



УДК.631.3.071.4

## **RULES FOR THE CHARACTERISTICS OF TRACTOR TIRE PARAMETERS ON A NON-HORIZONTAL SUPPORT SURFACE**

**Melibayev Mahmudjon**

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

**Dadahodzhaev Anvarjon**

*Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Namangan Civil Engineering Institute  
(Nam CEI) Republic of Uzbekistan, Namangan*

### **ABSTRACT**

*The article deals with the main questions about the service life of pneumatic tires of machine and tractor units that depend on operational and agrotechnical indicators, the reasons for reducing the resource and the scientific basis for increasing the resource.*

**KEYWORDS:** *machine, tractor, unit, tires, operation, load, resource, wheel, pneumatic, pressure, design.*

## **ХАРАКТЕРИСТИКА ПАРАМЕТРОВ ТРАКТОРНЫХ ШИН НА НЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ОПОРНОЙ ПОВЕРХНОСТИ**

**Мелибаев Махмуджон**

Кандидат технических наук, доцент

**Дадаходжаев Анваржон**

Кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

Наманганский инженерно-строительный институт (Нам ИСИ)

Республика Узбекистан г. Наманган

**Аннотация:** В статье рассматриваются основные анализ изменения максимального давления на почву для различных вариантов внутреннего давления в шинах и вертикальной нагрузки на колесо. Представлено теоретическое обоснование и провели эксперимент, чтобы выявить возможности использования общие характеристики шины при оценке изменения контактного давления колесного движителя на почву.

**Ключевые слова:** машина, трактор, агрегат, шины, эксплуатации, агротехника, нагрузка, колесо, пневматические, давление, конструкция.



Повышение технического уровня и обеспечение эксплуатационных и агротехнических показателей машинно-тракторных агрегатов (МТА) взаимосвязаны и постоянно находятся во внимании их конструирования [1,2]. Однако ряд вопросов по оценке воздействия колёсного движителя на почву не горизонтальной поверхности является основным вопросом для хлопкосеяния в условиях предгорных районов Республики Узбекистан. Так, установлено, что определяющим параметром, характеризующим уровень эксплуатационного и агротехнического воздействия МТА при работе, служит их максимальное давление на почву при обработке хлопчатника. Вместе с этим до настоящего времени нет рекомендаций по расчетному методу определения внутреннего давления воздуха в шине, соответствующего размеру шин и давлению на почву.

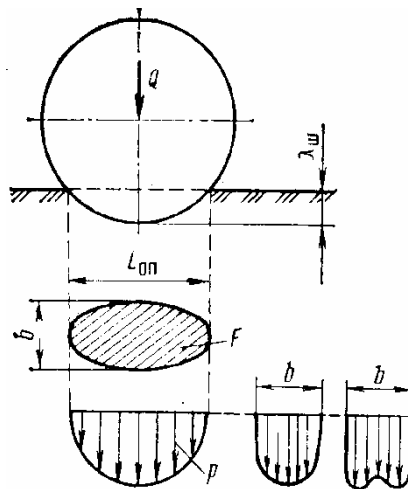
**Цель исследования** - выявление закономерностей влияния размерности шин и давления воздуха в шине на величину давления на почву в пределах пятна контакта в соответствии с эксплуатационными и агротехническими требованиями по ограничению воздействия ходовых систем на почву по ГОСТ 26955-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву»; теоретическое обоснование и проведение численного эксперимента для установления возможности использования универсальной характеристики тракторных шин при оценке изменения контактного давления пневматического колесного движителя на почву.

**Материалы и методы.** В исследовании использованы техническая характеристика хлопководческого трактора МТЗ-80Х, положения ГОСТ 7463-2003 «Шины пневматические для тракторов и сельскохозяйственных машин. Технические требования», ГОСТ 26955-86 «Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву», персональный компьютер с использованием Microsoft Excel 2010, Statistics10.

**Результаты обсуждения.** Исходя из схемы деформации шины при статических испытаниях (рис. 1), для определения максимального контактного давления необходимо рассмотреть характеристику шины в виде номограммы



Опорные свойства тракторных шин определяют по значениям площади -  $F$  пятна контакта, среднего -  $p_{cp}$  и максимального давлений на это пятно. При деформации шины под действием нормальной (радиальной) нагрузки -  $Q$  образуется пятно контакта площадью -  $F$ , на которой создаётся давление на основание. Схема радиальной деформации, форма пятна контакта и эпюра давлений на основание показаны на рисунке.



**Рис. 1. Схема радиальной деформации и нагружения тракторного колеса**

Обычно значение площади -  $F$  пятна контакта определяют по наибольшей радиальной деформации шины -  $\lambda_{ш}$ , называемой нормальной (радиальной) деформацией шины. Для ориентировочной оценки значений площади -  $F$  пятна контакта гладкой шины (без цепочной) и нормальной деформации -  $\lambda_{ш}$  шины применяют несколько эмпирических формул [4]. Основные из них имеют вид  $\lambda_{ш} =$

$$\gamma_{\varepsilon} Q / (\pi p_c \sqrt{Db}); \quad (1)$$

$$\lambda_{ш} \sqrt{Db} = Q c \gamma_{\varepsilon} / p_c \quad (2)$$

где  $\lambda_{г}$ - коэффициент, учитывающий твёрдость основания, на которое опирается шина. Обычно  $0,7 \leq \gamma_{\varepsilon} \leq 1$ ;  $c$ - коэффициент, прямо пропорциональный ширине -  $b$  пятна контакта, давлению  $p_c$  воздуха в шинах и обратно пропорциональный нагрузке -  $Q$ ;  $D$ -свободный диаметр шины.



Значение площади -  $F$  контакта зависит главным образом, от нормальной нагрузки на колесо, ширины шины, давления воздуха в ней и твёрдости основания. Высокие почв зацепы уменьшают площадь пятна контакта на твёрдых основаниях. При этом давление по пятну контакта распределяется неравномерно. Обычно у тракторных шин опорная площадь почв зацепов составляет не более 30 % общей площади пятна контакта.

Для характеристики опорных свойств шины иногда используют отношение -  $Q / \lambda_{ш}$ , называемое радиальной жёсткостью шины.

Формула (2), как указывалось, даёт лишь ориентировочное представление о связи опорных свойств с нагрузкой на шину. Для пневмоколес сельскохозяйственных машин более достоверная формула получена В.В. Смильским [5] на основе обработки опытных данных методами теории подобия и размерностей:

$$Q = (p_c + p_э) z^{0.5} (Db_d / B_{ш}) \lambda_{ш} \sqrt[3]{\lambda_{ш} / H},$$

где  $p_c$  – давление воздуха в шине, кПа;  $p_э$  – давление, эквивалентное жёсткости каркаса при различной деформации шины, кПа (для тракторных шин при расчётах можно принимать  $p_э \approx 110$  кПа);  $z$  – число слоёв корда в шине;  $D, b_d, B_{ш}, H$  – соответственно свободный диаметр, ширина диска, ширина и высота профиля пневмошины, м;  $\lambda_{ш}$  – радиальная деформация шины, м.

Грузоподъёмность шины – это наибольшее допустимое значение нормальной нагрузки -  $Q_{дон}$  при которой, несмотря на радиальную деформацию -  $\lambda_{ш}$ , обеспечивается заданный срок службы шины при заданном значении давления воздуха в ней.

**Зависимость площади пятна контакта от нормальной деформации шины в пневматических шинах**

1) Теоретический расчёт; 2) Экспериментальный для 9,5-42 Я-183;

3). 13,6 R38ЯР-318; 4). 15,5-38 Я-166; 5). 18,4/15-30 R-319.



Таким образом нами проведённые анализы показывают сопротивление качения, пропорциональные общим потерям на сопротивление качения (скорости трактора, пройденном пути  $S \approx 1,5 \alpha$  ( $\alpha$  – площадь контакта)), типы шины, давление воздуха шин, значения деформации, боковой силы, по толщине протектора и др. тракторных шин.

Опорные свойства тракторных шин негоризонтальных поверхностей очень разнообразно. Показатели деформирования пневматических шин колеса пропашных хлопковых тракторов или другой сельскохозяйственной машины, должно взаимодействовать с почвой через зону контакта. В результате этого, в пневматических шинах происходят сложные деформации, которые изменяют её первоначальную форму и размеры отдельных элементов. При этом, максимальные деформации соответствуют участкам пневматических шин, находящихся в зоне контакта с почвой, а по мере удаления от контакта деформации пропорционально уменьшаются.

Нагрузка, которую воспринимает пневмошина, -это нормальная нагрузка. При обжатии пневмошины на опорной поверхности с почвой образуется зона контакта усилия, уравнивающая внешнюю нагрузку. Расстояние от оси обжатой пневматической шины до опорной плоскости, называют статическим радиусом шины  $r_{ст}$ , а разницу между свободным и статическим радиусом нормальным прогибом шины  $h_z$  [6].

Наибольшее распространение получила формула Р. Хейдкеля.

$$h_z = G_K / (\pi P_{ш} \sqrt{BD})$$

Этой формулой целесообразно пользоваться в ориентировочных расчётах для давления воздуха не ниже 0,18 МПа (180 кПа) для пневматических шин

Более точна зависимость, предложенная В. Л. Бидерманом.

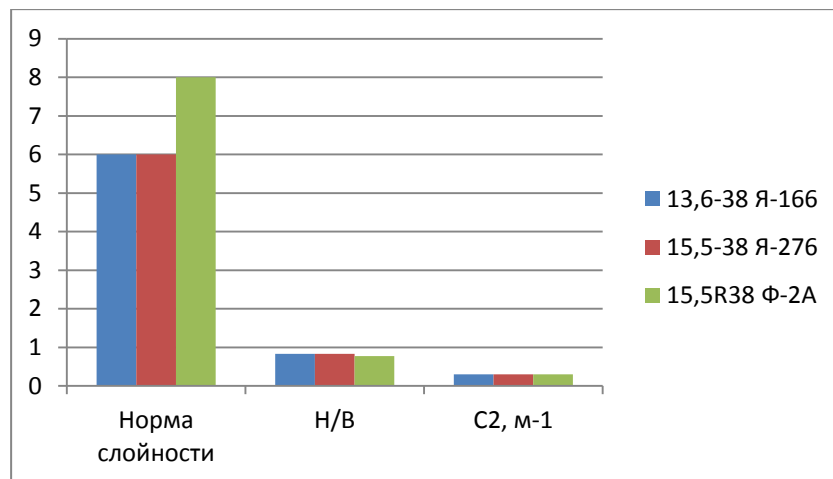
$$h_z = \frac{C_2 G_K}{2 P_{ш}} + \sqrt{\left( \frac{C_2 G_K}{2 P_{ш}} \right)^2 + C_1 G_K}$$

где  $C_1$  и  $C_2$  - постоянные для данной пневматической шины коэффициенты, определяемые опытным путём по известной методике, эмпирические зависимости для определения данных в [7].



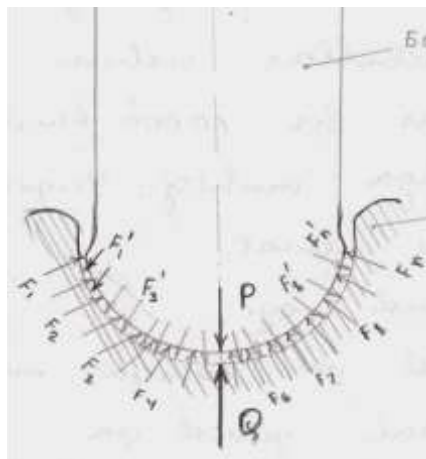
В результате обработки экспериментальных данных статических испытаний пропашных тракторных пневматических шин, получены значения указанных коэффициентов, которые  $C_2$  приведены в рис.3.

Коэффициенты  $C_1$  практически не зависят от модели шины и определяют его лишь по числу слоёв каркаса (чем больше слоёв, тем он меньше).



**Рис.3. Значение постоянного коэффициента  $C_2$  для тракторных пневматических шин**

Для шестислойных тракторных шин диагональной конструкции можно применять коэффициент  $C_1 = (0,002-0,003)10^{-5} \text{ м}^2/\text{Н}$ . Для пневматических шин модели R коэффициент  $C_1$  несколько больше и составляет  $C_1 = (0,004-0,005)10^{-5} \text{ м}^2/\text{Н}$ . Для восьмислойных пропашных тракторных пневматических шин  $C_1 = (0,0012-0,0028)10^{-5} \text{ м}^2/\text{Н}$ .



**Рис.4. Схема эпюры деформации ведущих тракторных колесных шин**



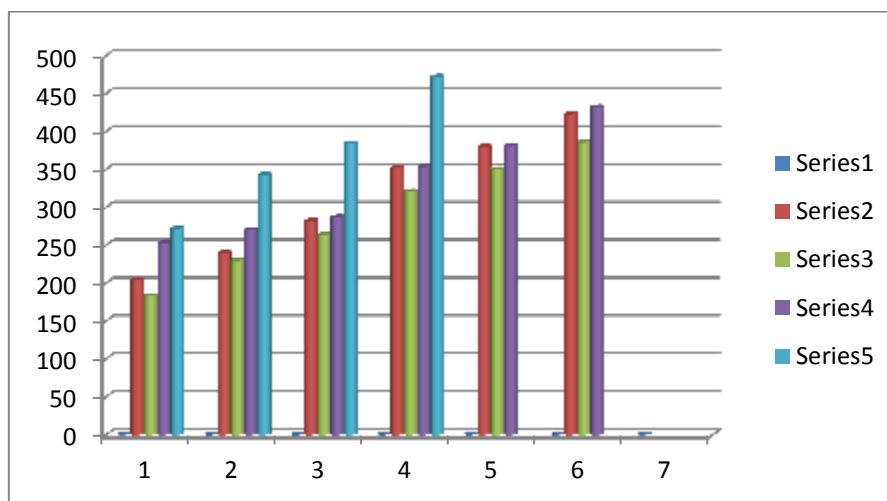
При оценке нормальных деформаций пневматических шин, для которых не приведено экспериментальное определение нагрузочной характеристики, значение коэффициента можно определить известной формулой [8]:

$$C_2 = C_2' \sqrt{\frac{R_K' D'}{R_K D}}$$

где  $C_2', R_K', D$  - известные параметры шины, близкой по конструкции к исследуемой шине;  $R_K$  и  $D$  - радиус кривизны профиля шин величины  $2R_K$  приблизительно равен ширине профиля пневматических шин.

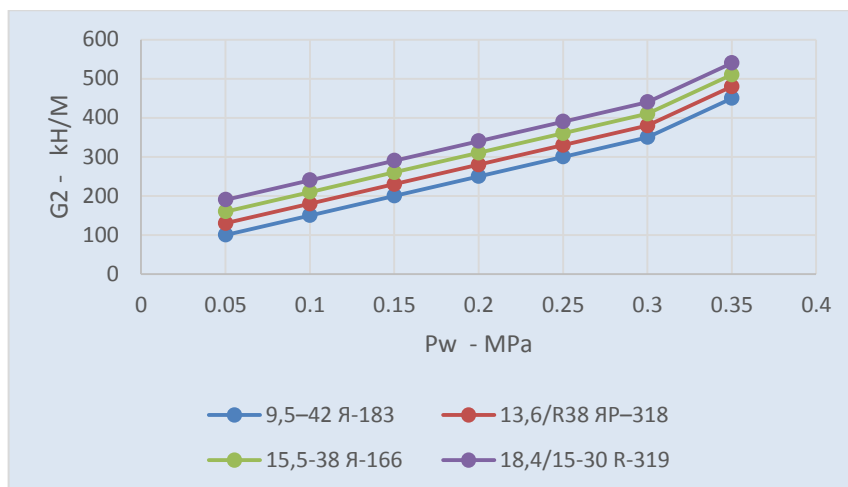
На основании зависимостей нормального прогиба от нормальной нагрузки, определяют соответствующие коэффициенты жёсткости, в области рабочих нагрузок, где нагрузочная характеристика практически линейна, а жёсткость показывает, что мало зависит от нагрузки.

Зависимость коэффициента нормальной жёсткости от давления воздуха для пропашных тракторных пневматических шин приведена на рис.5 коэффициент нормальной жёсткости возрастает с увеличением давления воздуха почти пропорционально.



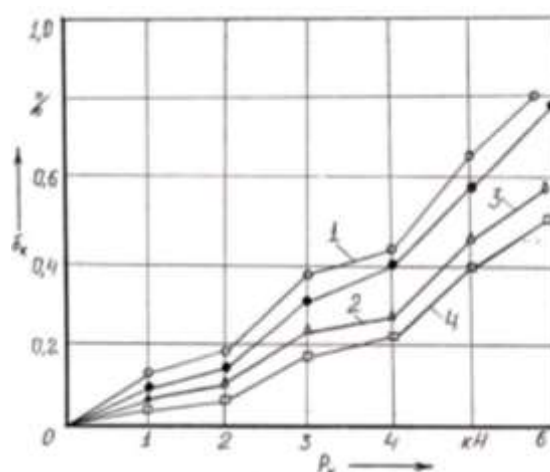
**Рис.5. Зависимость коэффициента нормальной жёсткости от давления воздуха для пропашных тракторных шин:**

**1).9,5–42 Я-183; 2). 13,6/R38 ЯР–318; 3).15,5-38 Я-166; 4).18,4/15-30 R-319.**



**Рис. 5.1. Зависимость коэффициента нормальной жёсткости от давления воздуха для пропашных тракторных шин**

п/н	9,5-42 Я-183	13,6/R38 ЯР-318	15,5-38 Я-166	18,4/15-30 R-319
0,75	204	183	253	272
0,10	240	230	270	343
0,15	282	26	287	384
0,20	352	321	354	472
0,25	380	350	381	
0,30	423	386	432	



**Рис.6. Зависимость бокового перемещения пневматических шин 13,6/R38 ЯР-318 от боковой силы при различной нормальной нагрузке (P = 0,15 МПа):**

1).  $G_k = 14 \text{ кН}$ ; 2).  $G_k = 12 \text{ кН}$ ; 3).  $G_k = 10 \text{ кН}$ ; 4).  $G_k = 8 \text{ кН}$ .

Экспериментальные значения показаны на графиках 1,2,3,4; ---- значения, рассчитанные по формуле:  $h_y = 8,73 - 55,7 p - 0,4 G_k P + 8,2 P_y + 0,16 P_y^2$

Величины  $h_z$  и  $C_z$  полностью определяют статически обжатую шину. Все другие статические нагрузки прикладываются к обжатой шине, Дополнительно





нагруженные колеса продольной  $P_x$  и боковой  $P_y$  силами, крутящим  $M_K$ , поворачивающим  $M_{\Pi}$  и опрокидывающим  $M_{OP}$  моментами вызывают дополнительные деформации шины в направлении действия этих сил: касательную  $h_x$ , боковую  $h_y$ , крутильную  $\beta$ , поворота  $\theta$  и наклона  $j$ . Если рассматривать действие каждого из этих факторов отдельно, то зависимость между ними и соответствующими деформациями имеет одинаковый характер (рис.6).

Исходя из первичных зависимостей нагружении обжатой силами и моментами, подсчитывают соответствующие коэффициенты жёсткости [5]:

$$C_y = \frac{\partial P_y}{\partial h_y}; C_\beta = \frac{\partial M_K}{\partial \beta}; C_\sigma = \frac{\partial M_n}{\partial \theta}$$

В первом приближении тангенциальная эластичность величины, обратная продольной жёсткости, определяет производную от функции линейного перемещения центра колеса от касательной силы тяги при нагружении его только нормальной нагрузкой. Продольная деформация шины  $h_x$  может быть найдена из соотношения

$$h_x = \frac{H - h_z}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{H - h_z}{\beta}$$

После преобразования, получим зависимость связывающую коэффициенты тангенциальной  $\lambda_\tau$ , нормальной  $\lambda_z$ , и окружной  $\lambda_\beta$ , эластичностей:

$$\lambda_\tau = \frac{(H/G_K) - \lambda_z}{M_K \varphi \lambda_\beta}$$

где  $M_K$  - крутящий момент колеса;  $\varphi$  - коэффициент сцепления шины с опорной поверхностью. От этого выражения легко перейти к соответствующим жёсткостям шины:  $C_z, C_\beta, uC_\tau$ .

Деформированная при контакте опорная поверхность ведущего колеса оказывает значительное влияние на тягово-сцепные качества и проходимость трактора [11]. Площадь контакта с почвой тракторных шин, непосредственно связанную с нормальной деформацией, определяют экспериментально на твёрдом основании при



нормальном обжатии пневмошины. В случае эллиптического (или близкого к нему) отпечатка условная площадь контакта будет равна:

$$F_k = \pi a b ,$$

где  $a$  и  $b$  – большая и малая полуоси эллипса.

Значения  $a$  и  $b$  ориентировочно можно подсчитать через нормальную деформацию и габариты пневматической шины, используя известные геометрические соотношения круга:

$$a = \sqrt{h_z(D - h_2)} ; \quad b = \sqrt{h_2(B - h_2)} ,$$

В этом случае площадь контакта

$$F_k = \pi h_z \sqrt{(D - h_2)(B - h_2)} , \quad (3).$$

Размер отпечатков пневматических шин, отличающихся от эллипса, определяется планетированием. Этим же методом определяют и действительную площадь контакта  $F_B$  шины. При этом определяют также:

Коэффициент формы отпечатка.

$$K_\phi = a/b$$

Коэффициенты насыщенности формы протектора – коэффициент активности колеса.

$$K_u = F_\phi / F_k ,$$

Сравнение результатов расчёта площади контакта нормальной деформации (7) с фактически измеренной по отпечатку пневмошины указывает на их расхождение (Рис. 5). Поэтому в формуле площади контакта, отражающей геометрические соотношения параметров шины, появились различные поправочные коэффициенты.

Длину контакта шины, входящую в математическое описание процесса качения, можно определить приближённо, рассматривая схему колеса, находящегося под действием нормальной нагрузки:

$$2a_{pac} = 2\sqrt{r_c^2 - r_{CT}^2} , \quad (6)$$

Однако, как показал анализ опытных данных, ошибка в таком определении длины контакта составляет в среднем 25-30 % в зависимости от нормальной нагрузки.



Эти ошибки – следствие указанных ранее допущенных при определении  $F_k$ . Поэтому при ориентировочных расчётах длины контакта для тракторных шин по указанной формуле целесообразно вводить в правую часть поправочный коэффициент 0,7 в случае условий нагружения шины, соответствующих предельным значениям отношений  $h_2/H$  и 0,75 – наоборот.

В этом случае, формула (6) будет иметь вид.

$$2a_{расч} = (0,7...0,75)2\sqrt{r_c^2 - r_{cp}^2}$$

Ошибка при подсчёте длины шин различных моделей по этой зависимости не превышает 10 % для тракторных шин различных моделей и шин прицепов.

Аналогичные подсчёты были выполнены в НПО “НАТИ”, в результате которых получена эмпирическая зависимость.

$$F_R = 4h_2\sqrt{r_c B}, \quad (7)$$

по которой с приемлемой точностью можно вычислить условную площадь контакта шины с твёрдой поверхностью.

В качестве критерия оценки воздействия на почву принимается значение максимального давления в площади контакта движителя.

Допускаемый уровень давления деформирования зависит от почвенно-климатических условий, времени использования техники и её особенностей от параметров шин и режимов их эксплуатации.

Для колесного движителя с пневматическими шинами максимальное давление по ГОСТу определяют из уравнения.

$$q_k = \frac{m_k g}{10^3 F_k} \sum_{i=1}^n K_i,$$

где  $m_k$  - масса, создающая статистическую нагрузку на почву единичным колесным движителем, кг;  $g$  - ускорение свободного падения, м/с<sup>2</sup>;  $F_k$  - контурная площадь контакта шины на жёстком основании;  $K_i$  - коэффициент.

Коэффициенты в этой формуле могут быть сгруппированы в три основные группы:



Зависящие от эксплуатационных факторов ( $1 \leq K_1 \leq 1,36$  – от диаметра шины,  $1 \leq K_2 \leq 1,5$  – от равномерности распределения давления по длине отпечатка,  $1 \leq K_3 \leq 1,2$  – от глубины рисунка протектора); технологические ( $0,8 \leq K_7 \leq 1,1$  – от числа проходов).

Требование ГОСТа по соответствию движителя допустимым нормам воздействия соблюдаются, если выполняется условие:  $q_K \leq g_{дон}$ . В зависимости от влажности почв пределы изменения составляют от 0,8 МПа (влажность менее 0,5 НВ в летне-весенний период).

### **Выводы**

-уменьшение нормальной жёсткости шины данной модели означает увеличение её нормального прогиба, что приводит к снижению срока службы. Установлено, что для обеспечения нормальных условий работы шины нормальный прогиб должен изменяться в определённом диапазоне:  $(0,11-0,13) H$  – для шин диаметром менее 1,5 м и  $(0,15-0,2) H$  – для шин диаметром более 1,5 м.

-в связи с возрастающей интенсивностью эксплуатации пневматических шин наблюдается тенденция увеличения отношения для улучшения эксплуатационных характеристик шин. Отношение  $C/B$  сельхозмашин, находящихся в эксплуатации, составляет  $0,10-0,82$ .



-обычно у тракторных шин опорная площадь почв зацепов составляет не более 30 % общей площади пятна контакта.

**Список использованной литературы**

1. Годжаев З.А., Измаилов А.Ю., Шевцов В.Г., Лавров А.В., Русанов А.В. Исследование давления колесного движителя на почву с учётом характеристики шины. *Сельскохозяйственные машины и технологии № 1. 2006. WWW.Vim.ru.*
2. ГОСТ 26955-86. *Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву. Дата введения 01.01.1987.*
3. Годжаев З.А., Прядкин В.И. Моделирование взаимодействия высокоэластичной шины с неровностью дороги // *тракторы и сельхозмашины. -2014. - №1. –С. 16-18.*
4. Худайбердиев Т.С., Мелибаев М. Повышение эффективности эксплуатационных и агротехнических показателей машинно-тракторных агрегатов за счёт совершенствования динамических ASCC: 2200. *Impact Factor: Sol 1.1/TAS DOL: 10.15863/TAS International Scientific Journal. Theoretical & Applied Science.p-ISSN:2308-4944 (print). e-ISSN:2409-0085 (online). Year:2020. Issue:03. Volume:83/ Published: 30.03/2020. http://T--Science.org.*
5. Melibayev M. *Capacity of universal-well-towed-wheel tires. // Scientific- technical journal of FerPi. ISSN 2181-7200. Vol.2. 2019. Fergana. -p. 144-146.8. Новиков А.В. Результаты экспериментальных испытаний тракторных шин. БГАТУ. Эксплуатация сельскохозяйственной техники. БГАТУ. Минск. 1997. 315-321 с.*
6. Melibayev M., Dadakhodjaev A., Mamadjonov M. *Features of the natural-industrial conditions of the zone and operation of machine-tractor units // ACADEMICIA An International Multidisciplinary Research Journal. ISSN 2249-7137. Vol 9 Issue 3, March 2019. Impact Factor SJIF 2018 = 6.152. India 2019. –p. 37-41. (10.5958 / 2249-7137.2019.00033.8).*
7. Мелибаев М., Дадаходжаев., Рахманов Ш.В. Долговечность и износ тракторных шин. // *ФарПИ Илмий-техника журналы, - Фаргона. 2016. Том 20. -№ 4. -Б. 39-44.*



**AUTHORS PROFILE**

	<p><b>Makhmudzhon Melibayev*</b>, Namangan Civil Engineering Institute. Candidate of Technical Sciences Doktor Filosofii (c.t.s.). Namangan, Uzbekistan.</p>
	<p><b>Anvar Dedokhodzhayev*</b>, Namangan Civil Engineering Institute. Candidate of Agricultural Sciences Doktor Filosofii (c.a.s.). Namangan, Uzbekistan.</p>