

ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ ХОДОВЫХ СИСТЕМ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

*Белорусский государственный аграрный технический университет
Минск, Беларусь*

Мировые тенденции в области ходовых систем для сельскохозяйственной техники и тракторов свидетельствуют о возрастающем внимании к проблемам экологии почв. При этом тенденции к снижению массы сельскохозяйственных агрегатов не наблюдаются, наоборот масса комбайнов и тракторов возрастает вместе с ростом мощности двигателей [1]. Обе тенденции имеют экономические причины.

Увеличение мощности двигателя трактора – следствие желания агрегатировать его с более производительными, но и более энергоемкими агрегатами. При этом для реализации возросшего тягового усилия увеличивают массу трактора. Характерными примерами могут быть операции вспашки почвы и предпосевной обработки комбинированным агрегатом, где необходимо сравнительно большое тяговое усилие.

Снижение давления ходовой системы на почву также во многом обусловлено экономическими причинами. Прежде всего, переуплотненные участки почвы создают повышенное сопротивление при последующих обработках, что ведет к увеличению расхода топлива и снижению производительности, а чередование более и менее плотных участков почвы приводит к возникновению вибраций способных привести к преждевременным поломкам машинно-тракторного агрегата и утомляющим механизатора. Кроме того, воздействие ходовых систем ухудшает физико-механические свойства почвы, снижая ее плодородие. Разрушенная структура почвы не восстанавливается полностью в течение года, в результате чего интенсивно обрабатываемая почва с течением времени деградирует.

Описанное выше положение вещей позволяет сделать вывод, что на сегодняшний день одним из перспективных способов снижения негативного влияния ходовых систем на почву является совершенствование ходовых систем тракторов и сельскохозяйственных машин. Совершенство ходовых систем будем оценивать по тому, как они влияют на агроэкосистему.

Агроэкосистема отличается от естественной экосистемы наличием технологических воздействий. Из-за нарушения структуры почвы состояние агроэкосистем менее устойчиво, чем естественной экосистемы. Устойчивость в данном случае характеризуется тем, как агроэкосистема самопроизвольно возвращается в первоначальное состояние, будучи из него выведенным внешними воздействиями [2, 3].

Для создания оптимальных условий произрастания растений обычно проводится предпосевное уплотнение почвы до оптимальной величины. Поэтому необходимо, чтобы плотность почвы в следах колес МТА не превышала величины оптимальной плотности.

Задаемся величиной оптимальной плотности почвы, которую можно принять по табл. 1.

Таблица 1

Оптимальная для произрастания некоторых сельскохозяйственных культур плотность наиболее характерных для Республики Беларусь почв, г/см³

Культура		Почва				
		Торфяная (R=35...40%)	Дерново- подзолистая среднесуг- линистая	Дерново- подзолистая супесчаная	Дерново- подзолистая легкосугли- нистая	Дерново- подзолистая песчаная
Картофель	min	0,23	1	1,1	1,1	1,4
	mid	0,24	1,1	1,275	1,15	1,45
	max	0,25	1,2	1,45	1,2	1,5
Кукуруза	min	н.д.	1,1	1,1	1,1	н.д.
	mid		1,15	1,275	1,25	
	max		1,2	1,45	1,4	
Овес	min	0,17	1,1	1,2	1,25	1,45
	mid	0,175	1,25	1,275	1,3	1,5
	max	0,18	1,4	1,35	1,35	1,55
Пшеница	min	0,17	1,1	1,2	1,15	1,45
	mid	0,175	1,25	1,275	1,25	1,5
	max	0,18	1,4	1,35	1,35	1,55
Рожь	min	0,17	1,1	1,2	1,18	1,45
	mid	0,175	1,25	1,275	1,265	1,5
	max	0,18	1,4	1,35	1,35	1,55
Свекла сахарная	min	н.д.	1,2	н.д.	н.д.	н.д.
	mid		1,3			
	max		1,4			
Ячмень	min	0,17	1,1	1,2	1,25	1,45
	mid	0,175	1,25	1,275	1,3	1,5
	max	0,18	1,4	1,35	1,35	1,55

* нет данных

Средняя по глубине оптимальная плотность почвы пахотного слоя равна (кг/м³)

$$\rho_{opt} = \rho_n \frac{H - 2 \cdot v \cdot h_{дон}}{H - h_{дон}}, \quad (1)$$

где ρ_n – первоначальная плотность почвы, кг/м³;

H – глубина пахотного слоя, м;

v – коэффициент бокового расширения почвы для условий с ограниченной возможностью бокового расширения;

$h_{дон}$ – допустимая глубина следа колеса, м.

Из зависимости (1) предварительно определится допустимая глубина следа, м

$$h_{дон} = H \frac{\rho_{opt} - \rho_n}{\rho_{opt} - 2 \cdot v \cdot \rho_n}. \quad (2)$$

Допустимое вертикальное напряжение найдем из зависимости, приведенной в [4], кПа

$$\sigma_{дон} = \frac{a}{b} \tan(abh_{дон}), \quad (3)$$

где a, b – коэффициенты, учитывающие свойства почвы, которые находятся по формулам:

$$a = \sqrt{k}, \quad b = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{h_{yml} \sqrt{k}},$$

где k – коэффициент объемного смятия почвы, Н/м³;

h_{yml} – предельно возможная деформация почвы, м

$$h_{yml} = H \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{\min}}{(1 + \varepsilon_0) [1 - 2\nu(1 + \varepsilon_{\min})]},$$

где ε_0 – коэффициент пористости почвы до нагружения;

ε_{\min} – минимально возможный коэффициент пористости;

H, ν – см. выше.

Допустимое давление колеса на почву определится с учетом скорости его поступательного движения на основании зависимости, приведенной в [5]

$$q_{\text{дон}} = \sigma_{\text{дон}} \left(1 + \frac{B_v \cdot v}{L_x} \right). \quad (4)$$

где B_v – коэффициент, зависящий от свойств почвы, учитывающий влияние скорости движения, с;

v – скорость поступательного движения колеса, м/с;

L_x – длина проекции опорной поверхности колеса на горизонтальную плоскость, м.

Уточняем значение плотности после прохода колеса по формуле, приведенной в [6], кг/м³

$$\rho_0 = \rho_n \frac{H - 2 \cdot \nu \cdot h_{\text{дон}}}{H - h_{\text{дон}}} + \frac{k_1 \cdot \sigma_{\text{дон}}}{H - h_{\text{дон}}} \left[(H - h_{\text{дон}}) + \frac{1}{\beta} (e^{-\beta(H - h_{\text{дон}})} - 1) \right] \quad (5)$$

где k_1 – коэффициент уплотнения, кг/Н·м;

β – коэффициент распределения напряжений, м⁻¹;

$\rho_n, H, \nu, h_{\text{дон}}, \sigma_{\text{дон}}$ – см. выше.

Если полученное значение ρ_0 не входит в диапазон оптимальных плотностей (табл.1), то уточняем значение $h_{\text{дон}}$ и повторяем расчет формул (4) и (5).

Найдем допустимое давление колес на связную почву с одинаковыми по глубине физическими свойствами. Величина допустимого по критерию уплотнения почвы давления колеса $q_{\text{дон}}$ при однократном проходе находим из зависимости, приведенной в [6]

$$q_{\text{дон}} = k \frac{\rho_{\text{онм}} - \rho_n}{\rho_n \cdot \beta}, \quad (6)$$

Определив допустимые давления колес на почву находим размеры колес и их количество в зависимости от массы машины.

Длину проекции опорной поверхности на горизонтальную плоскость (м) найдем по формуле, приведенной в [7, 8], которая в нашем случае будет иметь вид

$$L_x = \sqrt{D \cdot (h_{\text{дон}} + u) - (h_{\text{дон}} + u)^2} + \sqrt{D \cdot u} \quad (7)$$

где

D – предварительно принятый диаметр колеса, м;

u – деформация пневматика, м.

После преобразования зависимости (7) получено, что величина проекции на горизонтальную плоскость длины контакта колеса с почвой может быть выражена как

$$L_x = f \cdot D + \sqrt{D \cdot u}, \quad (8)$$

где f – коэффициент сопротивления качению колеса.

При получении зависимости (8) была использована формула Ф.А. Опейко, связывающая глубину следа с коэффициентом сопротивления мятию почвы [9, ф. 15.7]:

$$h = \mu^2 \cdot D,$$

где μ – коэффициент сопротивления мятию почвы.

Допущение о равенстве коэффициентов сопротивления качению колеса f и сопротивления мятию почвы μ было принято на том основании, что энергия затрачиваемая на деформацию почвы значительно превышает энергию на деформацию шины.

Определив L_x можно по формуле (5) определить $q_{дон}$.

Максимальное давление колеса на почву можно определить по формуле [8].

$$q_{max} = \zeta \frac{G}{v_{ш} \cdot B_{ш} \cdot L_x}, \quad (9)$$

где ζ – коэффициент неравномерности распределения давления;

G – нагрузка на колесо, кН;

$v_{ш}$ – коэффициент изменения ширины шины при погружении в почву;

$B_{ш}$ – ширина профиля шины колеса, м.

Так как допустимым давлением колеса на почву будет являться максимальное ($q_{max} = q_{opt}$), то, учитывая формулу (8) выразим из (9) $B_{ш}$

$$B_{ш} = \frac{\xi \cdot G}{v \cdot q_{дон} \cdot (f \cdot D + \sqrt{D \cdot u})}, \quad (10)$$

где ξ – коэффициент, учитывающий характер распределения давлений в контакте колеса с почвой.

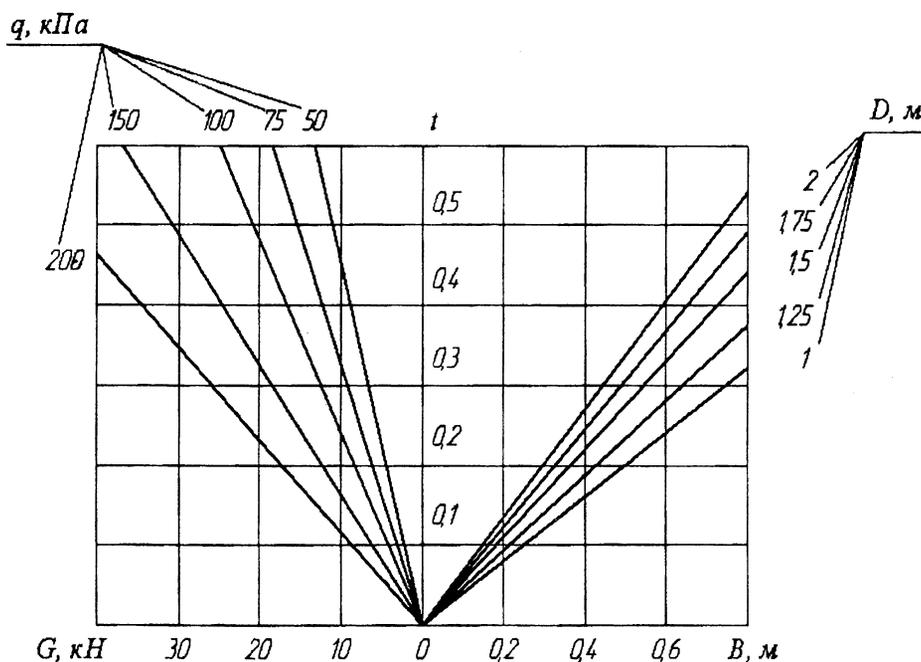


Рис. 1. Номограмма для выбора размеров колеса.

Для определения размеров колес составлена номограмма (рис. 1) на основании метода вспомогательного переменного

$$t = \frac{\xi \cdot G}{v \cdot q_{дон}},$$

$$B_{uu} = \frac{t}{f \cdot D + \sqrt{D \cdot u}},$$

где t - вспомогательная переменная.

ЛИТЕРАТУРА

1. Васильев Л.В., Линии И.М.И., Парфенов А.П., Ротенберг В.А. Сельскохозяйственные тракторы на Смитфилдской выставке в 1991 г.// Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1992. - №6. - с. 3-5.
2. Полуэктов Р.А. Динамические модели агроэкосистем. - Л.: Гидрометеиздат, 1991.-312 с.
3. Кацыгин В.В., Чигарев Ю.В. Критерий устойчивости агроэкологических систем// Т1.
4. Орда А.Н. Оценка воздействия многоопорных машин на почву// Оптимальное взаимодействие: Тез. симпозиума по террамеханике с междунар. участием. - Суздаль, 1992. -с. 169-176.
5. Агейкин Я.С. Вездеходные колесные и комбинированные движители. - М.: Машиностроение, 1972.-184 с.б.
6. Орда А.Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов// дисс. на соиск. уч. степени д.т.н. - Мн.: 1996.
7. Бойков В.П., Белковский В.Н. Шины для тракторов и сельскохозяйственных машин. -М.: Агропромиздат, 1988. -240 с.
8. Тракторы. Теория/ В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Ю.С. Атаманов и др.; Под редакцией В.В. Гуськова. - М.: Машиностроение, 1988.-378 о.
9. Опейко Ф.А. Колесный и гусеничный ход. - Минск: Изд. АСХН БССР, 1960.-228 с.

УДК 621.88.024

А. В. Кузьмин

ТЯГОВАЯ СПОСОБНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С ШАГОВЫМ ДВИЖЕНИЕМ

*Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь*

В работе [1] предложен ряд волновых транспортно- тяговых устройств, основанных на идее волнового способа перемещения деформируемых тел, подобного тому, который мы наблюдаем у некоторых живых существ, например у садовой гусеницы, переносящей свое тело по частям путем прогонки по нему волн деформации. На примере устройства, схема которого изображена на рис. 1, рассмотрим, какова его тяговая способность в сравнении с традиционными способами передвижения транспортных средств, имеющих приводные колеса. Волновой принцип движения выражается в данном случае способностью его главных звеньев к взаимному возвратно-поступательному перемещению, в результате которого меняется расстояние между ними, что символизирует локальную деформацию в устройстве.

Оно состоит из двух звеньев-тележек A и B , установленных на колесах и связанного жестко с ними гидроцилиндра и поршня. Звенья могут нести груз. Когда одна пара колес (например тележки A), заторможена, то при подаче давления в