

УДК 629.11.012.552.6.001.4

## ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ КРУПНОГАБАРИТНОЙ ШИНЫ МОДЕЛИ 15,5R38, ПРИМЕНЯЕМОЙ НА МАШИНАХ ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ И ДОРОЖНЫХ РАБОТ

**Бурхович М.П.**

**Днепродзержинский государственный технический университет**

**Введение.** В отечественном автомобилестроении одной из приоритетных задач является повышение производительности автотранспортных средств.

Около 80% всех грузоперевозок и строительно-дорожных работ выполняется с помощью автомобильного транспорта и колесных машин. Строительно-дорожная техника является эффективной в том случае, если её грузоподъемность является максимальной.

В настоящее время повышение производительности машин для земляных и дорожных работ (МЗР) непосредственно зависит от величины максимальной грузоподъемности пневматических шин [1]. Поэтому актуальной научно-прикладной задачей в настоящее время является повышение максимальной грузоподъемности крупногабаритных шин на машинах для земляных и дорожных работ. Так как единичная стоимость данного класса шин достигает 30% и более от себестоимости проведения дорожно-строительных работ [2].

При выполнении дорожно-строительных работ широкое распространение получили дорожно-строительные машины на базе тракторов ЮМЗ и МТЗ: колесные бульдозеры; экскаваторы; гидромолоты; шнековые установки. В качестве пневматических движителей на ведущих осях этих тракторов применяются шины модели 15,5R38. В настоящее время шины данной модели обеспечивают максимальную грузоподъемность 2575 кг, что не удовлетворяет поставленной задаче повышения производительности машин для земляных и дорожных работ.

**Цель работы.** Проанализировать и определить основные эксплуатационные и конструктивные параметры, непосредственно влияющие на грузоподъемность крупногабаритных пневматических шин, применяемых на машинах для земляных и дорожных работ. Разработать инженерные рекомендации для повышения грузоподъемности шины 15,5R38 до 3550 кг.

**Математическая модель пневматической шины.** Обжатие шины на опорную поверхность является контактной задачей. В качестве математической модели для расчета радиальной шины была применена модель трехслойной тороидальной анизотропной оболочки, для которой были приняты следующие гипотезы и физические соотношения:

- тангенциальные перемещения меняются линейно по толщине каждого слоя каркаса:

$$u_i = u_i^0 - x_3 I_i \quad (i=1,2);$$

- поперечные касательные напряжения распределены по толщине по параболическому закону;

- деформации растяжения - сжатия по толщине каркаса малы и не учитываются;

- физические свойства анизотропного каркаса описываются системой уравнений

$$e_{ij} = a_{ijkl} s_{kl} + a_{ij}^t \Delta T \quad (i, j, k, l=1,2,3),$$

где  $a_{ijkl}$  - модули упругой податливости;

$a_{ij}^t$  - коэффициенты линейного температурного удлинения;

$\Delta T$  - приращение температуры.

Напряженно-деформированное состояние шины определялось с помощью функционала полной энергии шины [3]. Деформации определялись путем минимизации функционала методом локальных вариаций.

Запишем функционал полной энергии для шины:

$$\mathcal{E} = U - W,$$

где  $U$  - потенциальная энергия деформации оболочки;

$W$  - потенциал внешних сил, действующих на оболочку.

В соответствии с принятыми выше гипотезами и физическими соотношениями запишем функционал полной энергии через деформации и кривизны слоев оболочки шины:

$$\mathcal{E} = \frac{1}{2} \int_{\hat{e}} \hat{e}^T \left( B_{11} e_{11}^2 + B_{66} e_{12}^2 + B_{22} e_{22}^2 + 2B_{12} e_{11} e_{22} + B_{16} (e_{11} c_{12} + e_{12} c_{11}) + B_{26} (e_{22} c_{12} + e_{12} c_{22}) + D_{11} c_{11}^2 + D_{66} c_{12}^2 + D_{22} c_{22}^2 + 2D_{12} c_{11} c_{22} + C_1 (j_1 - I_1)^2 + C_2 (j_2 - I)^2 \right) dF_k - \int_{F_q} (q_1 u_1 + q_2 u_2 + q_3 u_3) dF_c.$$

Для минимизации функционала используется метод локальных вариаций. На основе метода локальных вариаций был разработан комплекс программ «КТ» и «Profil», который позволяет рассчитывать шины на все типы эксплуатационных нагрузок.

**Исходные данные и результаты расчетов.** В таблице 1 представлены основные характеристики крупногабаритных шин, которыми оснащаются ведущие колеса МЗР на базе тракторов ЮМЗ и МТЗ.

Как видно, диаметры шин находятся в пределах 1570...1675 кг; при этом масса шин - 152...173 кг;

номинальное внутреннее давление изменяется от 0,18 МПа до 0,24 МПа. При этом, что норма слоистости для всех шин одинакова, максимальная грузоподъ-

емность не превышает 2575 кг, что не удовлетворяет поставленной задаче повышения производительности машин для земляных и дорожных работ.

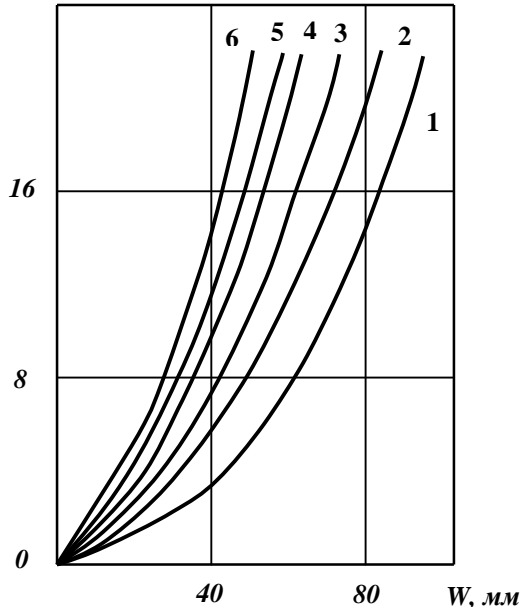
**Таблица 1 – Характеристики крупногабаритных шин МЗР на базе тракторов ЮМЗ и МТЗ**

Модель шины	Размер	Характеристики							
		Наружный диаметр, ± 1,5%, мм	Ширина профиля не более, мм	Статический радиус, ± 2,5%, мм	Масса шины, кг	Максимальная грузоподъемность шины, кг	Норма слоистости, шт		Внутреннее давление, МПа
							Карк.	Брек.	
Д-2А	15,5R38	1570	394	738	152	2060	3	4	1,8
Ф-2А	15,5R38	1570	394	738	152	2060	3	4	1,8
Д-62	15,5R38	1570	394	738	152	2060	3	4	1,8
DT-41	15,5R38 IND	1570	394	738	161	2575	3	4	2,4
DT-42	15,5R38 LS	1570	394	738	161	2575	3	4	2,4
ДЕ-6	16,9R38	1675	429	770	173	2575	3	4	1,8

При помощи разработанной математической модели были получены основные расчетные характеристики шины модели 15,5R38, позволяющие определить её напряженно-деформированное состояние при движении по грунтам с различным модулем упругости.

С увеличением модуля упругости грунта, вплоть до абсолютно твердого основания прогиб шины 15,5R38 колеблется в пределах от 44 до 86 мм (рисунок 1).

*F, кН*



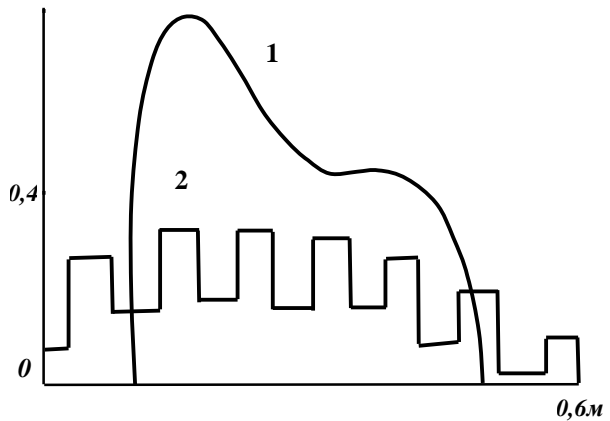
кривые 1-6 соответствуют модулям упругости грунта 1; 2; 4; 8; 16; 20 МПа

Рисунок 1 - Нагрузочные характеристики шины 15,5R38, взаимодействующей с грунтом

Также при движении по грунту существенно (более чем в 2 раза) снижается максимальное кон-

тактное давление (рисунок 2). Ступенчатость линии 2 обусловлена дискретностью расположения грунтозацепов.

*σ, МПа*



1 – грунтовое основание с модулем упругости 20 МПа; 2 – грунтовое основание с модулем упругости 1 МПа

Рисунок 2 - Распределение в окружном направлении контактных давлений в грунте при взаимодействии с шиной 15,5R38

Модуль упругости грунта, с ростом значения, оказывает существенное влияние на величину контактных давлений. Отчетливо это видно на рисунке 3. Изменяя внутреннее давление в шине, наибольшее увеличение контактных давлений наблюдается при обжатию шины на грунт с модулем упругости 2 МПа.

Повышения индекса грузоподъемности, соответствующего 3550 кг, можно достичь поднятием внутреннего давления в шине до 2,4 МПа, но при этом существенно ухудшаются основные выходные характеристики шины (таблица 2). В частно-

сти, шина с внутренним давлением 0,24 МПа (вариант 2) имеет на 24,4 % меньший ресурс по сравнению с эталонной шиной (вариант 1), а также на 41,3 % больший коэффициент сопротивления качению и на 33,3 % выше контактные давления.

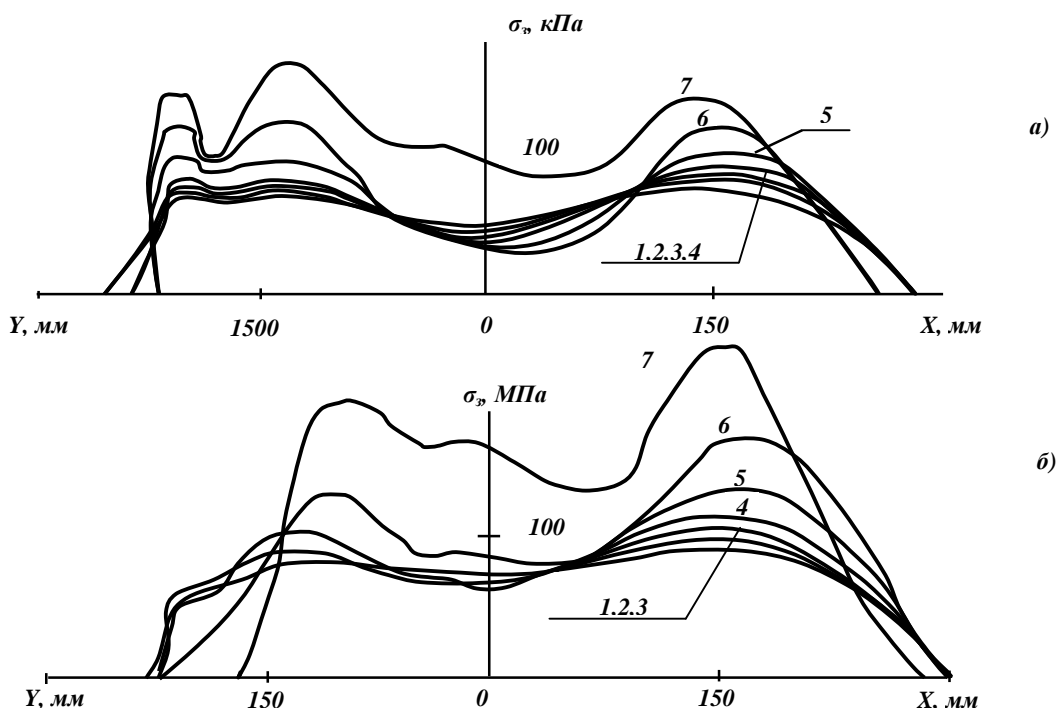
Для повышения грузоподъемности шины модели 15,5R38 с 2060 кг до 3550 кг было предложено, наряду с увеличением внутреннего давления с номинальных 1,8 МПа до 2,0 МПа, применить два дополнительных слоя брекера. Наличие дополнительных слоев брекера позволило поднять грузоподъемность в 1,7 раза (таблица 2, вариант 3), при этом основные выходные характеристики шины ухудшились незначительно: прогиб увеличился на 8,6%, ресурс уменьшился на 8,5%.

**Выводы.** Применение двух дополнительных слоев брекера дало возможность в условиях пред-

приятия «Сельхозхимия» повысить коэффициент использования грузоподъемности с 0,68 до 0,83.

ЛИТЕРАТУРА

1. Самоходные колесные землеройно-транспортные машины / Под ред. Н. А. Ульянова. – М., Машиностроение, 1976, 359 с.
2. Эксплуатация и ремонт крупногабаритных шин / Э.С.Скорняков, Э.Н.Кваша и др. – М.: Химия, 1991. 128 с.
3. Кваша Э.Н. Динамические контактные задачи гибких анизотропных пластин и оболочек// The FIFTH INTERNATIONAL. Scientific Forum Aims for Future of Engineering Science, May 2-8, 2004 - PARIS, France. – P. 353-354. AFES 2004 PROCEEDINGS.



кривые 1-7 соответствуют модулям упругости грунта 125, 170, 210, 250, 500, 1000, 2000 кПа; а – величина внутреннего давления в оболочке шины равна 90 кПа; б – давление равно 180 кПа

Рисунок 3 - Распределение контактных давлений в грунте в окружном (X) и меридиональном (Y) направлениях при взаимодействии с оболочкой шины 15,5R38

Таблица 2 – Выходные характеристики шины 15,5R38

Наименование параметра	Вариант			2/1, %	3/1, %
	1	2	3		
Прогиб, мм	64,14	81,90	69,68	27,7	8,6
Сила сопротивления качению, Н	194,0	474,0	384,0	144,3	97,9
Коэффициент сопротивления качению, f	0,0096	0,0135	0,0116	41,3	21,2
Ресурс, тыс. км	39600	29920	36242	-24,4	-8,5
Максимальное контактное давление, МПа	0,36	0,48	0,41	33,3	13,9
Площадь пятна контакта, см <sup>2</sup>	864,4	995,8	918,4	15,2	6,2
Нагрузка на нить каркаса, Н	242,0	344,6	299,4	42,4	23,7
Деформация наружного слоя, %	57,0	76,3	64,5	33,9	13,1
Максимальные напряжения в резине, МПа	2,274	3,044	2,575	33,9	13,2

Статья поступила 28.10.05 г.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Коробочка А.Н.