

УДК 631.3.02: 631.4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УПЛОТНЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПОЧВУ ХОДОВЫХ СИСТЕМ КОЛЕСНЫХ ТРАКТОРОВ

А.Н. Орда,*зав. каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ, докт. техн. наук, профессор***В.А. Шкляревич,***ст. преподаватель каф. теоретической механики и теории механизмов и машин БГАТУ***А.С. Воробей,***ст. научн. сотр. РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства», канд. техн. наук*

В статье на основании норм допустимого воздействия движителей на почву, регламентированных соответствующими ГОСТами, и закономерностей, описывающих процессы слеодообразования, рассчитаны показатели уплотняющего воздействия различных по компоновке ходовых систем колесных тракторов «БЕЛАРУС» и дана их оценка на соответствие допустимым нормативам.

Ключевые слова: движитель, ходовая система, сдвоенные колеса, почва, давление, напряжение, глубина следа, плотность почвы.

In the article on the basis of admissible impact norms of the propellers on the soil regulated by the corresponding state standard specifications, and the regularities describing the processes of a trace formation in soil, indicators of the condensing influence of running systems of wheel tractors Belarus, various on configuration have been calculated and their assessment has been given to compliance of the admissible standards.

Keywords: propeller, running system, dual wheels, soil, pressure, tension, trace depth, soil density.

Введение

Известно, что почвы республики Беларусь обладают неблагоприятными агрофизическими свойствами. Проблема ухудшения физико-механических и биологических свойств почвы усугубляется ее переуплотнением от воздействия ходовых систем мобильной сельскохозяйственной техники. Так, плотность пахотных слоев почвы под воздействием ходовых систем машинно-тракторных агрегатов возрастает до 1550 кг/м^3 , в то время как оптимальная плотность для возделывания сельскохозяйственных культур составляет – $1000\text{-}1400 \text{ кг/м}^3$. Плотность подпахотных слоев почвы достигает величины – 1650 кг/м^3 , близкой к критической [1]. Чрезмерное уплотнение почвы приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, повышению затрат энергии и расхода топлива, уменьшению производительности для технологических операций, связанных с обработкой почвы.

Помимо радикальных средств снижения давления на почву, заключающихся в создании принципиально новых типов ходовых систем, значительного эффекта снижения уплотнения почвы можно добиться оптимизацией компоновки ходовых систем машинно-тракторных агрегатов, учитывающей тип и состояние почвенного агрофона.

К настоящему времени рядом ведущих научно-исследовательских институтов и высших учебных заведений стран СНГ разработаны нормативы по допустимому воздействию движителей сельскохозяйственной техники на почву, представленные в виде

ГОСТов, регламентирующих их максимальное давление на почву и напряжение в почве на глубине $0,5 \text{ м}$.

Произведем расчеты показателей уплотняющего воздействия различных по компоновке ходовых систем колесных тракторов «БЕЛАРУС» согласно ГОСТам, нормирующим допустимый уровень воздействия на почву, и теоретических зависимостей, описывающих процессы слеодообразования, с целью определения соответствия их нормам допустимого воздействия на почву.

Основная часть

На сегодняшний день уровень допустимого воздействия на почву ходовых систем сельскохозяйственной техники нормируется по ныне действующему ГОСТу 26955-86 «Нормы воздействия движителей на почву», согласно которому ограничиваются максимальные давления на почву – q_{max} и нормальные напряжения в почве на глубине $0,5 \text{ м}$ – $\sigma_{0,5}$ (табл. 1) [2].

Расчет указанных норм воздействия на почву производится с помощью методик, изложенных в ГОСТ 26953-86 «Методы определения воздействия движителей на почву» [3] и ГОСТ 26954-86 «Методы определения максимального нормального напряжения в почве» [4].

Применим зависимости, приведенные в вышеуказанных ГОСТах, а также теоретические закономерности, описывающие процессы слеодообразования, для расчета показателей уплотнения почвы, их оценки и анализа на примере различных по компоновке

Таблица 1. Допустимые нормы воздействия движителей на почву, согласно ГОСТа 269. 5-86

Влажность почвы в слое 0-30 см	Максимальное давление на почву колесного и гусеничного движителей, кПа, не более		Нормальное напряжение в почве на глубине 0,5 м, кПа, не более	
	Весенний период	Летне-осенний период	Весенний период	Летне-осенний период
Св. 0,9 НВ	80	100	25	30
Св. 0,7 НВ до 0,9 вкл.	100	120	25	30
Св. 0,6 НВ до 0,7 вкл.	120	140	30	35
Св. 0,5 НВ до 0,6 вкл.	150	180	35	45
0,5 НВ и менее	180	210	35	50

колесных ходовых систем повсеместно используемых в сельскохозяйственном производстве нашей республики тракторов семейства «БЕЛАРУС».

Для расчета показателей воздействия движителей сельскохозяйственной техники вначале определим их максимальное давление q_{max} на почву, сравнивая с максимально допустимыми нормами с учетом поправок, учитывающих различные условия эксплуатации и состояние агрофона (табл. 2).

Рассчитаем согласно ГОСТа 26953-86 геометрические параметры взаимодействия протектора шины колеса с жестким основанием и с почвой. Площадь контакта шины с почвой, приведенную к условиям работы на почвенном основании $S_{кп}$, определим по зависимости [3]:

$$S_{кп} = S_{кж} \cdot k_D, \quad (1)$$

где $S_{кж}$ – контурная площадь контакта шины с жестким основанием, m^2 ;

k_D – коэффициент, зависящий от наружного диаметра $D_{ш}$ шины колеса, $k_D = 1,1-1,6$ [6].

Контурная площадь контакта шины с жестким основанием $S_{кж}$ определим согласно методике [6] по формуле:

$$S_{кж} = \alpha_{ш} \cdot \pi \cdot a_k \cdot b_k, \quad (2)$$

где $\alpha_{ш}$ – коэффициент, $\alpha_{ш} = 0,98-1,04$ [6];

a_k – половина длины контакта протектора шины с жестким основанием, м;

b_k – половина ширины контакта протектора шины с жестким основанием, м

Половина длины контакта протектора шины с жестким основанием:

$$a_k = k_{ш1} \sqrt{D_{ш} \cdot [h_{ш}] - [h_{ш}]^2}, \quad (3)$$

где $k_{ш1}$ – коэффициент, зависящий от типа шины и наружного диаметра $D_{ш}$ шины колеса, $k_{ш1} = 0,7-0,81$ [6];

$D_{ш}$ – наружный диаметр шины колеса (рис. 1), м;

$[h_{ш}]$ – допустимая деформация шины, м:

$$[h_{ш}] = [\lambda_{ш}] \cdot H_{ш}, \quad (4)$$

где $[\lambda_{ш}]$ – относительная допустимая деформация шины для тракторов и сельскохозяйственных машин, $[\lambda_{ш}] = 0,14-0,19$ [6];

$H_{ш}$ – высота профиля шины, м (рис. 1).

Половина ширины контакта протектора шины с жестким основанием:

$$b_k = \sqrt{B_{ш} \cdot [h_{ш}] - [h_{ш}]^2}, \quad (5)$$

где $B_{ш}$ – ширина протектора шины колеса (рис. 1), м.

Используя зависимости (1)-(5), рассчитаем геометрические параметры взаимодействия шин колесных тракторов «БЕЛАРУС» с жестким основанием и

Таблица 2. Нормы максимальных давлений на почву колесных движителей тракторов, рассчитанные с учетом поправок по ГОСТу 26955-86 [5]

Влажность почвы в слое 0-30 см	Суглинистая почва			Супесчаная почва		
	Нагрузка на единственный движитель, кН					
	до 8	от 8 до 16	более 16	до 8	от 8 до 16	более 16
Весенний период						
Св. 0,9 НВ	80	80	80	96	96	96
Св. 0,7 НВ до 0,9 вкл.	125	115	100	150	138	120
Св. 0,6 НВ до 0,7 вкл.	156	138	120	180	166	144
Св. 0,5 НВ до 0,6 вкл.	188	180	150	225	207	180
0,5 НВ и менее	225	216	180	270	248	216
Летне-осенний период						
Св. 0,9 НВ	100	100	100	120	120	120
Св. 0,7 НВ до 0,9 вкл.	150	138	120	180	166	144
Св. 0,6 НВ до 0,7 вкл.	175	161	140	210	193	168
Св. 0,5 НВ до 0,6 вкл.	225	207	180	270	248	180
0,5 НВ и менее	263	242	210	315	290	216

почвой, и отразим их в таблице 3. При расчетах наружный $D_{ш}$ и внутренний $d_{ш}$ диаметры шины колеса, ширину протектора шины колеса $B_{ш}$ и высоту профиля шины $H_{ш}$ определяли согласно характери-

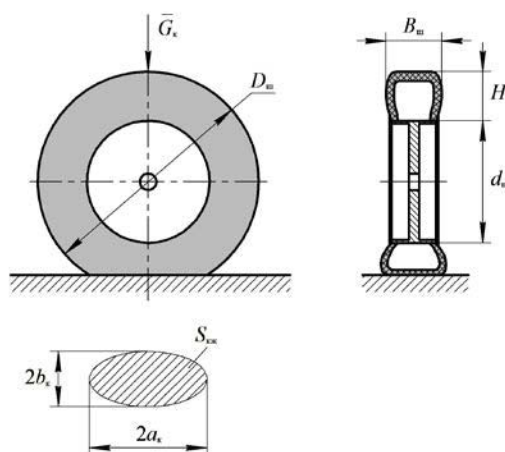


Рисунок 1. Схема к определению геометрических параметров взаимодействия шины колеса с жестким основанием

Таблица 3. Геометрические параметры взаимодействия единичных движителей колесных тракторов семейства «БЕЛАРУС» с основанием

Марка трактора	Обозначение шин		Параметры шин					Расчетные параметры взаимодействия шин с основанием			
			$D_{ш}, м$	$d_{ш}, м$	$B_{ш}, м$	$H_{ш}, м$	$[h_{ш}], м$	$a_k, м$	$b_k, м$	$S_{кж}, м^2$	$S_{кп}, м^2$
«БЕЛАРУС» 320	передняя	7,5L16	0,700	0,406	0,205	0,147	0,024	0,088	0,065	0,018	0,025
	задняя	12,4L16	0,930	0,406	0,327	0,262	0,042	0,145	0,109	0,050	0,065
«БЕЛАРУС» 80.1	передняя	9,0R20	0,930	0,508	0,234	0,211	0,034	0,130	0,082	0,034	0,044
	задняя	15,5R38	1,570	0,965	0,394	0,303	0,048	0,217	0,129	0,088	0,097
«БЕЛАРУС» 82.1	передняя	11,2R20	0,985	0,508	0,284	0,239	0,038	0,143	0,097	0,043	0,056
	задняя	15,5R38	1,570	0,965	0,394	0,303	0,048	0,217	0,129	0,088	0,097
«БЕЛАРУС» 900.3	передняя	9,0R20	0,930	0,508	0,234	0,211	0,034	0,130	0,082	0,034	0,044
	задняя	16,9R38	1,675	0,965	0,429	0,355	0,057	0,243	0,145	0,111	0,122
«БЕЛАРУС» 1025	передняя	360/70R24	1,154	0,610	0,360	0,272	0,044	0,176	0,117	0,065	0,078
	задняя	18,4R34	1,705	0,864	0,467	0,421	0,067	0,266	0,164	0,137	0,150
«БЕЛАРУС» 1523	передняя	420/70R24	1,245	0,610	0,420	0,318	0,051	0,197	0,137	0,085	0,097
	задняя	520/70R38	1,750	0,965	0,520	0,393	0,063	0,260	0,169	0,139	0,152
«БЕЛАРУС» 3022	передняя	540/65R30	1,485	0,762	0,526	0,362	0,058	0,230	0,165	0,119	0,137
	задняя	580/70R42	1,900	1,067	0,585	0,417	0,067	0,280	0,186	0,163	0,180

стикам заводов-изготовителей шин [7].

Полученные расчетные значения геометрических размеров взаимодействия шин с жестким основанием и почвой используем для определения величин, характеризующих процесс слеодообразования при различных режимах работы, компоновке ходовых систем тракторов и состояниях агрофона, их анализа и сравнения с допустимыми значениями, разработки рекомендаций для эксплуатации мобильной сельскохозяйственной техники. К таким величинам отнесем нормируемые по ГОСТу 26955-86: среднее давление q_{cp} колеса на почву, максимальное давление q_{max} колесного движителя на почву, максимальное нормальное напряжение в почве на глубине – 0,5 м ($\sigma_{0,5}$), и величины, полученные теоретически и подтвержденные экспериментально известными в данной области науки исследователями, такие как глубина следа h , плотность верхнего слоя почвы в следе ρ и глубина проникновения деформаций в почве x_h .

Среднее давление единичного колесного движителя на почву при наибольшей эксплуатационной массе [3]:

$$q_{cp} = \frac{G_k}{S_{кп}}, \quad (6)$$

где G_k – статистическая нагрузка на почву единичным колесным движителем, Н.

Максимальное давление колесного движителя на почву равно [3]:

$$q_{max} = q_{cp} \cdot k_{ш2}, \quad (7)$$

где q_{cp} – среднее давление колеса на почву, кПа;

$k_{ш2}$ – коэффициент продольной неравномерности распределения давления по площади контакта шины с почвой, $k_{ш2} = 1,5$.

Нормируемое максимальное нормальное напряжение в почве на глубине 0,5 м определяем по формуле [4]:

$$\sigma_{0,5} = 0,637 \cdot q_{cp} \cdot \left[\arctg \left(\frac{a_k \cdot b_k}{0,5 \sqrt{a_k^2 + b_k^2 + 0,5^2}} \right) + \frac{0,5 \cdot a_k \cdot b_k (a_k^2 + b_k^2 + 2 \cdot 0,5^2)}{(a_k^2 + 0,5^2)(b_k^2 + 0,5^2) \sqrt{a_k^2 + b_k^2 + 0,5^2}} \right]. \quad (8)$$

Если при расчетах по формулам (6) и (7) величины средних и максимальных давлений для рассматриваемых одинарных колес в два раза выше, чем у таких же сдвоенных, что является вполне закономерным, то значения максимальных нормальных напряжений в почве на глубине 0,5 м у сдвоенных колес на 10-78 % выше в сравнении с одинарными (табл. 6, 7). Для объяснения этого явления рассмотрим, на какую глубину распространяются деформации почвы под воздействием сравниваемых вариантов колесных движителей.

Глубину проникновения уплотнения под воздействием колес определим из зависимости [8]:

$$x_h = \frac{1}{\beta} \ln \left(\frac{\sigma}{\sigma_{упр}} \right), \quad (9)$$

где $\sigma_{упр}$ – напряжение, которое соответствует условиям развития в его зоне действия только упругих деформаций почвы, Па. Его значение обусловлено свойствами почвы и колеблется в пределах 5-20 кПа;

β – коэффициент распределения напряжений в почве, зависящий от свойств почвы и размеров колес [8], $м^{-1}$:

$$\beta_j = \beta_i \sqrt{\frac{D_{шi} \cdot B_{шi}}{D_{шj} \cdot B_{шj}}}, \quad (10)$$

где β_i – коэффициент распределения напряжений в почве для колеса, оборудованного шиной с размерами $D_{ши}$ и $B_{ши}$, m^{-1} ;

β_j – коэффициент распределения напряжений в почве для колеса, оборудованного шиной с размерами $D_{шj}$ и $B_{шj}$, m^{-1} .

Методика определения коэффициентов распределения напряжений β в почве для различных по размерам и компоновке колесных ходовых систем следующая: вначале определяются коэффициенты β_1 для единичных колесных движителей по формуле (10) при исходном $\beta_1=3 m^{-1}$ для заднего колеса с шиной 580/70R42, а затем определяются коэффициенты β_2 для сдвоенных колесных движителей при их сравнении с единичными, согласно той же формуле (10).

Результаты расчетов коэффициентов распределения напряжений β_1 и β_2 для единичных и сдвоенных колес, соответственно, приведены в табл. 4.

Таблица 4. Расчетные значения коэффициентов распределения напряжений в почве для единичных и сдвоенных колесных движителей тракторов «БЕЛАРУС»

Марка трактора	Обозначение шин		Значения коэффициентов	
			β_1, m^{-1}	β_2, m^{-1}
«БЕЛАРУС» 320	передняя	7,5L16	8,3	5,9
	задняя	12,4L16	5,7	4,1
«БЕЛАРУС» 80.1	передняя	9,0R20	6,8	4,8
	задняя	15,5R38	4,0	2,8
«БЕЛАРУС» 82.1	передняя	11,2R20	6,0	4,2
	задняя	15,5R38	4,0	2,8
«БЕЛАРУС» 900.3	передняя	9,0R20	6,8	4,8
	задняя	16,9R38	3,7	2,6
«БЕЛАРУС» 1025	передняя	360/70R24	4,9	3,5
	задняя	18,4R34	3,5	2,5
«БЕЛАРУС» 1523	передняя	420/70R24	4,4	3,1
	задняя	520/70R38	3,3	2,3
«БЕЛАРУС» 3022	передняя	540/65R30	3,6	2,5
	задняя	580/70R42	3,0	2,1

Таким образом, при сдвигании колес глубина проникновения уплотняющего воздействия превышает глубину проникновения уплотнения единичных колесных движителей (табл. 6, 7). Это объясняется различным характером распределения напряжений в почве под колесными движителями с разными размерами. В работе [9] установлено, что для деформаторов с большой опорной поверхностью в процесс деформирования вовлекаются более глубокие слои почвы.

Рассмотрим, как изменяются глубина следа и плотность почвы в следах колес при воздействии на нее единичных и сдвоенных колесных ходовых систем тракторов «БЕЛАРУС», приведенных в табл. 3.

Для определения глубины следа колесного движителя при однократном нагружении в случае, когда опорным основанием является почва с одинаковыми по глубине физико-механическими свойствами (стерня при вспашке), воспользуемся зависимостью гиперболического тангенса между деформацией и напряжением почвы, предложенной В.В. Кацыгиным [10]:

$$h_{ст} = \frac{p_0}{k} \operatorname{Arth} \left(\frac{\sigma}{p_0} \right), \quad (11)$$

где σ – контактное напряжение в почве под колесом, кПа;

p_0 – предел несущей способности почвы, кПа;

k – коэффициент объемного смятия почвы, кН/м³.

Глубину следа при однократном нагружении в случае, когда опорным основанием является почва с рыхлым верхним слоем и плотным подстилающим основанием (почва, подготовленная под посев), определим по формуле, полученной из зависимости А.Н. Орды [8]:

$$h_{упл} = \frac{2}{\pi} h_{упл} \operatorname{actg} \left(\frac{\pi \sigma}{2 k \cdot h_{упл}} \right), \quad (12)$$

где $h_{упл}$ – предельная величина уплотнения почвы, м [8]:

$$h_{упл} = H \frac{\varepsilon_0 - \varepsilon_{min}}{(1 + \varepsilon_0)[1 - 2 \cdot v(1 + \varepsilon_{min})]} \quad (13)$$

где H – высота рыхлого верхнего (пахотного) слоя, м;

ε_0 – коэффициент пористости почвы до нагружения;

ε_{min} – минимально возможный коэффициент пористости почвы;

v – коэффициент бокового расширения почвы для случая деформирования с ограниченной возможностью расширения.

При расчетах принимаем следующие значения параметров и коэффициентов, входящих в формулу (13): $H = 0,25$ м; $\varepsilon_0 = 1,1$; $\varepsilon_{min} = 0,33$ и $v = 0,2$.

Плотность почвы с одинаковыми по глубине физико-механическими свойствами в следе после прохода колеса найдем по зависимости [8]:

$$\rho = \rho_0 \left(1 + \frac{\beta}{k} \sigma \right), \quad (14)$$

где ρ_0 – плотность верхнего слоя почвы до нагружения, кг/м³.

В зависимости (11), (12) и (14) входит коэффициент объемного смятия почвы, который определим аналитическим путем. При сдвигании колес возрастает их ширина опорной поверхности, из-за чего изменяется коэффициент объемного смятия k , который зависит как от свойств почвы, так и размеров колес, что выражается следующей зависимостью [8]:

$$k_j = k_i \sqrt{\frac{D_{ши} \cdot B_{ши}}{D_{шj} \cdot B_{шj}}}, \quad (15)$$

где k_i – коэффициент объемного смятия почвы

для колеса, оборудованного шиной с размерами $D_{ш1}$ и $B_{ш1}$, кН/м^3 ;

k_j – коэффициент объемного смятия почвы для колеса, оборудованного шиной с размерами $D_{шj}$ и $B_{шj}$, кН/м^3 .

При определении по зависимости (15) коэффициентов объемного смятия почвы единичных передних и задних колесных движителей тракторов «БЕЛАРУС», представленных в табл. 3, параметры и коэффициенты для задних шин 580/70R42 трактора «БЕЛАРУС» 3022 ($D_{ш1} = 1,9$ м, $B_{ш1} = 0,585$ м и $k_1 = 3000$ кН/м^3 на стерне и $k_1 = 1500$ кН/м^3 на почве, подготовленной под посев), приняты в качестве начальных значений. После определения коэффициентов объемного смятия почвы k_1 единичных движителей по той же формуле (15) рассчитаны коэффициенты k_2 при сдвигании колес. Результаты расчетов коэффициентов объемного смятия почвы, как для единичных, так и для сдвоенных колесных движителей на стерне и почве, подготовленной под посев, представлены в табл. 5.

Таблица 5. Расчетные значения коэффициентов объемного смятия почвы для единичных и сдвоенных колесных движителей тракторов «БЕЛАРУС»

Марка трактора	Обозначение шин		Значения коэффициентов при различных почвенных агрофонах			
			Стерна		Почва, подготовленная под посев	
			k_1 , кН/м^3	k_2 , кН/м^3	k_1 , кН/м^3	k_2 , кН/м^3
«БЕЛАРУС» 320	передняя	7,5L16	8349	5904	4175	2952
	задняя	12,4L16	5735	4056	2868	2028
«БЕЛАРУС» 80.1	передняя	9,0R20	6780	4794	3390	2397
	задняя	15,5R38	4021	2844	2011	1422
«БЕЛАРУС» 82.1	передняя	11,2R20	5980	4228	2990	2114
	задняя	15,5R38	4021	2844	2011	1422
«БЕЛАРУС» 900.3	передняя	9,0R20	6780	4794	3390	2397
	задняя	16,9R38	3731	2638	1866	1319
«БЕЛАРУС» 1025	передняя	360/70R24	4907	3470	2454	1735
	задняя	18,4R34	3545	2506	1772	1253
«БЕЛАРУС» 1523	передняя	420/70R24	4374	3093	2187	1546
	задняя	520/70R38	3316	2344	1658	1172
«БЕЛАРУС» 3022	передняя	540/65R30	3579	2530	1789	1265
	задняя	580/70R42	3000	2121	1500	1061

Все результаты расчетов по формулам (6)-(14) для единичных колесных движителей тракторов «БЕЛАРУС» представлены в табл. 6, а таких же сдвоенных – в табл. 7.

На основании полученных результатов исследований разработаем рекомендации по эксплуатации рассматриваемых тракторов «БЕЛАРУС», обеспечивающих допустимый уровень воздействия их колесных ходовых систем на почву, на различных почвенных агрофонах и отразим их в табл. 8 и 9.

Анализ результатов, приведенных в таблицах 8 и 9, полученных на основании данных таблиц 6 и 7 и сравнении их с данными таблиц 1 и 2, показывает, что тракторы тяговых классов 3...5 не соответствуют допустимым нормам воздействия их движителей в

основном из-за превышения значений нормальных напряжений в почве на глубине – 0,5 м. По другим тракторам прослеживается та же тенденция: ограничения на эксплуатацию при предельной влажности почвы накладываются в основном согласно нормам нормальных напряжений в почве на глубине – 0,5 м для задних сдвоенных колес, при том, что значения максимальных давлений на почву позволяют их эксплуатировать при большей влажности.

Заключение

Расчеты по зависимостям (6-10) показали, что несмотря на двукратное снижение контактных напряжений в почве под сдвоенными колесными движителями в сравнении с единичными, глубина проникновения уплотнения почвы под ними, в особенности под колесами больших размеров, возрастает. Поэтому к довольно доступному и широко применяемому на практике технологическому приему сдвигания колес следует подходить с осторожностью, в особенности на тракторах тягового класса 5, так как воздействие колесных ходовых систем таких тракторов на почву распространяется глубоко в подпахотные горизонты и с годами только накапливается в них.

Результаты расчетов по зависимостям (11-15) показали, что сдвигание колес способствует значительному снижению глубины следа и уплотнения почвы. Так, глубина следа на стерне у сдвоенных колес тракторов «БЕЛАРУС» на 10-40 мм (на 40-60 %) ниже, чем глубина следа у соответствующих единичных движителей. При этом плотность почвы в следах сдвоенных колес снижается на 72-192 кг/м^3 (на 5-13 %) в сравнении с одинарными. На почвах, подготовленных под посев, снижение глубины следа от сдвигания колес составляет 10-20 мм (20-40 %).

Результаты расчетов по зависимостям (11-15) показали, что сдвигание колес способствует значительному снижению глубины следа и уплотнения почвы. Так, глубина следа на стерне у сдвоенных колес тракторов «БЕЛАРУС» на 10-40 мм (на 40-60 %) ниже, чем глубина следа у соответствующих единичных движителей. При этом плотность почвы в следах сдвоенных колес снижается на 72-192 кг/м^3 (на 5-13 %) в сравнении с одинарными. На почвах, подготовленных под посев, снижение глубины следа от сдвигания колес составляет 10-20 мм (20-40 %).

На основании полученных результатов даны рекомендации по эксплуатации колесных тракторов «БЕЛАРУС», обеспечивающих допустимый уровень воздействия на почву их различных по компоновке ходовых систем в зависимости от состояния почвенного агрофона.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Афанасьев, Н.И. Влияние уплотнения машинно-тракторными агрегатами на свойства, режимы почвы и урожай сельскохозяйственных культур: Дерново-подзолистые почвы Белоруссии /Н.И. Афанасьев,

Таблица 6. Показатели воздействия единичных движителей колесных тракторов «БЕЛАРУС» на почву

Марка трактора	Обозначение шин		Значения показателей воздействия							
			G_k , кН	$q_{ср}$, кПа	q_{max} , кПа	$\sigma_{0,5}$, кПа	x_h , м	$h_{ст}$, м	$h_{пп}$, м	ρ , кг/м ³
«БЕЛАРУС» 320	передняя	7,5L16	3,58	141,2	211,8	6,0	0,37	0,027	0,048	1575
	задняя	12,4L16	4,76	73,7	110,6	8,0	0,42	0,020	0,037	1444
«БЕЛАРУС» 80.1	передняя	9,0R20	5,49	125,4	188,1	9,5	0,43	0,029	0,052	1545
	задняя	15,5R38	12,95	133,5	200,3	23,7	0,75	0,053	0,084	1560
«БЕЛАРУС» 82.1	передняя	11,2R20	5,70	101,1	151,7	9,7	0,45	0,026	0,048	1497
	задняя	15,5R38	13,20	136,1	204,2	24,1	0,75	0,054	0,085	1565
«БЕЛАРУС» 900.3	передняя	9,0R20	6,08	138,9	208,3	10,6	0,45	0,033	0,057	1571
	задняя	16,9R38	13,34	109,5	164,3	23,4	0,75	0,046	0,077	1514
«БЕЛАРУС» 1025	передняя	360/70R24	9,09	116,9	175,3	16,1	0,58	0,037	0,065	1528
	задняя	18,4R34	16,88	112,2	168,3	28,3	0,80	0,049	0,081	1519
«БЕЛАРУС» 1523	передняя	420/70R24	10,29	105,6	158,4	18,3	0,63	0,038	0,066	1506
	задняя	520/70R38	19,11	125,4	188,1	32,0	0,89	0,060	0,092	1545
«БЕЛАРУС» 3022	передняя	540/65R30	19,04	139,4	209,1	31,8	0,85	0,062	0,094	1572
	задняя	580/70R42	35,35	196,9	295,4	57,0	1,13	0,113	0,126	1684

Таблица 7. Показатели воздействия сдвоенных движителей колесных тракторов семейства «БЕЛАРУС» на почву

Марка трактора	Обозначение шин		Значения показателей воздействия							
			G_k , кН	$q_{ср}$, кПа	q_{max} , кПа	$\sigma_{0,5}$, кПа	x_h , м	$h_{ст}$, м	$h_{пп}$, м	ρ , кг/м ³
«БЕЛАРУС» 320	передняя	7,5L16	3,58	70,6	105,9	10,7	0,40	0,018	0,035	1438
	задняя	12,4L16	4,76	36,9	55,3	12,4	0,42	0,014	0,027	1372
«БЕЛАРУС» 80.1	передняя	9,0R20	5,49	62,7	94,0	15,6	0,47	0,020	0,038	1422
	задняя	15,5R38	12,95	66,8	100,1	31,3	0,81	0,036	0,064	1430
«БЕЛАРУС» 82.1	передняя	11,2R20	5,70	50,6	75,8	15,3	0,48	0,018	0,035	1399
	задняя	15,5R38	13,20	68,1	102,1	31,9	0,82	0,036	0,065	1433
«БЕЛАРУС» 900.3	передняя	9,0R20	6,08	69,4	104,1	17,3	0,49	0,022	0,042	1435
	задняя	16,9R38	13,34	54,8	82,1	28,9	0,80	0,031	0,058	1407
«БЕЛАРУС» 1025	передняя	360/70R24	9,09	58,4	87,7	23,2	0,63	0,026	0,048	1414
	задняя	18,4R34	16,88	56,1	84,2	32,9	0,85	0,034	0,062	1409
«БЕЛАРУС» 1523	передняя	420/70R24	10,29	52,8	79,2	24,7	0,67	0,026	0,049	1403
	задняя	520/70R38	19,11	62,7	94,0	37,2	0,96	0,041	0,071	1422
«БЕЛАРУС» 3022	передняя	540/65R30	19,04	69,7	104,6	39,0	0,93	0,042	0,073	1436
	задняя	580/70R42	35,35	98,5	147,7	62,8	1,27	0,072	0,105	1492

Таблица 8. Рекомендации по эксплуатации тракторов «БЕЛАРУС» на суглинистой почве

Марка трактора	Предельная влажность почвы и компоновка колес, обеспечивающие допустимый уровень воздействия на почву			
	Единичные движители		Сдвоенные движители	
	Весенний период	Летне-осенний период	Весенний период	Летне-осенний период
«БЕЛАРУС» 320	0,5 НВ	0,6 НВ	0,9 НВ	0,9 НВ
«БЕЛАРУС» 80.1	0,5 НВ	0,6 НВ	0,6 НВ	0,7 НВ
«БЕЛАРУС» 82.1	0,5 НВ	0,6 НВ	0,6 НВ	0,7 НВ
«БЕЛАРУС» 900.3	0,5 НВ	0,6 НВ	0,7 НВ	0,9 НВ
«БЕЛАРУС» 1025	0,6 НВ	0,6 НВ	0,6 НВ	0,7 НВ
«БЕЛАРУС» 1523	0,5 НВ	0,5 НВ	0,5 НВ	0,6 НВ
«БЕЛАРУС» 3022	не соответствует	не соответствует	не соответствует	не соответствует

Таблица 9. Рекомендации по эксплуатации тракторов «БЕЛАРУС» на супесчаной почве

Марка трактора	Предельная влажность почвы и компоновка колес, обеспечивающие допустимый уровень воздействия на почву			
	Единичные движители		Сдвоенные движители	
	Весенний период	Летне-осенний период	Весенний период	Летне-осенний период
«БЕЛАРУС» 320	0,6 НВ	0,7 НВ	0,9 НВ	св. 0,9 НВ
«БЕЛАРУС» 80.1	0,6 НВ	0,6 НВ	0,6 НВ	0,7 НВ
«БЕЛАРУС» 82.1	0,6 НВ	0,6 НВ	0,6 НВ	0,7 НВ
«БЕЛАРУС» 900.3	0,6 НВ	0,7 НВ	0,7 НВ	0,9 НВ
«БЕЛАРУС» 1025	0,7 НВ	0,7 НВ	0,6 НВ	0,7 НВ
«БЕЛАРУС» 1523	0,6 НВ	0,7 НВ	не соответствует	0,6 НВ
«БЕЛАРУС» 3022	не соответствует	не соответствует	не соответствует	не соответствует

И.И. Подобедов, А.Н. Орда // Переуплотнение пахотных почв: причины, следствия, пути уменьшения. – М.: Наука, 1987. – С. 46-59.

2. Техника сельскохозяйственная мобильная. Нормы воздействия движителей на почву: ГОСТ 26955-86; введ 01.01.87. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 7 с.

3. Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву: ГОСТ 26953-86; введ 01.01.87. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 18 с.

4. Техника сельскохозяйственная мобильная. Метод определения максимального нормального напряжения в почве: ГОСТ 26954-86; введ 01.01.87. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 5 с.

5. Гедроить, Г.И. Допустимый уровень воздействия ходовых систем сельскохозяйственной техники на почву / Г.И. Гедроить, Ю.И. Томкунас, А.Д. Чечеткин // Агропанорама, 2013. – № 5. – С. 10-15.

6. Чигарев, Ю.В. Земледельческая механика / Ю.В. Чигарев, А.Н. Орда, Г.А. Лазарев. – Мн.: БГАТУ, 1994. – 76 с.

7. Сайт предприятия «Белшина» [Электронный ресурс] // Каталог продукции. – Режим доступа: www.belshinajsc.by/catalog/shiny-dlya-tractorov-i-selskokhozyaystvennykh-mashin. – Дата доступа: 11.05.2016.

8. Орда, А. Н. Эколого-энергетические основы формирования машинно-тракторных агрегатов: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.20.03 / А. Н. Орда; Белорус. аграр. тех. ун-т – Минск, 1997. – 36 с.

9. Орда, А.Н. Закономерности деформирования почв под воздействием колес сельскохозяйственной техники / А.Н. Орда, В.А. Шкляревич А.С. Воробей // Известия НАН Респ. Беларусь, 2015. – № 1. – С. 98-104.

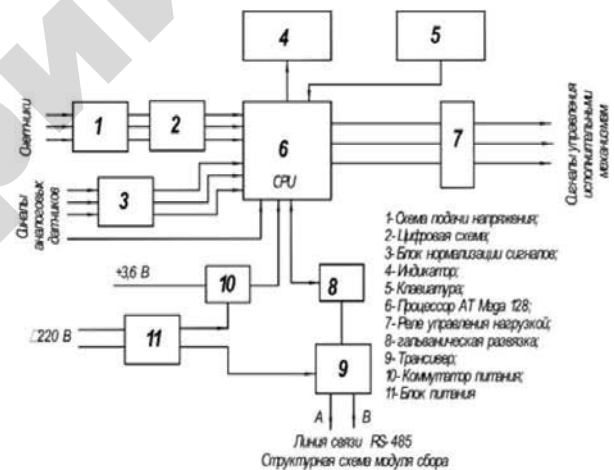
10. Кацыгин, В.В. Основы теории выбора оптимальных параметров мобильных с.-х. машин и орудий / В.В. Кацыгин // Вопросы сельскохозяйственной механики. – Мн.: Сельхозгиз БССР, 1964. – Т.13. – 148 с.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 18.05.2016

Автоматизированная система учета расхода газа

Предназначена для сбора, обработки и представления информации о расходе газа.

Система позволяет в режиме реального времени контролировать расход газа, принимая информацию от первичных датчиков, в качестве которых используются серийные ультразвуковые счетчики производства СОО «МЗЭП-1» г. Брест, и передавая ее на управляющий компьютер.



Основные технические данные

Наименование технико-экономических показателей

Наименование технико-экономических показателей	Ед. изм.	Значение показателей
1. Снижение производственного брака	%	15
2. Устранение ручной подготовки и сопровождения документов	%	90
3. Снижение расхода энергетических ресурсов	%	7
4. Количество одновременно опрашиваемых источников информации	шт.	32
5. Скорость обмена информации	Мбит/с	1-10
6. Предельная дальность	м	120-1200