

Типоразмерные ряды шин для автотранспортных средств северного исполнения

77-30569/420485

04, апрель 2012

Плиев И. А., Сайкин А. М., Архипов А. В.

УДК. 629.113

Россия, ФГУП «НАМИ»
pliev@mail.ru

Типоразмерные ряды шин для автотранспортных средств северного исполнения

Опыт эксплуатации автотранспортных средств с шинами общего назначения в северных регионах РФ, доля которых превышает 50 % всей территории страны, показал, что в условиях бездорожья они имеют пределы проходимости, им недоступны многие восточные районы страны и местности Крайнего Севера, а там, где их эксплуатация все же возможна, они наносят непоправимый экологический ущерб опорной поверхности, особенно почвенно-растительному покрову тундры.

Для снижения вредного воздействия на почвенно-растительный покров и увеличения проходимости автотранспортных средств в северных регионах и по бездорожью в последние десятилетия рядом предприятий и фирм осуществлялась разработка специальных транспортных средств на пневмоколесных движителях низкого и сверхнизкого давления.

Среди пневмоколесных движителей низкого и сверхнизкого давления существуют следующие три типа шин:

- широкопрофильные эластичные шины;
- арочные шины;
- пневмокатки.

На рис. 1 приведены основные геометрические параметры колесных движителей и их сравнительная оценка по величине площади отпечатка при одинаковой нагрузке G_k , равенстве наружных диаметров D и соответствующих степени упругости этих движителей относительных деформациях.

Если принять за 100 % величину площади отпечатка широкопрофильной эластичной шины, то площади отпечатков арочных шин и пневмокатков составляют 120 – 140 % и 200 – 260 % соответственно.

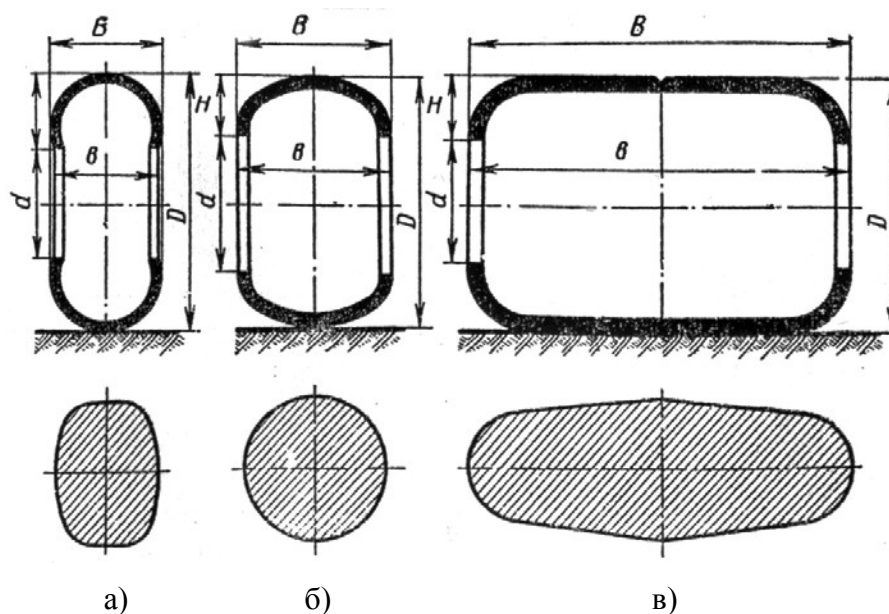


Рисунок 1 – Геометрические параметры колесных движителей и сравнительная оценка их по величине площади отпечатка:
а – широкопрофильные шины; б – арочные шины; в – пневмокотки

Обобщающими оценочными параметрами движителей АТС низкого и сверхнизкого давления являются:

- наружный диаметр D , ширина профиля B и величина посадочного диаметра;
- максимально допустимая нагрузка на движитель G_k (грузоподъемность) и соответствующее этой нагрузке давление в шине p_o ;
- параметры геометрической формы колесных движителей (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры геометрической формы колесных движителей

Наименование параметра	Тип колесного движителя		
	Широкопрофильные эластичные шины	Арочные шины	Пневмокотки
Коэффициент профиля $H : B$	0,75 – 1,00	0,4 -0,6	0,1 – 0,4
Коэффициент балонности $D : d$	1,5 – 3,0	1,5 – 2,0	2,0 – 4,0
Коэффициент ширины (шины) $B : D$	0,18 – 0,46	0,5 – 0,6	0,9 – 2,0
Коэффициент ширины обода $b : B$	0,7 – 0,9	0,9 -1,0	0,9 – 1,0

К колесным движителям северного исполнения наряду с общими вышеперечисленными требованиями предъявляется ряд специальных требований:

- экологичность (малые давления на опорную поверхность - до 0,015 – 0,030 МПа, в зависимости от типа почвенно-растительного слоя грунта);
- улучшенные сцепные свойства с опорной поверхностью, определяемые в т.ч. внутренним давлением воздуха в шине и ее эластичностью;
- малые гистерезисные потери в шине (сопротивление качению) и их теплостойкость, определяющиеся в основном качеством резины;

- хорошие упругие и амортизирующие свойства, способствующие повышению плавности хода автомобиля;
- динамическая и статическая уравновешенность.

Конструкция колесного движителя оказывает существенное влияние на все основные качества автотранспортного средства - экологичность, проходимость, топливную экономичность, плавность хода и устойчивость движения. Широкопрофильные эластичные шины по сравнению с шинами общего назначения (тороидными) обладают повышенными экологическими характеристиками (более низким давлением на опорную поверхность – до 0,010 МПа вместо 2 – 3 МПа у шин общего назначения) и увеличенной проходимостью по бездорожью. Для широкопрофильных шин с регулируемым давлением внутреннее давление выбирается в 3 – 8 раз меньше, чем у обычных тороидных шин.

Арочные шины применяются для повышения проходимости грузовых автомобилей. Одна арочная шина устанавливается вместо сдвоенных тороидных шин. Свое название арочные шины получили от формы профиля. Ширина профиля арочных шин в 2 – 2,5 раза больше профиля тороидных шин.

Характерной особенностью арочной шины является отсутствие плечевой зоны и наличие специальных профилированных дисков, ограничивающих деформацию беговой части шины. Опыт эксплуатации показал, что арочные шины обладают плохими амортизирующими свойствами (большая радиальная жесткость), имеют недостаточный срок службы и служат источником вибраций силовой передачи. В последних конструкциях арочных шин указанные недостатки устраняются введением плечевой зоны (зона перехода бортовой части шины в беговую часть) и беговой дорожки на протекторе.

Пневмокаты отличаются от других типов шин, как по внешнему виду, так и по основным конструктивным показателям. Бочкообразная форма катков обуславливает большую ширину профиля при ограниченных размерах наружного и посадочного диаметров. У пневмокатов коэффициент профиля от 2 до 10 раз меньше, а коэффициент ширины от 2 до 10 раз больше, чем у тороидных шин. Пневмокаты характеризуются существенной разницей по сравнению с тороидными шинами в отношении $D : d$. Повышенная высота профиля позволяет пневмокатам работать в условиях значительных радиальных деформаций.

На основании более чем тридцатилетнего опыта эксплуатации трех основных типов шин наибольшее применение на практике в северных регионах нашли широкопрофильные эластичные шины низкого и сверхнизкого давления.

Физические процессы при работе колес с шинами низкого и сверхнизкого давления характеризуются следующими особенностями: существенным снижением давления на грунт, ослаблением деформации грунта в зоне контакта и значительным снижением избыточных

деформаций и энергетических потерь в самой оболочке. Это позволяет уменьшить глубину колеи, энергетические потери на качение колеса и потери в оболочках в сравнении с шинами общего назначения, благодаря чему обеспечивается сохранение легкоранимых почвенных покровов слабонесущих грунтов.

С учетом большого различия параметров широкопрофильных эластичных шин, арочных шин и пневмокатков (таблица 2) проект типоразмерного ряда шин разработан отдельно по каждому типу шин, выпускаемых в Российской Федерации. Проект выполнен на основе анализа собственных и опубликованных технических материалов и информационных источников по энергоэффективным движителям северного исполнения. По своему содержанию он представляет собой базу данных по отечественным движителям, предназначенным к использованию на автотранспортных средствах для эксплуатации в условиях плохих дорог и бездорожья.

В таблице 3 типоразмерного представлен фрагмент ряда, состоящего из 29 моделей широкопрофильных эластичных шин, которые сгруппированы следующим образом: по вертикали – в зависимости от максимально допустимой нагрузки на шину (колесо), в Н; по горизонтали – в зависимости от наружного диаметра шины, мм.

Таблица 2 – Сравнительные данные по площадям контакта и средним давлениям пневмокатка, арочной шины, широкопрофильной эластичной шины

Тип шины	Номинальная нагрузка G_k , (Н)	Радиальная деформация h , мм	Относительная деформация h/H , в %	Общая площадь контакта F_o , см^2	Среднее давление, q , кПа (кг/см^2)	Давление воздуха P_w , кПа (кг/см^2)
Пневмокаток М-194А	20000	105	30	4025	50 (0,5)	40 (0,4)
Арочная шина Я-179А	30000	60	24	1600	190 (1,9)	200 (2,0)
Широкопрофильные эластичные шины:						
1300х600-21" «ТРЭКОЛ»	8000	-	-	310,4	390 (0,39)	30 -60 (0,3...0,6)
49х23,5-21" «АВТОРОС»	8000	-	-	296,8	370 (0,37)	30 -60 (0,3...0,6)
1300х700-24" «АРКТИКТРАНС»	12000	-	-	421,2	350 (0,350)	30 -60 (0,3...0,6)

В каждой ячейке таблицы 3 ряда приведена иллюстрация общего вида движителя, под которой приведены данные по:

- размерности шины;
- ее заводской маркировке (при наличии);
- производителю, разработчику шины.

Расположение моделей шин по горизонтали и вертикали для наглядности дано построчно с указанием присвоенного номера модели.

В таблице 3 отсутствуют данные по всей многочисленной гамме шин сельскохозяйственного назначения с внутренним давлением в области 200 кПа(2 кг/см²) и более, вследствие того, что они не относятся к категории шин низкого и сверхнизкого давления.

Таблица 3 – Фрагмент проекта типоразмерного ряда широкопрофильных эластичных шин низкого и сверхнизкого давления

Максимально допустимая нагрузка на шину (колесо), Н	Наружный диаметр шины (мм).							Примечания
	до 600	до 800	до 1000	До 1200	До 1400	До 1600	До 1800	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
До 2000				 1020x420-18" Арктиктранс[1]				
До 3000		 920x500-16” 36x20-16 “ Уралшина [2]			 1300x530-533 Бел ОШ-1[3]			
До 4000					 1300x480-24” Арктиктранс [4]			

1	2	3	4	5	6	7	8	9
					 1150x370-20" [5]  1300x530-533 Бел ОШ-2 [6]			
До 5000	 580x270-12" Артик-транс [7]			 1040x420-18" Бел-79 [8]  1100x400-20" Артиктранс [9]				

Вместе с тем такого рода шины, например, SB-1 (Днепрошина) планируются для установки на АТС «Брагар», разработанном в МГТУ им. Н.Э. Баумана, а ВЛ-41 (Волтайр), устанавливаются на выпускаемый серийно вездеход «Урал-Полярник» типа 6х6, разработанный там же. Разработчиками АТС «Брагар» и «Полярник» для снижения отрицательного воздействия на опорную поверхность предусмотрено снижение внутреннего давления в шинах SB-1 и ВЛ-41 до 80 - 100 кПа (0,8 – 1,0 кг/см²). По этой причине в таблице 3 для наглядности и полноты картины представлены данные по четырем шинам производства «Днепрошина», конструкция которых допускает их эксплуатацию с внутренним давлением от 110 до 130 кПа (1,1 - 1,3 кг/см²). Следует отметить, что шины сельскохозяйственного назначения (тракторные шины) не имеют развитой беговой дорожки, имеют развитые грунтозацепы, что повышает сопротивление качению таких шин при движении по твердой опорной поверхности и ограничивает скорость передвижения АТС 40 км/ч.

Анализ типоразмерного ряда широкопрофильных эластичных шин низкого и сверхнизкого давления (таблица 3) свидетельствует о том, что в настоящее время 20 из 29 моделей шин могут быть отнесены к категории экологичных по параметру максимального внутреннего давления в них, не превышающего 60 кПа (0,6 кг/см²). При этом подавляющее большинство этих шин устанавливается на АТС, предназначенных для эксплуатации по бездорожью с классом грузоподъемности до 1,5 тонн с колесной формулой преимущественно 4х4. На АТС большей грузоподъемности с колесной формулой 6х4 и 8х8 в настоящее время устанавливаются широкопрофильные шины сельскохозяйственного назначения с внутренним давлением более 90 кПа (0,9 кг/см²).

Анализируя общую базу данных, можно констатировать, что для грузовых АТС с классом грузоподъемности более 4 тонн отсутствует производство широкопрофильных экологичных шин с давлением ниже 60 кПа (0,6 кг/см²). В свою очередь, эксплуатация широкопрофильных шин с числом кордов более 6, например, сельскохозяйственного назначения, с давлением менее 60 кПа (0,6 кг/см²) не рекомендуется из-за снижения их ресурса ввиду недостаточной эластичности. Данное обстоятельство позволяет сделать вывод о том, что для грузовых АТС с грузоподъемностью более 4-х тонн, предназначенных для эксплуатации в условиях бездорожья, в северных и восточных регионах страны требуется разработка специальных экологичных широкопрофильных эластичных шин, причем в 2-х исполнениях: отдельно низкого и отдельно сверхнизкого давления.

Первоочередной в этом плане является разработка широкопрофильных эластичных шин низкого и сверхнизкого давления с улучшенными экологичными характеристиками для АТС «Брагар» и «Полярник» северного исполнения.

Необходимо также отметить, что достигнутые технические характеристики 20 моделей шин низкого и сверхнизкого давления и опыт их эксплуатации свидетельствуют о необходимости их дальнейшего совершенствования в направлении увеличения их сцепных свойств с опорной поверхностью и ресурса работы.

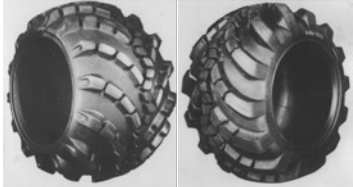
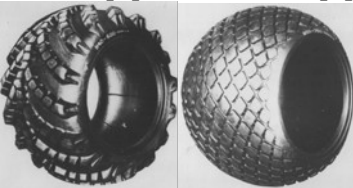
В целом сформированная база данных по широкопрофильным эластичным шинам низкого и сверхнизкого давления свидетельствует о наличии прямопропорциональной зависимости между наружным диаметром шины и максимально допустимой нагрузкой на нее при условии равенства у них внутреннего давления воздуха.

По аналогии в таблице 4 представлен проект типоразмерного ряда арочных шин из 13 моделей отечественного производства. Расположение моделей шин по горизонтали и вертикали для наглядности дано построчно с указанием присвоенного номера модели. Арочные шины обладают несомненными преимуществами по сравнению с тороидными при эксплуатации АТС на тяжелых размокших дорогах и заснеженных опорных поверхностях. На слабых опорных поверхностях тягово-сцепные качества автомобилей, оборудованных арочными шинами по сравнению с установкой тороидных шин, выше в 2 раза, а сопротивление движению ниже на 10-20%.

Таблица 4 – Проект типоразмерного ряда арочных шин

Максимально допустимая нагрузка на шину (колесо), Н.	Наружный диаметр шины (мм).				
	До 1000	До 1100	До 1200	До 1300	До 1500
1	2	3	4	5	6
До 16000					1420x500 Я-196[1] 1500x600 Я-195[2]
До 18000	 1000x600 Я-213[3]				
До 20000	 1000x650 Я-182[4]				
До 30000			 1140x700 Я-146А[5]	 1140x700 Я-170[6]	

Окончание таблицы 4

1	2	3	4	5	6
			 1140x700 Я-170А[7] 1140x600 Я-171[8]  1140x600 Я-187 [9] 1140x700 Я-173[10]		
До 40000				 1300x750 Я-169[12]	 1500x840 И-185[11]
До 50000				 1300x750 Я-186[13]	

На тяжелых размокших дорогах и на бездорожье автомобили в такой комплектации по производительности лучше автомобилей неполноприводных и полноприводных с тороидными шинами на 40 %. С арочными шинами автомобили лучше преодолевают заснеженные участки дорог. Глубина снежного покрова, преодолеваемого автомобилями производства ГАЗ, ЗиЛ, УралАЗ на арочных шинах составляет соответственно – 0,3 м, 0,4 м, 0,5 м.

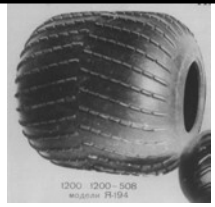
У арочных шин хуже эксплуатационные показатели при работе на твердых опорных поверхностях. При этом наблюдаются повышенное сопротивление движению и увеличение расхода топлива (до 5-7 %), повышается износ грунтозацепов протектора шины. Тормозной путь на сухих твердых дорогах у автомобилей с арочными шинами больше чем с обычными шинами на 3-11 %.

Вместе с тем, вследствие высокого внутреннего давления в них (минимально достигнутая величина – 85 кПа ($0,85 \text{ кг/см}^2$)) они не могут быть отнесены к категории экологичных. Обеспечение приемлемых экологических параметров арочных шин при условии дальнейшего снижения внутреннего давления требует серьезной доработки их конструкции и технологии производства. Несмотря на то, что в последние два десятилетия интерес к совершенствованию арочных шин в нашей стране резко упал, дальнейшая их доработка, в первую очередь по экологическим параметрам, целесообразна для применения на специальных автотранспортных средствах, которые могут эксплуатироваться на разбитых дорогах и бездорожье.

Проект типоразмерного ряда пневмоклатков отечественного и зарубежного производства выполнен в виде сводной таблицы 5, в которой представлено 6 моделей пневмоклатков отечественного и зарубежного производства.

Специальные шины – пневмоклатки различных моделей были разработаны для оборудования вездеходов, эксплуатирующихся на слабых опорных поверхностях или бездорожье. Конструктивное исполнение пневмоклатка – в виде тонкостенной бочкообразной оболочки с высоко эластичным каркасом беговой части и боковин с числом слоев корда от 2-х до 6-ти, со значительной шириной профиля (равной наружному диаметру или большего).

Таблица 5 – Проект типоразмерного ряда пневмокатков

Максимально допустимая нагрузка на пневмокаток (колесо), Н		Наружный диаметр пневмокатка (мм).			
		До 600	До 1000	До 1500	До 2000
1		2	3	4	5
Отечественное производство	До 10000	 24x36-6 И-220 НИИШП, НАМИ [1]			
	До 15000		 1000x1000-250 И-245 НИИШП, НАМИ [2]		
	До 20000			 1200x1200-508 Я-194 ЯШЗ [3]	

Окончание таблицы 5

1		2	3	4	5
Зарубежное производство	До 20000			 1100x1300 Rolligon 40x50 Rolligon[4]	
	До 70000			 1450x1800 Rolligon 54x68 Rolligon[5]	
	До 80000			 1900x1800 Rolligon 72x68 Rolligon[6]	

Пневмокаты имеют малый посадочный диаметр и увеличенную высоту профиля с грунтозацепами. Высота грунтозацепов этих колесных движителей составляет величину до 20 мм. При работе на деформируемых грунтах устанавливают уменьшенное давление воздуха внутри пневмостка – в пределах 10 - 15 кПа (0,1 – 0,15 кг/см²).

Пневмокаты обладают и определенными недостатками. Прежде всего, они значительно увеличивают габарит по ширине автотранспортного средства. Для оборудования автотранспортного средства требуется доработка конструкции колесного вездехода, в частности, обеспечение поворота за счет сочленения. На твердых опорных поверхностях – на дорогах общего пользования грунтозацепы на беговой поверхности быстро изнашиваются.

Давление воздуха в пневмостке во всем диапазоне эксплуатационных условий устанавливается в пределах 10 - 50 кПа (0,1 – 0,5 кг/см²). Пневмокаты на вездеходах эксплуатируются с наличием пневмосистемы с регулированием внутреннего давления воздуха.

Конструкция пневмостка при сверхнизком давлении воздуха обеспечивает колесному движителю большую площадь опоры – отпечатка и низкое давление на грунт в пределах 20 - 70 кПа (0,2 – 0,7 кг/см²), а также высокую амортизирующую способность и плавность хода в условиях неровной местности на бездорожье.

По этой причине пневмокаты также имеют самостоятельную перспективу применения на специальных автотранспортных средствах, начиная с сельскохозяйственной техники и заканчивая АТС двойного назначения. Подтверждением этого является широкое применение пневмостков производства Rolligon на спецтехнике.

Работа проведена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, в рамках государственного контракта от 21.04.2011 № 16.516.11.6021 ФЦП "Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007-2013 годы".

Литература:

Плиев И.А., Сайкин А.М., Коршунов Г.В., Архипов А.В. Автотранспортные средства для бездорожья – проблемы и решения // Журнал автомобильных инженеров. – 2011. - № 5 (70). – С. 46 – 49.