9487-3280

**Author's information:**

Vladimir V. Mazur – Candidate of Technical Sciences, Associate professor in the Department of automobile transport, Associate professor, Department of mechanical engineering and transport, Bratsk State University, e-mail: mazurvv@yandex.ru.

ORCID: 0000-0001-9487-3280

1. Введение

Простота и высокая эффективность колёсного движителя, как механизма для преобразования вращательного движения в поступательное, обусловили широкое его применение на наземных транспортных машинах и, в первую очередь, на автомобилях. Однако колесо с пневматической шиной имеет существенный недостаток, заключающийся в прекращении движения колёсной машины при потере избыточного давления воздуха. Более того, потеря избыточного давления воздуха в пневматической шине традиционной конструкции при движении автотранспортного средства с высокой скоростью может привести к дорожно-транспортному происшествию с тяжёлыми последствиями. Остановка автомобиля для замены колеса на проезжей части или на обочине дороги с интенсивным движением также представляет опасность. Проблема, связанная с возможностью потери избыточного давления воздуха в пневматических шинах, также актуальна для бронированного автомобильного транспорта, предназначенного для перевозки ценностей или высокопоставленных пассажиров. Особенно остро эта проблема касается автомобильной техники военного назначения, так как в условиях боевых действий неподвижная машина становится удобной мишенью для гранатомётов и прицельного огня стрелкового оружия, что в значительной степени влияет на шансы военнослужащих остаться в живых и выполнить боевую задачу.

Современные колёса повышенной безопасности с внутренними дополнительными опорами гражданских автомобилей и боестойкие колёса военной автомобильной техники не только сохраняют подвижность колёсной машины, но и обеспечивают длительное устойчивое и управляемое её движение с высокой скоростью даже при потере

избыточного давления воздуха в нескольких пневматических шинах [1-5]. Однако потеря избыточного давления воздуха даже в одной пневматической шине приводит к заметному ухудшению большинства эксплуатационных свойств, особенно при движении по дорогам с неровными поверхностями или в условиях бездорожья, так как возрастающая интенсивность колебаний приводит не только к повышению уровня вибронгруженности водителя, пассажиров и перевозимых автотранспортным средством грузов, но и к снижению показателей тягово-скоростных свойств, топливной экономичности, устойчивости и управляемости колёсной машины. Именно поэтому научные исследования, направленные на совершенствование конструкций колёсных движителей повышенной безопасности как элементов системы поддрессоривания и оценка их влияния на эксплуатационные свойства автомобиля, являются актуальными.

2. Постановка задачи исследования

Влияние потери избыточного давления воздуха в пневматических шинах на тягово-скоростные свойства, топливную экономичность, проходимость, устойчивость и управляемость автотранспортного средства в достаточной степени изучено [6-10], однако в большинстве случаев только по результатам натурных испытаний и экспериментальных исследований конкретных опытных или серийных образцов. Внутренние дополнительные опоры безопасных и боестойких колёс как элементы систем поддрессоривания автомобилей и их влияние на колебания до настоящего времени не рассматривались. Поэтому целью экспериментальных исследований являлась опытная оценка выходных параметров колёс повышенной безопасности, влияющих на плавность хода автомобиля, к которым в соответствии с ОСТ 37.001.252-82

[11] относятся: масса, коэффициент нормальной жёсткости и коэффициент неупругого сопротивления.

3. Конструкция натуральных образцов колёс повышенной безопасности

Колёса повышенной безопасности с внутренними дополнительными опорами применяются на гражданских бронированных автомобилях высшего класса защиты, служащих для перевозки высокопоставленных пассажиров и ценных грузов, а боестойкие колёса – на армейских автомобилях и колёсной бронетехнике. Ценовая недоступность таких автотранспортных средств послужила причиной создания натуральных образцов колёс с внутренними дополнительными опорами собственной конструкции, предназначенных для отечественного легкового автомобиля малого класса, которые были взяты в качестве объектов исследования.

Конструкция натурального образца колеса повышенной безопасности (рис.1) представляет собой стандартное дисковое колесо 5JX13H2 с глубоким ободом, выполненным разъемным, в сборе с пневматической бескамерной шиной и опорным кольцом из эластичного полиуретана.



Рис.1. Колесо повышенной безопасности

Разъемный обод выполнен таким образом, что одна из его частей соединяется контактной точечной сваркой с диском колеса, а вторая – устанавливается и центрируется при сборке колеса наружной поверхностью выступающей части диска, имеющего положи-

тельный вылет. После монтажа пневматической шины с установленным опорным кольцом части разъемного обода стягиваются четырьмя болтами, проходящими через сквозные отверстия с металлическими направляющими втулками в опорном кольце, что исключает его скольжение относительно обода. Установка упругого опорного кольца в пневматическую шину осуществляется за счёт его радиального сжатия с помощью специального приспособления. Массивное опорное кольцо из эластичного полиуретана обеспечивает герметичность соединяемых частей разъемного обода, а при отсутствии избыточного давления воздуха в пневматической шине предотвращает её самопроизвольный демонтаж и воспринимает весовую нагрузку.

Технические параметры изготовленных опорных колец натуральных образцов колёс повышенной безопасности приведены в табл.1.

Табл.1
Технические параметры опорных колец из эластичных полиуретанов

Наименование показателя	Образцы опорных колец	
	№ 1	№ 2
1. Форполимер	СУРЭЛ ТФ-235	СКУ-ПЛ-60
2. Масса, кг	4,8	4,5
3. Габаритный диаметр, мм	446	
4. Внутренний диаметр, мм	295	
5. Посадочный диаметр, мм	330	
6. Ширина профиля, мм	100	

4. Экспериментальные исследования

Экспериментальная оценка упругих свойств созданных натуральных образцов осуществлялась по методике, изложенной в [11].

Для оценки упругих свойств натуральных образцов колёс повышенной безопасности и их конструктивных элементов были построены характеристики нормальной жёсткости. Построение характеристик осуществлялось в режиме непрерывного квазистатического нагружения колёс на плоском основании испытательного стенда ШС-77 [12-14]. Измерение и регистрация нормальной

силы осуществлялись с помощью тензометрического датчика [15] (рис. 2) в комплекте с цифровым индикатором DN-10W, аналого-цифровым преобразователем E14-140-M и ЭВМ. Нормальные прогибы автомобильных шин измерялись датчиками линейных перемещений DACELL LPS-100s или RIFTEK РФ603.5-60/100-232-IN-U-12-CG-3.

На рис. 3 в качестве примера приведена характеристика нормальной жёсткости колеса повышенной безопасности с внутренней дополнительной опорой (образец № 1) при атмосферном давлении воздуха в пневматической шине БЛ-85 175/70R13.

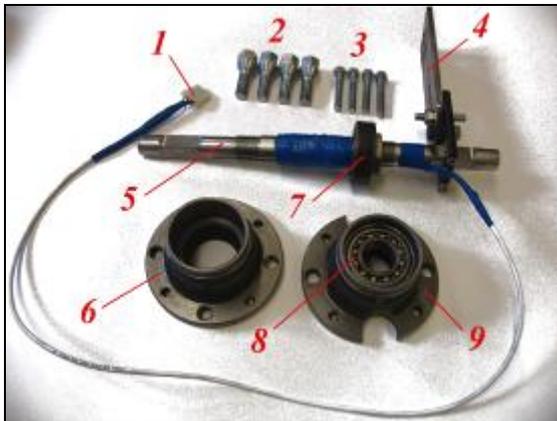


Рис.2. Узлы и детали тензометрического датчика сил (тензоступицы):

- 1 – электрический разъём; 2 – болты крепления автомобильного колеса;
 3 – болты крепления ступиц; 4 – фиксатор оси; 5 – ось тензометрическая;
 6, 9 – ступицы колеса; 7, 8 – подшипники шариковые сферические

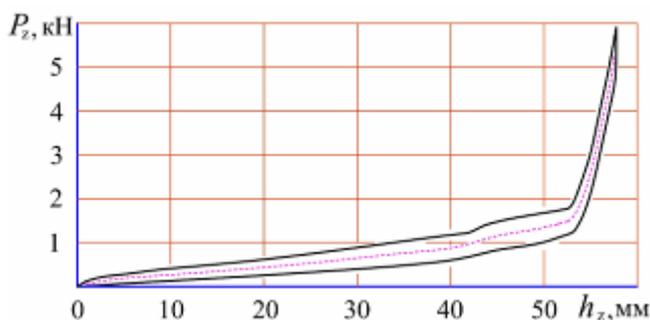


Рис.3. Характеристика нормальной жёсткости колеса повышенной безопасности

Коэффициенты нормальной жёсткости натуральных образцов и их конструктивных элементов определялись как тангенс угла на-

клона средней линии, расположенной между линией нагрузки и разгрузки, в пределах рабочего участка характеристики жёсткости. Полученные таким образом значения коэффициентов нормальной жёсткости приведены в табл. 2.

В соответствии с [11] оценка демпфирующих свойств автомобильных шин может быть выполнена по экспериментальным кривым свободных затухающих колебаний, построенным при сбрасывании или подтягивании надколёсной массы. Однако практическое отсутствие несущей способности пневматической шины при атмосферном давлении воздуха делает невозможным получить такие кривые. Поэтому для оценки демпфирующих свойств конструктивных элементов колёс повышенной безопасности была использована эллиптическо-степенная модель [16-20], позволяющая выполнять оценку поглощающей способности по характеристикам нормальной жёсткости.

Эллиптическо-степенная модель представляется системой из двух уравнений – уравнения аппроксимирующего эллипса и уравнения степенной функции следующего вида:

$$\begin{cases} P = P_a \sqrt{1 - (h_z/h_{za})^2}, \\ P_a = Hh_{za}^n. \end{cases} \quad (1)$$

где P и P_a – текущее и максимальное за цикл "нагрузка-разгрузка" значения силы неупругого сопротивления конструктивного элемента безопасного колеса; h_z и h_{za} – текущее и максимальное за цикл значения нормального прогиба конструктивного элемента безопасного колеса; H и n – параметры математической модели.

Известно, что параметры H и n не зависят от давления воздуха и являются постоянными величинами для конкретной пневматической шины.

На рис. 4 приведена аппроксимированная эллипсом характеристика нормальной жёсткости пневматической шины БЛ-85 175/70R13 при номинальном давлении воздуха, а на рис. 5 – характеристика нормальной жёсткости внутренней дополнительной опоры (образец № 1), также аппроксимированная эллипсом.

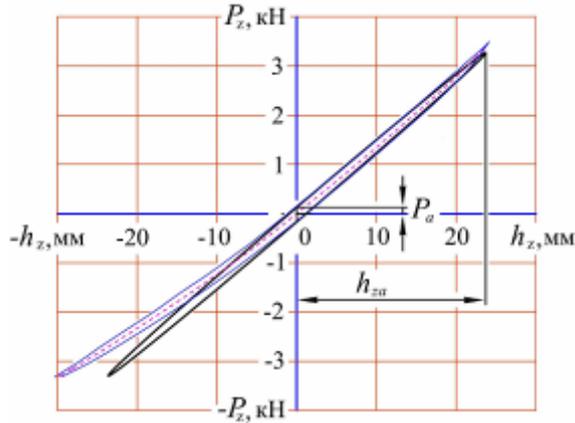


Рис.4. Характеристика нормальной жёсткости пневматической шины БЛ-85 175/70R13 при $p_w = 0,2$ МПа и её аппроксимация эллипсом

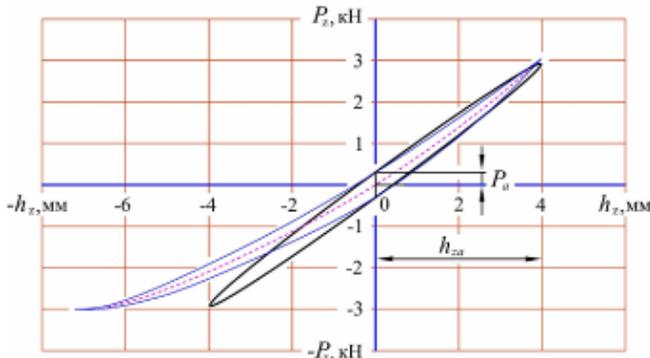


Рис.5. Характеристика нормальной жёсткости упругого опорного кольца (образец № 1) и её аппроксимация эллипсом

Определение параметров H и n конструктивных элементов безопасного колеса требует построения ансамбля характеристик их нормальной жёсткости, отличающихся максимальным значением нормального прогиба, и, следовательно, максимальным значением силы неупругого сопротивления.

Поиск параметров эллиптическо-степенной модели осуществляется путём решения системы уравнений степенных функций следующего вида:

$$\begin{cases} P_{a1} = Hh_{za1}^n, \\ P_{a2} = Hh_{za2}^n, \\ \dots, \\ P_{ai} = Hh_{zai}^n. \end{cases} \quad (2)$$

где i – число экспериментальных характеристик жёсткости в ансамбле.

На рис.6 приведён ансамбль характеристик нормальной жёсткости пневматической шины БЛ-85 175/70R13 при $p_w = 0,2$ МПа, а на рис. 7 – упругого опорного кольца.

В результате аппроксимации и сглаживания средствами Microsoft Excel рядов данных, полученных при обработке ансамблей характеристик нормальной жёсткости, были построены степенные зависимости, приведённые на рис. 7 и рис. 8, и определены параметры эллиптическо-степенной модели H и n конструктивных элементов колёс повышенной безопасности.

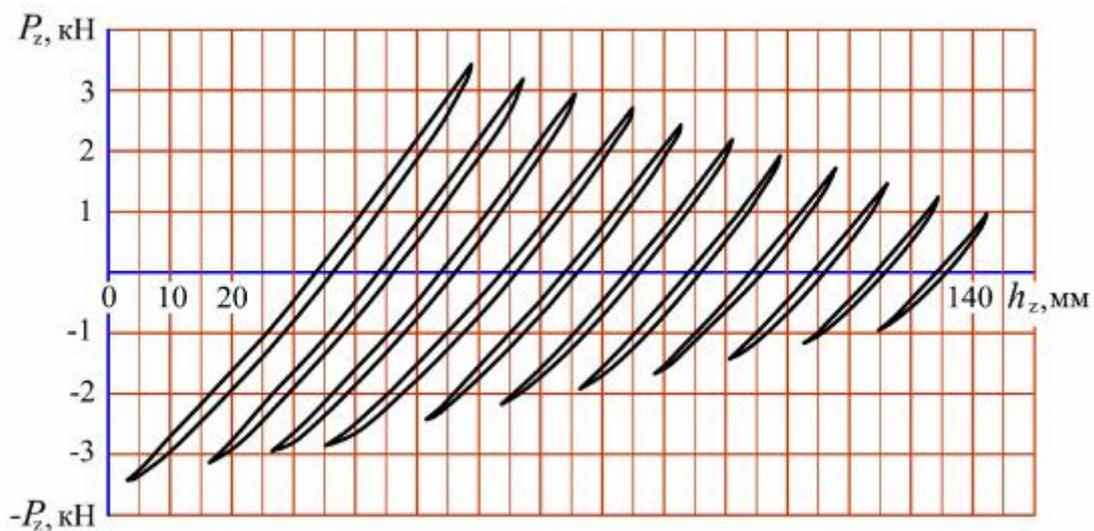


Рис.6. Ансамбль характеристик нормальной жёсткости пневматической шины БЛ-85 175/70R13 при $p_w = 0,2$ МПа

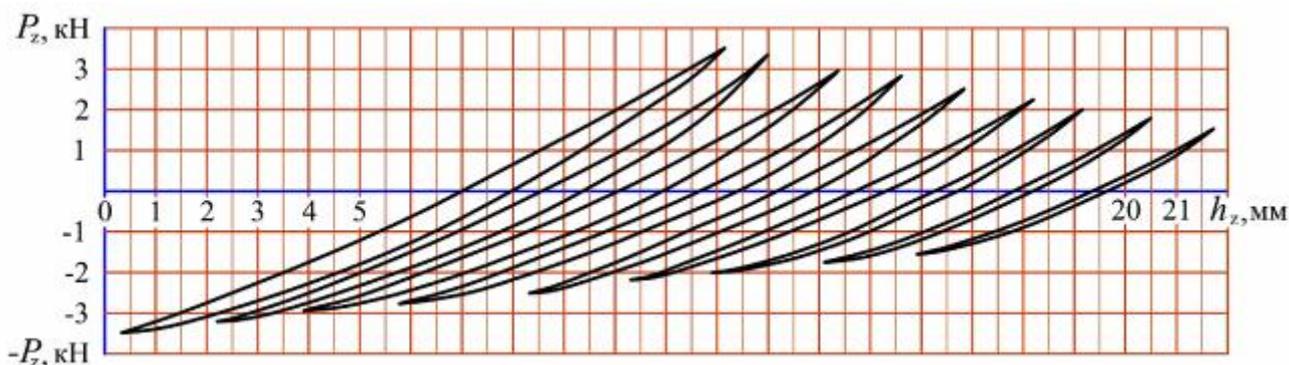


Рис.7. Ансамбль характеристик нормальной жёсткости упругого опорного кольца (образец № 1)

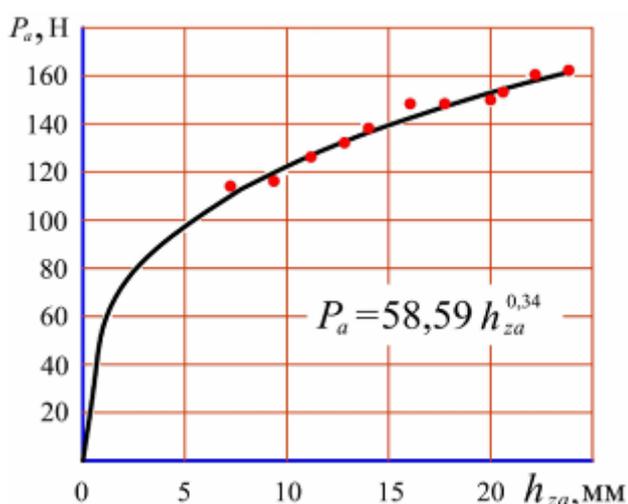


Рис.8. Результаты обработки ансамбля характеристик нормальной жёсткости пневматической шины БЛ-85 175/70R13

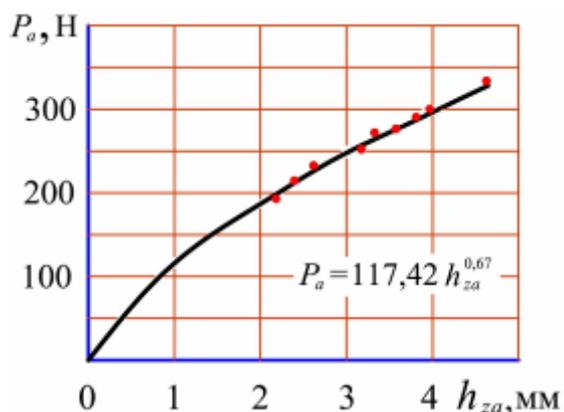


Рис.9. Результаты обработки ансамбля характеристик нормальной жёсткости упругого опорного кольца (образец № 1)

5. Результаты исследования

Результаты экспериментальных исследований упругих и демпфирующих свойств на-

турных образцов колёс повышенной безопасности приведены в табл. 2.

Полученные выходные параметры были использованы для теоретической оценки интенсивности колебаний автомобиля с помощью разработанных математических моделей [21-23], в которых колёса повышенной безопасности представлены как элементы системы поддрессоривания.

Расчёт коэффициентов неупругого сопротивления конструктивных элементов безопасных колёс осуществлялся с помощью упрощённой эллиптической-степенной модели, предназначенной для инженерных расчётов, следующим образом:

$$\eta_{\Omega} = \frac{2H}{n+1} \frac{1}{h_{zct}^{1-n} \omega}, \quad (3)$$

где h_{zct} – статический прогиб конструктивного элемента колеса повышенной безопасности; ω – циклическая частота колебаний.

6. Заключение

В процессе выполнения научно-исследовательской работы были решены следующие задачи:

1. Разработана оригинальная конструкция и изготовлены в лабораторных условиях натурные образцы колёс повышенной безопасности с внутренними дополнительными опорами из эластичных полиуретанов для легкового автомобиля малого класса.

2. Впервые получены экспериментальные характеристики нормальной жёсткости созданных натурных образцов колёс повышен-

ной безопасности, внутренних дополнительных опор из эластичных полиуретанов и пневматических шин при атмосферном давлении воздуха, что позволило оценить упругие и демпфирующие свойства испытуемых

колёсных движителей при сквозных механических повреждениях.

Результаты НИР могут быть востребованы изготовителями гражданских и военных автомобилей, колёсной бронетехники и спецавтотранспорта.

Табл.2

Результаты экспериментальных исследований упругих и демпфирующих свойств натуральных образцов колёс повышенной безопасности

Параметры	Испытуемый конструктивный элемент колеса повышенной безопасности			
	Опорное кольцо (образец № 1)	Опорное кольцо (образец № 2)	БЛ-85 175/70R13	
			$p_w = 0$ МПа	$p_w = 0,2$ МПа
1. Коэффициент нормальной жёсткости, кН/м	740	375	24	113,2
2. H , кН/м ⁿ	117,42	124,50	58,59	
3. n	0,67	0,57	0,34	

Список литературы

1. Pat. EP 0860304, Int. Cl. B60C 17/06, B60C 17/04. *Luftbereiftes Fahrzeugrad* / Glinz M., Sergel H., Hellweg H.-B., Huinink H.; Continental Aktiengesellschaft. - № 98102979.6; anmeldetag 20.02.1998; veröffentlichungstag 26.08.1998, Blatt № 35. - 11 s.

2. Pat. US 6463976, Int. Cl. B60C 17/00, B60C 3/00. *Vehicle wheel with emergency running support body* / Glinz M., Hellweg H.B.; Continental Aktiengesellschaft. - № 09/509557; filed 15.10.1998; publ. date 15.10.2002.

3. Пат. 2261180 Российская Федерация, МПК В60С 17/06. Защитная опорная подушка и конструкция из подушки и обода для пневматической шины, содержащая балансировочные средства и обеспечивающая облегчённый монтаж / Помпье Ж.-П., Лакур Ж.-Ж., Дрие Ж.-Ж.; заявитель и патентообладатель Сосьете де Текноложии Мишлен, Мишлен Решерш э Текник С.А. - № 2002114550/11; заявл. 02.11.2000; опубл. 27.09.2005, Бюл. № 27. - 18 с.

4. Pat. US 2008/0295938, Int. Cl. B60C 17/10, B60C 17/04. *Tire/wheel assembly* / Naito M.; The Yokohama Rubber Co., Ltd. - №

References

1. Patent EP 0860304. *Luftbereiftes Fahrzeugrad*. Glinz M., Sergel H., Hellweg H.-B., Huinink H. Declared 20.02.1998. Published 26.08.1998.

2. Patent US 6463976. *Vehicle wheel with emergency running support body*. Glinz M., Hellweg H.B. Declared 15.10.1998. Published 15.10.2002.

3. Patent RU 2261180 *Zashchitnaya opornaya podushka i konstruktsiya iz podushki i oboda dlya pnevmaticheskoy shiny, soderzhashchaya balansirovochnye sredstva i obespechivayushchaya oblegchyonnyy montazh* [Protecting bearing for air tire]. Pomp'e Z.-P., Lakur Z.-Z., Drie Z.-Z. Declared 02.11.2000. Published 27.09.2005. (In Russian).

4. Patent US 295938. *Tire/wheel assembly*. Naito M. Declared 08.01.2004. Published 04.12.2008.

5. Patent RU 2461468 *Vnutrennyaya opora pnevmaticheskoy shiny bezopasnogo koleasa* [Safe wheel air tire internal support]. Chistov M.P., Abramov V.N., Veselov I.V., Starikov A.F., Usov A.T., Sdobnov K.S., Koltukov A.A., Babakin A.N. Declared 29.06.2009. Published 10.01.2011. (In Russian).

10/567093; filed 08.01.2004; publ. date 04.12.2008.

5. Пат. 2461468 Российская Федерация, МПК В60С 17/06. Внутренняя опора пневматической шины безопасного колеса / Чистов М.П., Абрамов В.Н., Веселов И.В., Стариков А.Ф., Усов А.Т., Сдобнов К.С., Колтуков А.А., Бабакин А.Н.; заявитель и патентообладатель Федер. гос. каз. учреждение «3-й Центр. науч.-исслед. ин-т» Минобороны России. - № 2009124863/11; заявл. 29.06.2009; опубл. 10.01.2011, Бюл. № 1. - 8 с.

6. Чистов, М.П. Некоторые результаты испытаний отечественных боестойких колёс / М.П. Чистов, В.Н. Абрамов, Т.А. Аипов // Проблемы шин и резинокордных композитов. - 2005. - № 3. - С. 53-63.

7. Чистов, М.П. Актуальность комплекта AMN и СКШ колёсами с повышенной боестойкостью и обобщённый анализ конструктивных решений таких колёс / М.П. Чистов, А.Ф. Стариков, Т.А. Аипов // Проблемы шин и резинокордных композитов: Сб. докл. 20 Симп. (Междунар. конф.). - Т.2. - М.: НТЦ «НИИШП», 2009. - С. 194-201.

8. Абрамов, В.Н. Перспективы создания боестойких шин для армейских АТС / В.Н. Абрамов, М.П. Чистов // Автомобильная промышленность. - 2008. - № 8. - С. 16-19.

9. Веселов, И.В. Тенденция создания безопасных шин / И.В. Веселов, Г.П. Майоров, М.П. Чистов // Проблемы шин и резинокордных композитов: Сб. докл. 18 Симп. (Междунар. конф.). - Т.1. - М.: НТЦ «НИИШП», 2007. - С. 96-121.

10. Белкин, А.Е. Анализ напряжённого состояния внутренних опор лепесткового типа для безопасных шин / А.Е. Белкин, А.А. Болтыров, И.В. Веселов, К.С. Сдобнов // Проблемы шин и резинокордных композитов. Сб. докл. 20 Симп. (Междунар. конф.). - Т.1. - М.: НТЦ «НИИШП», 2009. - С. 104-111.

11. ОСТ 37.001.252-82 Автотранспортные средства. Методы определения основных параметров, влияющих на плавность хода. - М.: НАМИ, 1984. - 60 с.

12. Рыков, С.П. Экспериментальная

6. Chistov MP, Abramov V.N., Aipov T.A. Some test results of domestic fighting resistance wheels. *Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov*, 2005, No. 3, pp. 53-63. (In Russian).

7. Chistov MP, Starikov AF, Aipov T.A. The relevance of a complete set of AMN and SKSH wheels with high fighting resistance and a generalized analysis of the design solutions of such wheels. *Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov. Sbornik dokladov 20 simpoziuma (mezhdunarodnoy konferentsii) [Problems of tires and rubber-composites. Collection of reports 20 symposiums (international conference)]*. Vol.2. Moscow, NIISHP, 2009. pp. 194-201. (In Russian).

8. Abramov V.N., Chistov M.P. Prospects for the creation of armor tires for military vehicles. *Avtomobilnaya promyshlennost*, 2008, No. 8. pp. 16-19. (In Russian).

9. Veselov I.V., Mayorov G.P., Chistov M.P. The trend to create high-safety tires. *Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov. Sbornik dokladov 18 simpoziuma (mezhdunarodnoy konferentsii) [Problems of tires and rubber-composites. Collection of reports 18 symposiums (international conference)]*. Vol.1. Moscow, NIISHP, 2007. pp. 96-121. (In Russian).

10. Belkin A.E., Boltyrov A.A., Veselov I.V., Sdobnov K.S. Analysis of the stress state of the petal-type inner supports for high-safety tires. *Problemy shin i rezinokordnykh kompozitov. Sbornik dokladov 20 simpoziuma (mezhdunarodnoy konferentsii) [Problems of tires and rubber-composites. Collection of reports 20 symposiums (international conference)]*. Vol.1. Moscow, NIISHP, 2009. pp. 104-111. (In Russian).

11. OST 37.001.252-82 *Motor vehicles. Methods for determining the basic parameters affecting smooth running*. Moscow, NAMI, 1984. 60 p. (In Russian).

12. Rykov S.P., Tarasyuk V.N., Koval V.S. Experimental evaluation of non-spring resistance in pneumatic tires with complex wheel loading. *Problemy mekhaniki sovremennykh mashin. Materialy V mezhdunarodnoy konferentsii [Problems of the mechanics of modern machines. Materials of the V International*

оценка неупругого сопротивления в пневматических шинах при комплексном нагружении колеса / С.П. Рыков, В.Н. Тарасюк, В.С. Коваль // Проблемы механики современных машин. Материалы V Междунар. конф. - 2012. - С. 82-85.

13. Рыков, С.П. Методы моделирования и оценки поглощающей и сглаживающей способности пневматических шин в расчетах подвески и колебаний колесных машин: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук / С.П. Рыков // Гос. науч.-исслед. тракторный ин-т. - Москва, 2005.

14. Рыков, С.П. Исследования выходных характеристик пневматических шин. Сглаживающая способность / С.П. Рыков, В.С. Коваль // Системы. Методы. Технологии. - 2010. - № 3 (7). - С. 22-30.

15. Пат. 2382346 Российская Федерация, МПК G01M 17/02. Способ определения жёсткости и неупругого сопротивления автомобильной шины и стенд для испытаний автомобильных шин / Мазур В.В.; заявитель и патентообладатель Братский гос. ун-т. - № 2008148407/11; заявл. 08.12.2008; опубл. 20.02.2010, Бюл. № 5. - 9 с.

16. Рыков, С.П. Исследования выходных характеристик пневматических шин. Поглощающая способность / С.П. Рыков, В.Н. Тарасюк // Системы. Методы. Технологии. - 2010. - № 2 (6). - С. 19-30.

17. Рыков, С.П. Поглощающая способность пневматических шин. Моделирование и оценка / С.П. Рыков, В.Н. Тарасюк // Депонированная рукопись № 120-B2013, 22.04.2013.

18. Рыков, С.П. Экспериментальная оценка преобразующих свойств пневматических шин / С.П. Рыков, В.Н. Тарасюк // Депонированная рукопись № 121-B2013, 22.04.2013.

19. Рыков, С.П. Основы теории неупругого сопротивления в пневматических шинах с приложениями / С.П. Рыков. - 2-е изд., перераб. и доп. - СПб.: Изд-во «Лань», 2017. - 440 с.

20. Яценко, Н.Н. Колебания подвески с учетом поглощающей способности шин / Н.Н. Яценко, Г.Н. Капанадзе, С.П. Рыков // Автомобильная промышленность. - 1977. -

Conference]. 2012. pp. 82-85. (In Russian).

13. Rykov S.P. *Methods of modeling and evaluating the absorbing and smoothing ability of pneumatic tires in the calculations of the suspension and vibrations of wheeled vehicles*. Abstr. Diss. Doct. Sci. (Engineering). Moscow. 2005. 44 p. (In Russian).

14. Rykov S.P., Koval V.S. Studies of the output characteristics of pneumatic tires. Smoothing ability. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, 2010, No. 3 (7), pp. 22-30. (In Russian).

15. Patent RU 2382346. *Sposob opredele-niya zhyostkosti i neuprugogo soprotivleniya avtomobilnoy shiny i stend dlya ispytaniy avtomobilnykh shin* [The method of determining the spring and non-spring resistance of a car tire and stand for testing car tires]. Mazur V.V. Declared 08.12.2008. Published 20.02.2010. (In Russian).

16. Rykov S.P., Tarasyuk V.N. Studies of the output characteristics of pneumatic tires. Absorption capacity. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*, 2010, No. 2 (6), pp. 19-30. (In Russian).

17. Rykov S.P., Tarasyuk V.N. *Pogloshchayushchaya sposobnost pnevmaticheskikh shin. Modelirovanie i otsenka. Deponirovannaya rukopis* [Absorbency of pneumatic tires. Simulation and evaluation. Deposited manuscript]. No.120-B2013. (In Russian).

18. Rykov S.P., Tarasyuk V.N. *Eksperimentalnaya otsenka preobrazuyushchikh svoystv pnevmaticheskikh shin. Deponirovannaya rukopis* [Experimental evaluation of the transforming properties of pneumatic tires. Deposited manuscript]. No. 121-B2013. (In Russian).

19. Rykov S.P. *Osnovy teorii neuprugogo soprotivleniya v pnevmaticheskikh shinakh s prilozheniyami* [Fundamentals of the theory of non-spring resistance in pneumatic tires with applications]. St. Petersburg, Lan, 2017. 488 p. (In Russian).

20. Yatsenko N.N., Kapanadze G.N., Rykov S.P. Oscillation suspension with regard to tire absorption. *Avtomobilnaya promyshlennost*, 1977, No. 6. pp. 15-18. (In Russian).

21. Mazur V.V. *Raschyot kolebaniy avtomobilya s bezopasnymi pnevmaticheskimi shini s uprugimi oporami pri dvizhenii po nerovnoy doroge SafeTyre v.1.0. Svidetelstvo o*

