

СНИЖЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ КОЛЕС ТРАКТОРА НА ПОЧВУ

Предложено аналитическое выражение для расчета максимального давления колес трактора повышенной тягового класса, имеющего одинаковые геометрические размеры движителей на передней и задней осях. В нем учитываются геометрические размеры колеса и эксплуатационные параметры (нагрузка на колесо, давление воздуха в шинах). Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: колесо, давление в шинах колес, давление колеса на почву, площадь контакта, нагрузка на колесо, закономерности.

A.P. Zyryanov, M.V. Pyatayev, N.A. Kuznetsov

THE DECREASE OF THE TRACTOR WHEEL INFLUENCE ON THE SOIL

The analytical expression for the calculation of the wheel maximum pressure of the tractor with the improved traction class having the identical geometrical sizes of propulsive agents on the forward and back axes is offered. The wheel geometrical sizes and operational parameters (load on the wheel, air pressure in tires) are considered in it.

Key words: wheel, pressure in wheel tires, wheel pressure on soil, contact area, wheel load, regularities.

Введение. Показатели эффективности отрасли растениеводства в РФ существенно ниже по сравнению с развитыми странами. Например, по урожайности зерновых культур – в 2...5 раз. Причиной этого являются не только природно-климатические, но и другие факторы, связанные с несоблюдением технологии производства сельскохозяйственной продукции и агротехнических требований, предъявляемых к ней. Одним из таких факторов является негативное воздействие ходовой системы машинно-тракторного агрегата (МТА) на почву при выполнении технологических операций.

Стремление сельскохозяйственных предприятий повысить производительность труда за счет применения современных агрегатов с энергонасыщенными тракторами повышенной единичной мощности (300...500 л.с.), позволяющих в 3...4 раза снизить затраты труда механизатора по сравнению с традиционными [1], приводит к уплотнению почвы их движителями из-за высокой эксплуатационной массы (15...25 т). При этом существенно снижается неравномерность заделки семян в почву у посевного МТА по колее трактора [2], уменьшается урожайность культуры, увеличиваются затраты энергии на передвижение тягового средства по полю и на последующую операцию по обработке почвы из-за повышения её удельного сопротивления.

Цель исследования. Снижение максимального давления движителей колесного трактора на почву применением рационального давления воздуха в шинах.

Задачи исследования.

- теоретически определить влияние давления воздуха в шине на контурную площадь контакта колеса с опорной поверхностью и его максимальное давление на почву;
- экспериментально подтвердить влияние давления воздуха в шине колеса на контурную площадь её контакта с опорной поверхностью.

Методика исследования. Частично устранить негативное воздействие движителей трактора на почву возможно за счет дифференциации его массы [3]. Суть этого способа заключается в изменении и перераспределении по осям колес эксплуатационной массы трактора, работающего в составе агрегата при выполнении технологических операций, в зависимости от нагрузки на его крюке. Однако в аналитических зависимостях работы [3] по расчету максимального давления единичного движителя на почву не учитываются такие важные факторы, как давление в шинах колес и их геометрические параметры. В соответствии с ГОСТ 26953-86, данный показатель рассчитывается по следующему выражению:

$$p = \frac{GK_2}{F_k K_1}, \quad (1)$$

где p – максимальное давление единичного колесного движителя на почву, кПа;

G – нагрузка на почву единичного колесного движителя, кН;

K_2 – коэффициент продольной неравномерности распределения давления по площади контакта шины;

F_k – контурная площадь контакта шины колеса с почвой, определяемая на жестком основании, м²;

K_1 – коэффициент, зависящий от наружного диаметра шины колеса.

Для определения контурной площади контакта шины колеса с почвой примем условие, что опорная поверхность недеформируемая, и рассмотрим схему, представленную на рисунке 1.

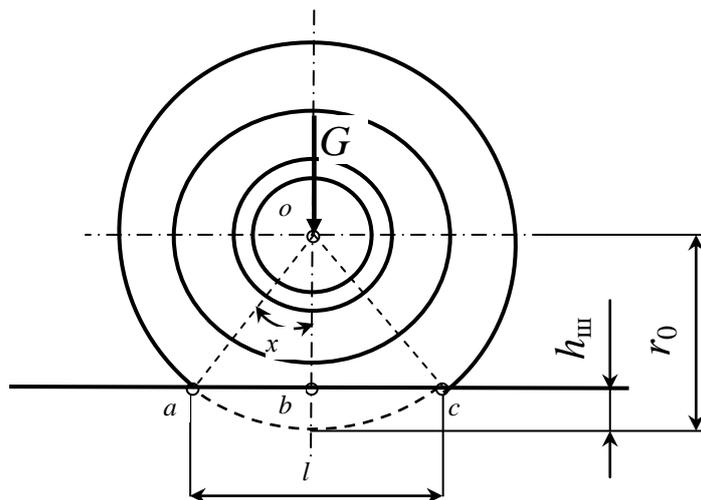


Рис. 1. Деформация шины под действием нормальной нагрузки: G – нормальная нагрузка, действующая на колесо; $h_{ш}$ – деформация шины; r_0 – радиус ненагруженного колеса; l – длина площади контакта шины с опорной поверхностью

Длина площади контакта шины колеса с опорной поверхностью равна длине отрезка $l=ac$ (рис. 1). Для ее определения воспользуемся тригонометрическими выражениями:

$$\left. \begin{aligned} ab &= oa \cdot \sin x \\ x &= \arccos \frac{ob}{oa} \end{aligned} \right\}, \quad (2)$$

$$ab = oa \cdot \sin \left(\arccos \frac{ob}{oa} \right) = oa \sqrt{1 - \left(\frac{ob}{oa} \right)^2}. \quad (3)$$

С учетом того, что $l=2ab$, $oa=r_0$, $ob=r_0-h_{ш}$, после преобразования получим следующую аналитическую зависимость:

$$l = 2r_0 \sqrt{1 - \left(\frac{r_0 - h_{ш}}{r_0} \right)^2} = 2r_0 \sqrt{1 - \left(1 - \frac{h_{ш}}{r_0} \right)^2}. \quad (4)$$

Контурная площадь контакта шины с опорной поверхностью имеет форму эллипса, поэтому ее величину определим как

$$F_k = \frac{\pi b_{ш} l}{4} = 0,5 \pi b_{ш} r_0 \sqrt{1 - \left(1 - \frac{h_{ш}}{r_0} \right)^2}, \quad (5)$$

где $b_{ш}$ – ширина шины, м.

Величину деформации шины найдем по формуле Хейдекеля [4, с. 40]

$$h_{ш} = \frac{G}{2\pi p_{ш} \sqrt{r_0 r_c}} \quad (6)$$

где G – нагрузка, действующая на колесо, кН;
 $p_{ш}$ – давление воздуха в шине, кПа;
 r_c – радиус сечения шины, м.

С учетом выражения (6) аналитическая зависимость по определению контурной площади контакта шины с опорной поверхностью примет вид

$$F_k = 0,5\pi b_{ш} r_0 \sqrt{1 - \left(1 - \frac{G}{2\pi p_{ш} r_0 \sqrt{r_0 r_c}}\right)^2} \quad (7)$$

Подставим формулу (7) в выражение (1) и получим следующую аналитическую зависимость по определению максимального удельного давления единичного движителя на опорную поверхность:

$$p = \frac{GK_2}{0,5\pi b_{ш} r_0 K_1 \sqrt{1 - \left(1 - \frac{G}{2\pi p_{ш} r_0 \sqrt{r_0 r_c}}\right)^2}} \quad (8)$$

Полученное выражение показывает, что максимальное удельное давление единичного движителя на почву зависит от его геометрических ($b_{ш}$, r_0) и эксплуатационных параметров (G , $p_{ш}$).

Результаты исследования. Рассмотрим полученную аналитическую зависимость наглядно, построив график, на примере трактора Buhler Versatile 2425, на осях которого установлены сдвоенные шины одинакового размера. Исходные данные для расчетов представлены в таблице, а результаты – графически на рисунке 2.

Исходные данные для расчета удельного давления единичного движителя трактора Buhler Versatile 2425 на опорную поверхность

| G , кН | K_1 | K_2 | $B_{ш}$, м | r_0 , м | r_c , м |
|----------|-------|-------|-------------|-----------|-----------|
| 20 | 1,1 | 1,5 | 0,71 | 0,9 | 0,3 |

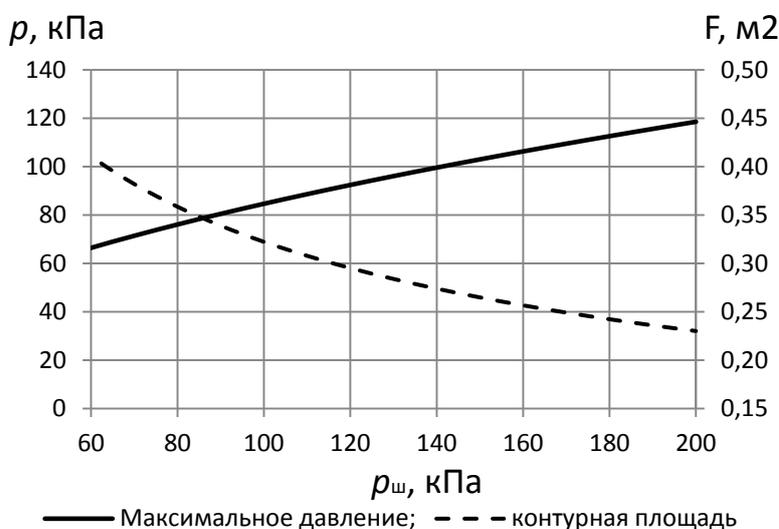


Рис. 2. Изменение максимального давления единичного движителя на опорную поверхность и контурной площади их соприкосновения в зависимости от давления воздуха в шине

Давление в шинах колес существенно влияет на площадь ее контакта с опорной поверхностью (рис. 2). Снижение давления воздуха в шинах с 200 до 80 кПа приводит к увеличению площади ее соприкосновения с опорой более чем на 50 %. Конечно, в расчетах представлен частный случай, когда нагрузка на единичное колесо составляет 20 кН. В реальности происходит ее перераспределение по осям колес трактора в зависимости от усилия на крюке. Расчеты показывают, что снижение давления воздуха в шине колес трактора позволит на 10...20 % уменьшить давление движителей на почву и снизить негативное воздействие на нее.

Для подтверждения теоретических исследований были проведены полевые эксперименты. В качестве объекта исследований был использован канадский трактор Buhler Versatile 2425 со сдвоенными колесами.

Одной из особенностей данного трактора является возможность изменения его эксплуатационной массы (за счет установки/снятия съемных грузов) от 16,0 до 19,5 т. Это позволило применять различную нагрузку на единичный движитель, которая определялась с помощью весов ВА-15 (рис. 3).



Рис. 3. Весы для определения нагрузки, действующей на колесо

Результаты экспериментального определения контурной площади контакта шины колеса с опорной поверхностью на жестком основании представлены на рисунке 4.

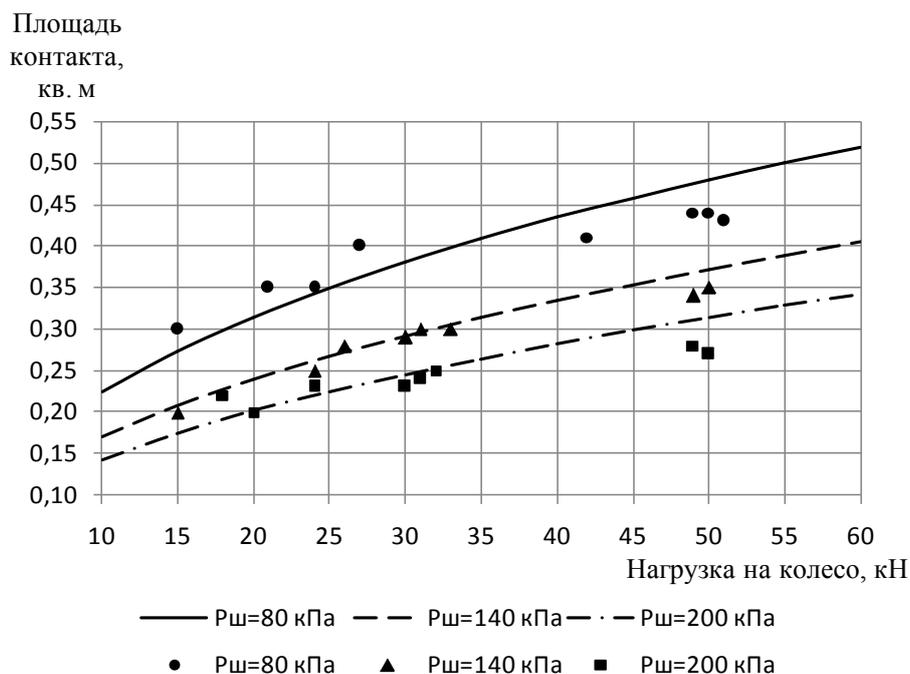


Рис. 4. Зависимость контурной площади контакта колеса трактора Buhler Versatile 2425 (шина Firestone 710/70 R38) с почвой

Кривыми линиями на графике (рис. 4) представлены результаты теоретических расчетов, а точками – экспериментальные данные, отклонение которых составляет не более 15 %.

Снижение давления воздуха в шинах колес с 200 до 80 кПа позволяет увеличить контурную площадь контакта шины с опорной поверхностью до 50 % в зависимости от нагрузки, действующей на колесо.

Выводы. Проведенные теоретические исследования показывают, а экспериментальные подтверждают, что снижение удельного давления воздуха в шинах колес тракторов до рационального значения позволяет до 50 % увеличить контурную площадь контакта шины с опорной поверхностью и в 1,2...1,5 раза снизить давление колес на почву. Очевидно, это позволит уменьшить негативное воздействие на почву и повысить урожайность сельскохозяйственных культур, уменьшить затраты энергии при последующей ее обработке.

Литература

1. Ресурсный потенциал земледелия и пути его эффективной реализации / А.М. Плаксин, А.П. Зырянов, Н.Р. Саврасова [и др.] // Достижения науки и техники АПК. – 2010. – № 10. – С. 54–56.
2. Зырянов А.П., Пятаев М.В. Оценка качества посева зерна сеялкой NTA 3510 с трактором BУHLER VERSATILE-2425 // Вестник ЧГАУ. – Челябинск, 2009. – Т. 54. – С.130–132.
3. Зырянов А.П. Повышение эффективности использования МТА с колесными тракторами высокого тягового класса путем дифференциации их массы: дис. ... канд. техн. наук. – Челябинск, 2009. – 164 с.
4. Тракторы: Теория: учеб. для студентов вузов / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.Е. Атаманов [и др.]; под общ. ред. В.В. Гуськова. – М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.



УДК 621.838.2

М.А. Мерко, М.В. Меснянкин, А.Е. Митяев,
А.В. Колотов, Ю.Ф. Кайзер

КОРРЕКТИРОВКА ПРОЦЕССА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕХАНИЗМОВ С ЗСТК ПО ДОРОЖКЕ КАЧЕНИЯ НАРУЖНОГО КОЛЬЦА

Представлен алгоритм корректировки задачи по определению величин геометрических параметров для любого вида структурной схемы механизмов с замкнутой системой тел качения с диаметрами равной величины посредством ввода поправки в расчет по дорожке качения наружного кольца.

Ключевые слова: механизм с замкнутой системой тел качения, тела качения, сепаратор, дорожка качения, геометрические параметры.

М.А. Merko, М.В. Mesnyankin, А.Ye. Mityaev,
А.В. Kolotov, Yu.F. Kaiser

THE PROCESS CORRECTION OF THE GEOMETRICAL PARAMETER DEFINITION OF THE MECHANISMS WITH CSRE ALONG THE OUTER RING RACEWAY

The algorithm for the task correction on the determination of the geometric parameter values for any kind of structural scheme of mechanisms with the closed system of rolling elements with the equal diameter value by input of correction into the calculation of the outer ring raceway is presented.

Key words: mechanism with closed system of rolling elements, rolling bodies, separator, raceway, geometrical parameters.

Введение. При выполнении технологических операций перемешивания или смешивания различных веществ зачастую возникает неравномерность перемешивания или промешивания, что сказывается на качестве получаемого продукта. Эффективность данных процессов напрямую связана с формой исполнительного органа и видом совершаемого движения, а также геометрическими параметрами механизма привода, что, в свою очередь, оказывает влияние на массу и размеры используемого оборудования. Повышение эффек-